

Diseño y maquetación: ANETO-ETAI 2000

Coordinador General: D. Hermógenes Gil Martínez

EDICION 1999

© CULTURAL, S. A.

Edita: CULTURAL, S. A.

Polígono Industrial Arroyomolinos.
Calle C, núm. 15, Móstoles.
MADRID - ESPAÑA

Imprime: Inmagrag

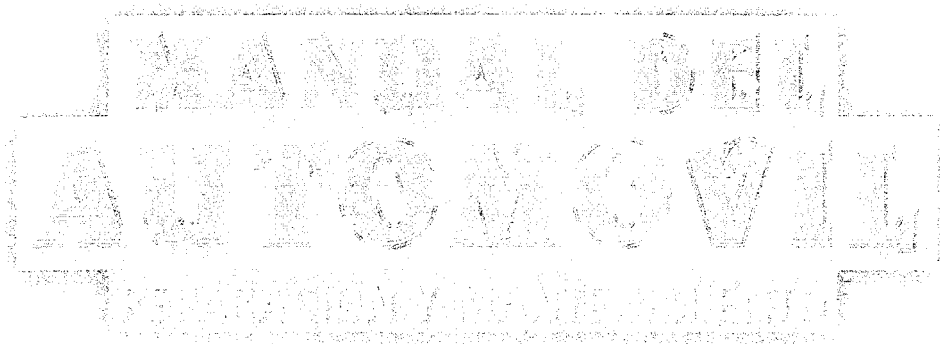
ISBN: 84-8055-265-4 (obra completa)

ISBN: 84-8055-267-0 (tomo II)

Depósito legal: M. 27.843-1999

IMPRESO EN ESPAÑA - *PRINTED IN SPAIN*

R
629.331(035)
M294m
Ej. 1



I. T. B. E
INVENTARIOS

FECHA INGRESO 24/03/2010

CUENTA EN DONACION

DEPENDENCIA DISTRITO ESE

[Signature]

SECRETARIA INVENTARIOS

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO BIBLIOTECA ESPE-L LATACUNGA	
No. 0164	Fecha: 2001
Precio:	Donación:

SUMARIO

ALIMENTACIÓN DIESEL	5
SOBREALIMENTACIÓN	110
LUBRICACIÓN	121
REFRIGERACIÓN	161
SISTEMAS DE ENCENDIDO	189

1944-1945

EL MOTOR DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN (DIESEL)

Aun sin pretender hacer mención a los orígenes y evolución del motor Diesel, no podemos evitar la cita histórica de un año 1897, y de un personaje, Rodolphe Diesel, que corresponden al año en que este parisino de nacimiento y alemán de formación, obtuvo los primeros resultados prácticos con un motor de combustión interna que usaba el gas-oil como combustible.



Retrato de Rodolphe Diesel.

Desde que en los años treinta Mercedes equipó con ellos una pequeña serie de automóviles de turismo (el 260D), este tipo de motores no ha cejado en su empeño de desmitificar la creencia de que el gas-oil era un combustible de clase inferior; un primer desmentido lo constituye el hecho de que un moderno motor Diesel es más sensible a la mala calidad del combustible que uno de explosión lo pueda ser a la gasolina.

Este tipo de motor de combustión interna (endotérmico) se encuentra en el grupo de los motores alternativos, constituyendo su principal diferencia el sistema de alimentación y la forma en que se realiza la combustión. Los elementos constitutivos del motor son muy similares a los de un motor de explosión aunque existen algunas diferencias constructivas muy específicas con el fin de dotar de mayor robustez todas aquellas partes del motor que soportan unas presiones de trabajo mucho más elevadas.

Así pues, la principal característica de un motor Diesel es la que motivó su creación y desarrollo: la obtención de un mayor rendimiento al del motor de gasolina, empleando para ello un combustible más pesado y una relación volumétrica de compresión mucho más elevada (entre 8:1 y 10:1 para gasolina y 14:1 y 23:1 para los modernos Diesel). En el motor Diesel, estas compresiones las posibilita el hecho de aspirar y comprimir únicamente aire, en lugar de una mezcla, que estallaría antes de llegar al final de la fase de compresión. Véase conjunto fig. 1.

Como ya se ha apuntado, en el interior del cilindro comprimimos pues solamente aire. La relación volumétrica al final de la fase de compresión ha hecho que la presión de este aire comprimido sea ahora de entre 30 a 50 kg/cm² y la temperatura haya rebasado los 600 °C. En estas condiciones, debemos atender otra de las características del motor, o mejor dicho, del combustible que emplea, ya que el gas-oil se inflama, se enciende espontáneamente, a una temperatura de 280 °C.

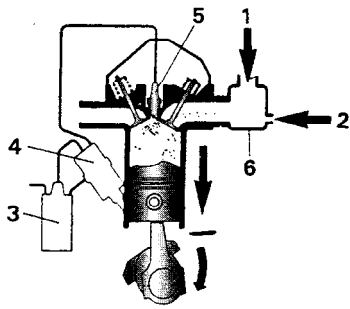
Si sumamos a todo lo anterior el hecho de contar con un sistema que nos introduzca a presión (inyección) el combustible a una elevada presión (de entre 100 y 250 kg/cm²) en el seno de este aire comprimido, el combustible líquido penetrará en él en forma de chorro finamente pulverizado que se evaporará rápidamente al absorber calor de las elevadas temperaturas existentes en la cámara de combustión, se mezclará homogéneamente con el aire y combinándose con el oxígeno combustionará espontáneamente a medida que vaya entrando en el interior de la cámara de combustión.

Se adivina ya desde aquí la necesidad de contar con un sistema capaz de crear las elevadas presiones de inyección, de dosificar y pulverizar el combustible y que este combustible esté exento de cualquier impureza que fuera susceptible de entorpecer el ajustado funcionamiento del sistema de inyección donde las tolerancias son de hasta 40 veces menores que el diámetro de un cabello humano y donde para un motor de 4 cilindros la cadencia de inyección puede llegar a ser de hasta 150 veces por segundo. Todo este complejo sistema se analizará en profundidad en un capítulo más adelante.

COMPARACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN GASOLINA Y DIESEL

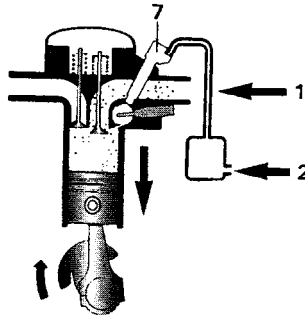
1. aire
2. gasolina
3. bobina
4. encendido
5. bujía
6. carburador

GASOLINA

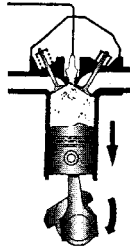


DIESEL

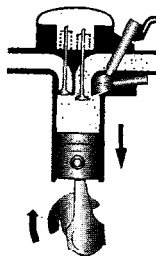
1. aire
2. gas-oil
3. inyector



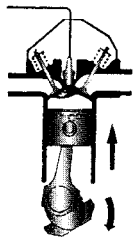
ADMISIÓN
Aspiración de una mezcla
aire + gasolina



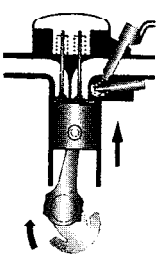
ADMISIÓN
Aspiración del aire puro



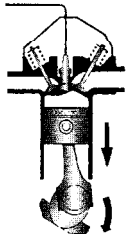
COMPRESIÓN
Compresión de una mezcla
aire + gasolina
(10 a 15 bar)
temperatura 300°
aproximadamente.
Relación volumétrica
7/1 a 10/1



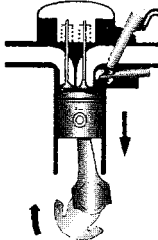
COMPRESIÓN
Compresión elevada del
aire (30 a 40 bar temperatura
de 600° aprox.)
Relación volumétrica
18/1 a 22/1.



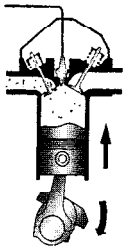
COMBUSTIÓN EXPANSIÓN
Encendido de la mezcla aire +
gasolina por chispa eléctrica



COMBUSTIÓN EXPANSIÓN
Inyección de gas-oil con
fuerte presión (100 a 175
bar) el cual se inflama en
contacto con el aire
sobrecalentado



ESCAPE
Evacuación de gases
de escape



ESCAPE
Evacuación del gas
quemado

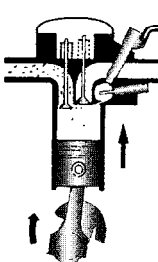


fig. 1



Hemos dicho ya que las diferencias constructivas son muy específicas, por lo que analizaremos las diferencias más notables, estableciéndolas entre ventajas e inconvenientes comparados con el motor de gasolina.

Ventajas

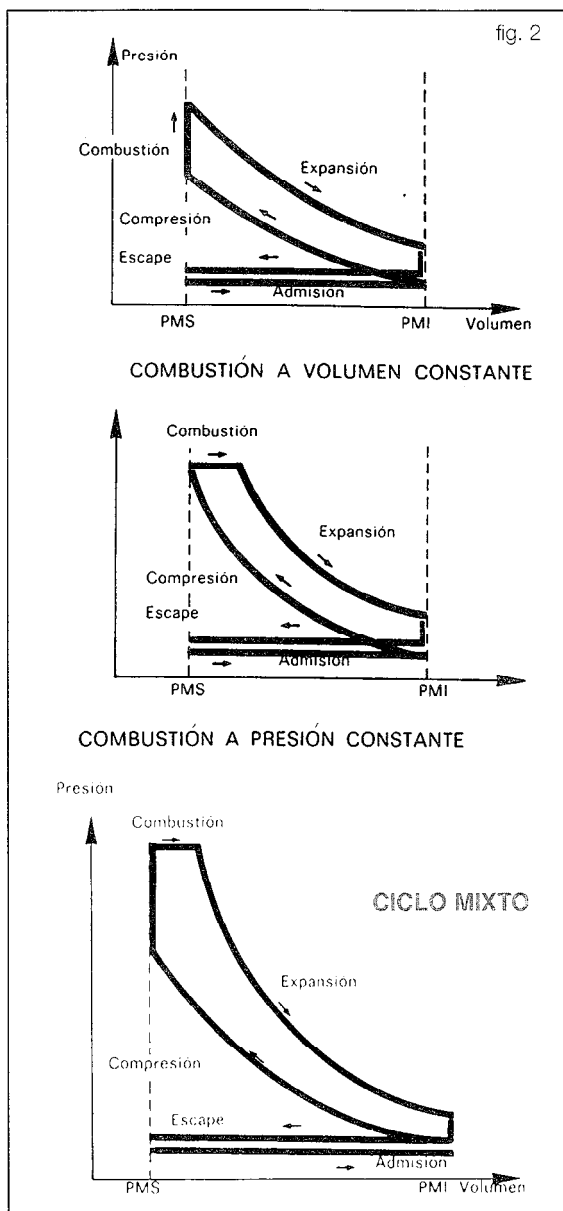
- Menor consumo de combustible (aprox. un 30% menos).
- Mayor rendimiento térmico, lo que se transforma en potencia útil (en torno al 35%).
- El combustible es más barato.
- Menos emisión de elementos contaminantes (tan sólo NO).
- Prácticamente no tiene riesgos de incendio.
- Al ser constructivamente más robusto y algo más lento, se alarga la vida útil del motor.
- En términos generales tiene menos averías y un menor costo de mantenimiento.
- Resulta más rentable para largos recorridos y muchos kilómetros.

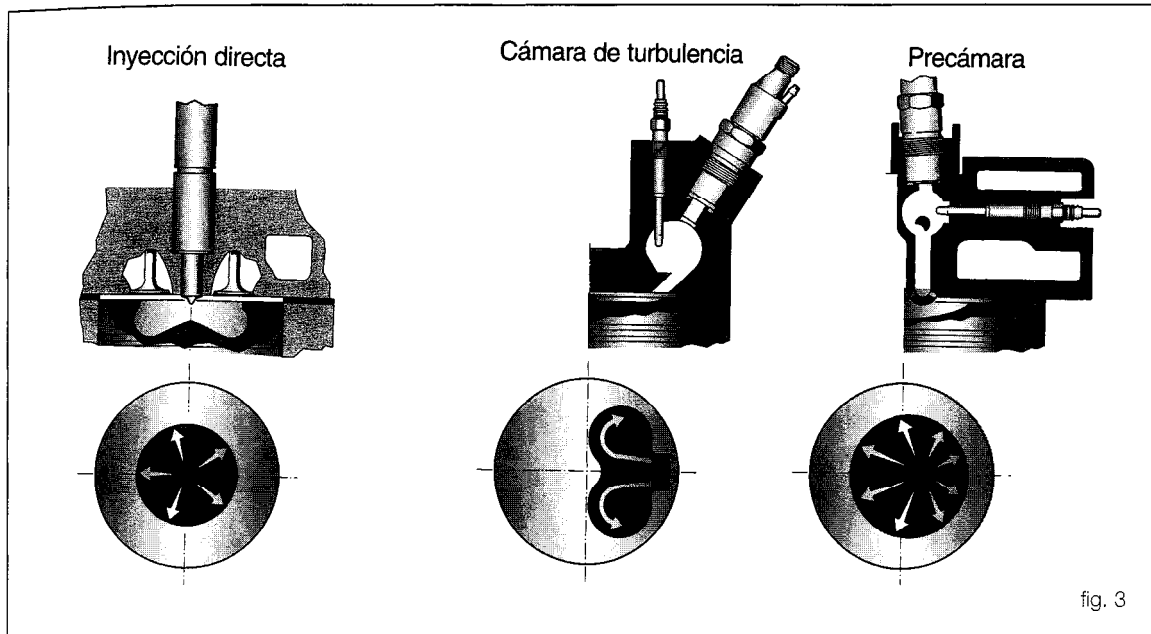
Inconvenientes

- Por su construcción y mayor peso, necesita bastidores y suspensiones más resistentes.
- El motor y la complejidad de la inyección le dan precio más elevado.
- Algunas reparaciones resultan más costosas debido a la alta tecnología y a la especialización que requieren.
- Algunos motores presentan mayor rumorosidad y vibraciones.

En este apartado analizaremos la forma en que se realiza la combustión en los motores Diesel así como su clasificación.

Ante todo hacer notar que, teóricamente, en el ciclo OTTO la combustión se realiza a volumen constante y que en el Diesel, dicha combustión se realiza a presión constante. A la fusión de ambos ciclos se le llama ciclo mixto, es decir aquel en que la combustión se realiza a volumen y presión constante y es el que utilizan los modernos motores Diesel (fig 2).





Atendiendo pues a los diferentes sistemas de inyección y por tanto de formas de combustión, podemos clasificar los motores Diesel.

Existen básicamente dos sistemas de inyección del combustible para su combustión aunque existen multitud de variantes: motores de inyección directa y de inyección indirecta. Los motores de inyección indirecta podríamos clasificarlos a su vez en motores con cámaras de precombustión o antecámaras y motores con cámara de turbulencia. (fig. 3).

En los sistemas de inyección directa, el combustible es inyectado directamente en la cámara de

combustión (situada por lo general en el pistón) por un inyector de múltiples orificios.

Para los sistemas de inyección indirecta, se hace precisa una precámara donde se inyecta el combustible y en la cual da inicio la combustión aunque no puede realizarse totalmente por falta de aire. Generalmente el inyector es de un solo orificio encarado con el conducto estrecho que une la antecámara y la cámara principal de combustión que es donde termina de realizarse el total de la combustión y que puede hallarse o no totalmente en el cilindro (fig. 4).

INYECCIÓN INDIRECTA

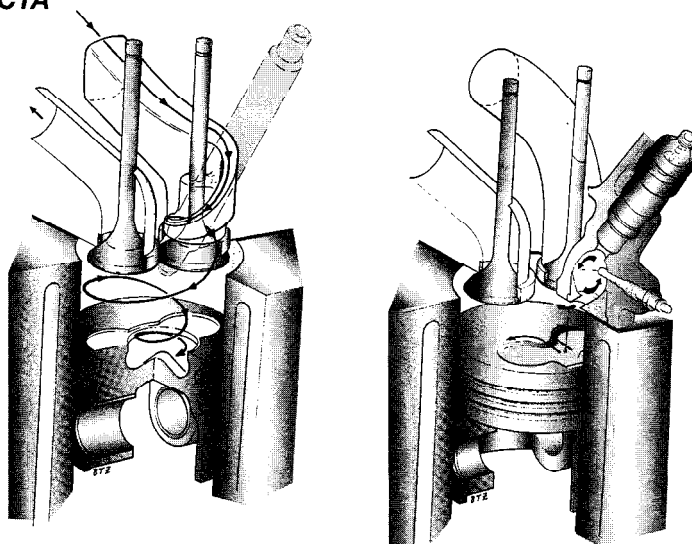


fig. 4

Después de estas consideraciones generales, pasemos ahora a ver más detenidamente algunos factores, incidencias y características de la combustión del gas-oil que en definitiva son las que han propiciado las diferencias tecnológicas y la evolución de este tipo de motores.

Decíamos en un principio que el combustible líquido penetrará en el interior de la cámara en forma de chorro finamente pulverizado y que se evaporará rápidamente al absorber calor de las elevadas temperaturas existentes en la cámara de combustión, propiciando así la combustión espontánea que dependerá de tres factores:

- La diferencia de la temperatura del aire y la del autoencendido del combustible (inversamente proporcionales por lo que se refiere a velocidad de encendido).

- La presión en la cámara de combustión. Factor que debemos relacionar entre combustible frío y aire caliente, intercambio de calor entre ellos y una evaporación y por tanto encendido más o menos rápido.

- La pulverización del combustible (cuanto más finas sean las partículas en las que se pulverice el combustible, más rápidamente se producirá la combustión).

Para que la combustión se realice, pues, de forma satisfactoria, es preciso que la inyección del gas-oil cumpla ciertas condiciones y que éstas se adecuen a las diferentes condiciones del motor.

Podemos distinguir tres fases, bien diferenciadas, en la combustión.

1.- Las primeras gotas entran en la cámara de combustión, se mezclan con el aire y se calientan.

El retardo a la inflamación es lo que conocemos como el tiempo que transcurre entre la entrada de estas primeras gotas y el inicio de la inflamación (durante este tiempo, el combustible sigue entrando en la cámara).

2.- Habiendo alcanzado las primeras gotas la temperatura de inflamación espontánea, se queman, elevándose por este motivo la temperatura reinante, y desencadenando el encendido de todo el combustible acumulado hasta el momento.

Se conoce a esta fase como de combustión incontrolada y se desarrolla entre unos grados antes y después del PMS.

3.- En esta, el combustible, correctamente dosificado, se va quemando a medida que es inyectado, proporcionando la presión precisa en el cilindro.

fig. 5

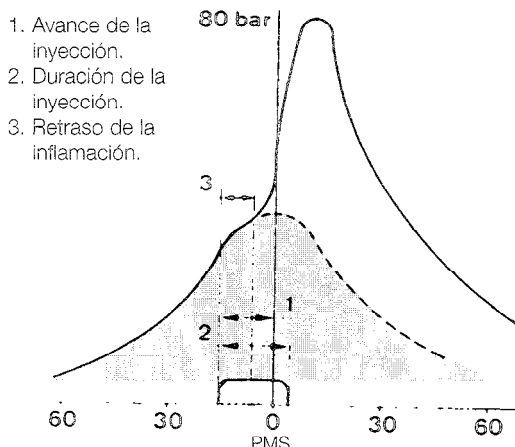


Diagrama de la combustión y de la variación de la presión de un motor Diesel

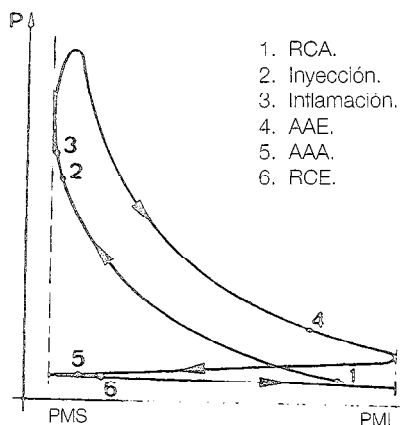


Diagrama real de un motor Diesel

Las condiciones de presión y temperatura que propician la fase anterior, hacen que ésta reciba el nombre de combustión controlada (no obstante, algunas partículas todavía no han encontrado el suministro de oxígeno necesario y, de llegar a encontrarlo, se quemaran una vez haya finalizado la inyección).

Durante esta milésima o milésimas de segundo (dependerá del régimen de giro del motor) en la que se produce la combustión, se presentan diversos problemas que precisan solución para optimizar el rendimiento del motor y alargar su vida útil.

En la fig. 5 se representa el diagrama de la combustión y del ciclo real de un motor Diesel.

Estos problemas podríamos resumirlos en:

- Retardo a la inflamación (primera fase de la combustión).

- Picado (ruido característico de los Diesel al comienzo de la combustión al chocar la onda de impacto producida por la combustión incontrolada con la cabeza del pistón antes de alcanzar éste el PMS y altamente perjudicial para los órganos móviles del motor).

- Formación de gotas de combustible (que aumentarán el tiempo de absorción de calor y por tanto de inflamación del combustible).

- Turbulencia (debemos procurar que el combustible inyectado encuentre el aire suficiente para quemarse completamente durante la inyección).

Las diferentes soluciones a estos problemas que se han desarrollado han marcado las diferencias constructivas de los motores Diesel o de sus sistemas de inyección.

A fin de reducir el retardo a la inflamación, hecho que propicia el segundo problema que apuntamos, podemos recurrir a:

- Aumentar la relación de compresión, con lo que favorecemos el aumento de temperatura en el

interior de la cámara y consecuentemente la velocidad de inflamación del combustible.

- Aumentar la temperatura del aire de alimentación, con lo que la temperatura al final de la fase de compresión se verá aumentada.

- Disminuir la cesión de calor al sistema de refrigeración, para conseguir efectos similares o complementarios de los sistemas anteriores.

Recurrimos a varios medios para reducir el picado:

- Aumentar el índice de cetano del combustible para favorecer la inflamación a baja temperatura. Este índice expresa la facultad más o menos rápida para la inflamación espontánea y se expresa en tanto por ciento de cetano contenido en una unidad de volumen de mezcla de cetano (valor de índice 100) y otro compuesto hidrocarburo más "perezoso" en cuanto a su inflamabilidad (valor de índice 0).

- Reducir el volumen de combustible al que sometemos a la primera fase de la combustión (cámaras de precombustión).

- Mejorar la turbulencia del aire ya desde la fase de admisión (admisión variable).

- Una inyección secuenciada (débil al principio).

- Variar el inicio de la inyección (variadores de avance).

A fin de reducir o minimizar al máximo la formación de gotas y compaginar pulverización y penetración del combustible, recurrimos a:

- Presiones elevadas de inyección.

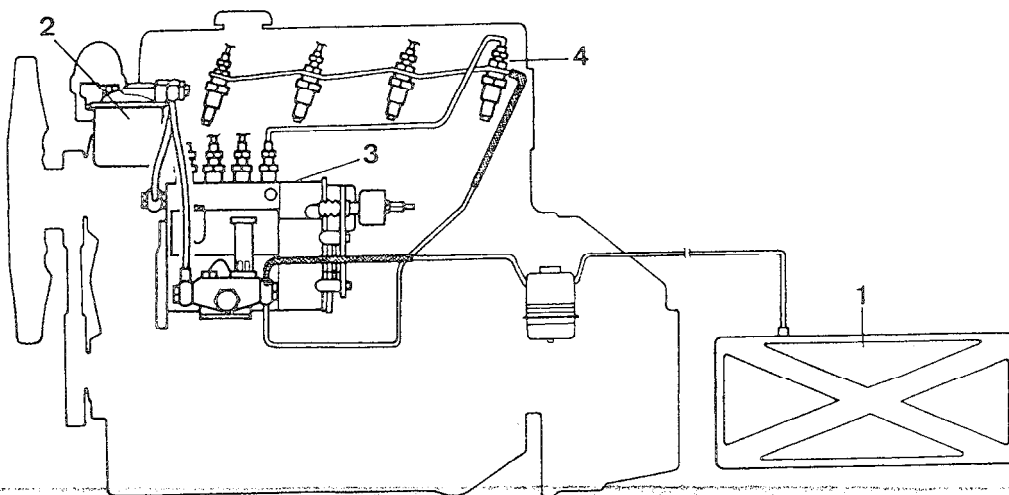
- Inyectores con mayor capacidad de pulverización.

Para facilitar la turbulencia necesaria:

- Cámaras de turbulencia.

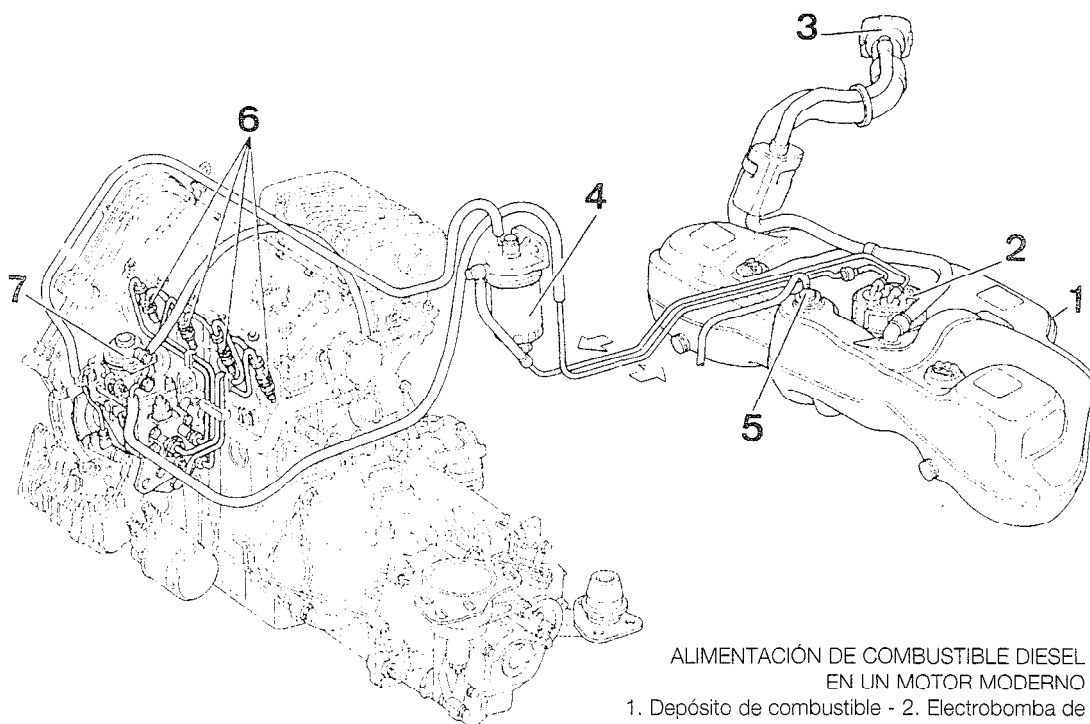
- Deflectores y otros sistemas.

fig. 6



ESQUEMA DE LA ALIMENTACIÓN DIESEL DE UN MOTOR CLÁSICO

1. Depósito - 2. Filtro de carburante - 3. Bomba de inyección - 4. Inyector.



ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DIESEL
EN UN MOTOR MODERNO

1. Depósito de combustible - 2. Electrobomba de combustible - 3. Brocal de llenado - 4. Filtro de combustible - 5. Válvula de ventilación de depósito - 6. Inyectores - 7. Bomba de inyección.

Analizaremos aquí el sistema que posibilitará que la combustión se realice del modo más favorable, consiguiendo el máximo rendimiento del motor; es decir, que los gases no quemados sean los mínimos a la salida del motor.

El combustible debe inyectarse en la cámara de combustión, en las condiciones propicias y en cantidades perfectamente dosificadas. De todo ello se encarga el sistema de alimentación (fig. 6).

Para garantizar un óptimo rendimiento en el motor Diesel, ha de cumplirse que:

- Cada cilindro reciba, en su momento del ciclo y atendiendo a las condiciones de régimen y carga del motor, la cantidad precisa de combustible.

- Que la pulverización, la presión y la penetración del combustible con la uniformidad de éste en el interior de la cámara sea tal que halle el aire necesario para su perfecta combustión.

Distinguiremos dos partes que posibilitarán la consecución de los objetivos que persigue el sistema de alimentación.

1.- Circuito de baja presión:

- Depósito.
- Bomba de alimentación.
- Filtro.

2.- Circuito de alta presión:

- Bomba inyectora.
- Inyectores.

El depósito de combustible está provisto de una boca de llenado con un tamiz que impide la entrada de grandes impurezas junto con el combustible. Contiene además el tubo de aspiración del combustible que está provisto a su vez de un prefiltro y otro de retorno, de un pequeño pozo de decantación y de un tapón con un orificio de ventilación u otro dispositivo que pueda contener también un tapón de vaciado.

En los vehículos modernos, el depósito de combustible está situado en un plano inferior al de la bomba de inyección, hecho que hace necesario disponer de un elemento capaz de aspirar el combustible y llevarlo hasta la bomba a una determinada presión (entre 1 y 2 kg/cm²) y un caudal suficiente para cualquier condición de trabajo del motor.

Habitualmente, sobre la propia bomba de alimentación, se monta una bomba manual de cebado, usada tanto para llenar el circuito de combustible (en el caso de cambio de filtros o de haberse quedado sin combustible) como para purgar las posibles incursiones de aire en el circuito de alimentación (hecho que perturbaría el funcionamiento de la bomba de inyección llegando a imposibilitar la puesta en marcha del motor).

Desde este elemento y hasta la llegada del combustible a la bomba de inyección, se montan en el circuito, normalmente en el dispositivo de filtrado, otros elementos (depende del sistema de inyección utilizado) como puedan ser:

- **Válvula de retención.** Para asegurar en todo momento el suministro a presión a la bomba de inyección.

- **Válvula de descarga.** Que permitirá limitar la presión de entrada de combustible a la bomba de inyección y reconducir el combustible sobrante al depósito ya que al ser la bomba de alimentación un elemento de accionamiento mecánico, solo atiende al régimen de giro del motor y no a las demandas de combustible y en ciertas condiciones suministraría un exceso de caudal.

- **Válvula de rebose.** A través de la cual son devueltas al depósito las posibles burbujas de aire o de vapores que pueda contener el combustible, consiguiéndose así un autopurgado permanente del sistema.

- **Decantadores de agua.** Son elementos que eliminan parte del agua contenida en el combustible y que estropearía rápidamente los delicados y precisos elementos de inyección además de alterar la combustión en caso de llegar a ser inyectada.

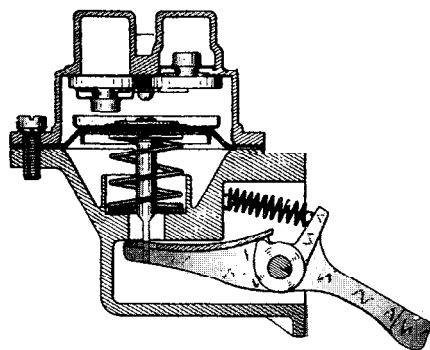
En los motores Diesel, se utilizan básicamente tres tipos de bomba de alimentación:

- Las bombas de membrana (similares a las de gasolina) (fig. 7).

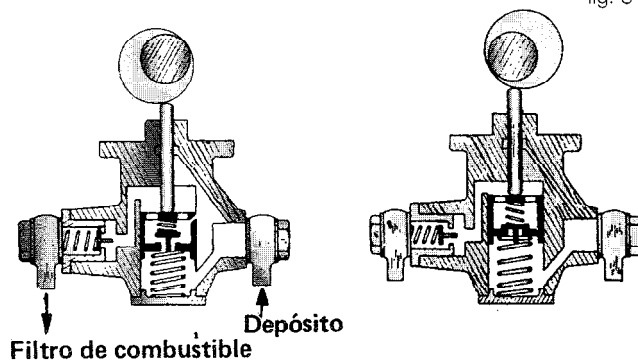
- La bomba aspirante-impelente de pistón (figura 8).

- Las bombas de engranajes (similares a las de aceite, que suministran una mayor presión, aunque en este sistema son las menos usadas).

Existe además otro tipo de bombas, usadas en las bombas inyectoras rotativas, de paletas, pero que ya analizaremos cuando tratemos más detenidamente este capítulo.

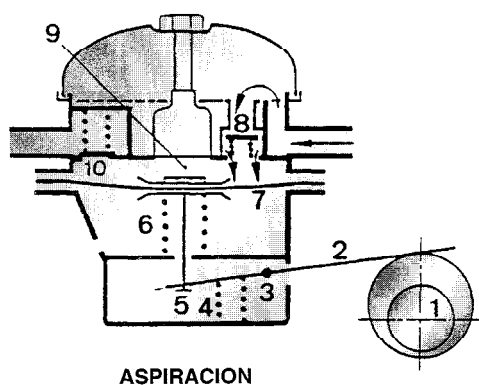


Bomba de membrana

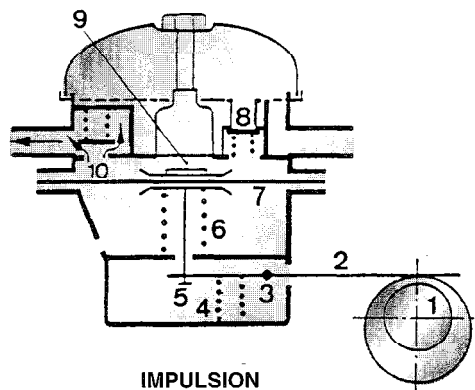


Bomba de pistón

fig. 8



ASPIRACION



IMPULSION

Esquema del funcionamiento de la bomba de alimentación a membrana

1. Excéntrica del árbol de levas motor.
2. Palanca.
3. Eje de articulación.
4. Muelle de retención.
5. Empujador solidario de la membrana.
6. Muelle de impulsión.
7. Membrana.
8. Válvula de admisión.
9. Cámara.
10. Válvula de impulsión.

fig. 7

Uno de los capítulos más exigentes para el perfecto funcionamiento del motor Diesel lo representa el filtrado del combustible. Si tenemos en cuenta que las tolerancias entre los elementos móviles en las bombas de inyección y los propios inyectoros llegan a ser del orden de 3 milésimas de milímetro y que sus superficies lisas deben asegurar la estanqueidad, comprenderemos que las menores partículas pueden provocar depósitos, erosiones y en definitiva deterioraciones capaces de perjudicar sensiblemente al equipo de inyección y consecuentemente al buen funcionamiento del motor.

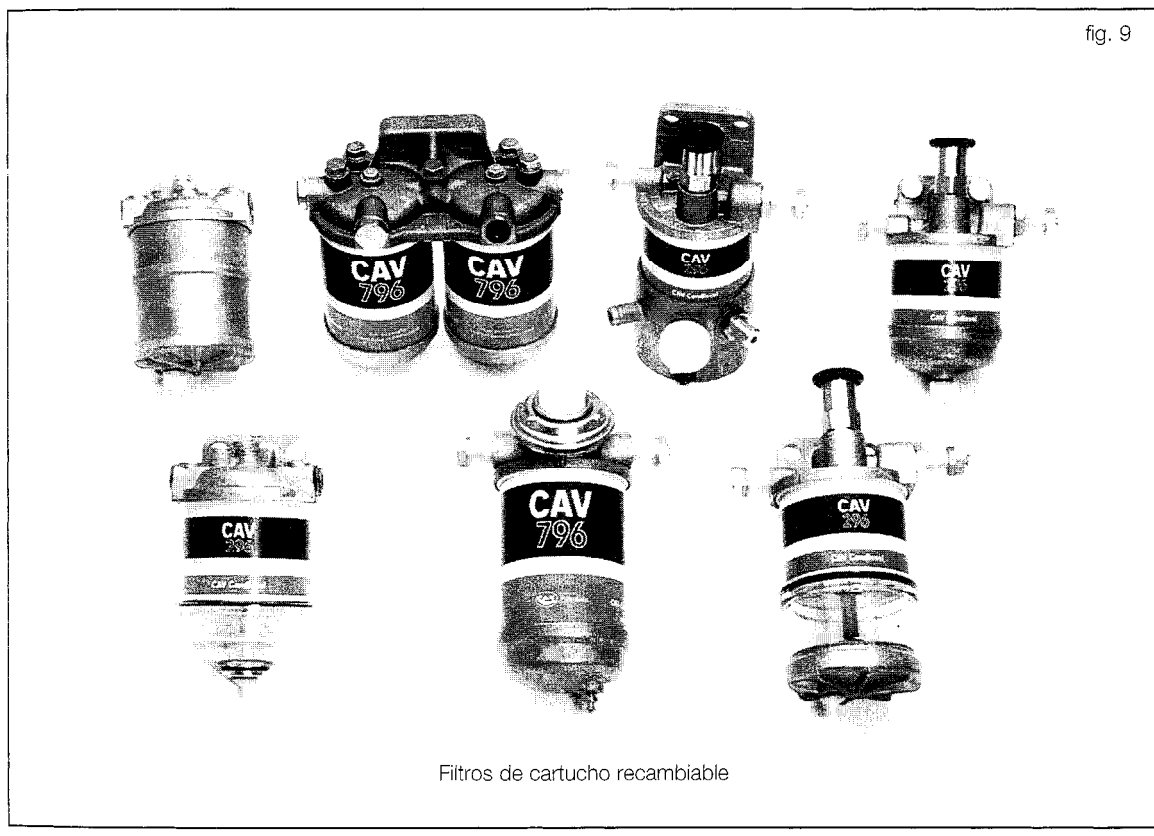
Pero no solamente las partículas sólidas perturban al sistema. El agua, como ya se ha apuntado anteriormente, además de provocar oxidación de los elementos de inyección, en invierno puede congelarse y consecuentemente provocar la obstrucción de los conductos de alimentación en paradas prolongadas del motor. Y no sólo eso, en cantidades suficientes, puede combinarse con el azufre contenido en el combustible y producir así ácidos corrosivos posteriores a la combustión.

Otro elemento que hay que retirar del combustible, como ya hemos tratado de hacer comprender anteriormente, es el aire y los vapores de combustible. Aunque este elemento no sea propiamente sujeto del filtrado, sí que es eliminado durante esta fase del proceso de alimentación porque como ya se advirtió al ser un elemento compresible, puede perturbar e incluso paralizar la fase de inyección por la formación de bolsas de aire que al ser comprimidas y expandidas alternativamente no llegarían a salir del sistema impidiendo asimismo la salida de combustible.

Así pues, ya que el gas-oil es un combustible pesado y viscoso, puede mantener en suspensión gran cantidad de partículas sólidas en suspensión si no ha tenido un largo período de sedimentación. Para eliminarlas con la mayor efectividad posible cabe pues establecer todo un proceso de filtrado que empieza en el depósito de combustible desde el momento del llenado.

Encontramos pues dos tipos de elementos filtrantes: los prefiltros y los filtros.

15



Los primeros pueden hallarse ya en el tubo de aspiración del combustible, y a la entrada de la bomba de alimentación.

Los segundos, los filtros, los encontramos entre la bomba de alimentación y la bomba de inyección.

Las características principales que deben reunir los filtros son:

- Larga vida útil antes de ser repuestos o limpiados.
- Deben retener el agua y las partículas del orden de una micra.

- Han de ser capaces de realizar su cometido a una baja presión.

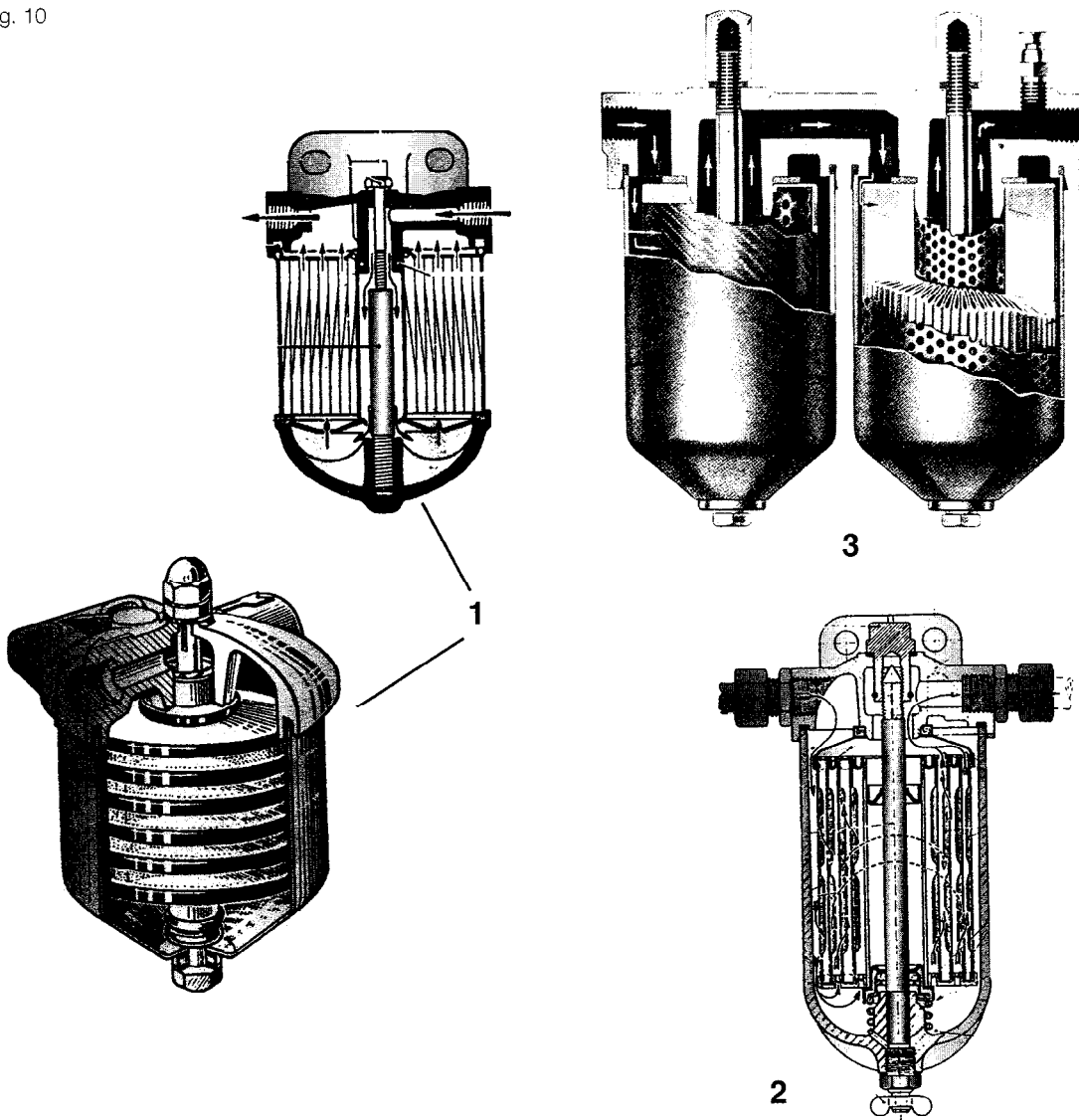
- Con el menor volumen posible, deben presentar una gran superficie de filtrado.

Existen cuatro tipos principales de filtros.

En la figura 10 podemos ver los de cartucho recambiable y el resto.

1. Filtros simples de papel o cartón.
2. Filtros de tamiz metálico.
3. Filtrado en tándem o por etapas.

fig. 10



El corazón del sistema de alimentación lo constituye la bomba de inyección, que basa su principio de funcionamiento en el desplazamiento de un pistón dentro de un cilindro (bomba volumétrica).

Actualmente debemos distinguir dos tipos bien diferenciados: las bombas de elementos en línea y las bombas rotativas (fig. 11). Pero antes de pasar al análisis de cada uno de los dos tipos, hagamos algunas consideraciones sobre la bomba de inyección.

El combustible debe ser inyectado a una muy elevada presión (entre 130 y 250 bares) pero en una cantidad muy pequeña y precisa, e igual en cada cilindro.

Tengamos en cuenta que para quemar 1 g de gas-oil son precisos 32 g de aire (aprox.) o lo que es lo mismo, 25 l de aire. Así, para un motor de

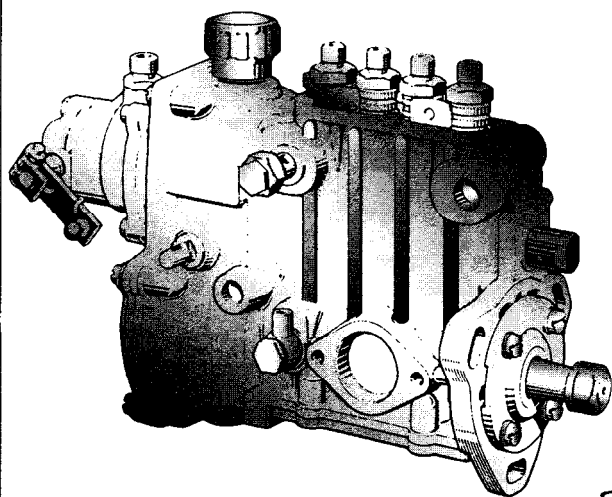
4 cilindros y 4.000 cc de cilindrada, en cada cilindro deberíamos quemar 0'04 g de gas-oil en cada combustión.

La bomba de inyección, sea cual sea el tipo, tiene por misión:

- Mandar el combustible suficiente, en el momento apropiado, a la presión necesaria y en el orden establecido a cada inyector para que pueda ser introducido en el interior de la cámara de combustión en las mejores condiciones de combustión y por tanto de optimización del rendimiento térmico del motor.

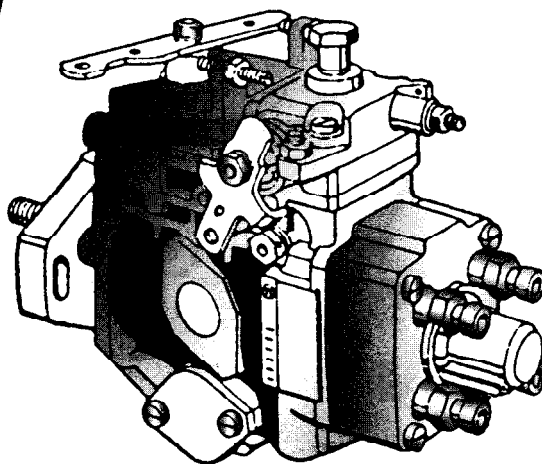
Como todo esto junto parece muy complicado de asimilar, amén de que de la inyección en un moderno motor ha de entenderse como un conjunto (bomba-elementos de regulación-inyectores), pasaremos a ver por partes la constitución y el funcionamiento de cada elemento.

fig. 11



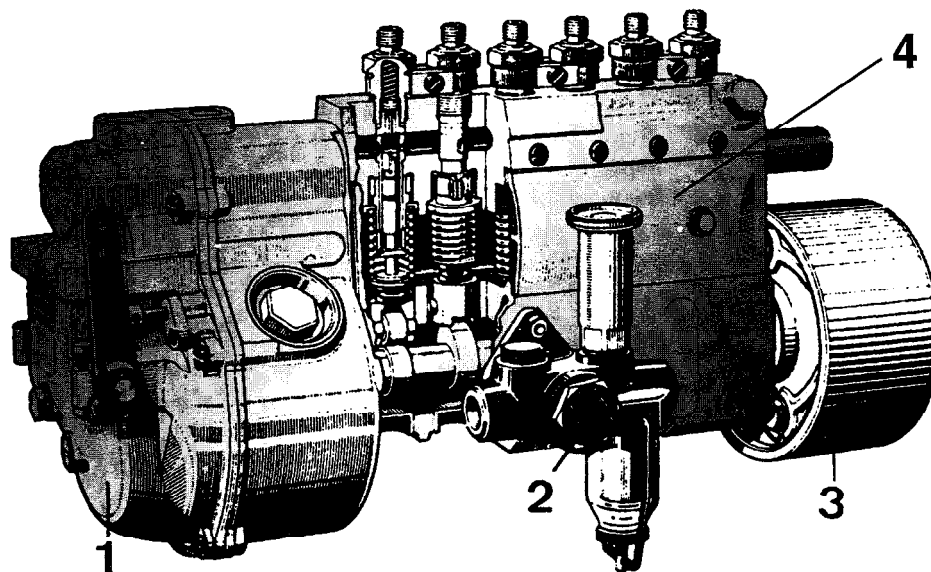
Vista exterior de una bomba en línea Bosch

Bomba rotativa, de pistón único y distribuidor



LA BOMBA DE INYECCIÓN EN LÍNEA

fig. 12



Bomba en línea con órganos asociados

Esta bomba está equipada por:

1. Regulador centrífugo - 2. Bomba de alimentación - 3. Variador de avance centrífugo - 4. Cuerpo principal

Principio de funcionamiento

Las bombas de inyección en línea basan su principio de funcionamiento en el desplazamiento de un émbolo de carrera total constante pero con carrera de trabajo regulable.

El control cronológico de la alimentación de combustible corre a cargo del árbol de levas que juntamente con el resto de componentes forman el grupo de inyección y están constituidos por:

- **La bomba de inyección** que se encarga de generar la alta presión.
- **El regulador mecánico** que se encarga de regular el régimen del motor.
- **El variador de avance** regula el comienzo de la inyección.
- **La bomba de alimentación mecánica** que se encarga de aspirar e impulsar el combustible desde el depósito hacia la cámara de inyección de la bomba.

En la fig 12 vemos los componentes de una bomba de inyección en línea.

Las fases de la inyección

La bomba tiene tantos elementos de inyección como cilindros deba alimentar y cada uno de ellos está formado por un émbolo y un cilindro. En su funcionamiento individual se distinguen tres fases (fig. 13):

Fases

1. El pistón del elemento se encuentra en su PMI y el combustible, a través de unos conductos de llenado, llena la cámara superior y a través de una ranura vertical llena igualmente la cámara inferior del pistón.

2. El pistón, empujado ahora por la leva de mando, es forzado a realizar una carrera ascendente cerrando los conductos por los que se ha llenado el combustible, quedando éste atrapado entre las dos cámaras (superior e inferior). Este momento de la fase es el principio de la inyección, el momento en el cual la válvula de descarga situada por encima de la cámara superior, se abre y el combustible se dirige hacia el inyector.

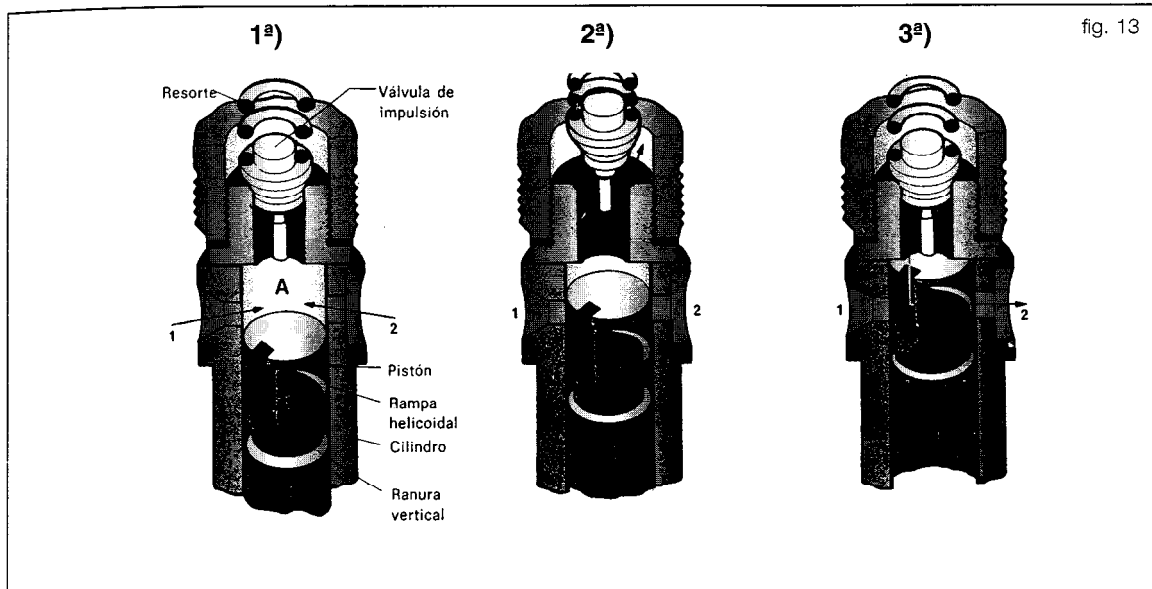


fig. 13

3. Durante esta fase el pistón ha continuado subiendo impulsando el combustible al inyector hasta que la rampa, (una ranura helicoidal practica-da lateralmente en el pistón), descubre uno de los orificios de llenado (que ahora será de retorno ya que el combustible se encuentra sometido a presión), cayendo en este momento la presión y cerrándose la válvula que se comunicaba con el inyector. Se ha producido el final de la inyección.

DOSIFICACIÓN DEL COMBUSTIBLE

La variación del caudal necesario se consigue haciendo girar el pistón, mediante una cremallera que toma su desplazamiento de la posición del pedal del acelerador, sobre su propio eje, lo que conlleva que la rampa helicoidal coincida antes o después con el orificio de retorno (figs. 14 y 15).

Igualmente, haciendo girar lo suficiente el pistón hasta que la ranura vertical coincida con el orificio de retorno, evitaremos que éste pueda quedar obturado, encontrándonos en esta posición en estado de parada del sistema imposibilitando de este modo la impulsión del combustible hasta los inyectores.

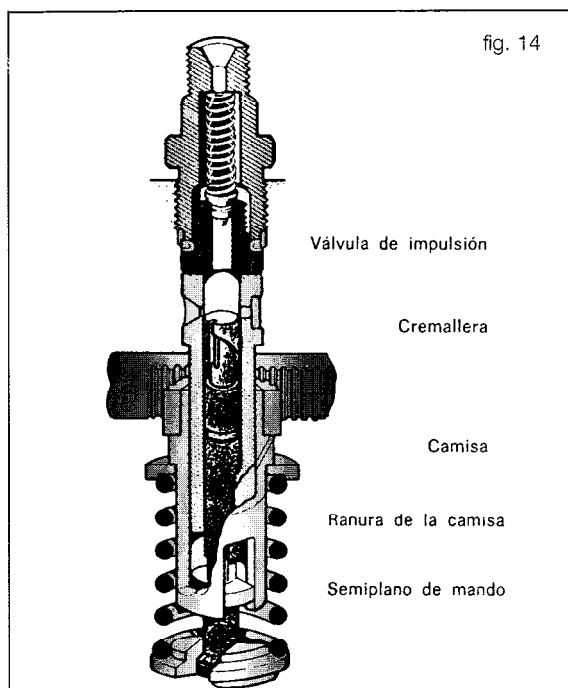
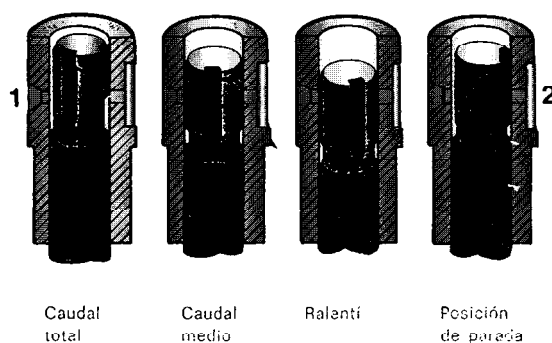
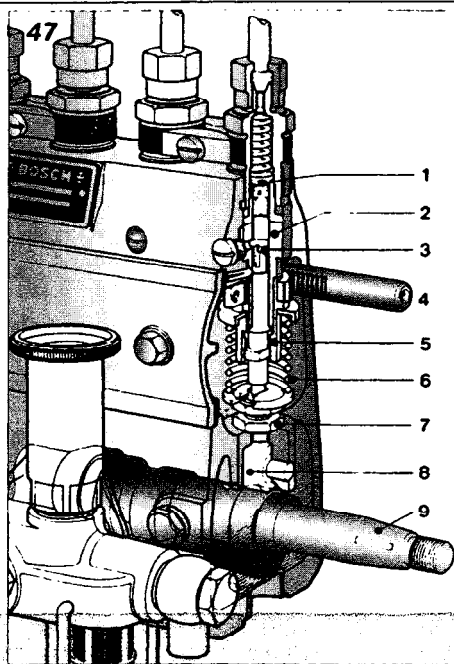


fig. 14





Bomba de inyección en línea

1. Válvula de presión.
2. Cilindro de la bomba.
3. Émbolo de la bomba.
4. Varilla de regulación.
5. Casquillo de regulación.
6. Muelle del émbolo.
7. Tornillo de ajuste.
8. Impulsor de rodillo.
9. Árbol de levas.

fig. 15

20

Esta válvula tiene la misión de separar la tubería de impulsión del combustible del circuito de alta presión y descargar la tubería de impulsión de la bomba. Está formada por un rácor que se encuentra roscado en el cuerpo de la bomba en el interior de la cual hay una válvula que es mantenida a presión por un muelle sobre su asiento (fig. 16).

Este tipo de bombas incorporan además un dispositivo que puede ser: neumático (fig. 17), mecánico o hidráulico (fig. 18), o electrónico a fin de regular las condiciones de funcionamiento del motor a plena carga o a ralentí. Este dispositivo se llama regulador de velocidad o de máxima y mínima.

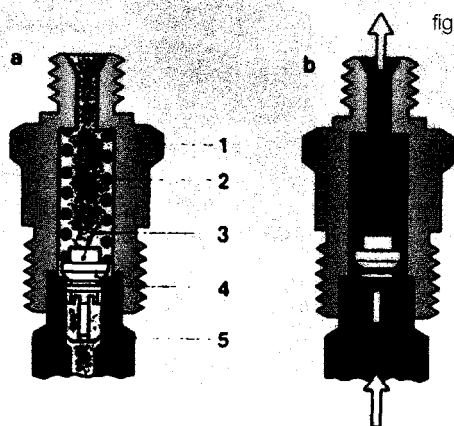


fig. 16

Rácor de impulsión con válvula de presión

- a, cerrado - b, abierta - 1. Rácor de impulsión - 2. Muelle de la válvula de presión - 3. Válvula de presión - 4. Asiento de la válvula - 5. Portaválvula

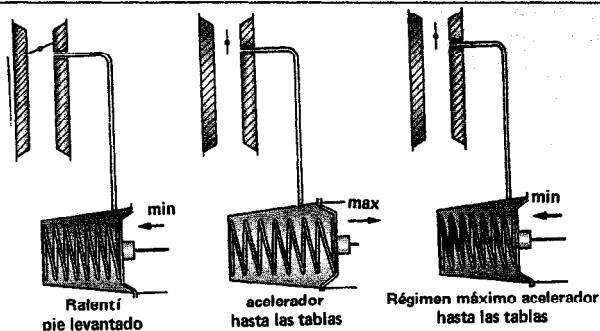
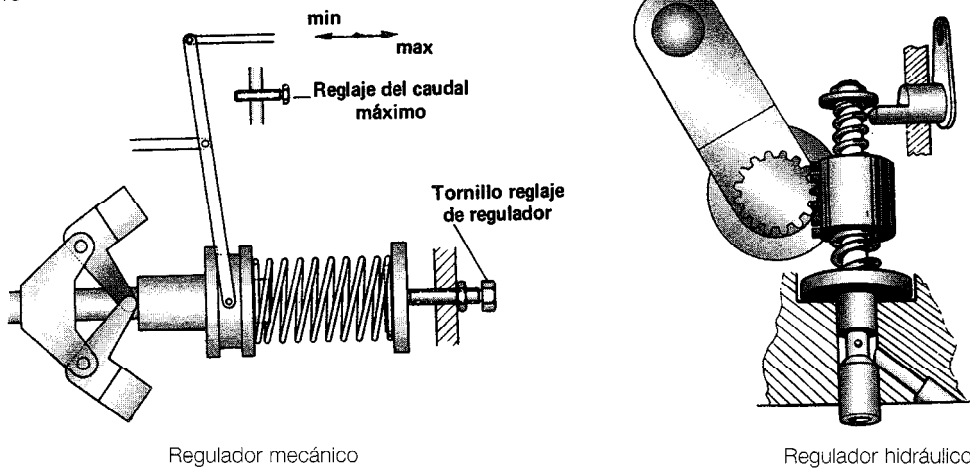


fig. 17

fig. 18



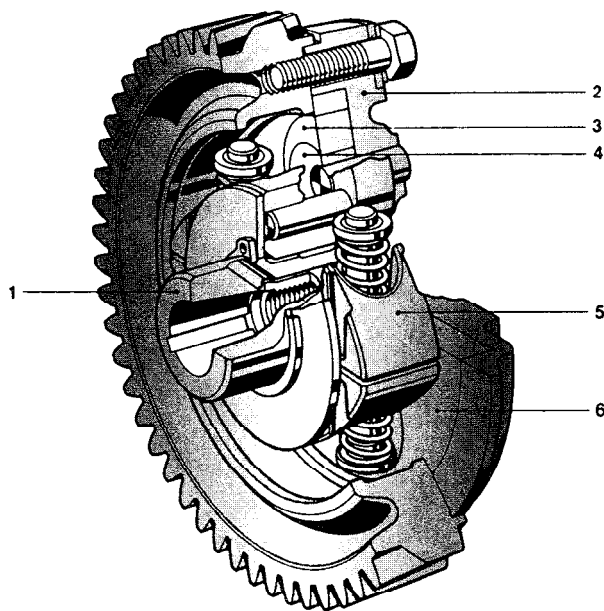
De igual forma que en el motor de gasolina, cabe regular en el motor Diesel el momento en el cual da comienzo la inyección, en función del régimen de giro del motor, atendiendo como ya se ha explicado al retardo a la inflamación. Debemos por tanto procurar en cada momento que la combustión se inicie en las proximidades del PMS, al valor pres-

crito por el fabricante para cada tipo de motor. De todo ello se encarga el variador de avance que incorporan las bombas de inyección (fig. 19).

Dentro de las múltiples variantes existentes en las bombas en línea, podemos encontrar otros dispositivos encargados de facilitar el arranque en frío, sobrecargas o retardos de la inyección.

21

fig. 19



Variador de avance de excéntricas.

1. Buje.
2. Cuerpo.
3. Excéntrica de ajuste.
4. Excéntrica de compensación.
5. Contrapeso.
6. Disco de reglaje.

LA BOMBA ROTATIVA

Principio de funcionamiento

Este otro tipo de bomba, conservando el principio de funcionamiento de carrera de pistón constante, presenta la característica de alimentar varios cilindros en un único elemento de presurización del combustible, empleando para ello un distribuidor rotativo y que además incorpora en sí misma la bomba de alimentación de combustible (llamada aquí bomba de transferencia) además de los diferentes sistemas de regulación y avance.

Tenemos pues una bomba que presenta una serie de ventajas:

- Más pequeña, con menos peso por tanto, y de más fácil acoplamiento en el motor.

- La dosificación para cada cilindro es perfectamente idéntica (al existir un único y común elemento de bombeo).

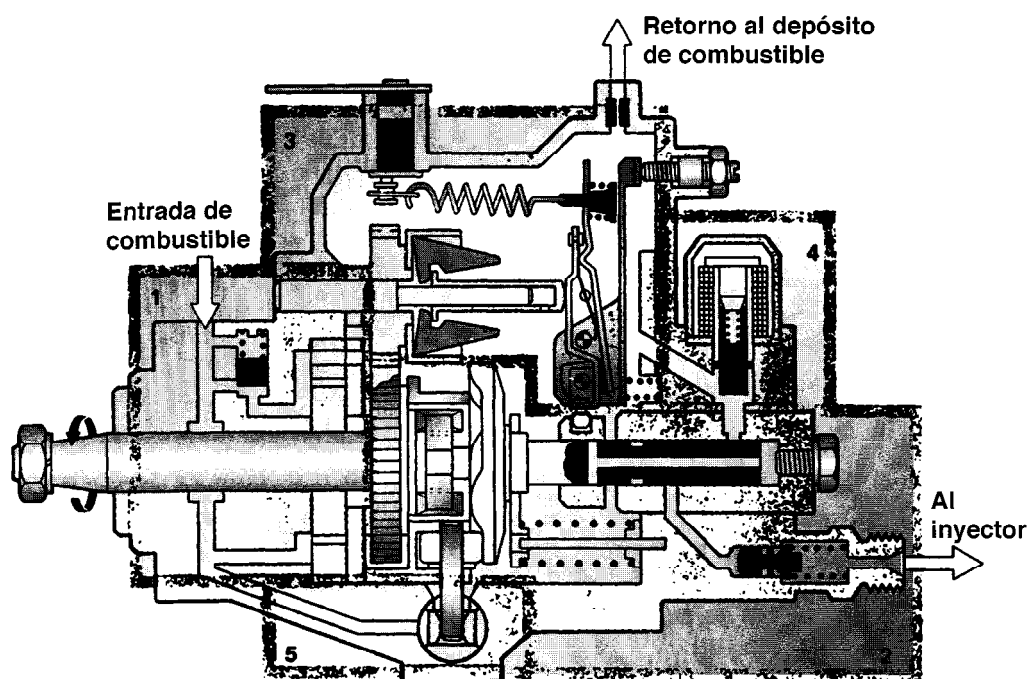
- Permite mayores velocidades de rotación (ideal para motores Diesel rápidos).

- Entretenimiento prácticamente nulo (la lubricación del sistema la asegura el propio combustible) y reglajes sencillos y accesibles.

- Menor precio de adquisición y de mantenimiento.

Las bombas más representativas de este tipo son las VE de Bosch (fig. 20) y las DPC de CAV que veremos más adelante.

fig. 20



Componentes de la bomba rotativa y sus funciones

- | | |
|--|---|
| 1. Bomba de alimentación de aletas. Aspirar el combustible llevarlo al interior de la bomba. | men. Variar el caudal de alimentación mediante el dispositivo regulador en el margen de regulación. |
| 2. Bomba de alta presión con distribuidor. Crear la presión de inyección, transportar y distribuir el combustible. | 4. Válvula electromagnética de parada. Cortar la alimentación de combustible. |
| 3. Regulador mecánico de velocidad. Regular el régimen. | 5. Variador de avance. Corregir el comienzo de alimentación en función del régimen. |

Funcionamiento

Las bombas rotativas, como ya se ha anunciado, llevan incorporadas la alimentación de combustible mediante una bomba de paletas, de tipo volumétrico, que aspira el combustible desde el depósito y lo envía al interior de la bomba de inyección bajo una determinada presión, llamada presión de transferencia.

La bomba de transferencia suministra una presión y un caudal de combustible superior al que necesita la bomba para alimentar los diferentes inyectores, regulándose esta presión de transferencia por una válvula. La presión, una vez regulada es enviada a la válvula dosificadora de caudal y de allí al elemento de bombeo a través del cabezal hidráulico. En el conducto que suministra el combustible al cabezal hidráulico, antes de llegar a éste, se monta una electroválvula de paro que obstruirá este paso de combustible al querer detener el motor.

En el cabezal hidráulico encontramos (fig. 21):

- **El elemento de bombeo** (se encarga de crear la presión de inyección).

- **El rotor o émbolo distribuidor** (en su giro solidario con el eje de la bomba, va encarando los conductos de carga de combustible a presión de trans-

ferencia regulada por la válvula dosificadora o de distribución a los cilindros en el momento en que el elemento de bombeo somete a presión el combustible).

- **El cuerpo o la cabeza del distribuidor** (elemento que contiene los conductos de carga y de distribución del combustible a los cilindros).

Antes de llegar el combustible al inyector, en los motores rápidos modernos, se aloja a la salida de la bomba lo que llamamos válvula de reaspiración que cumple un doble cometido:

- Hace más precisos los principios y finales de la inyección.

- Evita los efectos de reducción de caudal en el circuito de alta presión del cabezal hidráulico.

Al igual que en la bomba lineal, la bomba rotativa incorpora diferentes dispositivos como mecanismos anticalado del motor de sobrecarga de arranque, limitador de rpm (cortando el suministro de combustible para que el motor no pueda "pasarse" de vueltas), variador de avance, regulador de velocidad, sistemas de desgasificación, hasta mecanismos que mantengan el ralentí acelerado.

23

Fases de carrera y alimentación

Entrada de combustible

En PMI el combustible fluye al recinto de alta presión (4), a través del canal de entrada (2) y una ranura de control (3).

Alimentación de combustible

Durante el movimiento ascendente, el émbolo distribuidor cierra el canal de entrada sometiendo a presión el combustible que se encuentra en el recinto de alta presión (5). Durante el movimiento giratorio, la ranura de distribución (6) abre el orificio de salida (7) correspondiente al cilindro del motor.

Fin de alimentación

La alimentación de combustible concluye en cuanto la corredera de regulación (8) abre el orificio de descarga (9).

Entrada de combustible

Mientras el émbolo retorna al PMI, mediante el movimiento rotativo ascendente el orificio de descarga se cierra. El recinto de alta presión se vuelve a llenar.

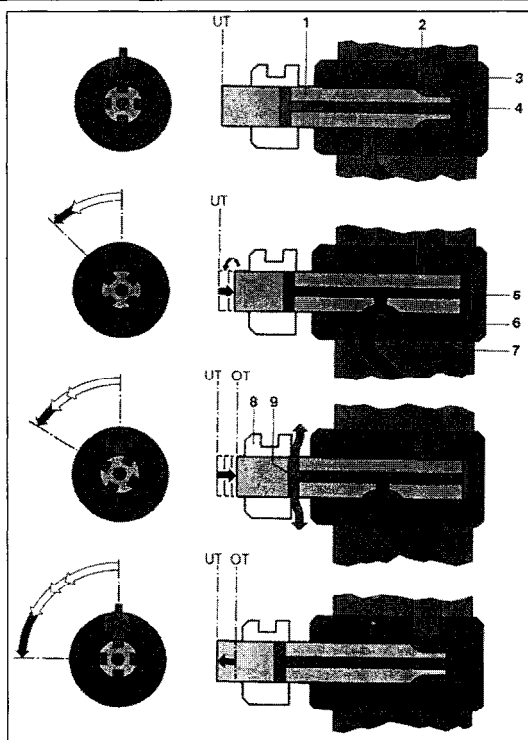
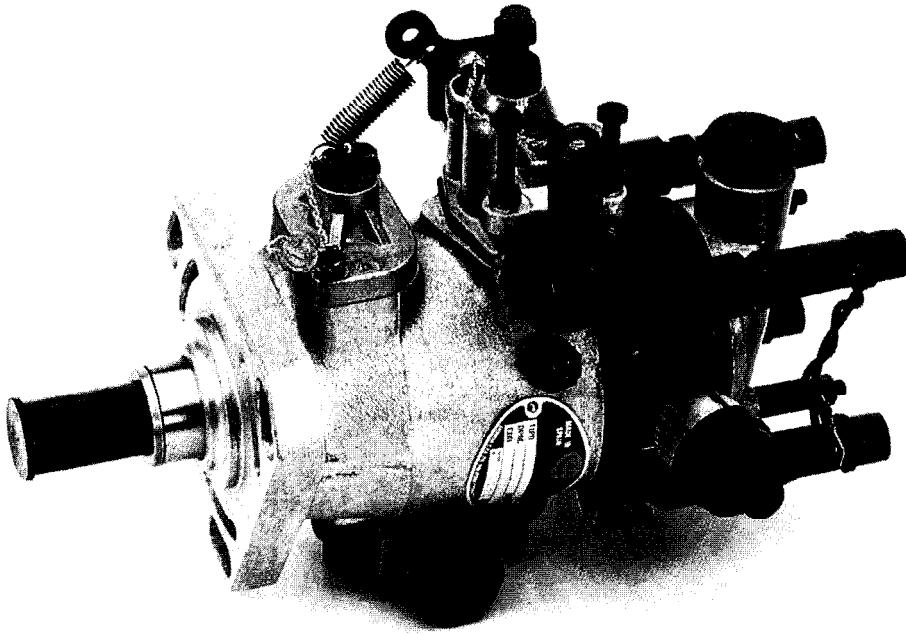
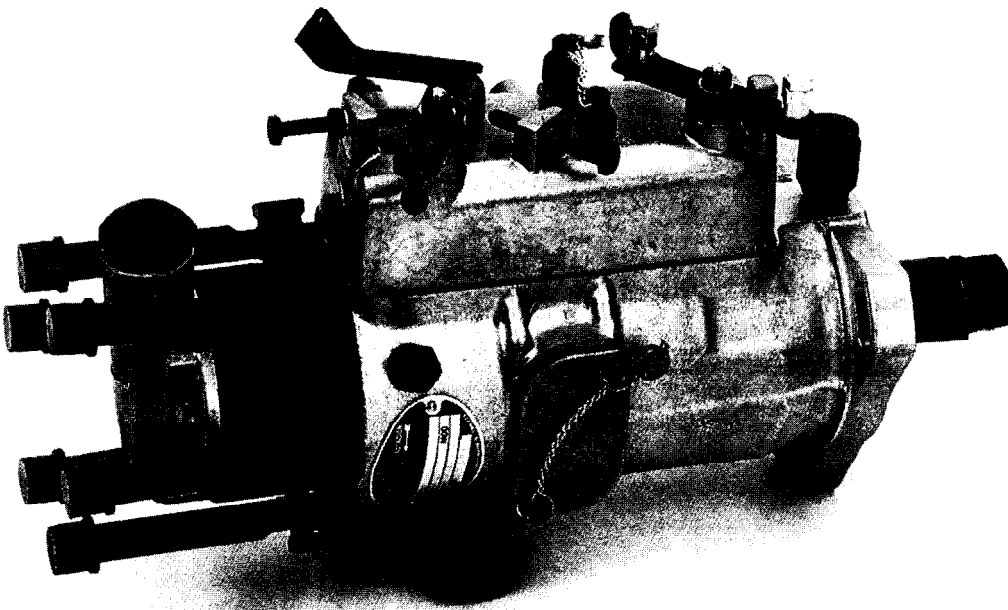


fig. 21

BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA DPA

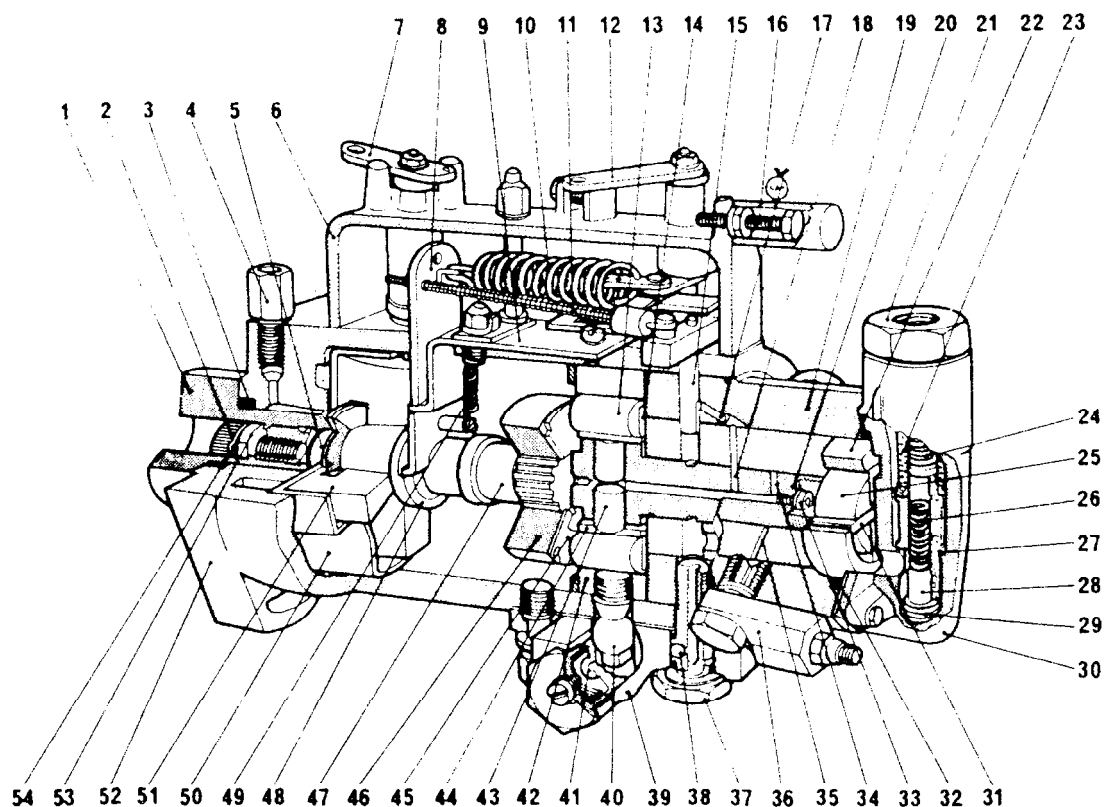


BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA CON REGULADOR HIDRÁULICO



BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA CON REGULADOR MECÁNICO

COMPONENTES DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA DPA



Bomba de inyección

- | | |
|--|--|
| 1. Buje de transmisión. | 28. Pistón de regulación de la presión. |
| 2. Tornillo fijación buje. | 29. Muelle de cebado. |
| 3. Retén del buje de transmisión. | 30. Placa de extremo. |
| 4. Racor de salida de sobrante de combustible. | 31. Palas de la bomba de transferencia. |
| 5. Anillo tórico. | 32. Junta tórica. |
| 6. Tapa del regulador. | 33. Tornillo tapón. |
| 7. Palanca de pare. | 34. Lumbrera distribuidora. |
| 8. Brazo de empuje. | 35. Lumbrera de salida. |
| 9. Placa soporte. | 36. Pipa con válvula. |
| 10. Muelle principal. | 37. Tornillo fijación cabeza hidráulica. |
| 11. Conjunto horquilla. | 38. Bola de acero. |
| 12. Palanca de aceleración. | 39. Cuerpo del dispositivo de avance. |
| 13. Rodillo impulsor. | 40. Tornillo de mando del anillo de levas. |
| 14. Placa de ajuste interior. | 41. Pistón de avance automático. |
| 15. Válvula dosificadora. | 42. Anillo de levas. |
| 16. Tornillo tope de velocidad máxima. | 43. Émboio. |
| 17. Lumbrera de dosificación. | 44. Zapata porta rodillo. |
| 18. Lumbrera de admisión. | 45. Placa de ajuste de caudal máximo de combustible. |
| 19. Cabeza hidráulica. | 46. Placa de transmisión. |
| 20. Rotor de bombeo. | 47. Eje de transmisión. |
| 21. Racor de entrada de combustible. | 48. Manguito de empuje. |
| 22. Excéntrica de la bomba de transferencia. | 49. Muelle retención brazo regulador. |
| 23. Filtro de nylon. | 50. Alojamiento de contrapesos. |
| 24. Muelle de fijación del manguito. | 51. Contrapesos del regulador. |
| 25. Rotor de la bomba de transferencia. | 52. Cuerpo de la bomba. |
| 26. Filtro de nylon. | 53. Arandela de soporte. |
| 27. Muelle de fijación del manguito. | 54. Arandela elástica. |

FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN DPA

Dosificación del combustible (fig. 22)

El combustible penetra en la bomba de inyección a la presión de alimentación a través del racor de entrada (3), situado en la placa de extremo (5) y pasa a la bomba de transferencia (6) a través del filtro de nylon (4).

La bomba de transferencia (6) eleva la presión del combustible a un nivel determinado, conocido con el nombre de presión de transferencia. La presión de transferencia no permanece constante sino que aumenta con la velocidad de rotación del motor.

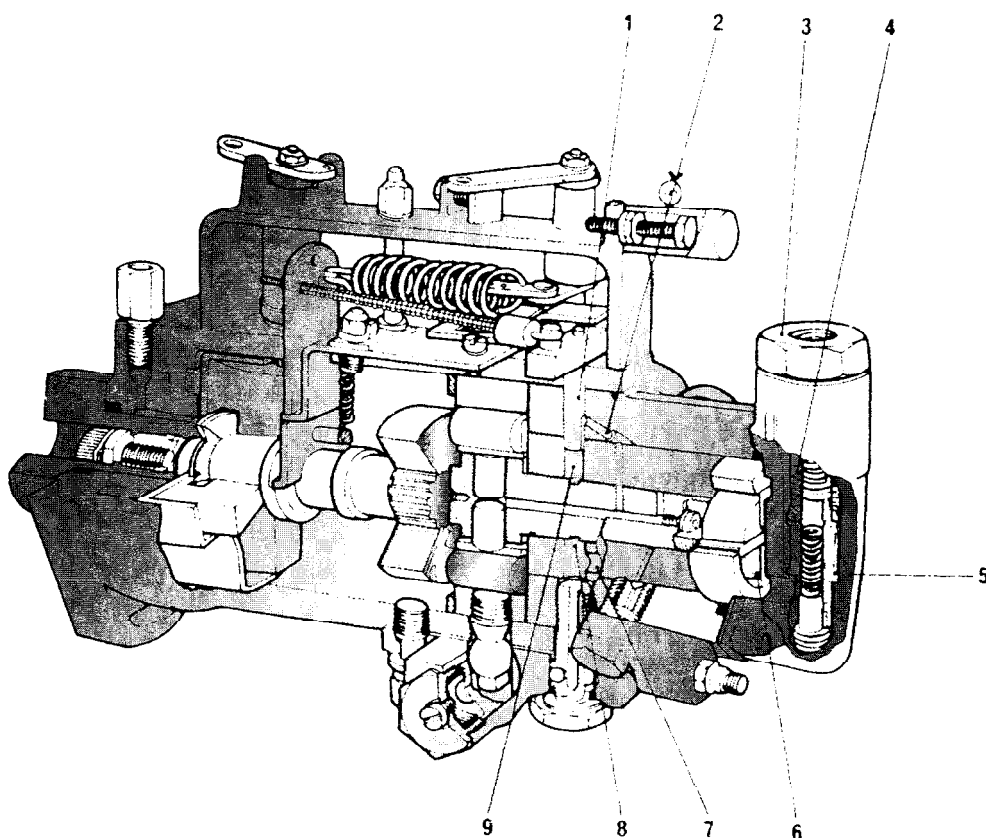
El combustible, a la presión de transferencia, pasa a través del conducto (7) de la cabeza hidráulica

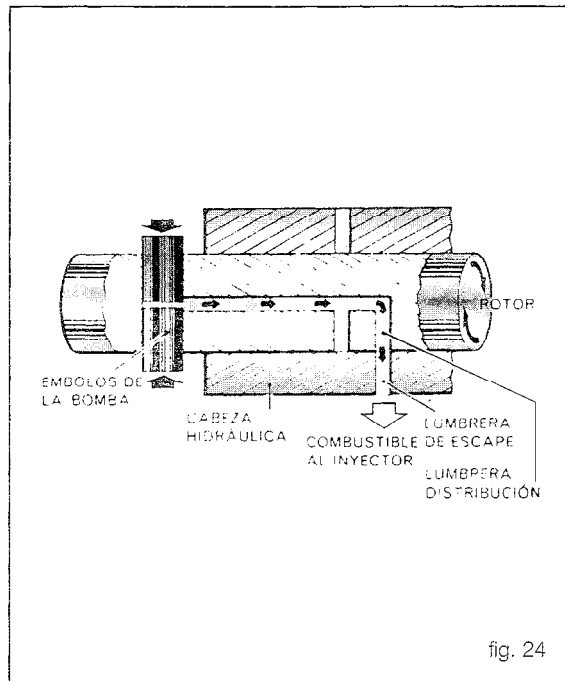
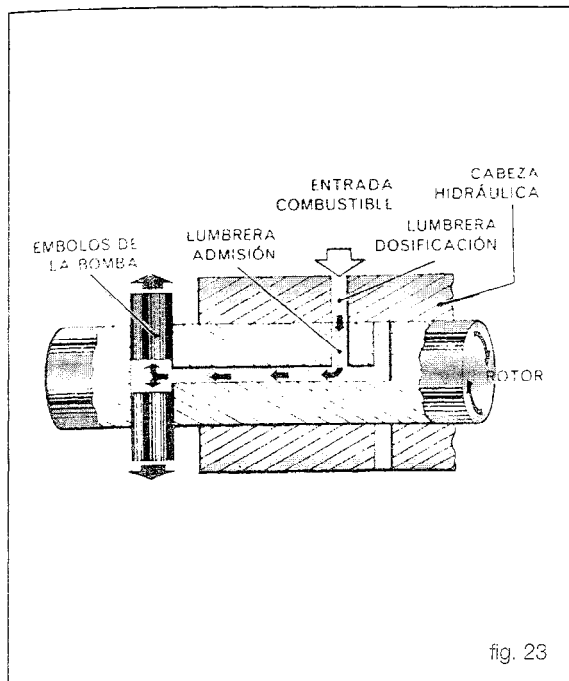
a la ranura anular (8) del rotor y de ahí a la cámara (9) que aloja la válvula dosificadora (1), la cual controla el caudal de combustible a través de la lumbrera de dosificación (2). La zona efectiva de la lumbrera de dosificación (2) está controlada por el movimiento de la válvula dosificadora (1), la cual está mandada por la palanca de aceleración y el regulador.

Cuando el combustible pasa a través del orificio de dosificación (2), se produce una caída de presión, que se conoce con el nombre de presión de dosificación.

Cuanto más pequeño sea el orificio de dosificación, mayor será la reducción de la presión y viceversa.

fig. 22





27

Bombeo y distribución

En las figs. 23 y 24 se ven claramente las funciones de bombeo y distribución del combustible dosificado. La fig. 23 nos muestra la fase de carga y la fig. 24 el bombeo y distribución de la carga dosificada.

Al girar el rotor, una lumbrera de admisión se enfrenta con la lumbrera dosificadora o de llenado de la cabeza hidráulica; el combustible, a presión de dosificación, fluye dentro del conducto central del rotor y separa los émbolos. El valor de desplazamiento de los émbolos viene determinado por la cantidad de combustible que se suministra, el cual varía de acuerdo con el reglaje de la válvula dosificadora. En consecuencia, los rodillos impulsores no siguen enteramente el contorno interno del anillo de levas, sino que toman contacto con los lóbulos de leva en puntos que difieren de acuerdo con el desplazamiento de los émbolos impulsores. La lumbrera de admisión se cierra al continuar el giro y la única lumbrera distribuidora o de descarga del rotor se enfrenta con una de las lumbreras de salida en la cabeza hidráulica; los rodillos impulsores entran en contacto con los lóbulos de levas y los émbolos son empujados hacia adentro enviando al combusti-

ble, a alta presión, hacia los inyectores a través de los tubos de inyección.

El perfil de la leva proporciona un alivio de la presión en las líneas de inyección al final del ciclo de inyección y evita el "goteo" de las toberas.

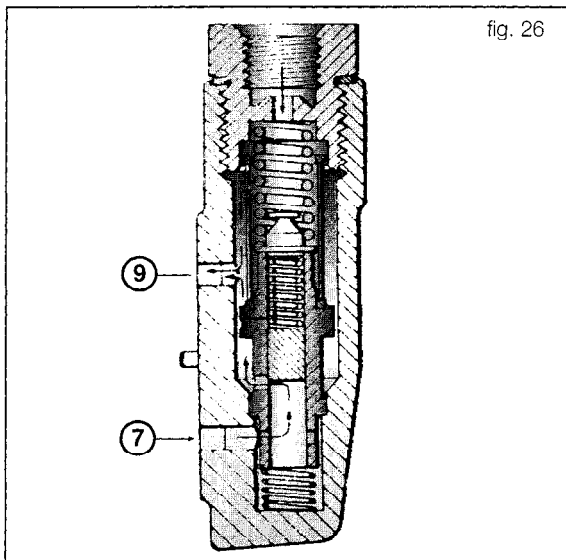
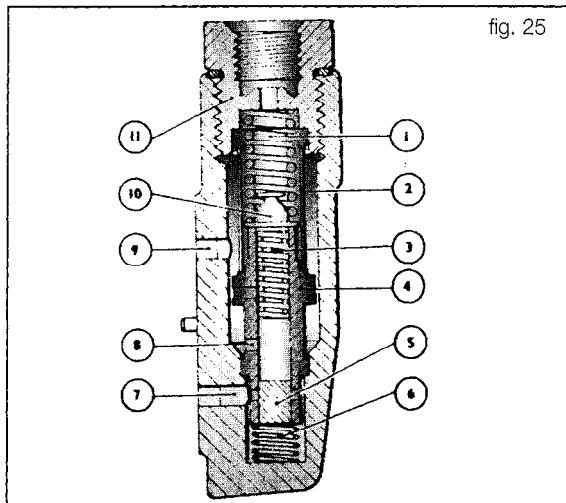
El intervalo de sincronización entre las inyecciones de la bomba viene regulado por la distancia precisa de los lóbulos de levas y las lumbreras de salida.

Válvula reguladora

El combustible, que penetra en la placa de extremo a la presión de alimentación, pasa a la admisión de la bomba de transferencia a través del filtro de nylon (2) y el conductor del combustible (9).

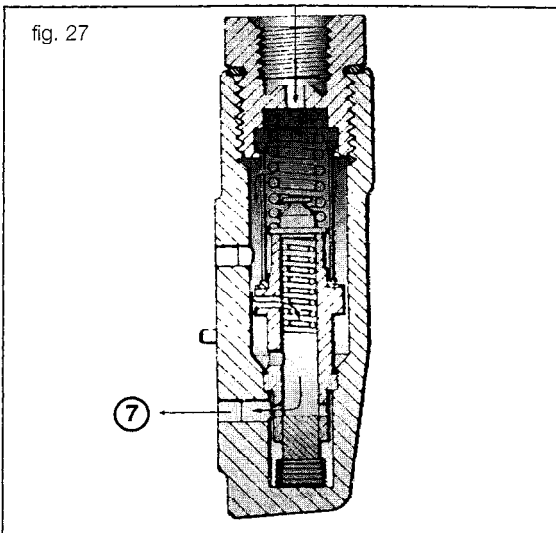
La presión de transferencia se transmite a la parte inferior del pistón de regulación (5) a través del conductor de combustible (7) y tiende a forzar el pistón hacia arriba. A esta fuerza se le opone la presión ejercida en la cara superior del pistón por el muelle de regulación (3).

Como la presión de transferencia aumenta cuando se incrementa la velocidad del motor, el pistón es empujado hacia arriba y comprime el muelle de regulación (fig. 26). Este desplazamiento del pistón va descubriendo progresivamente la lumbrera de regulación (8) (fig. 25) y regula la presión de transferencia, permitiendo que un caudal dosificado de combustible vuelva a la admisión de la bomba de transferencia. La zona efectiva de la lumbrera de regulación aumenta al elevar la velocidad del motor y se reduce cuando disminuye dicha velocidad.



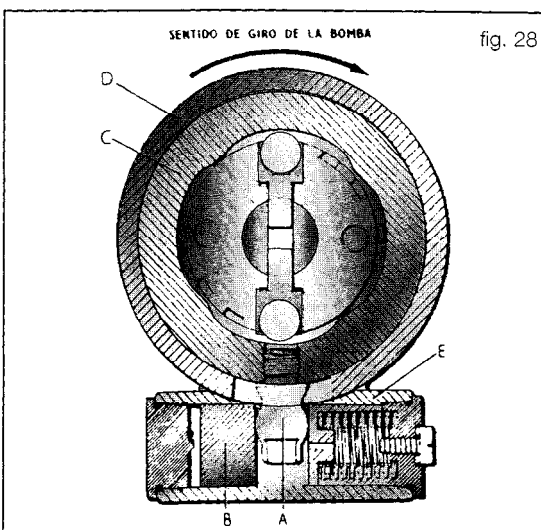
Cuando se ceba la bomba de inyección el combustible penetra en la placa de extremo y no puede pasar, a través de la bomba de transferencia, a los conductos de la cabeza hidráulica. En este caso,

el combustible, a la presión de cebado, entra en el manguito de la válvula (4) (fig. 25) y actúa sobre la cara superior del pistón de regulación. El pistón es empujado hacia abajo, comprimiendo el muelle de cebado (6) (fig. 25), dejando al descubierto la lumbrera de cebado (fig. 27). El combustible pasa a través de la lumbrera de cebado al lado de la descarga de la bomba de transferencia y de ahí a los conductos de combustible dentro de la cabeza hidráulica.



Avance automático (fig. 28)

El pistón (B) se desliza libremente en el cilindro mecanizado del cuerpo del pistón y se transmite al anillo de levas (C) por medio del tornillo de mando con extremo de bola (A), siendo la causa de que el anillo de levas gire dentro del cuerpo de la bomba (D).



La presión ejercida por los muelles en el pistón tiende a mantener el pistón y el anillo de levas en la posición completamente retardada.

El combustible a la presión de transferencia, penetra en el dispositivo a través de un conducto practicado por el tornillo que fija el dispositivo sobre el cuerpo de la bomba. La presión de transferencia actúa sobre el pistón (B) y tiende a mover el anillo de levas hacia la posición totalmente avanzada.

La presión de transferencia aumenta progresivamente al aumentar la velocidad del motor y el pistón se desliza a lo largo del cilindro para comprimir los muelles y mover el anillo de levas hacia la posición totalmente avanzada. Cuando la velocidad del motor disminuye, la posición de transferencia disminuye y el pistón y el anillo de levas se mueven hacia la posición retardada por la acción del muelle.

El impacto de los rodillos impulsores que actúan sobre los lóbulos de las levas, al principio de la inyección, tienden a mover el anillo de levas hacia la posición retardada. Dicho movimiento es evitado por una válvula de bola situada en el conducto practicado en el tornillo de fijación del dispositivo sobre el cuerpo de la bomba. La fuga normal entre el pistón y el cilindro permite al dispositivo volver a la posición retardada cuando la velocidad del motor disminuye.

Las variaciones de la velocidad en el motor y por lo tanto en la bomba, originan un movimiento en los contrapesos (B) el cual se transmite al manguito de empuje (A) y desde este al brazo de empuje o brazo regulador (C). Este brazo (C), durante la marcha lenta es presionado por el muelle ligero de mar-

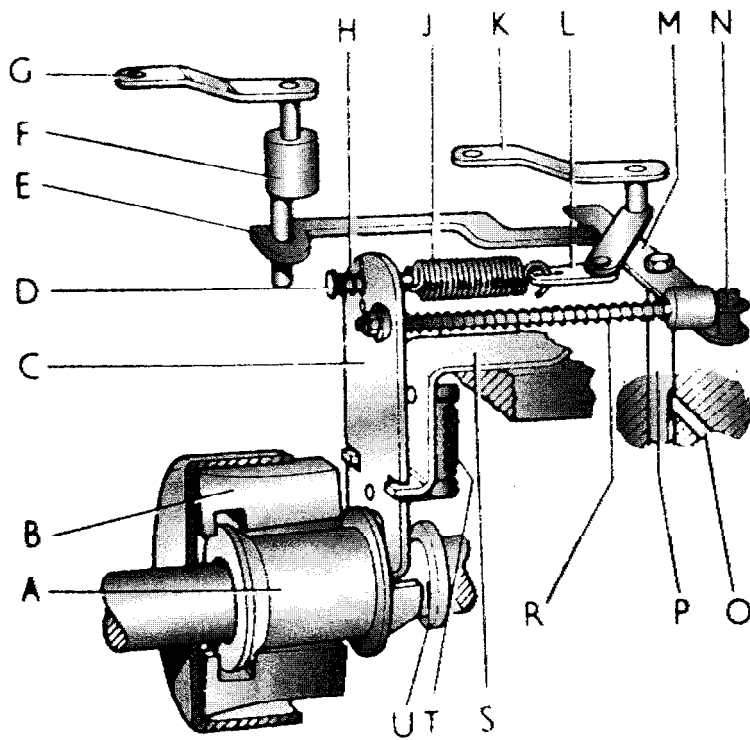


fig. 29

cha lenta o de ralentí (H) y a velocidades más altas por el muelle principal de mando (J).

Cuando se acciona el motor de arranque la palanca de obturación (K) está en la posición extrema, manteniendo a la válvula dosificadora (P) en la posición de máximo caudal. Cuando el motor se pone en marcha, la palanca (K) puede moverse hacia atrás y entonces el regulador funciona en la posición de marcha lenta o en ralentí.

El movimiento de la palanca de obturación (K) ajusta la carga en el muelle principal de mando (J) del regulador, produciendo un cambio de la posición del brazo de empuje (C) y por consiguiente en la válvula dosificadora (P) admitiéndose más o menos combustible en la bomba según se requiera. Cuando se ha alcanzado la velocidad elegida, se mantendrá dentro de unos límites aproximados por la acción del regulador. Un aumento de la velocidad del motor, como consecuencia de una disminución de la carga del mismo, originará que los contrapesos se muevan hacia afuera. Este movimiento hace girar a la válvula dosificadora (P) hacia la posición de mínimo caudal y la velocidad del motor disminuye como consecuencia de menor suministro de combustible. La velocidad del motor disminuye, los contrapesos se mueven hacia dentro, originando un aumento en el suministro del combustible el cual restablece de nuevo la velocidad elegida del motor.

Al tensar el muelle principal (J) proporciona una mayor resistencia al movimiento del brazo de empuje (C) bajo la influencia de los contrapesos (B) del regulador, por lo que un aumento de tensión como resultado de una mayor abertura de la palanca de obturación (K) el brazo de empuje (C) actuará a revoluciones más altas.

Dentro de la gama de velocidades de marcha lenta o ralentí se elimina la tensión del muelle principal (J) y el muelle de ralentí (H) da un control sensible a bajas revoluciones.

En cualquier momento el motor puede pararse por medio de la palanca de paro (G). La barra de paro (E) pasa por encima del regulador y hace girar a la válvula dosificadora (P) a la posición de cierre de combustible, independientemente de la posición de la palanca de obturación (K).

En caso, el regulador va situado en la parte superior de la bomba y forma parte del conjunto de la válvula dosificadora.

Este regulador aprovecha la presión del gas-oil que recibe en cada momento de la bomba de transferencia dependiendo de las revoluciones del motor.

En la fig. 30 se muestra un regulador de este tipo de accionamiento por piñón y cremallera. La válvula dosificadora está condicionada a la acción de:

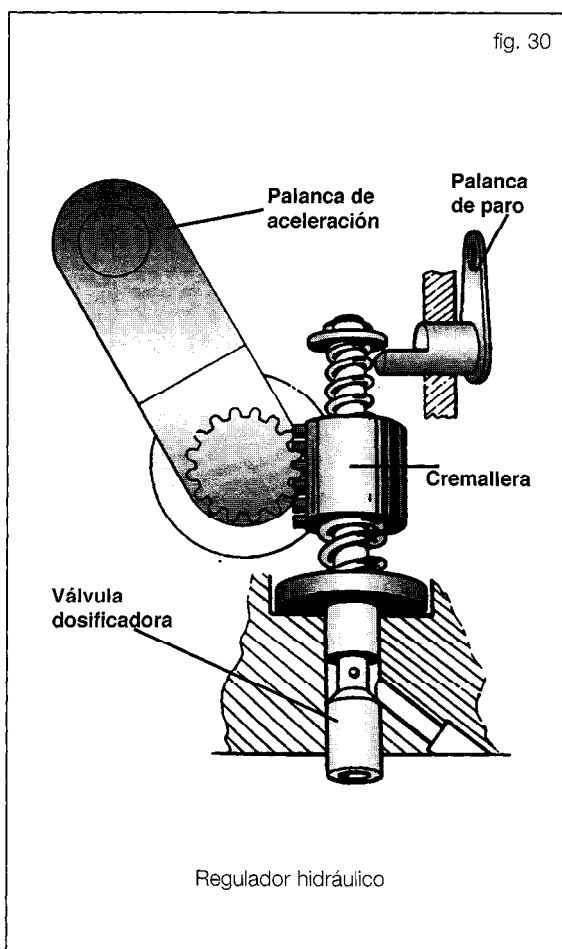
- La tensión del muelle sobre el que actúa la palanca de aceleración y que tiende a aumentar la cantidad de gas-oil.

- La presión de transferencia que depende de la velocidad y que tiende a reducir la cantidad de gas-oil.

El régimen de giro es determinado por la posición de equilibrio que se crea entre el muelle de regulación y la presión de transferencia.

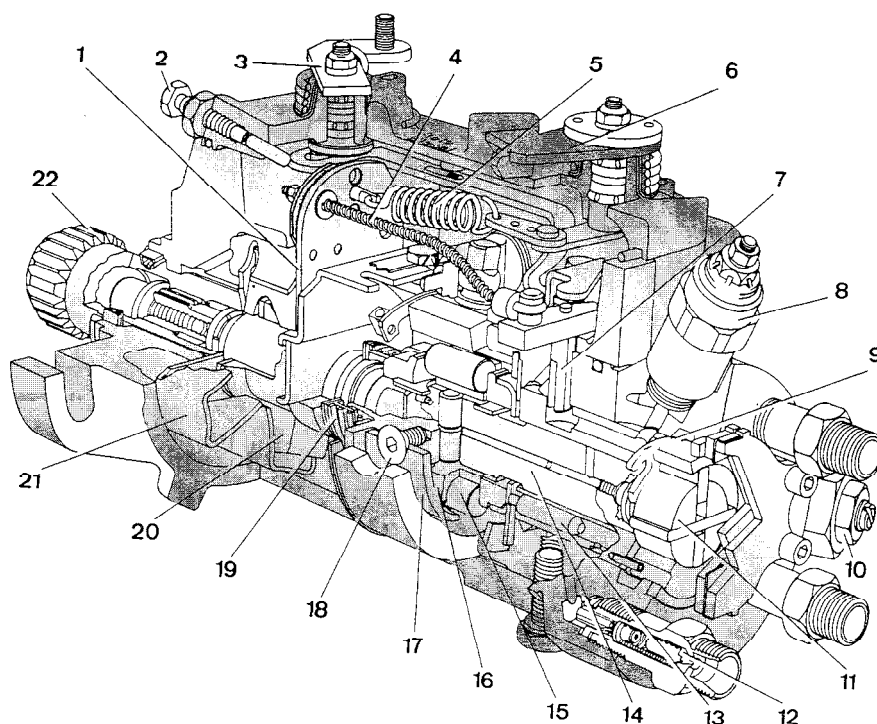
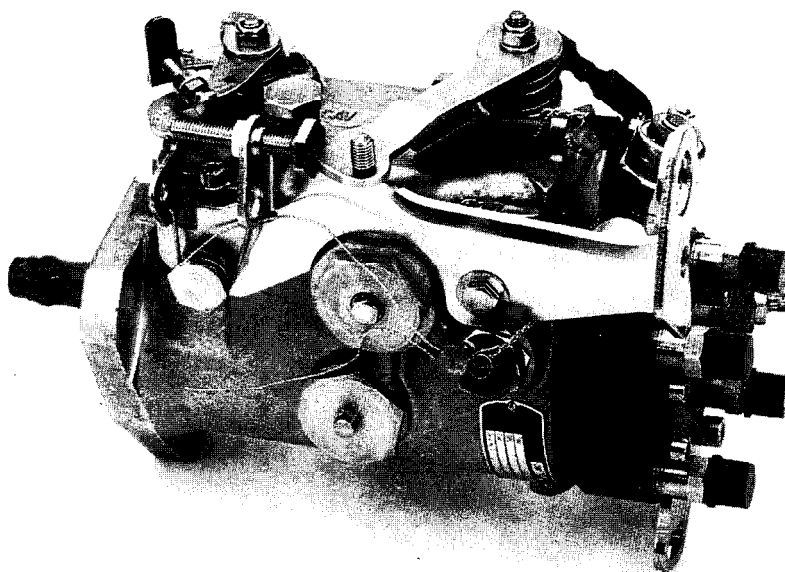
El paro se realiza por la acción de la palanca de paro que actuará sobre la leva semicircular y elevará la válvula dosificadora hasta cerrar totalmente la salida del combustible al cabezal hidráulico.

30



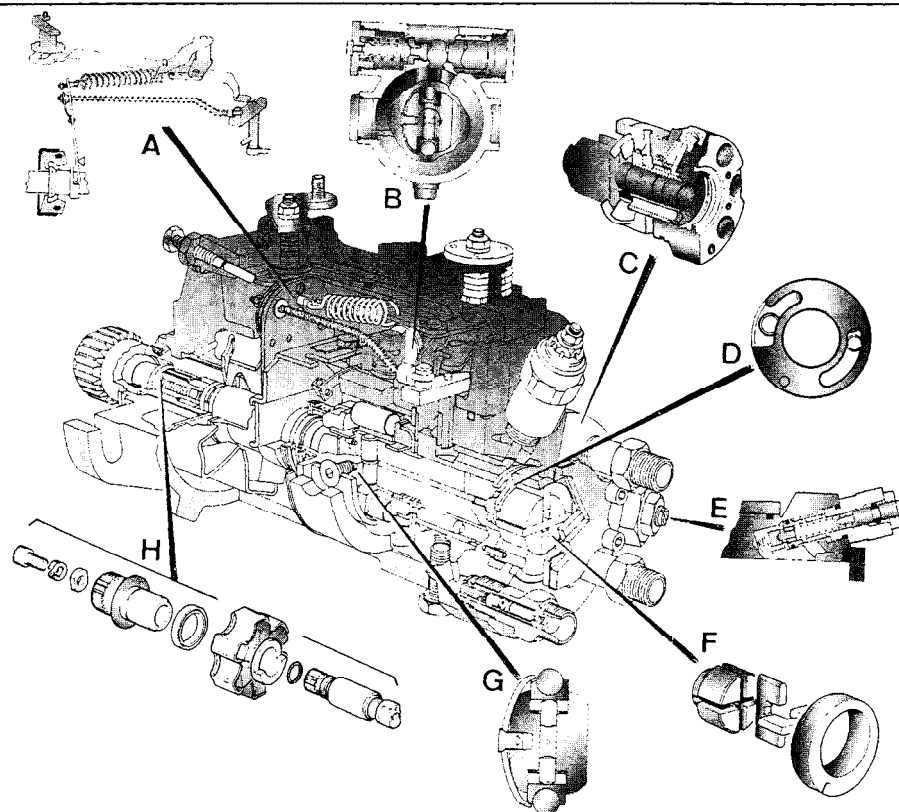
BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS CAV TIPO DPC

fig. 31



Corte de la bomba CAV tipo DPC

1. Palanca de regulación - 2. Regulación anticalado - 3. Palanca de stop - 4. Muelle de ralentí - 5. Muelle principal del regulador - 6. Palanca de aceleración - 7. Válvula de dosificación - 8. Electroválvula de paro - 9. Placa de distribución - 10. Válvula reguladora - 11. Bomba de transferencia - 12. Salida de alta presión - 13. Pistón de sobrecarga - 14. Distribuidor - 15. Rodillo - 16. Patín del rodillo - 17. Muelle limitador de caudal - 18. Tornillo de reglaje de la limitación del caudal - 19. Muelle de posición de carga - 20. Masa de regulación - 21. Alojamiento de las masas del regulador - 22. Eje de acoplamiento



Emplazamiento de los principales elementos de la bomba de inyección DPC

A. Regulador - B. Dispositivo de avance - C. Cabezal hidráulico - D. Placa de distribución - E. Válvula reguladora - F. Bomba de transferencia - G. Dispositivo de dosificación - H. Acoplamiento

En comparación con la ya descrita DPA, la bomba rotativa tipo DPC (figs. 31 y 32) tiene el mismo principio de funcionamiento y algunos de sus mecanismos son iguales; sus principales diferencias se encuentran en el sistema de reglaje del caudal máximo, la incorporación de una válvula electromagnética de paro, la incorporación de un dispositivo de sobrecarga para el arranque y un regulador MIN-MAX diferente.

El reglaje del caudal máximo

Esta posibilidad se puede lograr mediante la intervención en un tornillo situado en una ballestilla situada en la cabeza del rotor.

Dispositivo de sobrecarga

Este dispositivo permite obtener a bajas revoluciones un caudal superior al caudal de plena carga de la bomba al régimen correspondiente, con el fin de facilitar el arranque.

La sobrecarga se consigue aumentando el desplazamiento máximo de los émbolos de bombeo.

Regulador del número de revoluciones

Al igual que en la DPA el regulador es de tipo mecánico, que puede ser de regulación continua, MIN-MAX. En esta última posición, presenta una pequeña variación al incorporar el muelle del regulador en el interior de un tubo cerrado que tiene una palanca de tope de ralenti en vez de la de paro del motor. El paro de éste se realiza por la electroválvula de paro.

Electroválvula de paro

La acción electromecánica de esta válvula roscada a la cabeza hidráulica permite el corte del paso de combustible a la válvula dosificadora.

SISTEMA DP 200 DE LUCAS

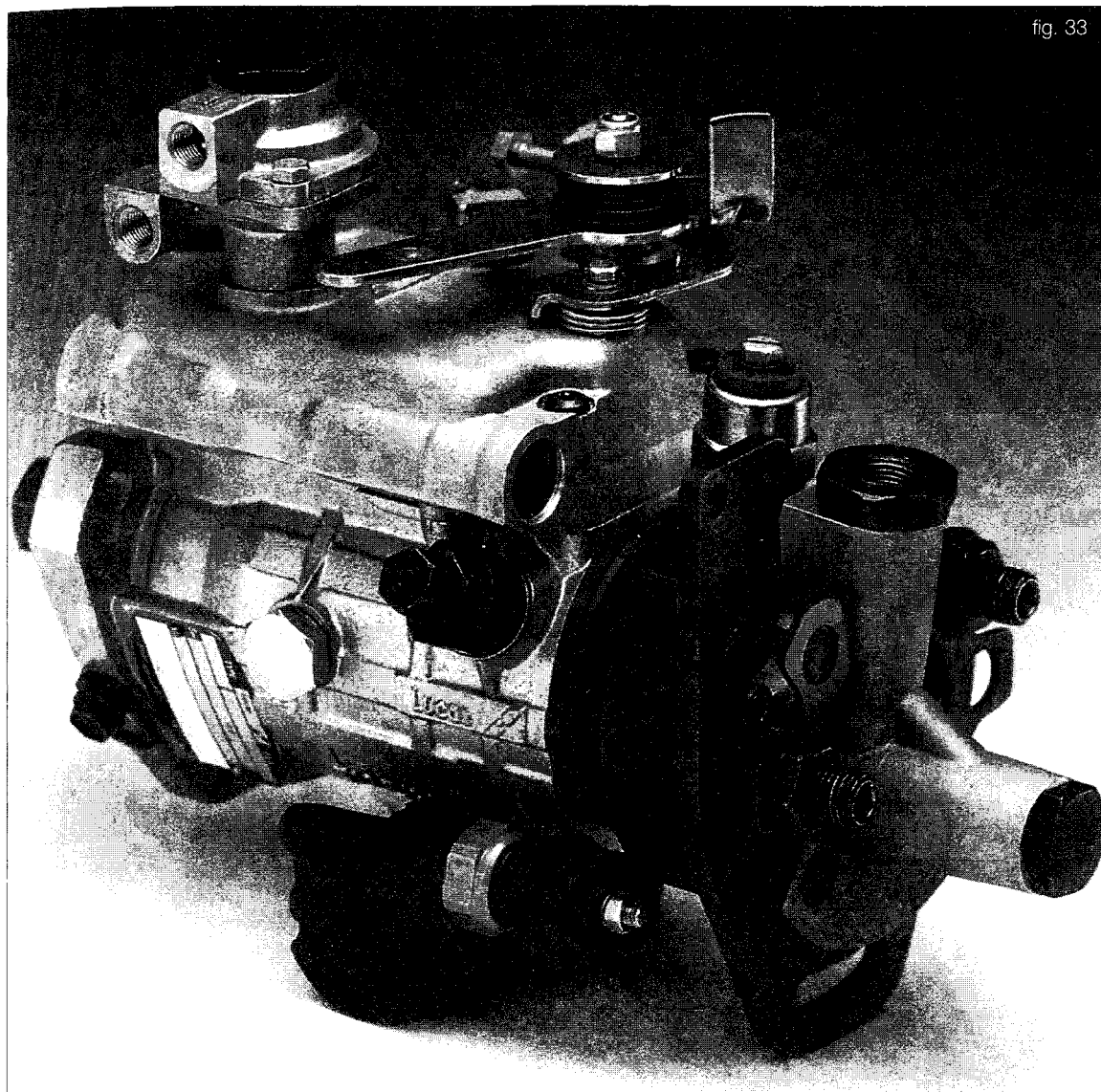
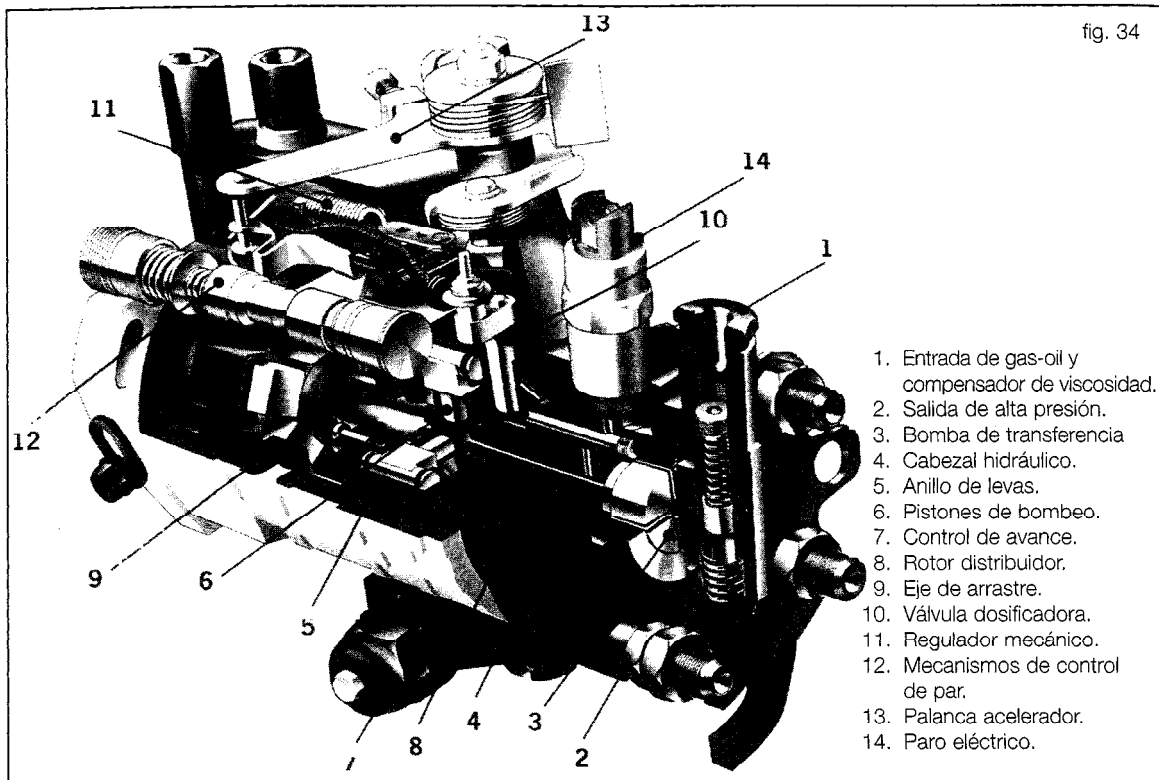


fig. 33

33

Las bombas DP 200 de Lucas (fig. 33 y 34) son el resultado del desarrollo que ha permitido evolucionar las conocidas bombas DPA y DPS a las exigencias actuales. Entre sus mejoras más significativas se encuentran:

- Mayor presión de inyección.
- Flexibilidad en la forma de curva de par.
- Posibilidad de incorporar opcionalmente los sistemas de avance de carga ligera progresiva y de avance en frío.
- Compensación de viscosidad de gas-oil.
- Preajuste de calado fijando eje de arrastre para facilitar el montaje.
- Mejora de la estanqueidad.

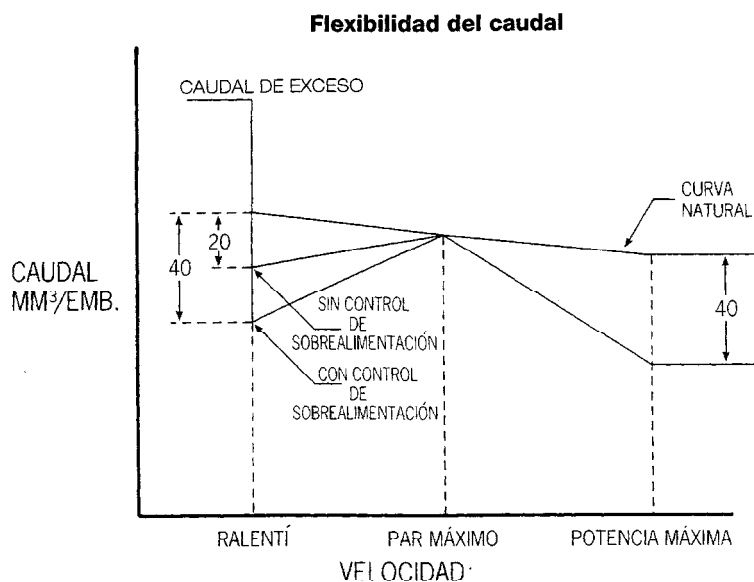


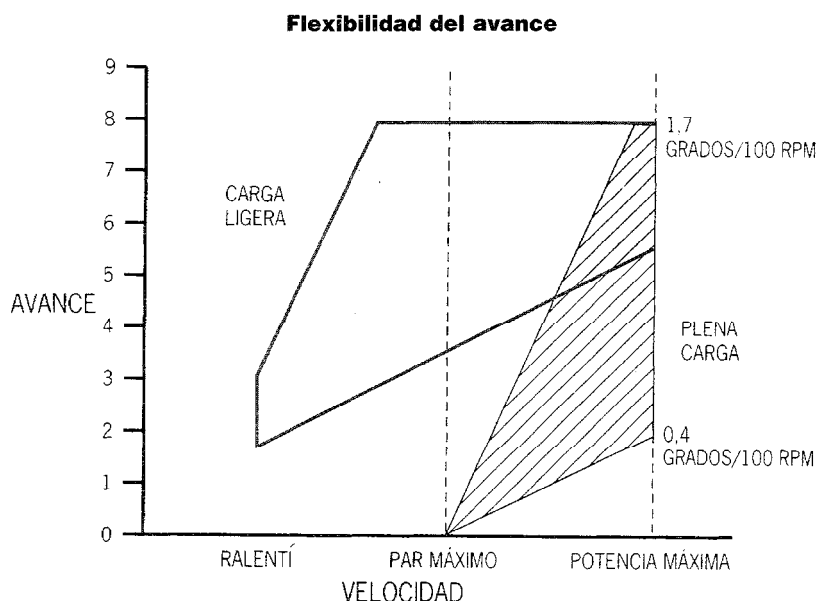
Las mejoras en el regulador mecánico proporcionan muy buena repetibilidad de la regulación durante la vida funcional de la bomba (fig. 35). También puede disponer de los siguientes mecanismos:

Control de sobrealimentación para los motores turbo.

Paro eléctrico.

Control del caudal de exceso para la mejora del arranque en frío.





Control de par

Con este dispositivo se evita tener que variar las condiciones hidráulicas de la bomba para obtener una determinada curva de caudal.

La normativa sobre emisiones, requiere que se consigan inicios de inyección más precisos. Con el uso del mecanismo de control de par se evitan los sucesivos cambios de piezas para obtener la curva de caudal. Este mecanismo no sólo permite una especificación más óptima, sino también pretende que otras curvas de caudal similares puedan obtener de modo relativamente fácil a partir de la original, reduciendo así los tiempos de desarrollo de una nueva aplicación y permitiendo una introducción más rápida de nuevos motores en el mercado.

Con las normativas de emisiones de gases cada vez más severas, han de optimizarse al máximo los inicios de inyección de la bomba con respecto al motor, en cualquier condición de funcionamiento (fig. 36).

El avance de carga ligera progresivo

Accionado directamente por una señal de la válvula dosificadora, evita la necesidad de compo-

nentes externos que pueden ser susceptibles a la entrada de suciedad. Permite un ajuste del avance de hasta 8 grados de bomba.

Avance en frío

Un mecanismo de avance en frío accionado por cápsula de cera permite actuar sobre los problemas de humo blanco cuando el motor funciona en frío.

Preajuste de calado de la bomba

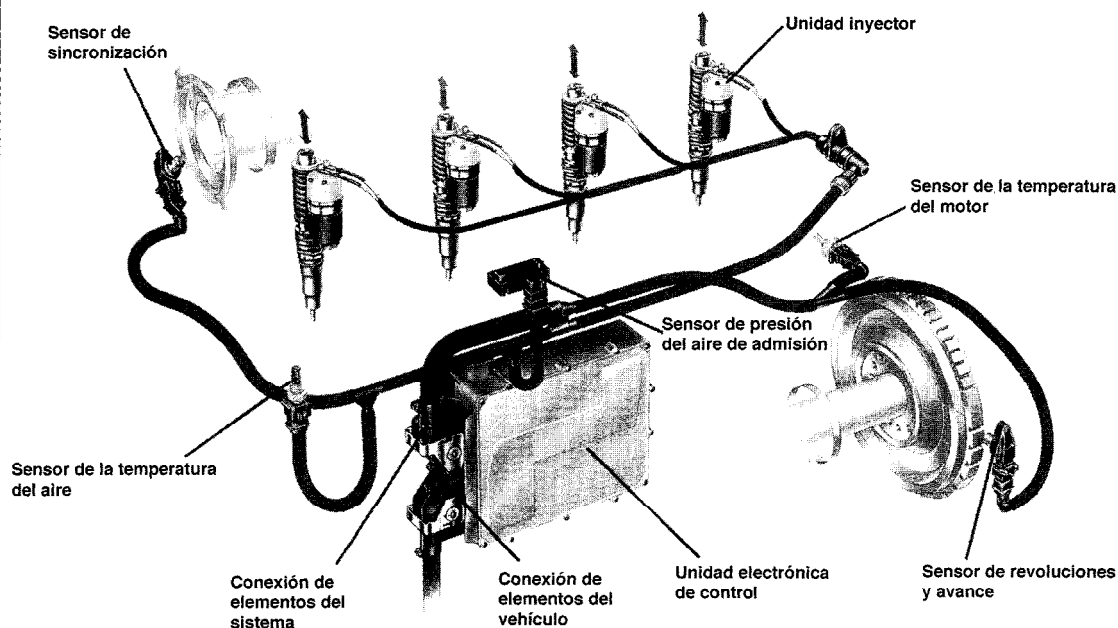
La serie DP200 permite un preajuste de calado en fábrica para facilitar al cliente el montaje sobre motor. Se realiza bloqueando el eje de arrastre en una determinada posición al finalizar el calibrado de la bomba en el banco. De este modo, el montaje en motor es más rápido y menos propenso a error.

Mayor presión de inyección

Con este tipo de bombas se consigue un incremento de aproximadamente un 20% más de la presión de inyección máxima. Con ello, se ayuda a conseguir un mejor control del inicio de la inyección y una menor cantidad de emisiones.

SISTEMA EUI (Unidad Inyector-Bomba Electrónica)

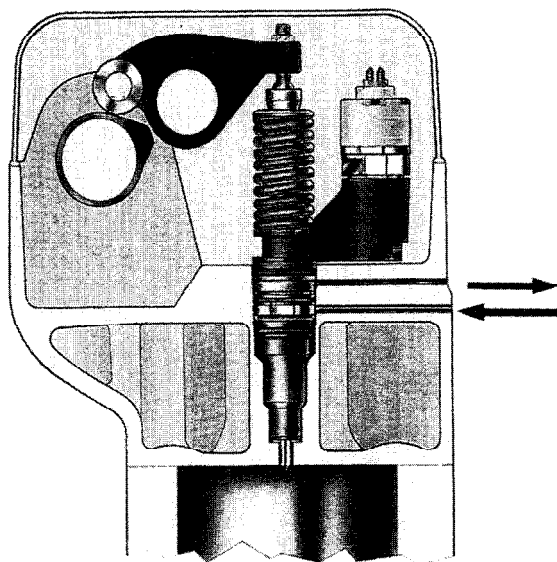
fig. 37



Estos sistemas se caracterizan por la incorporación de bomba e inyector en un único elemento para conseguir generar altas presiones de inyección y conseguir una mayor eficiencia y rendimiento.

Cada cilindro tiene su propio inyector en el interior de la culata y actúa por medio del árbol de levas los balancines (fig. 38).

fig. 38

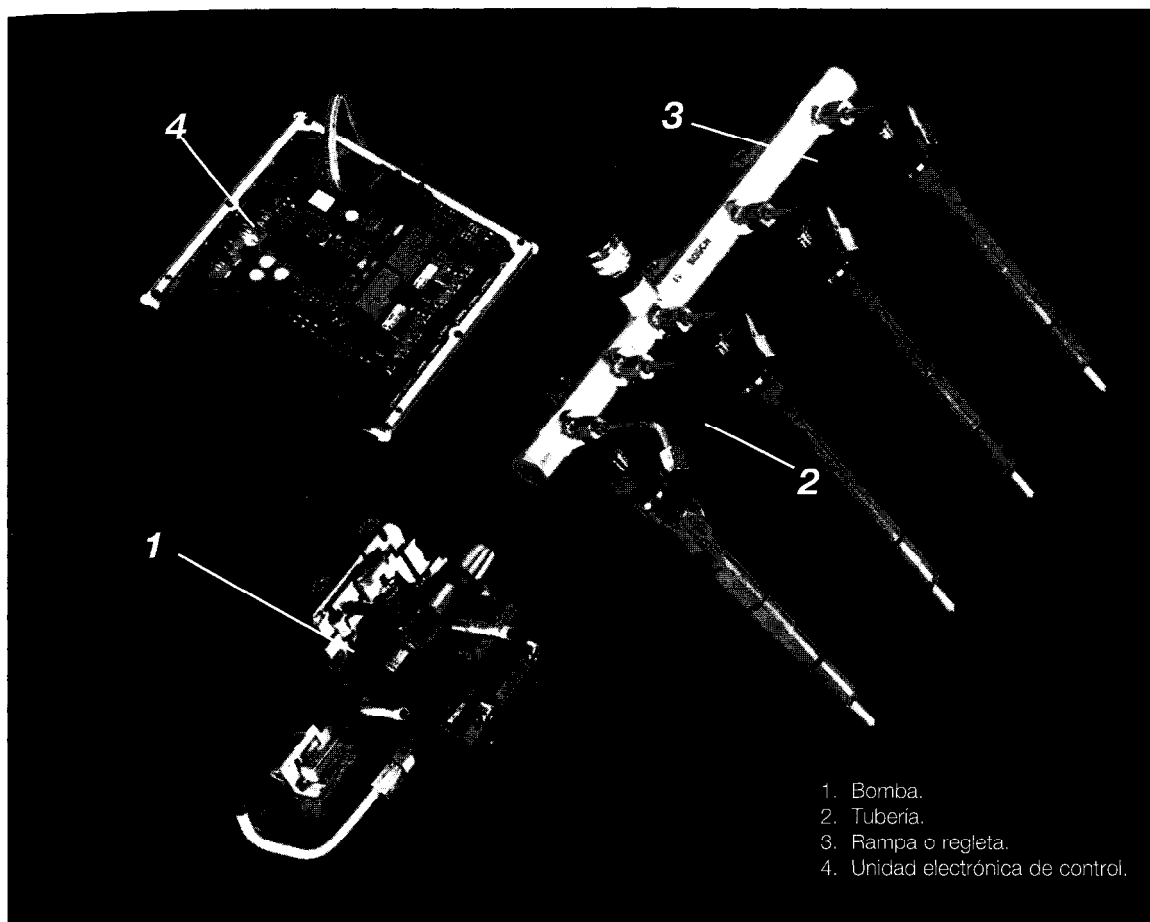


El control electrónico del inyector confiere más precisión en el proceso de inyección, permitiendo un exacto control de combustión y en consecuencia un mejor rendimiento y economía con menor emisión de gases.

El sistema tiene sensores en el motor y en el vehículo para aportar a la ECU (Unidad Electrónica de Control) la información necesaria para calcular la cantidad exacta y la temporización de combustión del combustible inyectado. La ECU está programada con los ajustes de inyección ideales para adaptarse a todo tipo de condiciones operativas. Por medio de la información recibida por diversos sensores, y comparando las condiciones actuales con las programadas en la ECU, se ajusta la inyección de combustible para adecuarse a los valores preestablecidos (fig. 37).



SISTEMA DE INYECCIÓN POR ACUMULADOR Y RAMPA COMÚN "COMMON-RAIL"



37

A diferencia de los sistemas convencionales con bombas individuales de accionamiento directo, en este tipo de inyecciones queda separada la generación de la presión y la inyección. La presión de inyección se puede generar independientemente del número de revoluciones del motor y de la cantidad de combustible a inyectar, pudiendo ser elegida libremente dentro de determinados límites. Durante la inyección, ésta es prácticamente constante delante del inyector, alcanzando un máximo de 1.600 bar. Estas circunstancias permiten y hacen necesarias otras posibilidades en la configuración del proceso de inyección, en la dosificación de la cantidad de inyección y en la pulverización del combustible. El sistema "Common Rail", puede ocupar el lugar de las instalaciones de inyección convencionales sin tener que realizar modificaciones importantes en el motor.

En la fotografía superior se muestran los com-

ponentes de este sistema de la marca Bosch. La presión de inyección la suministra una bomba individual (1) arrastrada por el motor; esta presión se comunica por medio de una tubería rígida (2) a una rampa o regleta (3) situada en la culata del motor y a la cual van unidos los inyectores. Los inyectores son el núcleo del sistema y están controlados por válvulas electromagnéticas. El proceso de inyección se inicia por medio de un impulso del módulo de control (4) dirigido a dichas válvulas. La cantidad inyectada depende tanto del tiempo de abertura de la tobera de inyección como también de la presión del sistema que es generada por la bomba.

En la figura 39 se representa la disposición de los componentes de este sistema de la marca Bosch, en la que se aprecian las señales de entrada de los sensores y salida de la unidad electrónica hacia las electroválvulas y bomba.



SISTEMA DE INYECCIÓN "COMMON RAIL" ³⁹

38

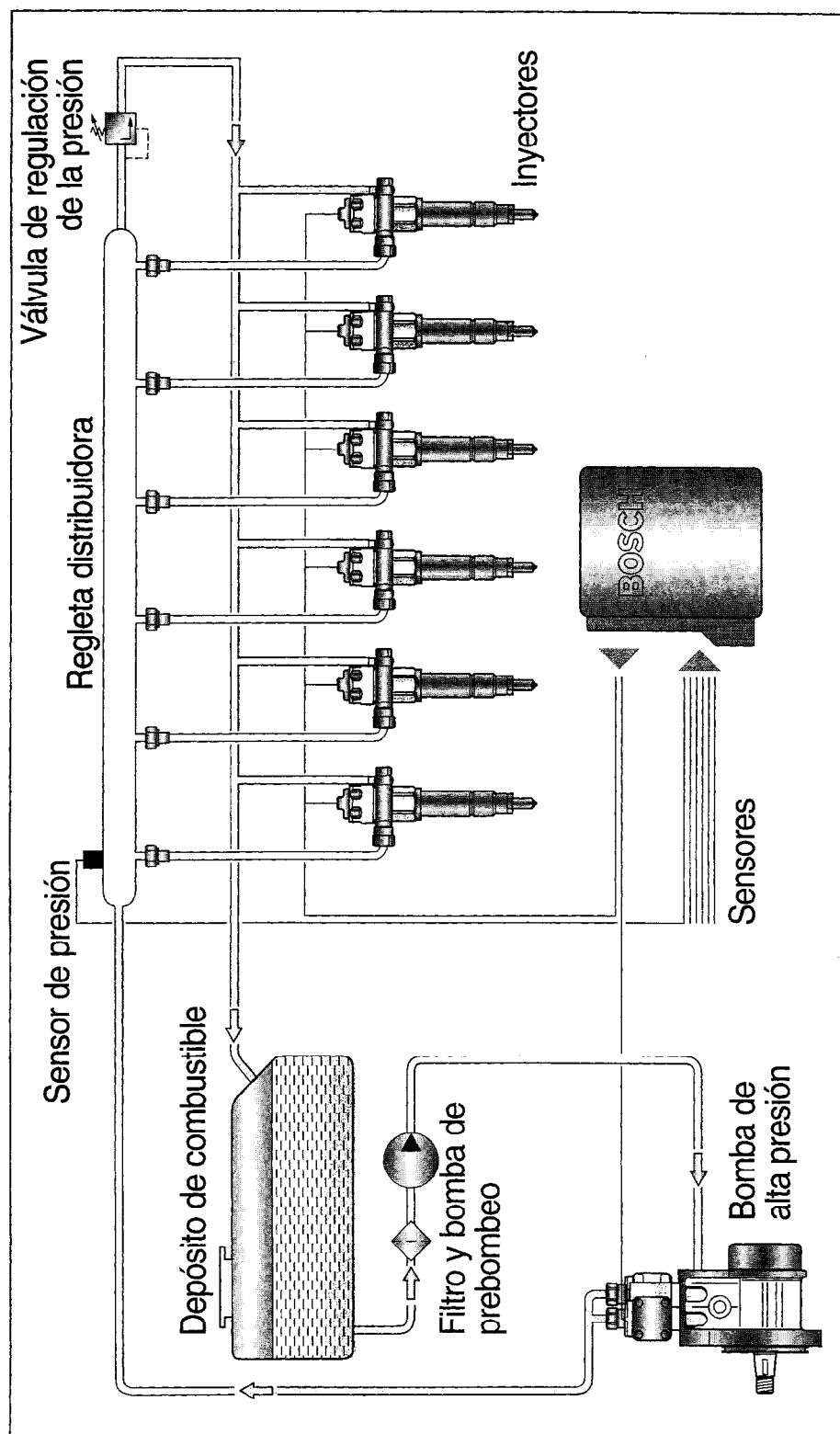


fig. 39

**BOMBA ROTATIVA BOSCH (EVOLUCIÓN HISTÓRICA)**

Desde hace aproximadamente 30 años, Bosch emplea en los motores Diesel para vehículos de turismo bombas rotativas de pistón axial. El principio mediante el cual un único pistón genera por su movimiento elevador la presión de inyección para todos los cilindros del motor, distribuyendo al mismo tiempo por su movimiento giratorio el combustible por las salidas de la bomba, unidas mediante toberas de alta presión a los inyectores, ha demostrado ser de suma ventaja, por lo que ha continuado su aplicación hasta la actualidad (fig. 40).

La demanda de una dosificación de combustible y reajuste del inicio de inyección cada vez más flexibles y exactos, supuso el desarrollo de un gran número de elementos de regulación adicionales. De esta forma se puede ajustar, por poner un ejemplo, la cantidad de inyección máxima en función del número de revoluciones, de la presión de carga y de la temperatura del combustible, con lo que se consigue en todas las condiciones de servicio un funcionamiento del motor sin humo, al mismo tiempo que se alcanza el máximo número de revoluciones posibles. Para impedir que se pare el motor, al conectar, por ejemplo, el compresor del aire acondicionado, un regulador corrige el número de revoluciones en vacío. Para facilitar un buen arranque en frío así como para optimizar las emisiones y el nivel de ruido se pueden realizar en el regulador de inyección diversas intervenciones. Estos elementos de regulación adicionales, que como mecanismos de precisión mecánicos, trabajan especialmente de forma mecánica o hidráulica, han hecho que las bombas sean cada vez más complejas. Aunque técnicamente están bastante perfeccionadas, su flexibilidad y precisión son limitadas, por lo que se ha hecho necesario la utilización de elementos de regulación adicionales de carácter eléctrico que puedan configurar circuitos de regulación cerrados con una precisión elevada.

Lo primero que se hizo con el fin de avanzar en estas mejoras fue regular de forma electrónica el inicio de la inyección y continuar con regulación mecánica. Para ello se montó en el portainyector un sensor que registra el movimiento de la aguja y, por consiguiente, el inicio real de la inyección. El módulo de control electrónico compara el valor

real con el valor nominal, que depende del número de revoluciones, de la carga de la temperatura del agua de refrigeración y de otros parámetros. En caso de desviaciones, el regulador electrónico modifica el comienzo de la inyección hasta que se alcanza el valor nominal. La casa Bosch empezó por primera vez la fabricación en serie de estos sistemas en 1984.

Desde 1987 Bosch fabrica en serie los sistemas de inyección totalmente electrónicos (EDC = Electronic Diesel Control), en los que además del comienzo de la inyección, también se regula electrónicamente la dosificación, mediante un sistema de medida basado en un imán giratorio eléctrico que sustituye en esta función al regulador mecánico. También la electrónica permite la realización de otras funciones en el ámbito de la gestión del motor y del vehículo, por ejemplo, la regulación de la realimentación de gases de escape para reducir a un mínimo las emisiones de óxido nítrico, así como la regulación de la presión de carga para optimizar el giro del motor, además de una cómoda regulación de la velocidad de marcha, una amplia autodiagnóstico, el control del tiempo de incandescencia, así como los puntos de intersección con otros módulos de control del vehículo (por ejemplo, la gestión del cambio de marchas).

Desde 1989, la EDC también se emplea en motores Diesel para vehículos de turismo con inyección directa. Las presiones de inyección alcanzan 700 bar en la bomba y aproximadamente 1.000 bar en el inyector. Para minimizar el ruido se emplea un inyector con dos muelles conectados en línea. Durante el inicio de la inyección, la aguja del inyector se abre solamente unas pocas centésimas de milímetro, de modo que en la cámara de combustión sólo penetra una parte mínima de la cantidad de combustible. La sección de inyector completa sólo se abre en el proceso de inyección subsiguiente, inyectando la parte principal de la cantidad de combustible. Con este procedimiento de inyección escalonada la combustión se realiza de forma mucho más suave y silenciosa. En el esquema de la fig. 41 se indican los componentes del sistema de gestión electrónica: sensores, unidad electrónica y actuadores.

Las bombas del futuro incorporarán unas válvulas electromagnéticas de alta presión que abren y cierran directamente la cámara de la bomba con lo que se conseguirá una dosificación de combustible más precisa y flexible. El control electrónico por válvulas electromagnéticas se halla instalado direc-

tamente en la bomba (fotografía inferior), con lo que se puede ajustar cada ejemplar en todos los intervalos de campo característico, incrementando de esta manera la precisión de dosificación. También permitirá en un futuro la preinyección y, por tanto, unos motores de inyección directa más silenciosos.

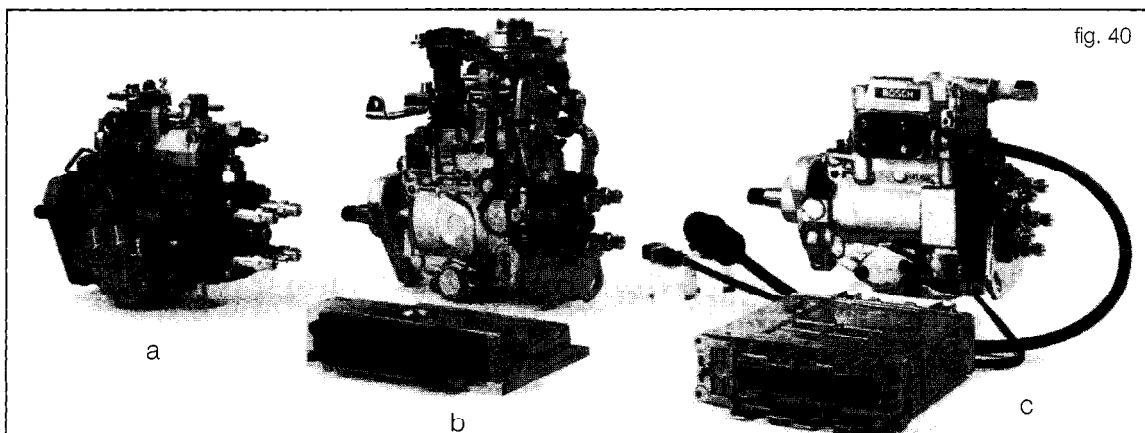
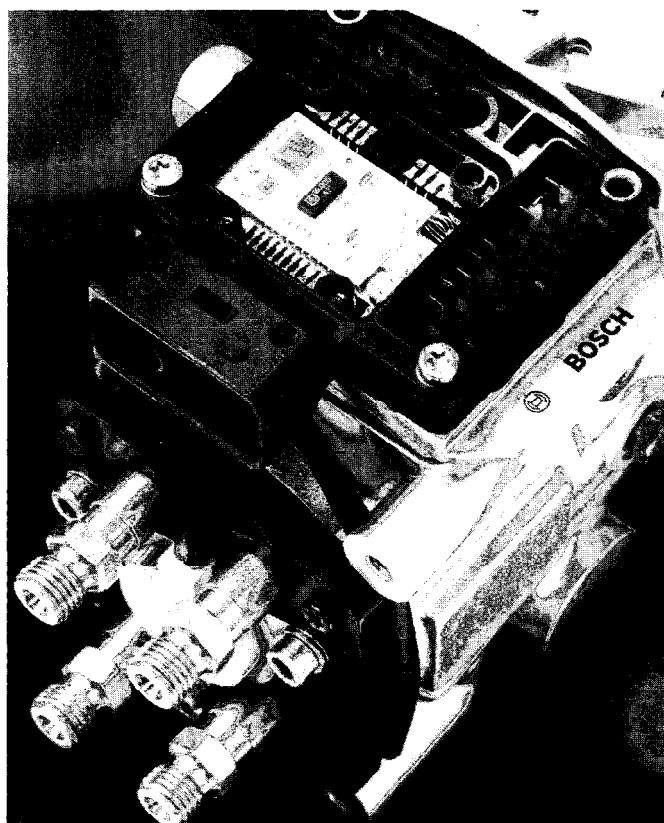


fig. 40

Evolución experimentada en la bomba de inyección rotativa Bosch a lo largo de los últimos años

- a) Bomba de inyección rotativa "E" regulada mecánicamente para motores de cámara.
- b) Bomba de inyección rotativa regulada mecánicamente con comienzo de la inyección regulado electrónicamente.
- c) Bomba de inyección rotativa regulada electrónicamente para motores de inyección directa Diesel.



Bomba inyectora Diesel Bosch controlada por válvula magnética VP44 con central electrónica incorporada en técnica microhíbrida.



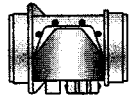
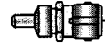
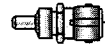
SISTEMA EDC DE BOSCH

fig. 41

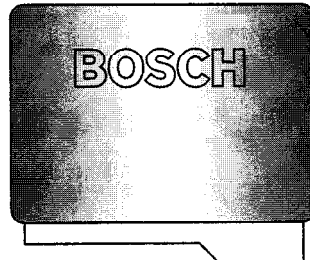
Número de revoluciones

Sensor del
aceleradorPresión de
carga

Masa de aire

Temperatura
del aireTemperatura
del aguaVelocidad de
marchaSeñales de
conmutación

+

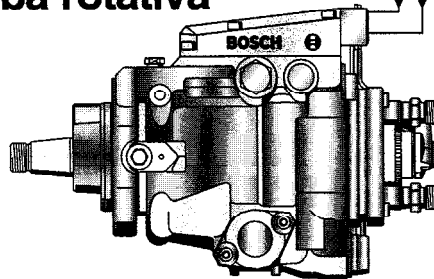
Módulo de control
electrónico EDCRealimentación de
gases escapeTurbocargador
(Turbolader)Instalación de aire
acondicionado

Diagnosis

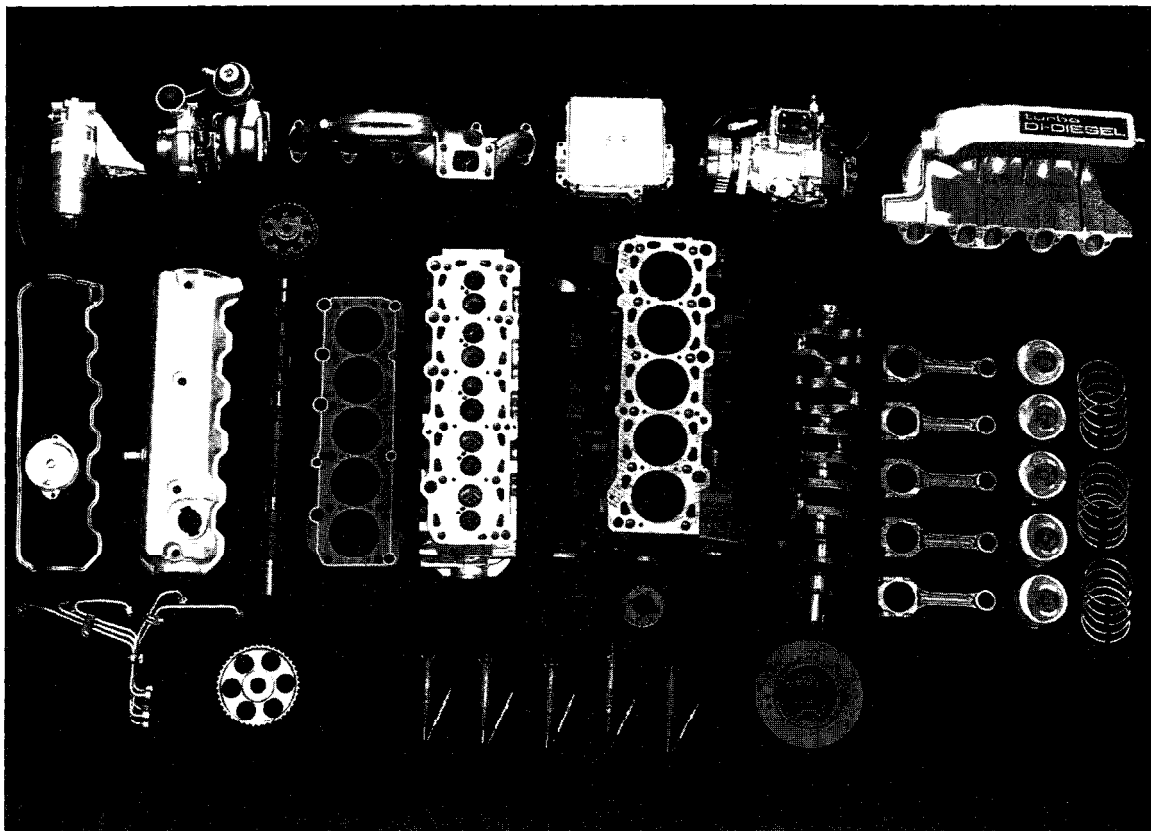
Indicadores

Bus de datos (CAN)

Bomba rotativa



LA ERA DE LOS TDI



42

La tendencia que ha acompañado en los últimos años en la fabricación de motores Diesel ha sido la de ofrecer motores de inyección directa, controlados electrónicamente y turboalimentados (fig. 42). Con todo ello se ha ido consiguiendo una importante economía de consumo a la vez que han venido acompañados de unas prestaciones verdaderamente excepcionales y un bajo nivel de emisiones. Actualmente todos los fabricantes disponen en su oferta de motores con estas características.

A continuación vamos a ver como es un motor de las características TDi desde la óptica de un importante fabricante: Volkswagen, que con su motor 1.9 l TDi ha obtenido un gran éxito.

Para este motor se ha tomado como base de partida un sistema de inyección con control electrónico de la marca Bosch, cuya centralita no sólo controla los parámetros característicos de la inyección (caudal, avance), sino otros de funcionamiento del motor, y del vehículo.

En el apartado de diagnosis y prácticas de este libro vamos a ver el estudio de este motor en otro automóvil que también lo monta, se trata del AUDI A-4, del que vamos a realizar un estudio completo.

El sistema electrónico tiene los siguientes componentes:

- Entradas. Señales que informan de diversas magnitudes del motor (temperatura, presiones, posiciones, etc.)
- Salidas. Actuadores, informaciones, canal de diagnóstico, etc.
- Unidad de control (procesador).

Entrada

Al sistema se le introduce una serie de variables que detallamos a continuación:

- Posición del regulador de la bomba de inyección.
- Sensor de posición de la aguja del inyector.

- Posición del cigüeñal (PMS).
- Temperatura del combustible.
- Temperatura del agua del motor.
- Temperatura del aire exterior.
- Temperatura del aire a la entrada del motor.
- Presión barométrica.
- Presión de carga (turbo).
- Posición del pedal del acelerador (potenciómetro).
- Interruptor del ralentí.
- Interruptor del pedal del freno.
- Masa de aire aspirada por el motor.
- Velocidad del vehículo.
- Capacidad de carga del alternador.

Salidas

Los datos de entrada, se procesan en la CPU del sistema, dando unas salidas a los actuadores y a otras informaciones:

- Actuadores del regulador de la bomba de inyección.
- Válvula electromagnética reguladora del avance de la inyección.
- Válvula electromagnética de paro.

- Válvula electromagnética reguladora de la presión del cargador.
- Válvula electromagnética reguladora de la tasa de recirculación de los gases de escape.
- Relé para aire acondicionado.
- Relé para bujías de agua refrigeración motor.
- Testigo del cuadro de instrumentos.

Unidad central de proceso

La unidad central de proceso dispone de dos procesadores que se autocontrolan mutuamente, y un tercero para la gestión de ellos, para una mejor seguridad del correcto funcionamiento del sistema. Disponen también de dos memorias de acceso aleatorio, más una fija, en la que se dispone el programa principal de gestión del motor, todo ello debido a la gran cantidad de datos que manipulan.

Las dos memorias de acceso aleatorio contienen los mapas básicos del funcionamiento del motor, distintos para cada aplicación. Estos mapas pueden ser simplemente constantes, bidimensionales o tridimensionales.

43

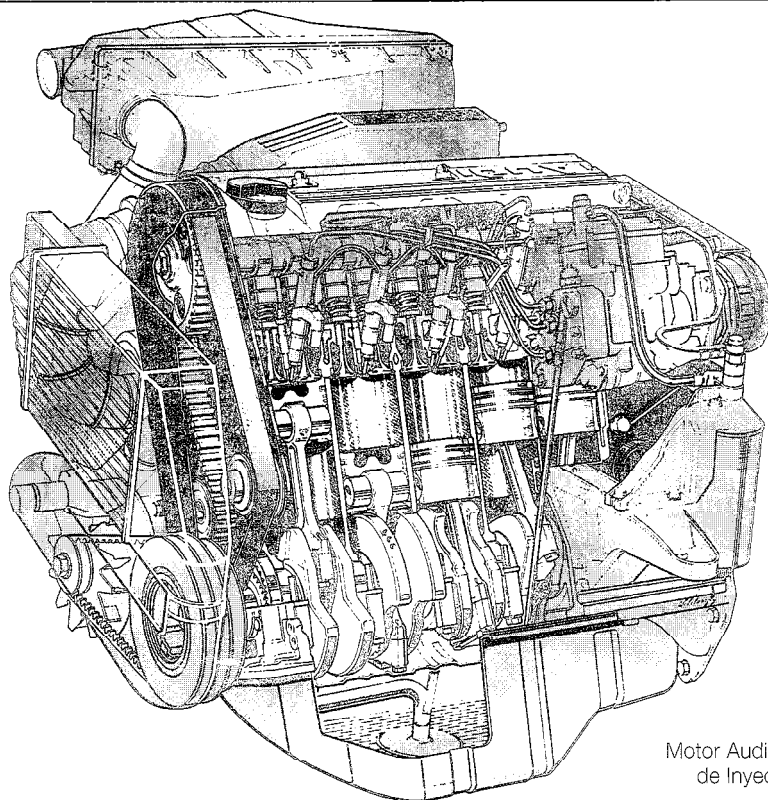


fig. 42

Motor Audi de 2.5 l. Turbodiesel de Inyección Directa (TDI)

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

A partir de la información recibida por el sistema, se procesan los datos a través de los mapas internos, y se calculan las salidas:

Régimen del motor

La información llega por el sensor de posición del PMS, y por el sensor de posición de la aguja del inyector (fig. 44-B).

Caudal inyectado

El caudal inyectado por el sistema se calcula según la información recibida de la masa de aire, la presión de carga, la temperatura del combustible, la temperatura del aire a la entrada del motor, la posición del pedal del acelerador y la posición de los pedales de freno y embrague, a razón de dos veces por cada inyección (fig. 44-A).

44 Adicionalmente, se comprueba inyección a inyección la dispersión de cada cilindro respecto al cilindro n.º 1, y se corrige para uniformizar la marcha del motor.

Por medio del sensor de posición de la corredera de la bomba de inyección, se conoce en cada momento la cantidad (en forma directa) de combustible inyectado al motor (fig. 44-D).

Los mapas internos permiten limitar el caudal inyectado en función de los humos emitidos, así como el par máximo que entrega el motor.

En la figura 43 vemos la bomba rotativa para la regulación electrónica Diesel.

Avance de la inyección

Además del avance proporcionado por la hidráulica de la bomba de inyección, se puede controlar por medio de una válvula electromagnética el avance a la inyección en tiempo real (fig. 44-C). Esto permite tener automáticamente un avance en función de la carga, avance en frío, etc.

Arranque

Para cada momento el sistema calcula la cantidad de combustible necesario y suficiente, de forma que no se produzca la indeseable nube posterior al arranque. También permite prescindir de la palanca en el interior del vehículo para mantener un ralentí acelerado en frío.

Otra función del sistema es el cálculo del tiempo de pre y postcalentamiento de la cámara de combustión a través de las bujías de incandescencia.

Control de la presión del turbo

A través de una válvula electromagnética podemos variar la presión que recibe la válvula "Waste-gate" de regulación de la presión de carga del turbocompresor.

Recirculación de los gases de escape

En función de las variables de entrada podemos regular el funcionamiento de la válvula de recirculación de los gases de escape, tanto en aceleración, funcionamiento del motor, prolongados espacios de tiempo, etc.

Esta regulación puede hacerse de forma continua, es decir, variando la abertura de la válvula mecánica de forma continua, y no tan sólo "ON/OFF".

Funcionamiento en emergencia

Para cada parámetro controlado por el sistema existen unos niveles de aviso para funcionamiento irregular. En caso de que el sistema detectase un funcionamiento anómalo de algún actuador o algún sensor, en función de un criterio de prioridades y de ocurrencias del fallo, establece un funcionamiento de emergencia, de forma que pueda llegar el vehículo al taller.

La indicación de averías se produce a través de la luz del cuadro.

Estrategia de desconexión del aire acondicionado

Bajo determinados estados de carga del motor puede ser necesario desconectar temporalmente el compresor del aire acondicionado del motor. Esto se consigue con el mando del relé de conexión del mismo.

Calentadores adicionales del agua del motor

Debido a la gran eficacia de funcionamiento del motor, en climas adversos, el agua del motor tarda un tiempo excesivamente alto en calentarse,

y consecuentemente, el habitáculo queda a una temperatura inconfortable. En función de la carga del motor, de las posibilidades del alternador, de la temperatura exterior y de la temperatura del agua, hay un sistema de tres bujías adicionales que calientan el agua. La selección de la conexión 1, 2 o las tres bujías permite regular el calentamiento del agua.

Velocidad de cruceo del vehículo

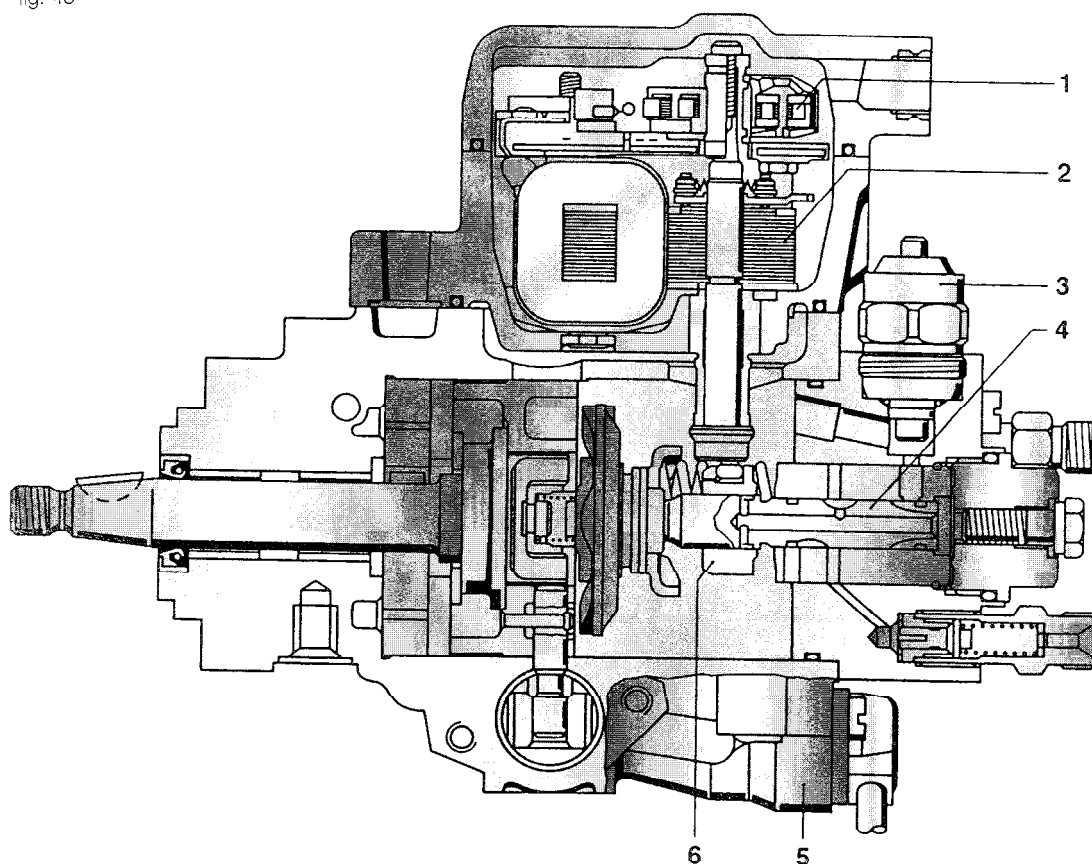
Al poder disponer de un medio electrónico para determinar la posición del acelerador,

podemos tener un sistema de conducción asistida, ya que el sistema tiene información de la velocidad del vehículo, además del régimen del motor.

Función de seguridad

Al controlar el caudal de forma electrónica, a través del sistema se puede fijar un valor nulo del mismo, de forma que el motor no se ponga en marcha hasta no recibir la señal por parte del sistema complementario antirrobo.

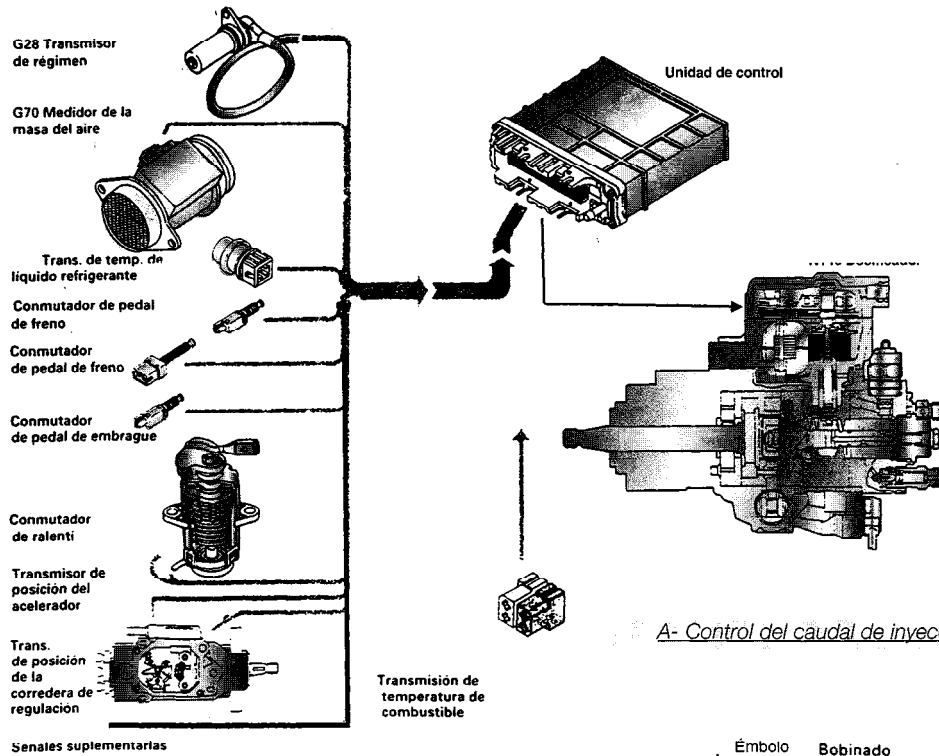
fig. 43



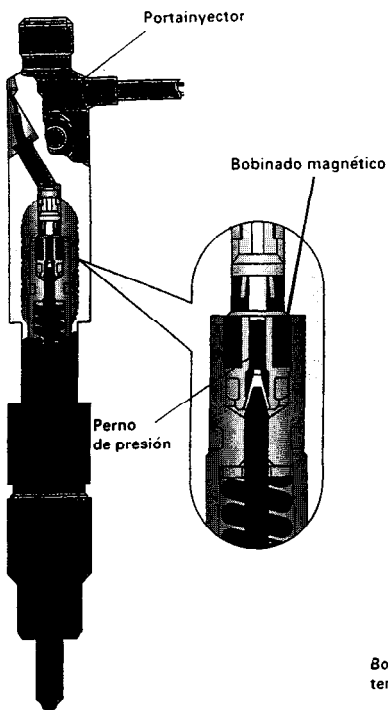
BOMBA ROTATIVA DE INYECCIÓN PARA LA REVOLUCIÓN ELECTRÓNICA DIESEL

1. Transductor de carrera de la corredera de regulación.
2. Regulador del caudal.
3. Electroválvula de parada.
4. Émbolo de alimentación.
5. Electroválvula avance de la inyección.
6. Corredera de regulación.

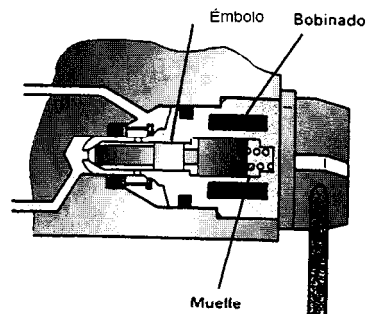
fig. 44



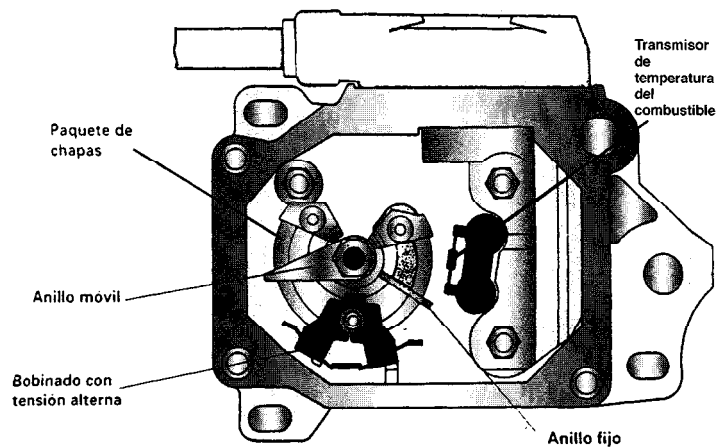
A- Control del caudal de inyección



B- Transmisor de la carrera de la aguja



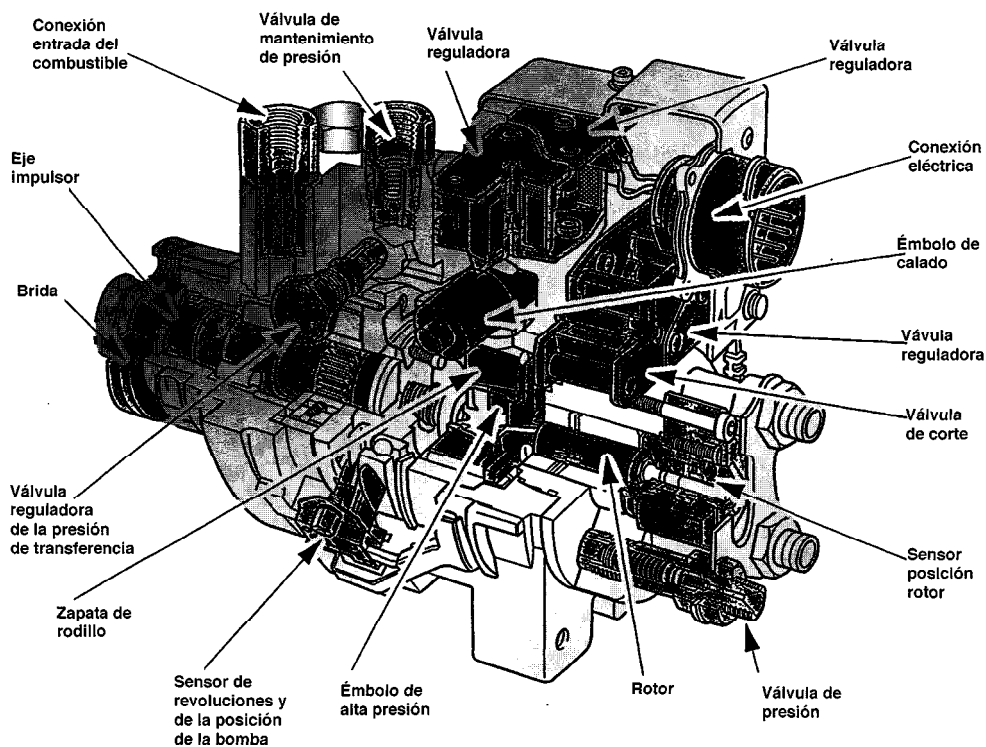
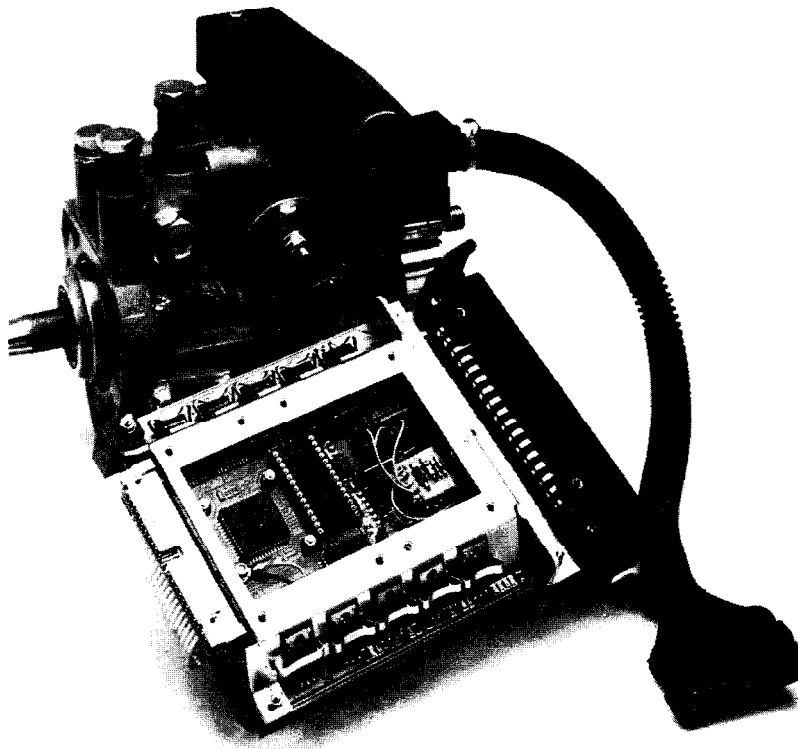
C- Electroválvula para regulación del comienzo de inyección



D- Transmisor de posición de la corredera de regulación

SISTEMA EPIC DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA (LUCAS)

fig. 45



CUOLA POLITICA

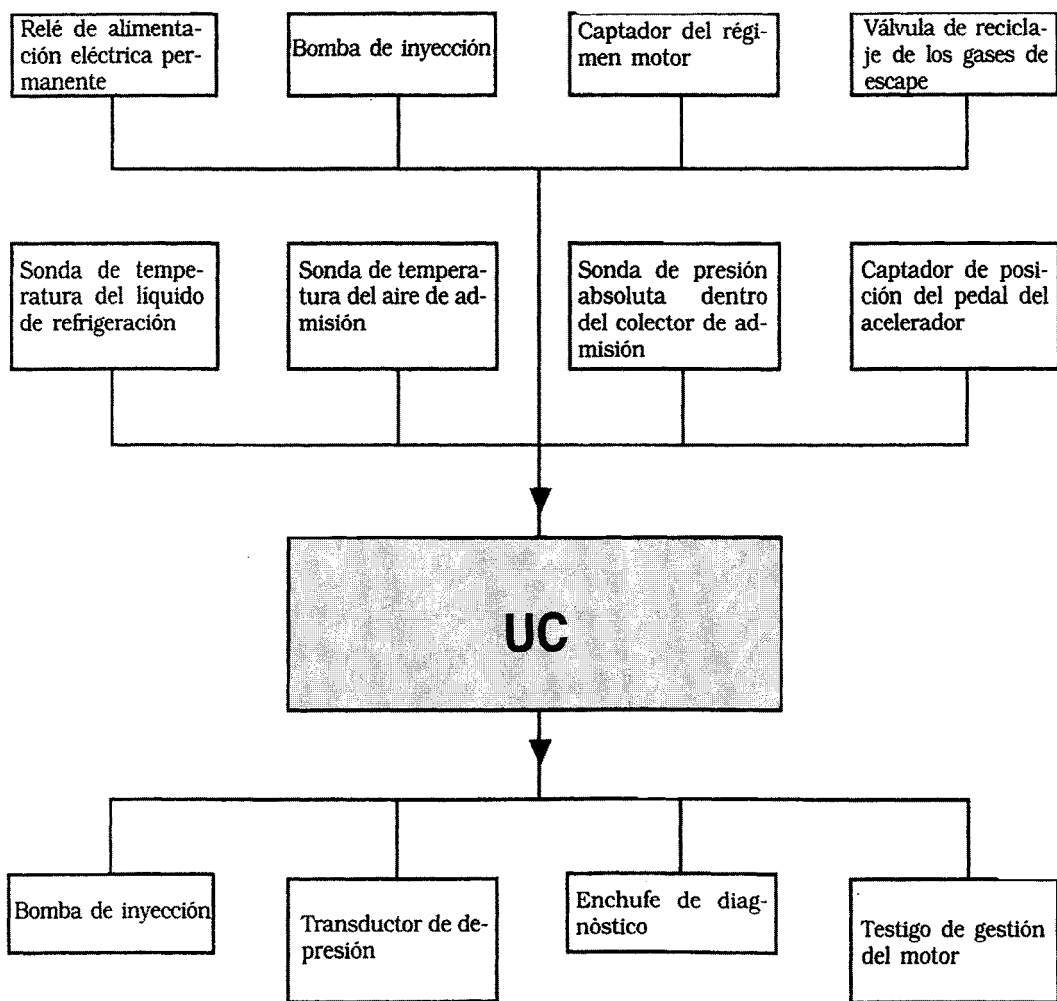
La bomba de inyección rotativa EPIC (fig. 45) se empieza a aplicar en el motor 2,5 l. de la Ford Transit a partir de 1992.

La bomba es de mando electrónico integral lo que permite respetar normas anticontaminantes más severas.

Los mandos mecánicos, como la palanca del acelerador y la del ralentí se han suprimido.

La gestión se compone de:

- Un calculador electrónico (UC).
- Una bomba con mecanismo de mando eléctrico.
- Captadores que informan al calculador sobre el funcionamiento del motor.
- Un relé eléctrico.
- Un cableado eléctrico.



Esquema de gestión del sistema EPIC de Lucas

Principio de funcionamiento

La misión de los inyectores es la de realizar la pulverización de la pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión.

Debemos distinguir entre inyector y portainyector y dejar claro desde ahora que el último aloja al primero; es decir, el inyector propiamente dicho está fijado al portainyector y es éste el que lo contiene además de los conductos y racores de llegada y retorno de combustible (fig. 46).

Destaquemos que los inyectores son unos elementos muy solicitados, lapeados conjuntamente cuerpo y aguja (fabricados con ajustes muy precisos y hechos expresamente el uno para el otro), que trabajan a presiones muy elevadas (de hasta 200 bares o más), con frecuencias de accionamiento de hasta 2.000 aperturas por minuto y a unas temperaturas de entre 500 y 600 °C.

El combustible suministrado por la bomba de inyección llega a la parte superior del inyector y desciende por el canal practicado en la tobera o cuerpo del inyector hasta llegar a una pequeña cámara tórica situada en la base, que cierra la aguja del inyector posicionado sobre un asiento cónico con la ayuda de un resorte, situado en la parte superior de la aguja, que mantiene el conjunto cerrado.

El combustible, sometido a una presión muy superior a la de tarado del muelle, levanta la aguja y es inyectado en el interior de la cámara de combustión.

Cuando la presión del combustible desciende, por haberse producido el final de la inyección en la bomba, el resorte devuelve a su posición a la aguja sobre el asiento del inyector y cesa la inyección.

49

Conjunto portainyector

1. Entrada.
2. Cuerpo de sujeción.
3. Canal de presión.
4. Disco intermedio.
5. Tuerca de fijación del inyector.
6. Tuerca de racor para tubería de impulsión.
7. Filtro de varilla.
8. Empalme para combustible de fuga.
9. Arandelas para ajustes de presión.
10. Muelle de presión.
11. Perno de presión.
12. Pasadores (para fijación del inyector).
13. Inyector.

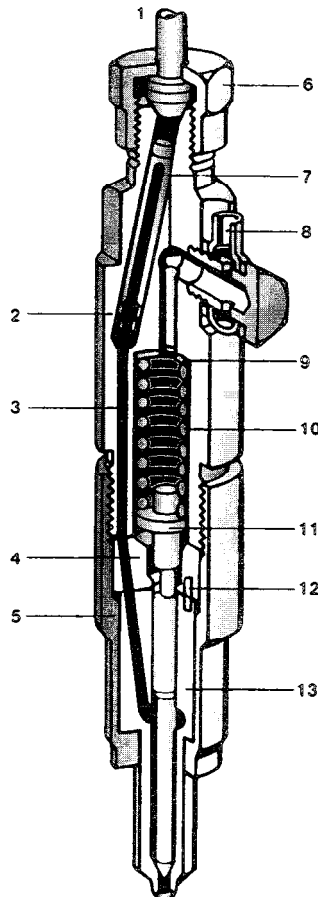


fig. 46

Tipos de inyectores

Existe gran variedad de inyectores, dependiendo estos del sistema de inyección y del tipo de cámara de combustión que utilice cada motor, aunque todos tienen similar principio de funcionamiento (fig. 47).

Fundamentalmente existen dos tipos:

- Inyectores de orificios, generalmente utilizados en motores de inyección directa.

- Inyectores de espiga o de tetón (que pueden ser cilíndricos o cónicos) para motores de inyección indirecta. Dentro de este tipo, existe una variante, que se denomina inyectores de estrangulación, con los que se consigue una inyección inicial muy pequeña y muy pulverizada y que en su apertura total consigue efectos similares a los inyectores de tetón cónico.

fig. 47

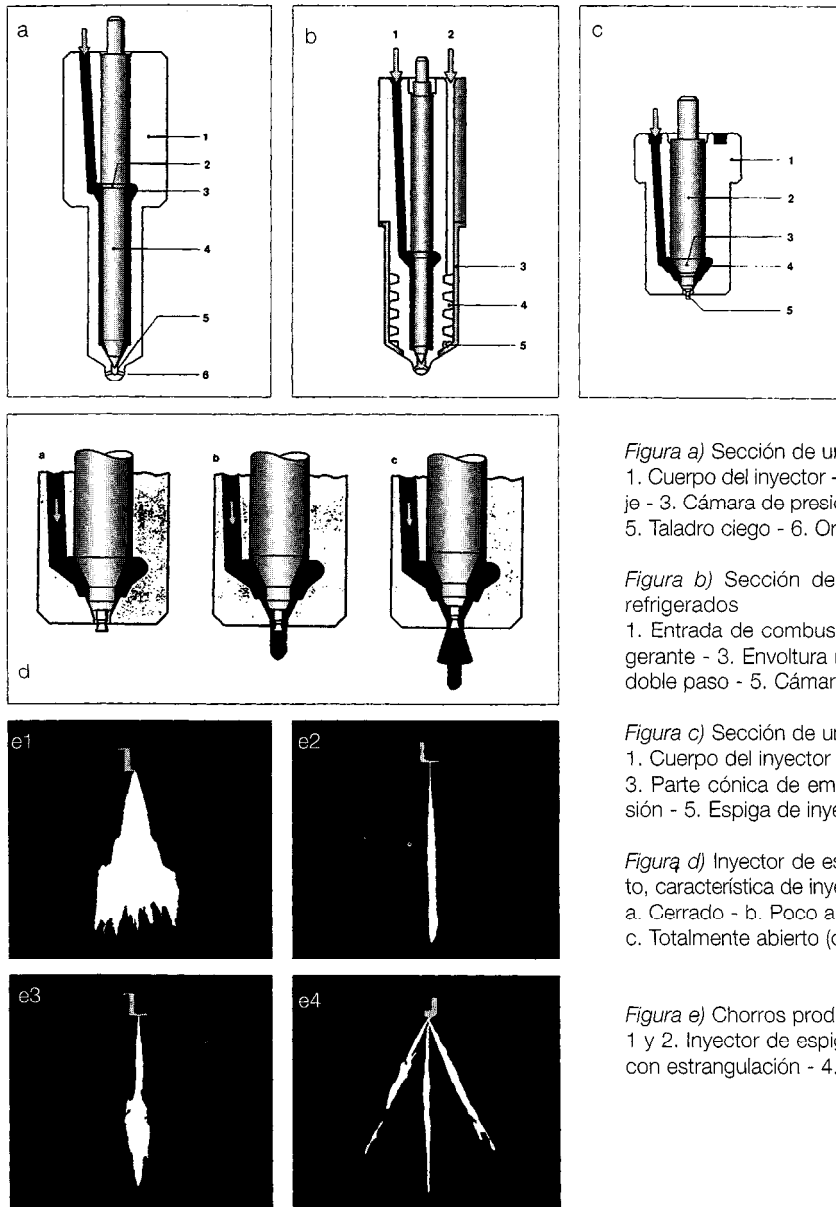


Figura a) Sección de un inyector de orificios
1. Cuerpo del inyector - 2. Parte cónica de empuje - 3. Cámara de presión - 4. Aguja del inyector - 5. Taladro ciego - 6. Orificios de inyección.

Figura b) Sección de un inyector de orificios refrigerados
1. Entrada de combustible - 2. Entrada de refrigerante - 3. Envoltura refrigerante - 4. Rosca de doble paso - 5. Cámara anular.

Figura c) Sección de un inyector de espiga
1. Cuerpo del inyector - 2. Aguja del inyector - 3. Parte cónica de empuje - 4. Cámara de presión - 5. Espiga de inyección.

Figura d) Inyector de espiga con estrangulamiento, característica de inyección
a. Cerrado - b. Poco abierto (chorro previo) - c. Totalmente abierto (chorro principal).

Figura e) Chorros producidos por inyectores
1 y 2. Inyector de espiga - 3. Inyector de espiga con estrangulación - 4. Inyector de orificios.

A lo largo de lo expuesto hasta aquí, se han venido presentando problemas y soluciones para el óptimo funcionamiento del motor Diesel.

Uno de los problemas que han podido quedar patentes es el del arranque del motor cuando éste se encuentra frío (no necesariamente muy frío). Si el combustible ha de inflamarse espontáneamente por absorber el calor generado durante la compresión del aire y éste y el propio motor están fríos, el hecho de la combustión se verá dificultada hasta que el motor no alcance una temperatura de funcionamiento normal, acentuándose en el momento del arranque.

Han existido y existen multitud de soluciones orientadas a minimizar este problema y citaremos aquí unas pocas por ser las más características.

Este problema lo soluciona en buena medida la inyección directa, aunque a costa de una mayor presión de inyección.

Otro sistema para facilitar el arranque en algunos motores Diesel son los descompresores, (manuales o automáticos) que lo que hacen es abrir ligeramente las válvulas de escape durante las primeras vueltas permitiendo que el motor adquiera velocidad y pierda parte del frío inicial aunque sólo sea por rozamiento.

Se han llegado incluso a idear motores de arranque con doble reducción que actúa al principio del arranque para pasar después a una función normal una vez lanzado el motor o a la aspiración momentánea de algún líquido o gas muy inflamable.

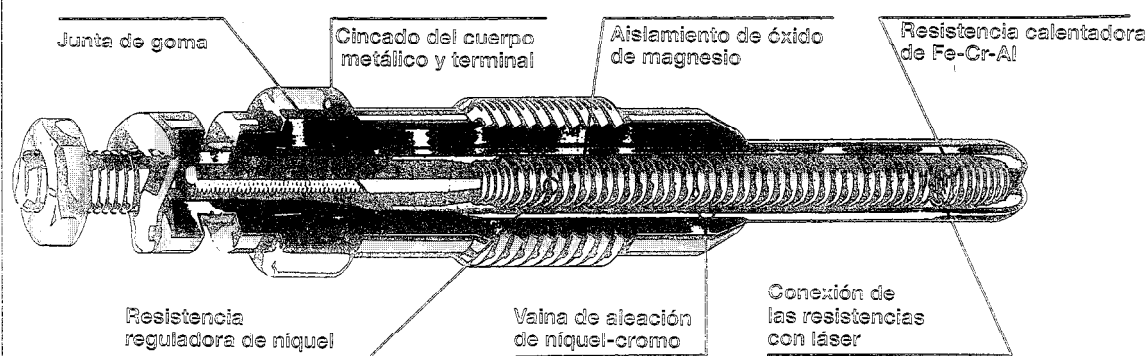
Constructivamente podemos apuntar que se han ideado soluciones; como hacer cámaras de pre-combustión de geometría variable, o los inyectores tipo "Pintaux" o piloto con efectos similares a los inyectores de estrangulación.

En los modernos motores Diesel, la solución pasa casi siempre por el calentamiento del aire a través de resistencias eléctricas. En los motores de inyección directa no tan modernos, se recurría a calentar el aire en el conducto de admisión antes de accionar el arranque mediante un calentador tipo "Antorcha", o con bujías de incandescencia con resistencia externa en los de precámara (fig. 49). En los actuales motores, tanto de inyección directa como indirecta, se recurre a calentar el interior de las cámaras de combustión mediante bujías de incandescencia más modernas.

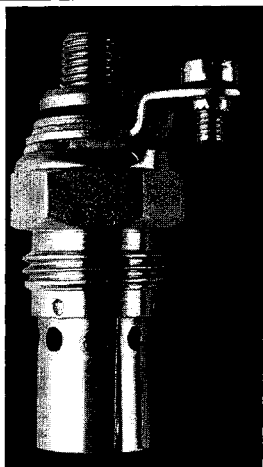
51

La bujía de incandescencia es una resistencia calentadora que se introduce en la cámara de combustión y que toma contacto con la mezcla de aire/combustible. En la fig. 48 se muestra el diseño básico de una bujía de incandescencia de la marca Champion.

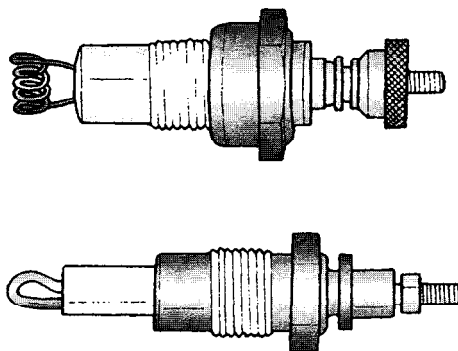
fig. 48



Diseño básico de una bujía de incandescencia



Calentador tipo
"Antorcha"



Bujías de incandescencia con resistencia externa

52

La bujía recibe corriente desde el sistema eléctrico durante un período de tiempo que le permite aumentar la temperatura a aproximadamente 800 °C. La velocidad con que logrará esta temperatura es la medida clave de su rendimiento. Pero como la rapidez de calentamiento se consigue con una disminución de su resistencia y esta disminución puede propiciar la fundición de la misma, es necesario la utilización de materiales muy resistentes.

En la construcción de las bujías se ha evolucionado hacia modelos de doble resistencia y que han pasado de un tiempo de calentamiento de 20 segundos a 7 u 8. También las bujías más modernas actúan siguiendo diferentes fases de pre y postcalentamiento con el fin de mejorar las emisiones en el escape durante el período de calentamiento del motor, disminuir consumos y ruidos. Por tanto, tres son los tipos que tomamos de referencia:

Bujías de incandescencia de una sola resistencia

El diseño de estas bujías proporciona una larga duración para el arranque en frío. Estas bujías de incandescencia (níquel) permiten tiempos de calentamiento de 20 y 30 segundos y se utilizan en aquellas aplicaciones en las cuales la duración es primordial.

Bujías de incandescencia de resistencia doble

Este tipo de bujías presenta dos resistencias de propiedades eléctricas diferentes: una en la punta y

la otra reguladora de valor variable en el cuerpo de la vaina.

Cuando se le aplica corriente a la bujía, la resistencia de calentamiento de baja resistividad (níquel-cromo) alcanza la temperatura de unos 850 °C mucho más rápido que las convencionales de una sola resistencia. A medida que se calienta la resistencia reguladora (níquel) su resistividad aumenta, lo que reduce la corriente que fluye por la resistencia calentadora impidiendo su fusión. Esto permite tiempos de calentamiento de sólo 7 u 8 segundos.

Bujías de incandescencia de postcalentamiento

Estas bujías disponen de una resistencia reguladora (hierro-cobalto) capaz de aumentar su resistividad de 10 a 12 veces durante el calentamiento, lo que le permite usar unas resistencias (níquel-cromo) de calentamiento de muy baja resistividad y con tiempos de calentamiento de 5 segundos. Además, la capacidad de regulación le permite alcanzar valores estables de temperatura que pueden alcanzar un nivel estable justo por debajo de los 1.000 °C (según tipo de bujía) con lo que puede permanecer caliente hasta 3 minutos sin riesgo de sufrir daño.

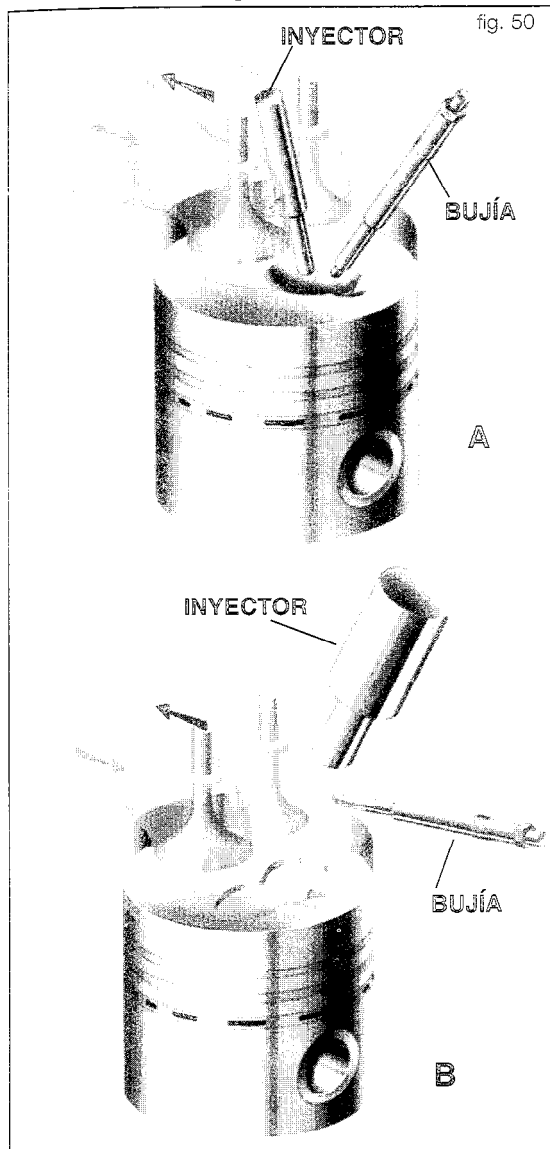
Bujías de incandescencia en motores de inyección indirecta

En los motores de inyección indirecta con precámara, tal como puede verse en la fig 50-B, la vaina de la bujía de incandescencia que protege el elemen-

to calentador, se encuentra expuesta dentro de la precámara. La bujía de incandescencia calienta la mezcla en preparación, cuando la cámara está fría, y posibilita la combustión.

Bujías de incandescencia en motores de inyección directa

En la fig. 50-A se puede ver un motor de inyección directa en el que la bujía de incandescencia está situada en la misma cámara. Esta situación, en que la bujía de incandescencia puede afectar directamente a la combustión, ha obligado a mayores esfuerzos tecnológicos en su diseño.



Sin pretender entrar en el estudio de los sistemas de engrase y refrigeración de los motores térmicos, sí queremos citar algunas especificidades que en estos sistemas tienen los motores Diesel.

Por una parte, entendemos que:

- En los motores Diesel, las presiones de compresión y en la fase de trabajo son mucho más elevadas que en un motor de gasolina (en particular en la cabeza del pistón y de los segmentos más próximos).
- El combustible utilizado tiene un alto contenido en azufre (lo que de producirse una mala combustión tendríamos la formación de humos y vapores de ácido sulfúrico).

De otra parte:

- Si las temperaturas del motor son muy elevadas, corremos el riesgo de que los segmentos se agarroten en su alojamiento y por otra parte se pueden formar resinas en el interior del motor fácilmente transformables en calaminas o carbonillas que rayarían o erosionarían el interior del motor.

Por todo ello necesitamos:

- Tratamientos especiales en algunas piezas, partes o componentes del motor y una atención preferente de refrigeración alrededor de las proximidades de la parte superior del cilindro y de lubricación del pistón.
- Aceite con aditivos especiales capaces de neutralizar la formación de vapores sulfurosos y otros que sean capaces de mantener en suspensión las partículas sólidas que puedan formarse.
- La viscosidad del aceite ha de permitir un arranque fácil del motor en cualquier condición (ya hemos visto la dificultad de arranque).

Clasificaremos pues los aceites según:

- Su calidad.
- Las condiciones de utilización.

Por otra parte, en motores Diesel destinados a maquinaria agrícola o industrial se han conseguido buenos resultados con refrigeraciones por aire, lo que significa mayor simplicidad de mantenimiento y disminución de riesgos de averías.

MANTENIMIENTO DEL MOTOR Y DE SU EQUIPO

Para el buen funcionamiento y la longevidad de un motor Diesel, son importantes tres elementos:

1. La lubricación.
2. El gas-oil.
3. El aire aspirado.

Debe respetarse un programa de mantenimiento simple y eficaz como el preconizado por el constructor.

Las primeras exigencias de este programa tienen que ver con la calidad y la limpieza del aceite de lubricación y del gas-oil utilizado.

El siguiente aspecto es la filtración del aire de admisión dentro de los cilindros.

1. Lubricación

El aceite motor debe cumplir imperativamente las especificaciones preconizadas por el constructor. Un aceite usado o de mala calidad entrañaría un desgaste excesivo de las piezas en movimiento y puede provocar daños mecánicos importantes en el motor.

Es pues aconsejable respetar las condiciones de mantenimiento del constructor: el aceite y el filtro deben sustituirse regularmente. La viscosidad del aceite se ve en ciertas ocasiones afectada por la presencia de gas-oil en el cárter motor.

El gas-oil puede provenir de un inyector defectuoso o de una mala estanqueidad en el eje de accionamiento de la bomba de inyección.

La oxidación del aceite del cárter motor origina, por su parte, productos insolubles que permanecen en suspensión, razón por la cual el aceite nuevo se vuelve negro rápidamente.

Si permanece mucho tiempo dentro de un motor, los aditivos detergentes ya no consiguen disolver los subproductos de la combustión y se forma una especie de lodo.

Es muy importante respetar los vaciados del aceite con sustitución del filtro y siguiendo las indicaciones del constructor.

En caso de funcionamiento irregular (reducción de las prestaciones o emisión de humos), desmontar los inyectores y realizarles un control rápido para evitar el aumento de combustible dentro del aceite que pueden reducir la calidad de este último.

2. Calidad y limpieza del gas-oil

La calidad del gas-oil es determinante para las prestaciones del motor Diesel.

El gas-oil aspirado dentro del depósito atraviesa un filtro y llega directamente a la bomba de inyección.

La cantidad de gas-oil aspirado por la bomba es siempre superior a la necesaria con un funcionamiento bueno del motor.

El excedente permite asegurar la refrigeración y la lubricación interna de los elementos mecánicos de la bomba.

La bomba de inyección es un conjunto de alta precisión que contiene varios elementos fabricados con tolerancias muy pequeñas.

La tolerancia representa un valor 40 veces inferior al diámetro de un cabello humano.

La presencia de agua o de cuerpos extraños puede provocar daños importantes en poco tiempo.

El cartucho que llevan los motores Diesel deja pasar el carburante pero retiene las pequeñas gotas de agua así como las impurezas.

Nota: El taponamiento del filtro (fig. 51) puede producirse al poco tiempo si el carburante utilizado es de mala calidad.

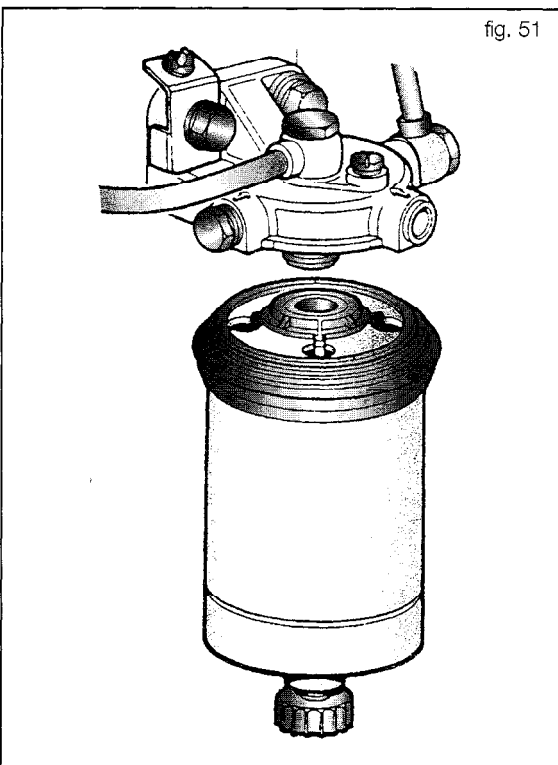


fig. 51



3. Filtración del aire de admisión dentro de los cilindros

En un motor Diesel la cantidad de aire aspirado permanece prácticamente constante.

Como en un motor de gasolina, el buen estado del sistema completo de admisión de aire es muy importante para la longevidad de los componentes mecánicos del motor.

El filtro de aire permite retener el polvo impidiéndole penetrar en los cilindros.

Un filtro de aire roto o ausente origina un desgaste prematuro de las piezas en movimiento (pistones, cilindros).

Cuando el filtro de aire está lleno de polvo, la llegada del aire es defectuosa impidiendo una combustión normal (consumo de combustible más elevado y falta de potencia).

Generalidades

El circuito de refrigeración de un motor Diesel moderno debe satisfacer las exigencias más severas. En un circuito estanco, el aire exterior no entra en contacto con el líquido de refrigeración.

El circuito exterior del sistema se compone de un radiador, un vaso de expansión y una bomba de agua.

La función del vaso de expansión es principalmente la de compensar el aumento de volumen de líquido de refrigeración cuando aumenta la temperatura del circuito.

A alta temperatura, automáticamente se desvía una cantidad de líquido hacia el vaso de expansión. Cuando el líquido de refrigeración pasa a este último, el volumen aumenta y la velocidad disminuye, permitiendo que las burbujas de aire y de gases alcancen la superficie (purga automática).

Atención: Nunca arrancar el motor sin líquido: un circuito de refrigeración vacío o incompleto puede provocar sobrecalentamientos locales y desgastes mecánicos importantes.

Antes de cualquier intervención en el circuito, girar el tapón del vaso de expansión 90° para quitar la presión interna.

Control del circuito bajo presión

Desmontar el tapón del vaso de expansión y montar en su lugar el adaptador con el aparato de control (fig 52).

Hacer que el motor alcance su temperatura de funcionamiento normal y después pararlo.

Bombear para elevar la presión dentro del circuito a un valor máximo de 1,40 bar.

Mantener la presión aproximadamente 10 segundos; si la presión baja, localizar y detectar la pérdida.

Atención: Antes del desmontaje, desenroscar lentamente el racor del aparato para anular la presión.

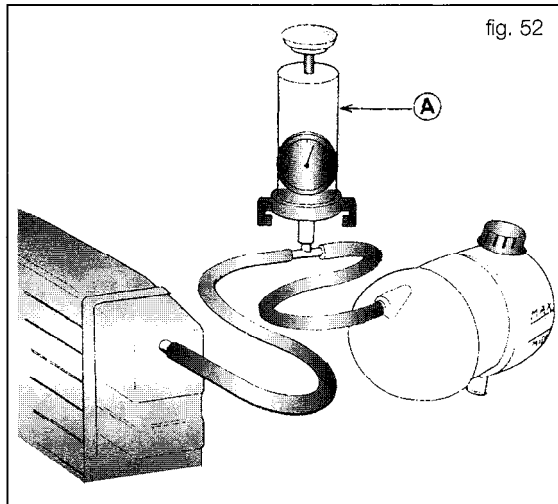


fig. 52

Control de la válvula de tarado del tapón

Montar el aparato de control directamente en el tapón [B] (fig 53).

Accionarlo hasta que se abra la válvula y volver a aumentar la presión.

(Las características de tarado están inscritas en el tapón.)

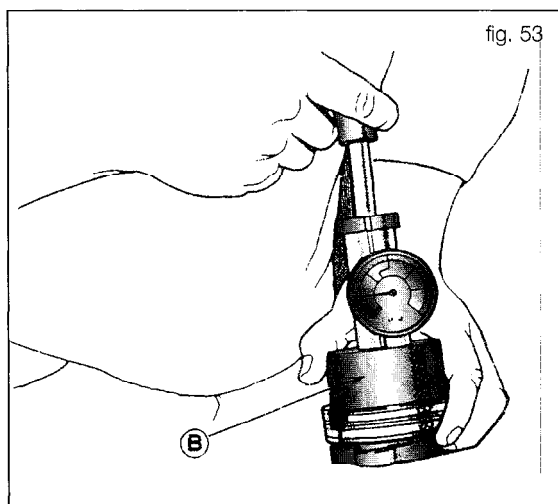


fig. 53

Control del conjunto

Conectar el aparato de control entre el radiador y el vaso de expansión (tapón colocado) y bombear para hacer aumentar la presión dentro del circuito.

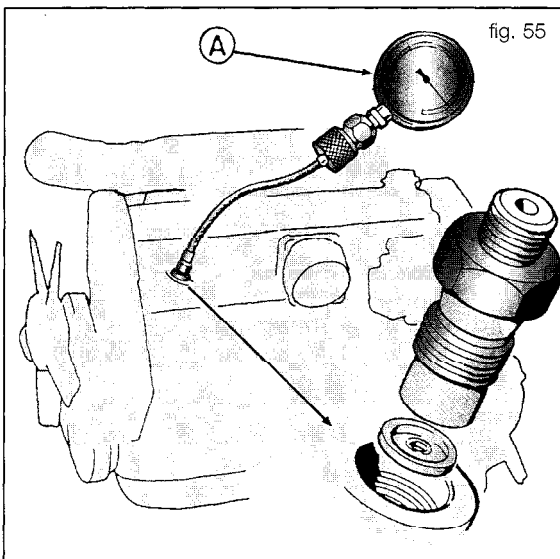
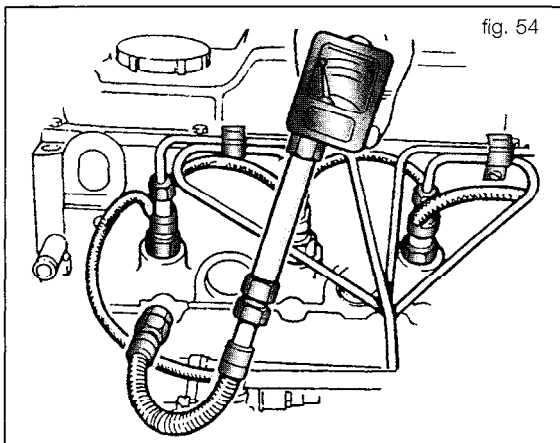
Controlar a continuación la abertura de la válvula de tarado y la estanqueidad del sistema.

Desmontar el aparato de control, completar el nivel y purgar el circuito completo.

Atención: El empleo cada vez más frecuente del aluminio en los motores Diesel exige una protección anticorrosiva: el líquido de refrigeración debe ser de calidad y sustituido regularmente.

(Con el tiempo los agentes anticorrosivos pierden su eficacia.)

Montar el portainyectores o las bujías de precalentamiento, según el caso.



56

Para el control de las compresiones, llevar el motor a su temperatura de funcionamiento normal. Controlar también el juego en las válvulas.

Con un medidor de compresiones (específico para el motor Diesel debido a las presiones más elevadas) medir la presión de compresión de cada cilindro, bien por el diámetro interno de las bujías de precalentamiento, bien por la ubicación de los inyectores con el adaptador apropiado.

El control permite frenar un eventual desgaste o avería en las válvulas o los pistones.

Método de control

Antes que nada, controlar la velocidad de accionamiento del motor por el motor de arranque: velocidad mínima de rotación = 250 rpm. De lo contrario:

Revisar el motor de arranque, la batería, el cableado, el aceite motor, etc.

Según el caso, desmontar ya sean las bujías de precalentamiento (fig. 54), ya sean los inyectores (fig. 55).

Desconectar el cable de alimentación eléctrica de la electroválvula de paro en la bomba de inyección.

Accionar el motor de arranque hasta que el medidor de presiones [A] indique la presión máxima y anotar el valor indicado.

Efectuar un control similar en los demás cilindros.

Volver a conectar el cable de alimentación de la electroválvula a la bomba de inyección.

VALOR REAL DE LA PRESIÓN DE ACEITE

El valor real de la presión de aceite depende del régimen motor, de la temperatura del aceite, de la estanqueidad del circuito de engrase y del estado de la bomba de aceite.

Control (fig. 56):

Llevar el motor a su temperatura de funcionamiento normal (80 °C aproximadamente).

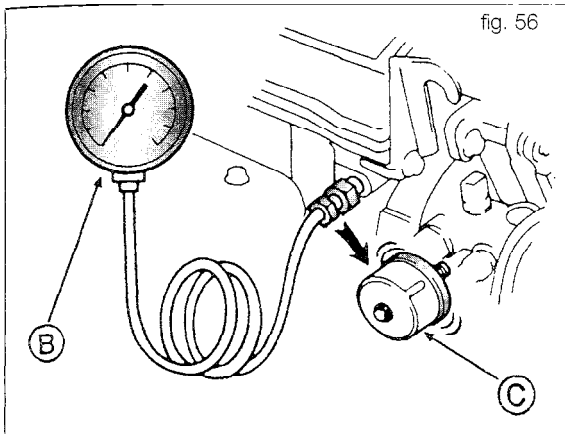
Desmontar el manocontacto de presión de aceite (C).

Montar el adaptador, según motor, en lugar del manocontacto de presión de aceite y conectar el manómetro de presión (B).

Controlar la presión del aceite al régimen de ralentí: entre 2.000 y 2.500 rpm.

Si las presiones de aceite no se corresponden con las especificaciones del constructor, controlar:

- La válvula de tarado o el filtro de aceite.
- El taponado del filtro de aspiración de aceite.
- Los conductos de aspiración (aflojados o rotos).
- El estado de la bomba de aceite.
- La estanqueidad del circuito de lubricación.



En caso de anomalías en el funcionamiento del sistema de alimentación, efectuar un control en los puntos siguientes:

- Estanqueidad del circuito.
- Filtro de gas-oil.
- Puesta al aire libre del depósito.
- Conducto de retorno al depósito.

Control de la estanqueidad (motor parado)

Desconectar el tornillo hueco de llegada de gas-oil en el filtro y conectar un vacuómetro manual (fig. 57).

Bombear manualmente para obtener una depresión de aproximadamente 0,5 bar.

La depresión debe permanecer estable durante aproximadamente 20 segundos.

Control de la estanqueidad (motor en marcha)

Desconectar el tornillo de llegada (A) (fig. 58) y conectar un manómetro de depresión.

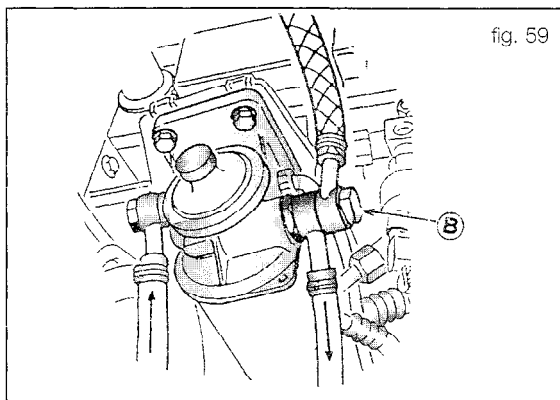
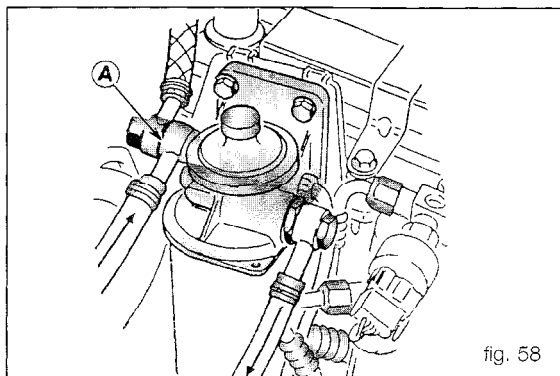
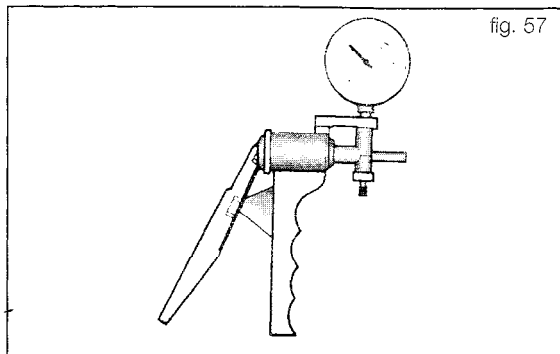
Llevar el régimen motor a 2.000 rpm aproximadamente.

- Valor normal: 0,05 bar.

- Valor máximo: 0,1 bar.

Si la depresión es superior a 0,1 bar, controlar los puntos siguientes:

- Filtro de aspiración del depósito.
- Conducto de alimentación (aplastado).
- Puesta al aire libre del depósito (obstruido).



Control del cartucho filtrante

Desconectar el tornillo hueco de salida de gas-oil y conectar el manómetro de depresión en el filtro (B) (fig. 59).

Poner en marcha el motor y elevar el valor de la depresión a aproximadamente 2.000 rpm.

- Valor normal: 0,1 bar.
- Valor máximo: 0,2 bar.

Esta segunda lectura permite controlar la pérdida de carga en el cartucho filtrante.

“Valor aumentado en [B] menos el valor aumentado en [A]”.

Sustituir el cartucho (o el elemento filtrante) si la pérdida de carga es superior a 0,15 bar (obstrucción máxima).

Circuito de alimentación (bombas en línea)

Para garantizar un llenado correcto de los elementos de una bomba en línea, es necesario una presión de alimentación de gas-oil de 1 bar aproximadamente.

Una bomba de alimentación mecánica (accionada por el árbol de levas de la bomba de inyección) asegura la presión y el caudal de gas-oil: siendo ligera, la presión permite evitar el descebado del circuito.

Sustitución del cartucho filtrante

Los motores Diesel son muy sensibles a la calidad y la limpieza del gas-oil (filtración).

Se aconseja y recomienda sustituir periódicamente el cartucho siguiendo las preconizaciones del constructor.

Nota: Antes de montar el nuevo cartucho es preferible lubricar ligeramente la junta con gas-oil.

Purga del circuito a baja presión “con bomba de cebado” (fig. 60)

Proteger el equipo eléctrico cerca del sistema de alimentación antes de efectuar la purga (alternador, motor de arranque, etc.).

Aflojar el tornillo de purga incorporado al racor de salida del filtro [B] o situado en la tapa.

Accionar la bomba de cebado [A] hasta que aparezca el gas-oil.

Volver a apretar el tornillo de purga del filtro y poner el contacto para alimentar la electroválvula de paro de la bomba de inyección (la puesta bajo presión permite purgar también la cabeza hidráulica).

Aflojar el tornillo de purga de la bomba de inyección (si ésta lo posee).

Accionar la bomba de cebado y dejar que salga el gas-oil hasta la ausencia total de burbujas de aire. Volver a apretar el tornillo.

Purga del circuito a alta presión

Aflojar los racores de alta presión del lado de

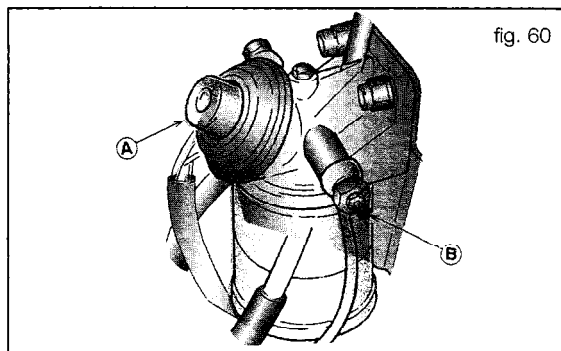


fig. 60

los inyectores y accionar el motor de arranque a cortos intervalos hasta que aparezca el gas-oil.

Volver a apretar uno a uno los racores del inyector y poner el motor en marcha.

Purga del circuito a alta y baja presión “sin bomba de cebado”

Aflojar los racores de alta presión del lado de los inyectores y proceder a la purga completa mediante un motor de arranque: “8 a 10 segundos de accionamiento seguidos de 5 a 6 segundos de parada”.

Nada más aparecer el gas-oil volver a apretar los racores de alta presión.

Para facilitar el llenado y la purga del circuito se puede adaptar una bomba de cebado manual.

Purga del agua dentro del filtro con decantador (fig. 61)

Para purgar correctamente el filtro es preferible abrir el tornillo de purga [B] a la vez que el tornillo de vaciado de agua [C].

Volver a cerrar primero el tornillo de vaciado de agua [C] y terminar la purga del aire mediante la bomba [A].

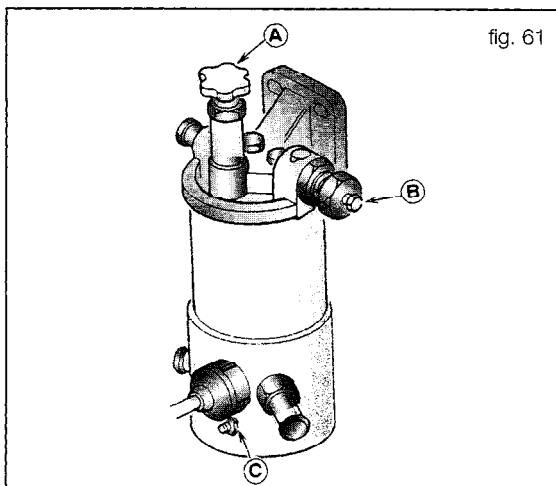


fig. 61

Búsqueda del inyector defectuoso.

Controlar en primer lugar el perfecto estado mecánico del motor.

Poner en marcha el motor y mantenerlo a un régimen ligeramente superior al de ralentí.

Aflojar uno a uno los racores de los tubos de alta presión en los inyectores (fig. 62).

Si el motor baja su régimen en el momento de aflojar el racor, el inyector funciona.

Si el régimen motor permanece constante tras el afloje, el inyector está defectuoso.

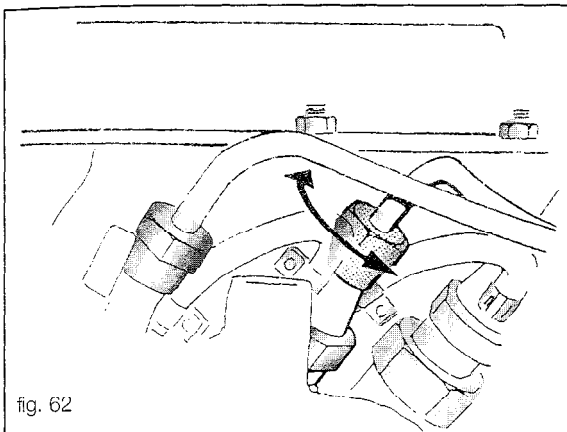


fig. 62

Control

Desmontar los tubos de alta presión protegiendo los racores para evitar la penetración de impurezas en el sistema de inyección.

Desmontar el portainyectores con las arandelas de estanqueidad y de cortallamas.

Nota: Antes de proceder al control del inyector en la bomba de tarado, limpiar con cuidado la parte exterior de esta última y, en particular, la tobera con la aguja (fig. 63).

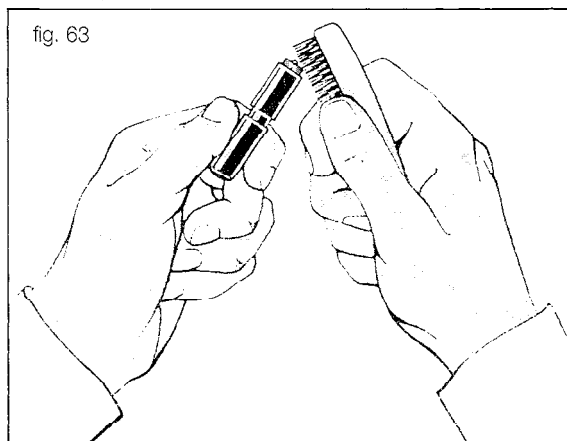


fig. 63

Si tras varios controles es necesario desmontar el inyector, elevar primero el valor de la presión de abertura "tarado".

Si después de desarmar, limpiar y reglar el inyector, éste no cumple con las especificaciones del constructor, sustituirlo.

Desarmado

Para desarmar fácil y rápidamente los portainyectores con abrazadera o atornillados dentro de la culata, utilizar un soporte específico.

Ejemplo [A] (fig. 64) "soporte para inyectores atornillados".

Apretar el soporte en un tornillo de banco y aflojar la tuerca de sujeción del inyector mediante un casquillo específico correspondiente [B] (fig. 64).

Desmontar en el orden siguiente: el inyector, el distanciador, la varilla de empuje, el muelle de tarado y la (o las) arandelas de reglaje.

Meter todas las piezas en un recipiente de prueba lleno de aceite limpio.

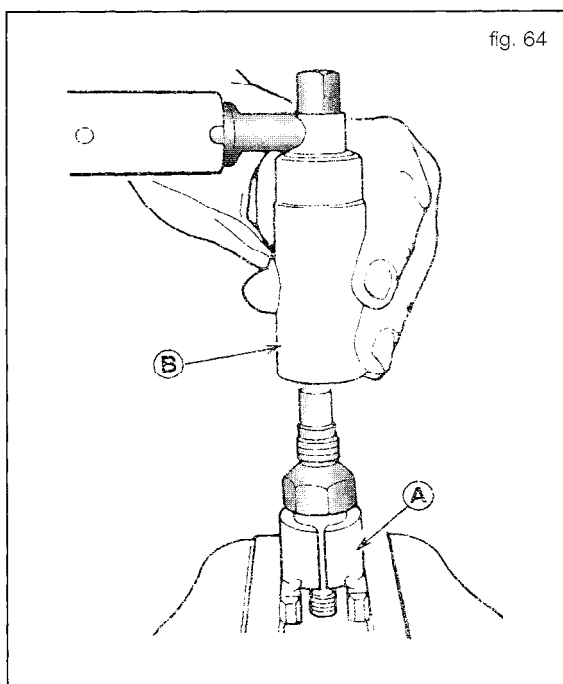


fig. 64

Limpieza de las piezas

La limpieza del portainyectores y del inyector debe efectuarse con cuidado empleando "White Spirit" o similar.

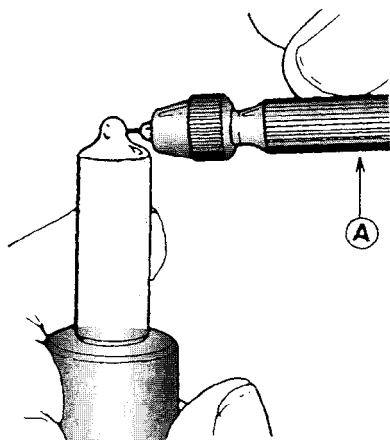
No utilizar un cepillo metálico, ni un cuchillo ni otros útiles parecidos.

Limpieza de los inyectores de taladros

Los inyectores de taladros múltiples están montados en los motores de inyección directa.

Limpiar los taladros de inyección con una aguja de inyección [A] (fig. 65).

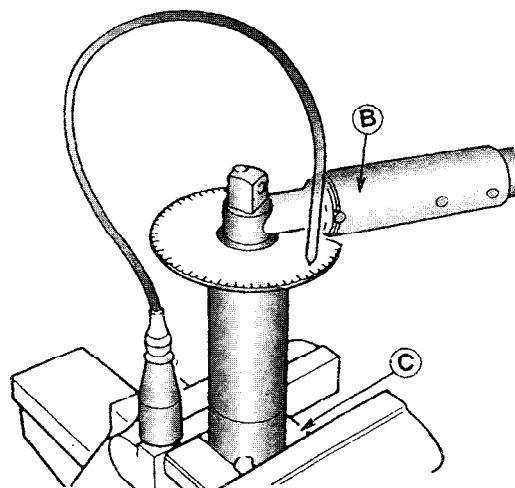
fig. 65



Ensamblado

Colocar el cuerpo del portainyectores en el soporte específico y apretar el conjunto dentro del tornillo de banco [C] (fig. 67).

fig. 67



60

Limpieza y control

Examinar todas las piezas para descubrir signos de desgaste o de corrosión u otros daños.

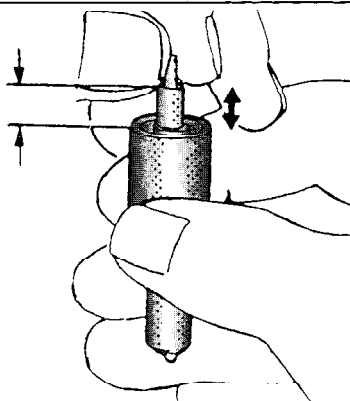
Controlar el estado de las roscas. Aclarar abundantemente las piezas del inyector con el aceite de prueba y examinar atentamente el cuerpo y la aguja.

Introducir 2/3 partes de la aguja en el cuerpo del inyector y mantener el conjunto en posición vertical (fig. 66).

La aguja debe caer lentamente por su propio peso. Repetir la operación varias veces para asegurar el funcionamiento correcto del inyector.

Si la aguja está ligeramente gripada dentro del cuerpo, sustituir el inyector completo.

fig. 66



Introducir en el diámetro interno del cuerpo las arandelas de reglaje del tarado, el muelle y la varilla de empuje.

Montar el distanciador, el inyector y la tuerca.

Apretar la tuerca de sujeción del inyector a par prescrito por el constructor (ver ficha técnica).

Atención: En ciertos tipos de portainyectores LUCAS (CAV) el apriete de la tuerca de sujeción de inyector es angular.

Método

Mediante una llave dinamométrica aplicar un apriete de 2 m.daN.

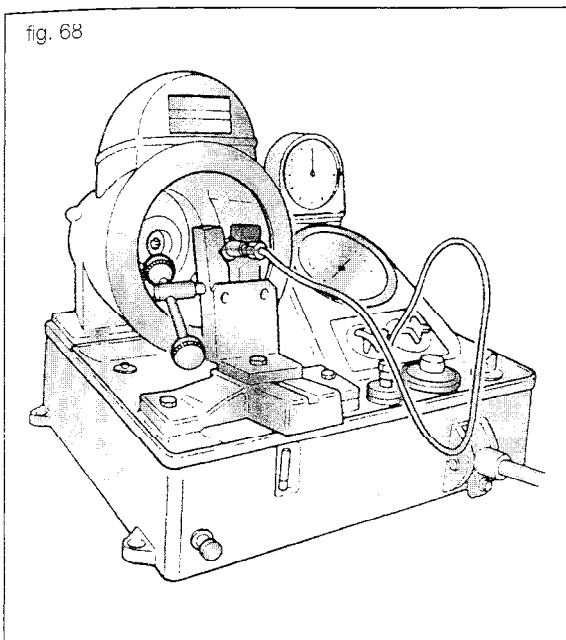
Colocar el utillaje de apriete en ángulo [B] (fig. 67).

Marcar la posición 0° de la escala graduada apretar la tuerca aplicándole una rotación de $19^{\circ} \pm 1^{\circ}$.

Nota: También se puede aplicar un apriete previo de 1 m.daN seguido de un ángulo de $22^{\circ} \pm 1^{\circ}$.

Utilizar un utillaje de control apropiado y un líquido de pruebas de calibrado según norma ISO 4113.

Ejemplo: banco de prueba del tarado de los inyectores (fig. 68).



Atención: Procurar que los surtidores no estén dirigidos a las manos o a otras partes del cuerpo.

El líquido de la bomba de tarado es proyectado a tal presión que puede atravesar la piel y provocar graves quemaduras.

En caso de contacto con la piel, tratar la herida médicamente.

Presión de abertura "tarado"

Aislar el manómetro del banco de pruebas de tarado y bombear rápidamente para purgar correctamente el circuito.

Volver a instalar el manómetro de control y accionar lentamente la palanca de la bomba hasta la abertura del inyector.

Aumentar la presión indicada y comparar con el valor del constructor.

En la mayoría de los casos el ajuste de la presión de abertura se realiza intercalando arandelas de reglaje de espesor distinto.

Recordar: la diferencia de 0,10 mm de espesor de las galgas hace variar la presión de abertura aproximadamente 10 bar.

Control del chorro y de la pulverización

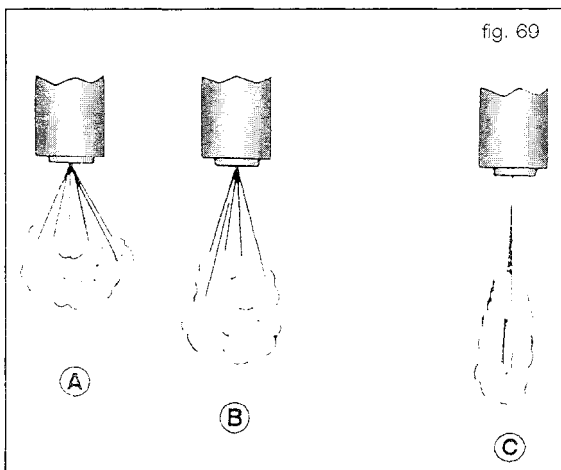
Durante las pruebas, el manómetro debe ser aislado con un grifo de cierre.

Ignorar la calidad de la pulverización mientras el inyector no "ronque".

Un inyector que no pulveriza homogéneamente (fig. 69) no hay por qué considerarlo defectuoso.

[A] y [B] = bombeado débil o influencia del kilometraje en el inyector.

[C] = inyector nuevo.



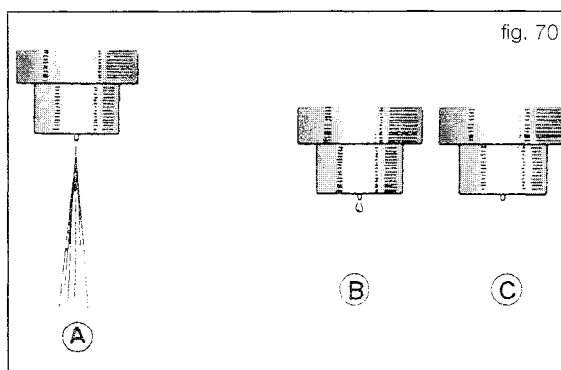
Estanqueidad del asiento de la aguja

Secar el extremo del inyector y conectar el manómetro del aparato al circuito.

Mantener la presión 10 bar por debajo de la presión de tarado preconizada. No debe caer gota alguna de la punta del inyector al menos durante 30 segundos.

Después de la pulverización [A] (fig. 70) sobre la bomba de tarado o el banco de prueba, no debe aparecer ninguna gota por la punta del inyector.

[B] = Inyector dudoso; [C] = Inyector en perfecto estado.



Calado estático por marca exterior

Situar y entrar la bomba de inyección en el motor. Colocar los tornillos o tuercas de fijación de la abrazadera de la bomba sin bloquearlos.

Girar el cuerpo de la bomba para ajustar la marca de la abrazadera (comienzo de la inyección) con la marca fija del cárter de distribución [A] (fig. 71).

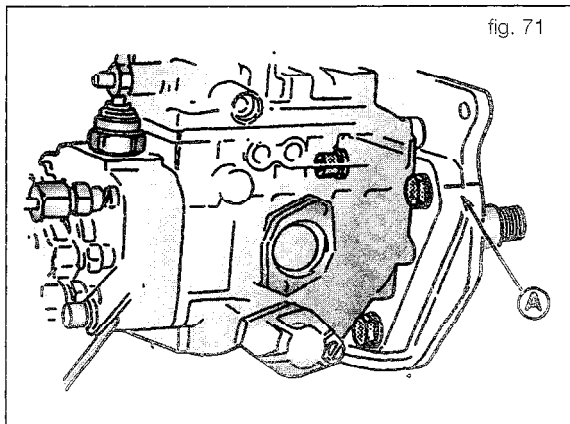


fig. 71

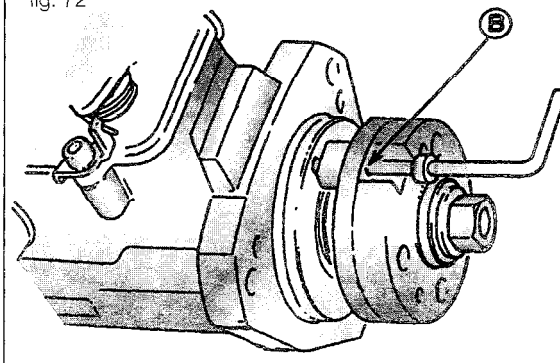
Calado estático por pasador

Poner en marcha el motor para situar el cilindro de referencia en la marca de calado.

Colocar la bomba de inyección y ajustarla en rotación para hacer corresponder los orificios de calado (comienzo de la inyección).

Colocar el pasador [B] (fig. 72) para controlar el alineamiento correcto de los taladros de calado.

fig. 72



Girar el motor lentamente en el sentido normal de funcionamiento para alinear el orificio de calado, ya sea del volante motor [E] (fig. 73), ya sea del piñón de arrastre del árbol de levas [D] (fig. 73) con el orificio del cárter motor.

La figura 73 indica la posición correcta del pasador de calado [E] respecto al motor.

Nota: En la mayoría de los casos es incluso necesario hacer servir los dos pasadores [D] y [E].

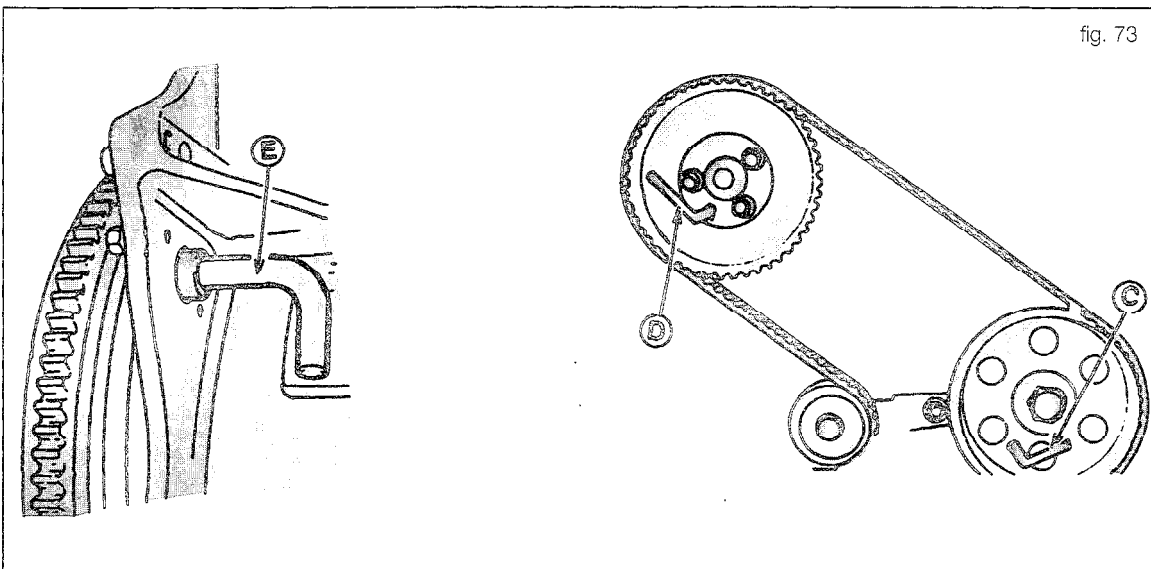
Colocar la bomba de inyección en su piñón de arrastre y alinear los orificios de calado mediante el pasador [C] (fig. 73).

Meter los tornillos o tuercas de fijación.

Revisar la posición correcta de los pasadores de calado y apretar. Efectuar un control desmontando los pasadores y dando dos vueltas completas al motor.

Volver el motor al punto de calado y revisar la colocación de los pasadores [E] del motor y [C] (figura 73) de la bomba de inyección.

fig. 73





CALADO DE UNA BOMBA DE DISTRIBUCIÓN ROTATIVA "BOSCH"

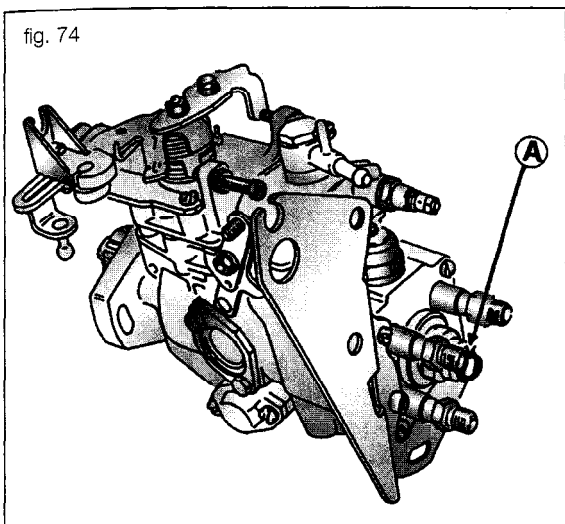
Método de calado

En una bomba de inyección de distribución rotativa "Bosch" el comienzo de inyección está en relación directa con la carrera del pistón interno.

El control se efectúa en la cabeza hidráulica desmontando el tapón obturador [A] (fig. 74).

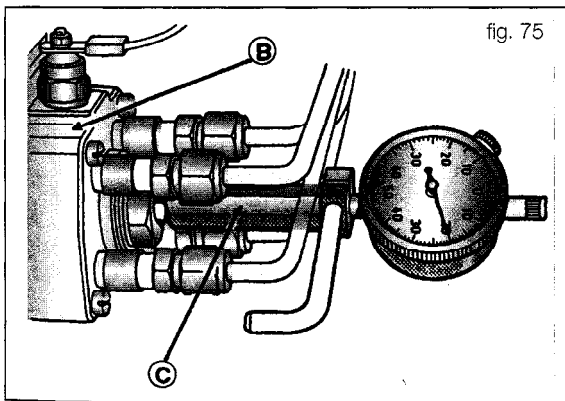
Un valor de desplazamiento del pistón (precisado con una flecha técnica) determina con exactitud el comienzo de la inyección.

fig. 74



Desmontar el tornillo [A] (con su arandela y junta de cobre) en la parte trasera de la cabeza hidráulica [B] (fig. 75). Colocar el soporte del comparador y fijar el adaptador específico [C].

fig. 75



Montar en el extremo del eje de accionamiento la tuerca de sujeción del piñón con una contratuerca para permitir la rotación de la bomba mediante una llave. Desconectar del circuito el sistema de sali-

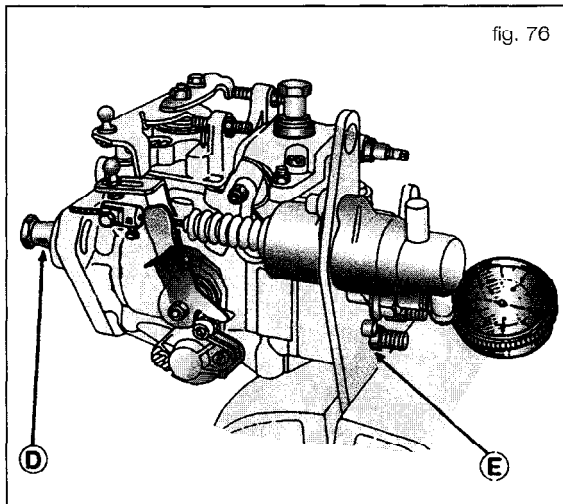
da en frío y girar el eje de accionamiento en el sentido normal de rotación para determinar con precisión el punto muerto inferior del pistón de la bomba.

Una vez en esta posición, colocar el comparador ejerciendo una precarga de 1 a 2 mm sobre éste.

Ajustar la escala del comparador a "cero".

Girar a continuación el eje de accionamiento (siempre en el mismo sentido de rotación) para llevar la chaveta del eje [D] (fig. 76) justo delante del eje de la salida [E] que corresponde al cilindro motor n.º 1.

fig. 76



Por medio del cigüeñal girar el motor para llevar el pistón del cilindro n.º 1 al PMS fin de compresión, o bien por una marca en la polea, o por una marca en el volante motor, o también, siendo lo más frecuente, por la colocación de un pasador de calado.

Presentar la bomba de inyección en el motor alineando la chaveta de arrastre con el piñón.

Colocar los tornillos o tuercas de fijación sin apretarlos y ajustar la bomba en rotación hasta que la escuadra del comparador indique el valor preconizado por el constructor (véanse fichas técnicas).

Control del calado

Por medio del cigüeñal dar una vuelta completa al motor en su sentido normal de rotación.

Cuando el pistón de la bomba esté al PMI controlar con precisión el "cero" en la escala del comparador.

Situar el cilindro de referencia del motor al PMS fin de compresión (marca o pasador de calado). La escala del comparador debe indicar la alza del pistón precisada por el constructor (véanse fichas técnicas).

Calado estático con comparador

Antiguo montaje bombas Lucas (fig. 77).

El calado de la bomba se realiza usando un utilaje específico [A].

En este caso preciso, el acceso a la marca de calado tiene lugar por el lado del cuerpo de la bomba [DPA o DPC].

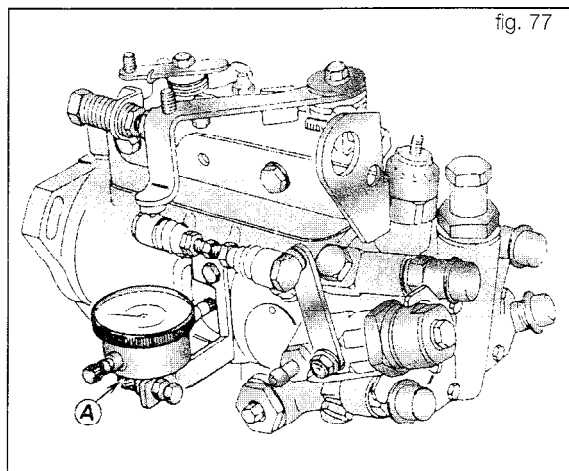


fig. 77

Preparación

Por medio del cigüeñal girar el motor y situar el cilindro de referencia al PMS fin de compresión.

Posicionar el pistón del cilindro motor concierne a un valor en milímetros en relación al PMS o situar y colocar un pasador de calado, según el constructor (véase estudio completo por motor).

Preparar la bomba siguiendo las indicaciones del fabricante (véanse fichas técnicas).

Equiparla con un comparador y presentarla en el motor colocándola en el piñón del cárter de distribución.

Inclinarla a derecha e izquierda para alinear la llave.

Una vez en su sitio, montar y apretar los tornillos o tuercas de fijación sin bloquearlos.

Inclinar la bomba en sentido inverso de rotación hasta la retirada total del comparador, punto más bajo de la "V" de la ranura del rotor de la cabeza hidráulica [B] (fig. 78).

Ajustar el cero en la escala del comparador.

Continuar girando la bomba hasta obtener un valor en milímetros en la misma escala (valor de calado, véanse fichas técnicas). Apretar y bloquear los tornillos o tuercas de fijación de la bomba al par prescrito.

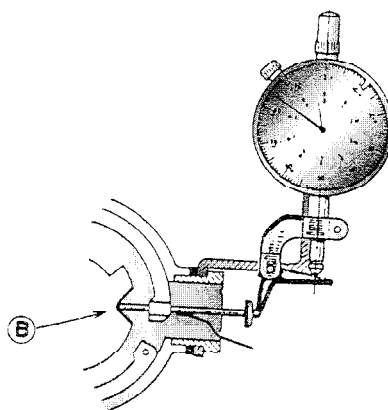


fig. 78

Control del calado

Desmontar el pasador de calado para dar dos vueltas al motor en el sentido normal de rotación.

Cerca del PMS fin de compresión del cilindro de referencia, localizar el punto máximo del comparador.

Si es necesario, ajustar la escala de nuevo a cero.

Continuar girando el motor para llevar el pistón del cilindro motor a la posición precisada en milímetros (o colocando el pasador de calado).

El comparador de la bomba debe indicar el valor de calado del constructor.

Si este valor no se vuelve a alcanzar es preciso reanudar la operación de calado completo.

Las bombas Lucas DPA/DPC incluyen un anillo de sujeción interno que sirve de guía al pasador de calado [C] (fig. 79).

Atención: La posición del anillo de sujeción es determinada en el banco de prueba. Procurar no desplazarlo al trabajar con las herramientas.

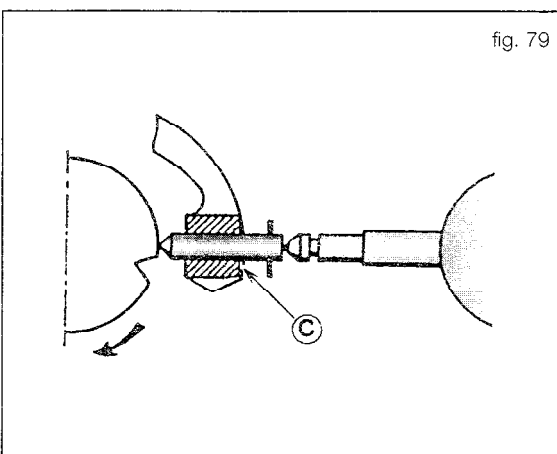


fig. 79

Calado estático con comparador

Nuevo montaje bombas Lucas (fig. 80).

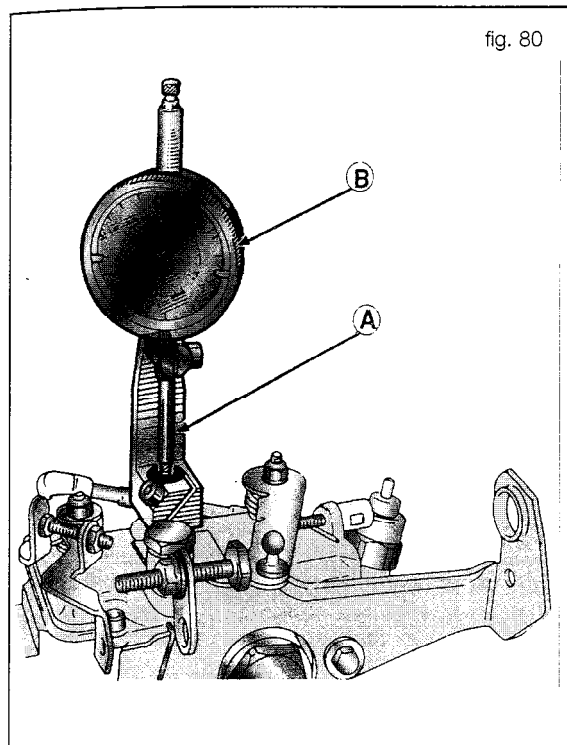


fig. 80

El calado de la bomba con acceso por la tapa se efectúa mediante un utillaje [A] y [B] diferente que permite determinar con máxima precisión el comienzo de inyección de la bomba.

Preparación

Por medio del cigüeñal girar el motor para llevar el cilindro de referencia (precisado por el constructor) al PMS fin de compresión.

Ajustar este último por:

- El valor en mm en el pistón;
- O la marca de calado situada en la polea del cigüeñal o en el volante motor;
- O la colocación de un pasador de calado.

Equipada con su comparador, presentar y colocar la bomba en el motor inclinándola hasta el tope del coliso (posición retrasada).

Montar los tornillos o tuercas de fijación de la abrazadera y apretarlos ligeramente sin bloquearlos.

Atención: Comprobar que el pasador de calado de la bomba [C] (fig. 81) no esté en contacto con el tetón de calado del rotor [E] sino en apoyo del cuerpo de la tapa de la bomba [D].

En esta posición, situar el comparador ejerciendo sobre él una precarga de 1 a 2 mm.

Colocar la escala del comparador a "cero".

Orientar la bomba en el sentido inverso de rotación para obtener en la escala el valor de calado indicado, o bien en el casquillo de plástico de precintado del tapón de registro, o bien en la palanca del acelerador.

Nota: En un calado al PMS, el valor indicado debe estar normalmente acompañado de la inscripción PMS.

Control del calado

Extraer y desmontar el pasador de calado (si se usa).

Por medio del cigüeñal dar una vuelta y media al motor en el sentido normal de rotación.

Continuar girándolo lentamente hasta la posición de calado del motor y controlar el valor indicado en la escala del comparador.

El valor debe corresponder al inscrito en el casquillo de plástico del tapón de registro o en la palanca del acelerador.

Apretar los tornillos o tuercas de fijación de la bomba al par prescrito (véanse fichas técnicas).

65

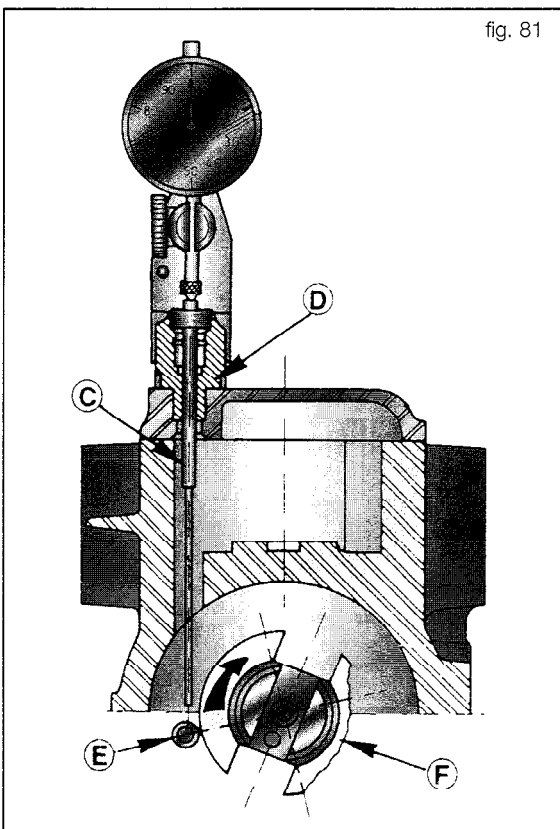


fig. 81

Control y reglaje del calado estático

El control y el ajuste del comienzo de inyección en una bomba en línea se realiza de maneras diferentes:

- Por alineamiento de las marcas de calado,
- Por el método del "cuello de cisne",
- Por el valor de alzada de la leva,
- Por un captador transmisor de posición.

Calado por medio de marcas

Girar el motor mediante el cigüeñal en el sentido normal de rotación para llevar el cilindro de referencia (precisado por el constructor) al punto de calado (fig. 82).

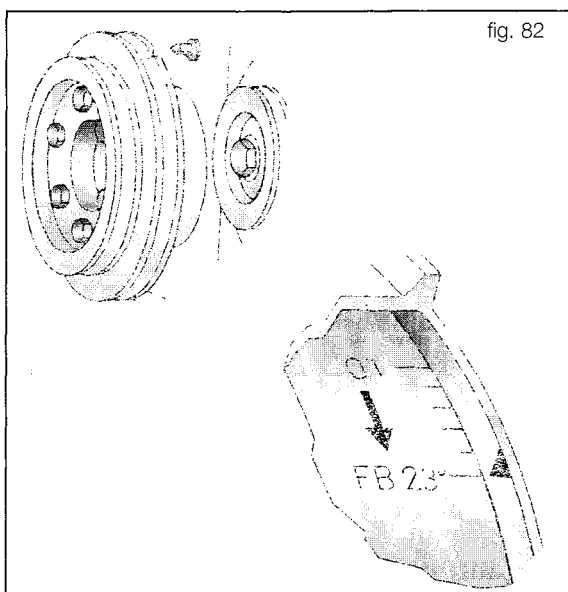


fig. 82

Controlar y, si es preciso, ajustar el alineamiento de las marcas de calado inscritas en el accionamiento de la bomba [A] (fig. 83).

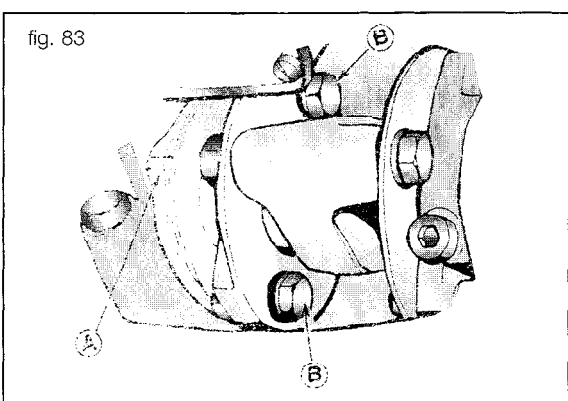


fig. 83

Para una intervención, aflojar los tornillos [B].

Nota: Este método permite el desmontaje y montaje rápidos de una bomba de inyección seguidos de una intervención exterior a esta última (por ejemplo, la sustitución de una junta de estanqueidad del accionamiento en el lado de la distribución).

Calado por el método de la gota

Para este método es necesario desmontar el tubo de alta presión que corresponde al cilindro de referencia para el calado para desmontar a continuación el racor de salida.

Extraer la válvula y montar un tubo de alta presión de cuello de cisne en el racor (fig. 84).

Alimentar la bomba con gas-oil bajo una ligera presión (o con depósito en carga) y girar el accionamiento de la bomba en el sentido normal de rotación para que el gas-oil salga por el tubo [D].

Pasar lentamente al sentido inverso hasta el punto preciso en que el gas-oil cese de salir [C].

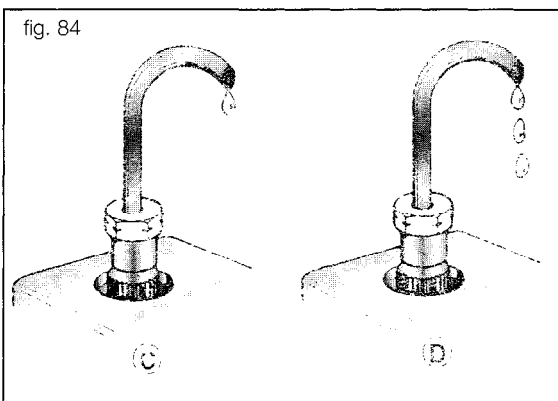


fig. 84

Apretar al par preconizando las fijaciones del accionamiento o del soporte de la bomba (según modelo).

Desmontar el cuello de cisne con el racor.

Montar la válvula en el racor así como el conjunto con el conducto de alta presión.

Atención: Los tubos deteriorados deben sustituirse por tubos de recambio idénticos.

La sección de paso del conducto debe ser plana, sin defectos ni impurezas.

El radio máximo de una curva en un tubo de presión no debe ser inferior a 50 mm.

Controlar el diámetro interior de todos los tubos con el extremo de una broca, por ejemplo.

Calado por control de alzada de leva

Este método se recomienda particularmente para definir con mayor precisión el comienzo de la inyección (fig. 85).

Valor de alzada de leva: La medición se realiza por medio de un comparador [C] fijado en un soporte adaptado [A].

Revisar la posición correcta del motor en el punto de calado.

Desmontar el tapón de acceso del primer empujador de la bomba de inyección [B].

Girar el árbol de levas de la bomba para situar el empujador en su posición más baja.

Fijar el soporte del comparador [A] en el cuerpo de la bomba y situar el comparador [C] ajustando el punto de medición apoyado en la parte superior del empujador [D].

Aplicar una precarga de 1 a 2 mm aproximadamente en el comparador y ajustar la escala a cero.

Girar el árbol de levas de la bomba en el sentido normal de funcionamiento para obtener la alzada de leva preconizada (véase ficha técnica).

Apretar las fijaciones de la bomba de inyección.

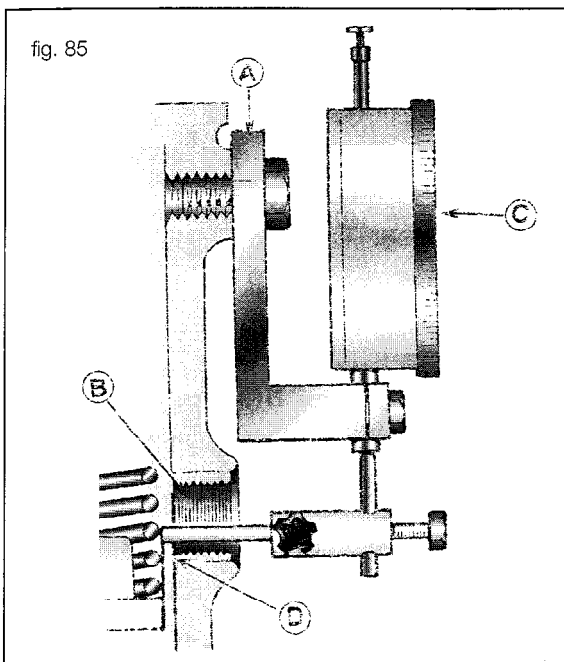


fig. 85

Control del calado con captador de posición (fig. 86)

Este captador [C] (transmisor de posición) está situado en el cárter del lado del regulador en lugar del tapón de acceso a la marca de calado.

Esta posición representa con precisión el comienzo de inyección de la bomba RVI/Mercedes.

La información es transmitida a una unidad electrónica de control con dos diodos luminosos [A] y [B].

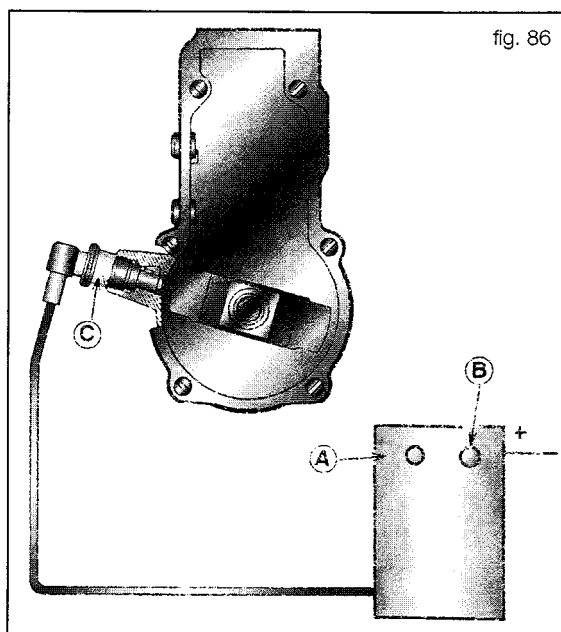


fig. 86

Método de control

Colocado el transmisor de posición en el cárter del regulador, conectar la unidad al positivo de la batería.

Hacer girar el motor hasta justo antes del punto de calado.

Por medio del cigüeñal girar el motor en el sentido normal de rotación hasta que la lámpara [A] se ilumine.

Seguir lentamente con la rotación hasta que las dos lámparas [A] y [B] se iluminen.

En este momento preciso el motor debe encontrarse en la marca de calado (precisada por el constructor).

En caso contrario, ajustar el calado de la bomba.

Nota: Cuando las dos lámparas se iluminen al mismo tiempo en el punto de calado, la bomba estará correctamente calada.

En caso de iluminarse una sola lámpara, aflojar las fijaciones de la bomba y ajustar esta última en rotación para obtener un calado correcto.

Introducción

Las exigencias cada vez más duras en relación con el consumo de combustibles y la emisión de humos en todos los motores Diesel imponen un calado de renovada precisión de la bomba de inyección.

El esquema adjunto (fig. 87) representa la incidencia del calado en las emisiones (CO -NOX - NC).

El sistema de control del calado dinámico permite efectuar, de modo simple y rápido, una prueba en el desarrollo del avance de la bomba según el régimen motor y en el calado de base.

(Diagnóstico rápido para saber si el calado de la bomba de inyección es el responsable de la emisión de humos o de la falta de potencia.)

Método

El control del calado de una bomba en movimiento en un motor Diesel se realiza utilizando una lámpara estroboscópica [E] (fig. 88) con un captador de impulsiones [D].

El captador se adapta en un tubo de alta presión del cilindro de referencia a cierta distancia del inyector o de la salida de la bomba (precisada por el fabricante de la lámpara).

En general, los fabricantes del material de control determinan los valores de control del calado en movimiento y dan las instrucciones necesarias relativas a la posición del captador en el tubo de alta presión.

En un motor Diesel, el calado es la diferencia angular entre el comienzo de la inyección de la bomba y el PMS fin de compresión del cilindro de referencia motor.

Es el resultado de alinear las marcas de calado o en el volante motor o en la polea del cigüeñal.

Se obtiene una señal de medición precisa con una velocidad de rotación mínima (régimen de ralentí).

En caso de que el valor controlado no corresponda a los dados por el constructor (o el fabricante del material) para el motor y realizar la corrección necesaria procediendo al calado estático completo de la bomba.

Importante: Antes de controlar el calado, comprobar que el motor está a su temperatura de funcionamiento normal (incluido el aceite motor).

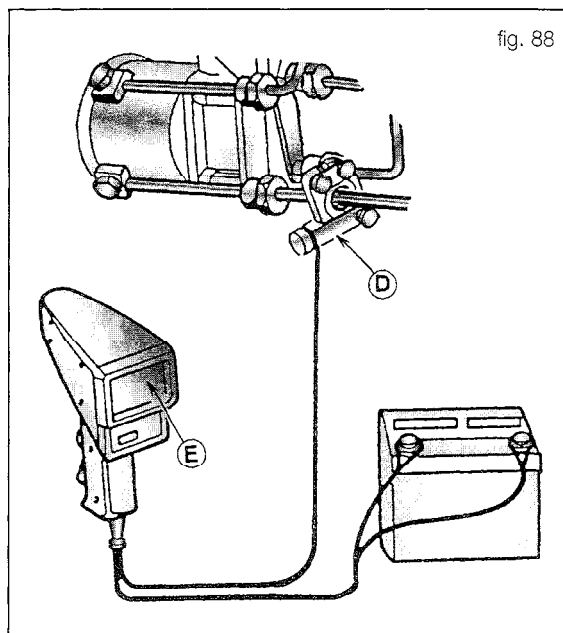


fig. 88

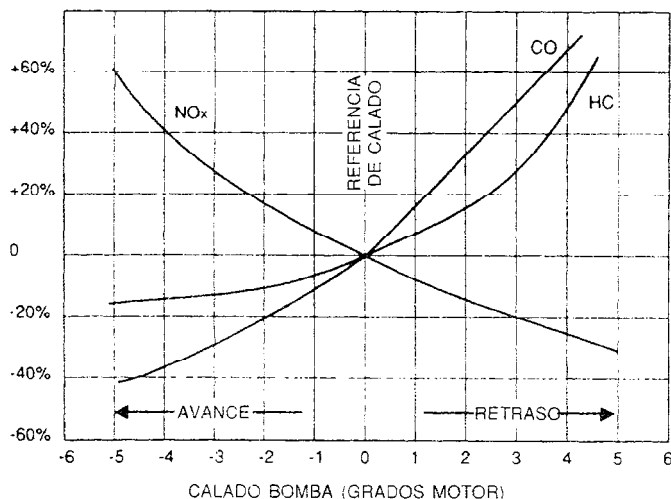


fig. 87

El aire fuertemente comprimido en frío dentro de un motor Diesel no alcanza una temperatura suficientemente elevada para provocar la autoinflamación al PMS del carburante.

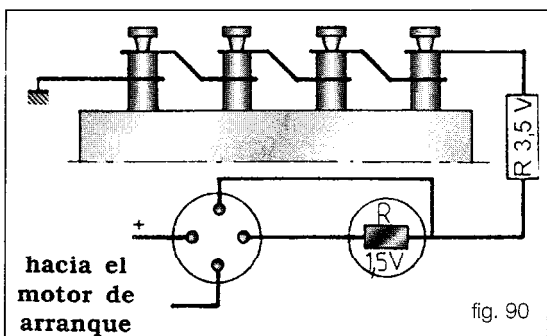
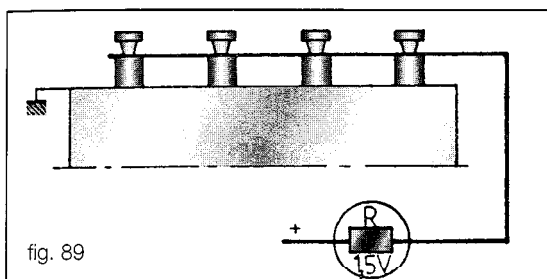
Es necesario recurrir a la energía eléctrica (arranque en frío) para calentar el aire de admisión dentro de los cilindros.

El sistema eléctrico de precalentamiento más utilizado actualmente está compuesto de una bujía de precalentamiento por cilindro.

Las bujías de precalentamiento están conectadas entre ellas, bien en paralelo (fig. 89) (bujías unipolares), bien en serie (fig. 90) (bujías bipolares).

La mayoría de los constructores aplican el sistema de bujías en paralelo.

Este sistema permite el funcionamiento del circuito de precalentamiento aun si una de las bujías se deteriorara.



Control de las bujías de precalentamiento

Procurarse un polímetro y controlar la continuidad eléctrica (resistencia) de las bujías unipolares en el montaje en paralelo (fig. 89) entre el borne central de alimentación y la masa.

Comprobar el aislamiento y la resistencia de las bujías bipolares en el montaje en serie (fig. 90).

Algunos fabricantes disponen de un controlador de bujías de precalentamiento que permite un control de éstas sin desmontarlas.

Efectuar eventualmente un control exterior del funcionamiento de las bujías en la batería.

Control del circuito de precalentamiento

Para el primer control en frío, es decir, cuando la temperatura del líquido de refrigeración motor se encuentra por debajo de $+40^{\circ}\text{C}$.

Poner el contacto y elevar la tensión directamente en los bornes de las bujías (1) (fig. 91). A 11/11,5 voltios el testigo luminoso (2) debe encenderse.

Esperar que el testigo (2) se apague para controlar el tiempo de precalentamiento que varía con la temperatura ambiente.

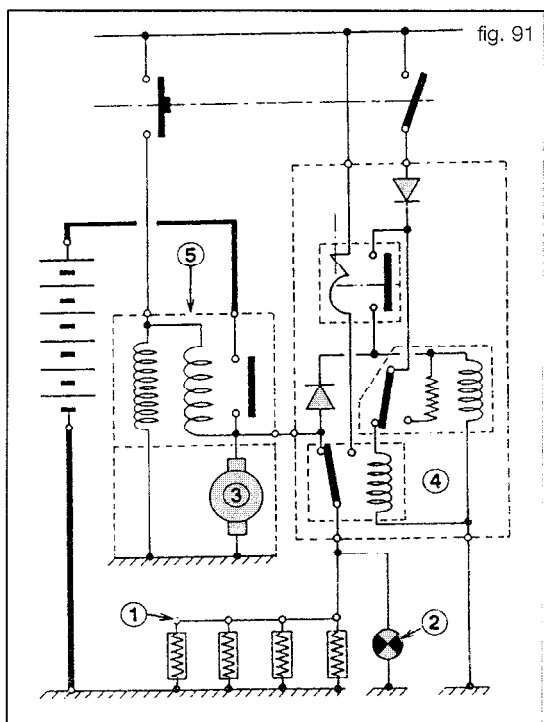
Accionar el motor de arranque y controlar de nuevo la tensión en el borne (1).

Si la lectura es correcta (aprox. 9 voltios), el circuito de precalentamiento está en perfecto estado de marcha.

Controlar el mantenimiento del precalentamiento durante la acción del motor de arranque (3) por medio del relé (5) de este último hacia el relé (4).

La mayoría de los circuitos de precalentamiento poseen un dispositivo incorporado en el relé temporizado para poder prolongar el precalentamiento después de la puesta en marcha (función de calentamiento posterior).

Por el contrario, el sistema está en relación directa con la sonda de temperatura del motor.



ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE

El análisis de la densidad de los gases de escape es una indicación real del estado y del reglaje del motor Diesel.

Atención: la norma europea CEE-72/306 impone un valor máximo de densidad de humos que no debe sobrepasarse en modo alguno.

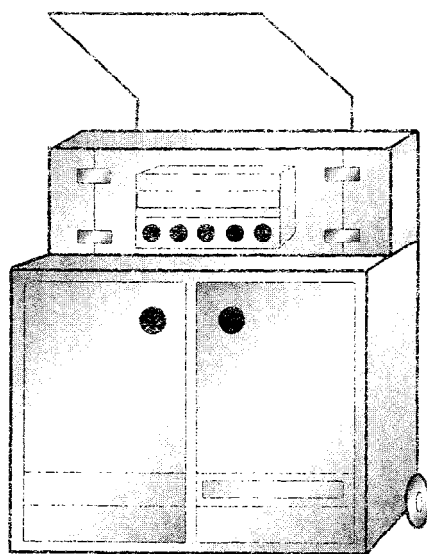
La experiencia ha demostrado que las emisiones visibles de humos pueden aparecer después incluso de los primeros 20.000 Km de utilización.

Debido al nivel relativamente bajo de formación de humos en los motores Diesel actuales, se tiende a menudo a aumentar el caudal de gas-oil de la bomba de inyección hasta el valor límite de densidad de humo permitido, con el fin de aumentar una relativa potencia del motor.

Un aparato llamado "opacimetro" (fig. 92) permite medir la densidad de los gases de escape en los motores Diesel.

Se adapta para las necesidades de los profesionales de la reparación y del mantenimiento de los motores Diesel.

fig. 92



Su utilización, completa y simple, permite controlar con rapidez la polución de los motores, según las prescripciones de los constructores basadas en la legislación vigente o en curso de aprobación.

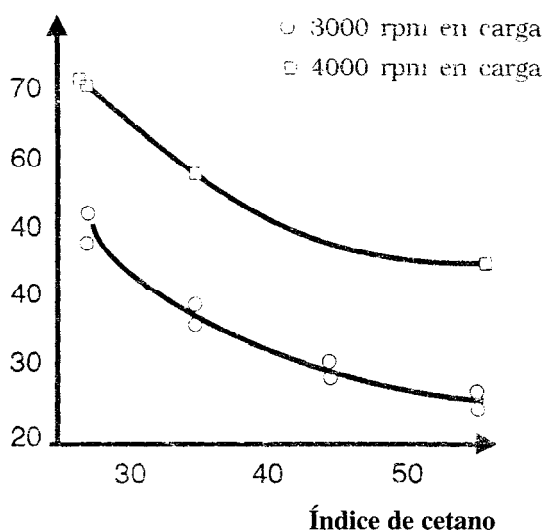
Método de control en carga en un banco de prueba de rodillos (fig. 93).

Esperar a que el motor esté a su temperatura de funcionamiento normal.

Poner la 2.^a o 3.^a relación en la caja de velocidades mecánica (2.^a en la caja automática), apretar a fondo el acelerador y mantener una velocidad constante de 50 Km/h mediante el pedal de freno durante algunos segundos.

fig. 93

Intensidad de los gases de escape (Hartridge)



Hacer una lectura y comparar los valores con los del constructor (véanse fichas técnicas).

Atención: Las instrucciones pueden ser diferentes según el fabricante del material de control.



71

El control de la opacidad de los humos de escape hace necesaria la utilización de equipos con alto grado de precisión como el que podemos observar en la fotografía superior

DIAGNOSIS DEL MOTOR DIESEL Y SUS SISTEMAS

SÍNTOMA	EFECTO	CAUSA	SOLUCIÓN
El motor no arranca.	Arroja humo negro.	Filtro de aire taponado.	Sustituir el elemento filtrante.
		Inyector/es defectuoso/s.	Controlar y regular los inyectores.
		Velocidad del motor de arranque insuficiente.	Comprobar la batería, el circuito eléctrico, el motor de arranque y/o la calidad del aceite del motor.
		Mal calado de la bomba.	Controlar el calado de la bomba.
El motor no arranca.	Arroja humo blanco.	Precalentamiento defectuoso.	Controlar el circuito eléctrico y sustituir las piezas defectuosas.
		El dispositivo de arranque en frío no funciona.	Regular el dispositivo y sustituir las piezas defectuosas.
		Mal calado de la bomba.	Controlar el calado de la bomba.
		No existe sobrecarga de arranque.	Circuito de alimentación o de retorno defectuoso. Controlar la electroválvula de paro. Bomba defectuosa.
		Junta de culata defectuosa.	Sustituir la junta.
		Depósito de carburante vacío.	Reponer carburante y purgar el circuito.
		Filtro de combustible taponado.	Sustituir el elemento filtrante.
El motor no arranca.	No arroja ningún tipo de humo.	Electroválvula de paro defectuosa.	Controlar el circuito eléctrico y el funcionamiento de la electroválvula.
		Alimentación defectuosa.	Controlar la bomba de alimentación, la hermeticidad del circuito y purgar el circuito. Comprobar que la aircación del depósito sea correcta a través del orificio del tapón.
	Con temperaturas inferiores a cero grados.	Compresiones insuficientes.	Comprobar la compresión y el estado del motor.
		Tapones de hielo en los puntos inferiores del circuito; formación de parafinas en el filtro.	Deshelar y limpiar las tuberías, cambiar el elemento filtrante. Añadir aditivos anticongelantes en el combustible.

SÍNTOMA	DEFECTO	CAUSA	SOLUCIÓN
El motor arranca y luego se para.		Filtro de combustible taponado.	Sustituir el elemento filtrante.
		Filtro de aire taponado.	Sustituir el elemento filtrante.
		Aire en el circuito.	Comprobar la hermeticidad del circuito y purgarlo.
El motor no tiene suficiente potencia.		Filtro de combustible taponado.	Sustituir el elemento filtrante.
		Mando del acelerador mal regulado.	Regular el cable del acelerador.
		Circuito de alimentación defectuoso.	Controlar: las tuberías de alimentación y de retorno, el tapón del depósito, los tornillos huecos de alimentación y de retorno y/o la bomba de alimentación.
		Tubos de impulsión aplastados a nivel de los racores.	Controlar el diámetro interior de los mismos.
		Mal calado de la bomba.	Controlar el calado de la bomba.
		Inyector/es defectuoso/s.	Comprobar su estado, calibrado y conformidad de los inyectores.
		Bomba de inyección desajustada.	Hacer que la ajuste un centro especializado.
	Consume anormalmente y arroja humo.	Filtro de aire sucio.	Limpiar o sustituir el cartucho.
		Inyector/es defectuoso/s.	Comprobar su estado, calibrado y conformidad de los inyectores.
		Válvulas mal reguladas.	Controlar el juego de balancines.
		Mal calado de la bomba.	Controlar el calado de la bomba.
		Distribución mal calada.	Regular el calado de la distribución.
		Compresiones insuficientes.	Comprobar la compresión y el estado del motor.
		Escape parcialmente taponado.	Controlar el circuito de escape.
		Temperatura de funcionamiento en marcha demasiado baja.	Controlar el circuito de refrigeración (termostato).
		Bomba de inyección desajustada.	Hacer que la ajuste un centro especializado.

SÍNTOMA	EFEECTO	CAUSA	SOLUCIÓN
Fallos en el motor.	El motor tiene una marcha irregular.	Régimen de ralentí demasiado bajo.	Ajustar el régimen de ralentí.
		Fugas entre la bomba y el inyector.	Comprobar el circuito de retroceso.
		Filtro de combustible taponado.	Sustituir el elemento filtrante.
		Toma de aire en el circuito.	Controlar el circuito de alimentación.
		Inyector/es defectuoso/s o no apropiados.	Comprobar su estado, calibrado y conformidad de los inyectores.
		Balancín desajustado.	Controlar y ajustar el juego de balancines.
		Pistón agarrotado o segmentos con suciedad.	Controlar las compresiones y el estado del motor.
		Bomba de inyección defectuosa.	Hacer que la repare y ajuste un centro especializado.
		Filtro de combustible taponado.	Sustituir el elemento filtrante.
	Régimen máximo demasiado débil.	Mando del acelerador desajustado.	Regular el cable del acelerador.
		Bomba de inyección desajustada.	Hacer que la ajuste un centro especializado.
	Régimen máximo demasiado elevado.	Bomba de inyección desajustada.	Hacer que la ajuste un centro especializado.
		Fuga en la junta del inyector.	Sustituir las juntas defectuosas.
	Chorro de aire.	Fuga por una bujía de incandescencia.	Apretar la bujía o sustituirla.
		Escape en la junta de culata.	Sustituir la junta de culata, controlar las superficies de asiento y el rebase de las camisas.
	Golpeteos en el motor.	Inyector agarrotado.	Sustituir el inyector defectuoso.
		Toma de aire en el circuito.	Verificar el circuito de alimentación.
		Combustible no apropiado.	Vaciar y sustituir el combustible.
		Balancines desajustados.	Ajustarlos.
		Inyectores taponados en el retroceso de fugas.	Controlar los portainyectores y las rampas de retroceso de fugas.
		Calado de la bomba.	Controlarlo.
		Calado de la distribución.	Controlarlo.
		Válvulas sucias.	Puesta en condiciones de la culata.
		Muelle de válvula roto.	Sustituir el muelle defectuoso.
		Pistones agarrotados o gastados.	Poner el motor en condiciones.
		Biela fundida.	Poner el motor en condiciones.
		Volante de motor flojo.	Puesta en condiciones.

DIAGNÓSTICO EN BUJÍAS DE INCANDESCENCIA

VAINAS FUNDIDAS O ROTAS

CAUSAS POSIBLES

- Inyectores (presión de inyección incorrecta, encendido demasiado avanzado, boquillas con goteo).
- Aceite en la cámara de combustión (sobrecalentamiento debido a un nivel de aceite demasiado alto).
- Guías con válvulas desgastadas, segmentos de pistón rotos).

ACCIÓN CORRECTORA

- Recalibrado del sistema de inyección.
- Reemplazo de segmentos de pistón/rectificación de guías de válvulas).
- Correcto nivel de aceite en el motor.



VAINA CORROÍDA

CAUSAS POSIBLES

- Fallo del controlador de la bujía de incandescencia.
- Voltaje de sistema incorrecto.
- Tipo de bujía de incandescencia incorrecto.
- Cámara de intercambio de calor comprimida debido a par de apriete excesivo. Una cámara de intercambio térmico angosta causa el sobrecalentamiento de la vaina.

ACCIÓN CORRECTIVA

- Comprobar y/o reemplazar el controlador de la bujía de incandescencia.
- Comprobar que el tipo de bujía de incandescencia sea el correcto para el vehículo.
- La bujía de incandescencia se debe instalar con cuidado utilizando una llave dinamométrica y prestando especial atención a los torques recomendados.



75

CIRCUITO ABIERTO CON VAINA APARENTEMENTE NO DAÑADA

CAUSAS POSIBLES

- Sistema eléctrico defectuoso, causante de sobretensión.
- Fallo del controlador de la bujía de incandescencia.

ACCIÓN CORRECTORA

- Comprobar y/o reemplazar el controlador de la bujía de incandescencia.





CONTENIDO DE LA PRÁCTICA 1

77

En este apartado de prácticas, vamos a ver varios ejemplos correspondientes a diferentes marcas de automóviles equipados con sistemas de alimentación Diesel. En primer lugar se muestran los procesos a seguir en el calado de las bombas de inyección (Bosch y Lucas) equipadas en los modelos Peugeot 306.

A continuación procedemos a un control completo del sistema de alimentación de un Peugeot 406, equipado con diferentes motorizaciones (atmosférico y sobrealimentado). También se detalla el sistema de gestión electrónico del motor incluyendo esquemas y procedimientos para la diagnosis.

Otro de los sistemas que incorpora este apartado de prácticas, corresponde al equipado por un Audi A4 de inyección directa y gestionado por unidad de control.

Finalmente, mostramos la forma de actuar en el desmontaje y montaje de dos tipos de inyectores utilizados en los modernos sistemas de inyección directa.



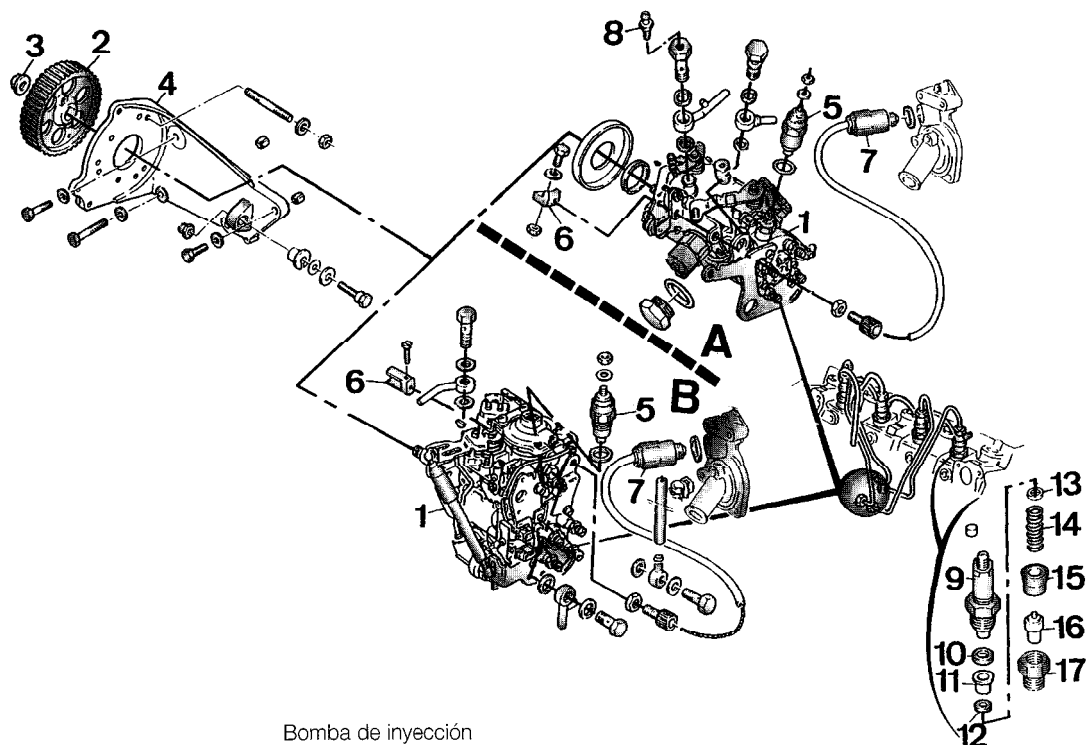


fig. 1

Efectuaremos las operaciones que siguen en este orden:

- Desconectar la batería.
- Levantar el vehículo.
- Colocar la 5.^a velocidad y mover la rueda delantera hasta colocar el cigüeñal en su punto de calado.
- Desempalmar las tuberías de combustible. Evitar que se derrame el combustible y proteger el alternador.

- Aflojar las demás tuberías.
- Quitar el tornillo tapón situado en el centro del cabezal distribuidor de la bomba.
- Montar en el lugar del tornillo tapón, un comparador equipado con un soporte y su alargadera (fig. 2).
- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba.
- Inclinar la bomba del todo hacia el exterior del motor (sentido del retraso).
- Girar lentamente la bomba hacia el motor (sentido del avance) hasta que el comparador marque el valor de alzada del pistón prescrito.
- Apretar las fijaciones de la bomba y comprobar el calado.

- Sacar el mandril de calado del volante motor.
- Dar 1/4 de vuelta al cigüeñal en sentido contrario al de giro.

- Buscar el punto muerto inferior del pistón de la bomba girando el motor. El PMI es determinado por el cambio de sentido de desplazamiento de la aguja del comparador.

- Poner el comparador a cero en el PMI.
- Girar el motor en su sentido normal de giro hasta poner las válvulas del cilindro n.º 1 en cruce (PMS del cilindro n.º 4).

- Bloquear el volante motor en esta posición.
- El comparador debe indicar en esta posición el valor de alzada del pistón prescrito (si el valor no coincide, repetir la operación del calado de la bomba).

- Sacar las herramientas de control de calado.
- Colocar el tornillo tapón en el cabezal de distribución.

- Empalmar las tuberías de combustible.
- Apretar las otras tuberías.
- Montar la cubierta de distribución.
- Proseguir el montaje efectuando en orden inverso las operaciones de desmontaje, purgar el circuito de combustible y efectuar el reglaje de régimen de ralentí.

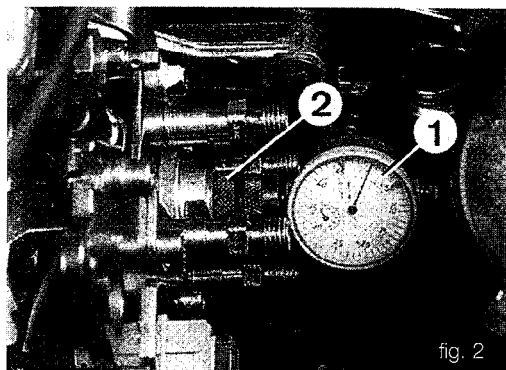


fig. 2

Calado de la bomba de inyección Bosch

1. Comparador - 2. Soporte y alargadera Peugeot 0117-K.

- Aflojar algunas vueltas el tornillo de caudal residual (1).

- Aflojar la contratuerca del tornillo de tope de ralentí (2) y actuar sobre éste hasta obtener el régimen de ralentí prescrito.

- Apretar la contratuerca.

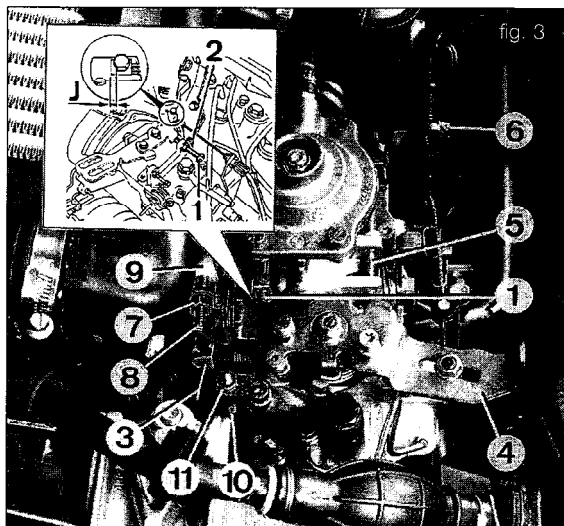


fig. 3

Reglajes de la bomba de inyección Bosch

Efectuaremos las operaciones que siguen en este orden:

- Desconectar la batería.
- Levantar el vehículo.
- Colocar la 5.ª velocidad y mover la rueda delantera hasta colocar el cigüeñal en su punto de calado.

- Desempalmar las tuberías de combustible de la bomba. Evitar que se derrame el combustible y proteger el alternador.

- Sacar el tapón del orificio de calado situado encima de la bomba (fig. 4).

- Colocar la alargadera (1).
- Montar un comparador en el soporte (2).
- Montar el conjunto de comparador y soporte en la bomba con la punta (3).

- Apoyar el ángulo giratorio (4) en la alargadera (1) y poner el comparador a 0.

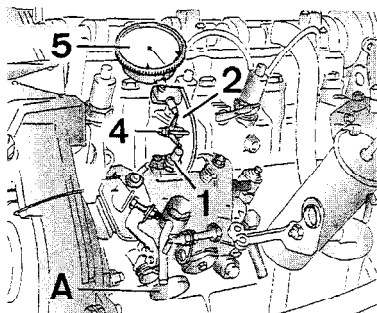
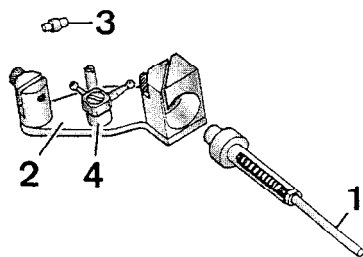
- Girar el motor para poner en cruce de válvulas el cilindro n.º 1 (PMS del n.º 4).

- Bloquear el volante motor en esta posición.
- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba.
- Inclinar la bomba del todo hacia el exterior del motor (sentido del retraso).

- Girar lentamente la bomba hacia el motor (sentido del avance) hasta que el comparador marque el valor indicado en la placa "A".

- Apretar las fijaciones de la bomba y comprobar el calado.

fig. 4



Calado de la bomba de inyección Lucas Diesel

Esta operación ha de realizarse previamente al reglaje del régimen de ralentí.

Procederemos como sigue:

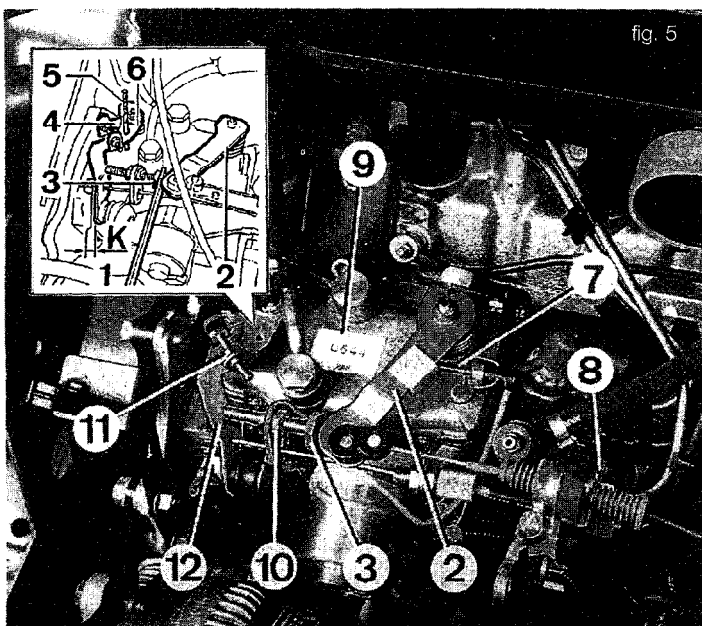
- Colocar una galga (1) del espesor prescrito en la placa (9) de la bomba de inyección, entre la palanca del acelerador (2) y el tornillo de tope anticulado (3).
- Empujar la palanca de "Stop" (4) y mantenerla en esta posición.
- Introducir un mandril de calado (5) de 3 mm. en la palanca (6).
- Aflojar la contratuerca (10) y actuar sobre el tornillo (4) hasta obtener el régimen anticulado prescrito.
- Apretar la contratuerca (10).
- Sacar la galga de espesor (1) y el mandril (5).

Una vez efectuado el reglaje anterior:

El proceso para la realización de esta operación, es el mismo que el que se ha descrito para la bomba Bosch.

- Aflojar la contratuerca del tornillo de tope de ralentí (11) y actuar sobre éste hasta obtener el régimen de ralentí prescrito.
- Apretar la contratuerca.

fig. 5



Reglajes del régimen anticulado de la bomba de inyección Lucas



PRÁCTICAS EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE UN PEUGEOT 406

El combustible es aspirado del depósito por la bomba de inyección a través de un filtro. La bomba de inyección distribuye a continuación el combustible hacia los inyectores. El sobrante vuelve al depósito por una tubería de retorno. Una bomba de cebado manual sirve para la purga y hay un testigo de alarma de presencia de agua en el combustible montado en la parte baja del filtro.

Cambio del filtro de combustible (figs. 6 y 7)

- Aflojar el tornillo de purga situado en la base del filtro y dejar que salga el combustible.
- Aflojar los cuatro tornillos de fijación de la tapa del filtro.
- Sacar el cartucho.
- Limpiar correctamente la cubeta de decantación y montar un cartucho nuevo.
- Colocar los tornillos de fijación de la tapa de filtro.
- Apretar el tornillo de purga y purgar el circuito de combustible.

Desmontaje, montaje y calado de la bomba de inyección

Precauciones a tomar con un sistema de antirranque codificado (motor XUD 9TF/L)

Antes del desmontaje de la bomba, se debe desbloquear el módulo según el procedimiento siguiente:

- Dar el contacto.

- Desbloquear el módulo tecleando el código personal del cliente o el código de servicio.

- Desenchufar el conector que une el módulo con el haz de cables del motor: la electroválvula de paro deja de estar alimentada.

- Quitar el contacto.

- Para el control en el banco de pruebas, se puede hacer funcionar la bomba después de alimentar la electroválvula a través del conector (borne 1: 12 voltios; borne 4: masa).

Desmontaje

- Desconectar la batería.
- Desmontar el colector de admisión junto con el conducto de entrada de aire.

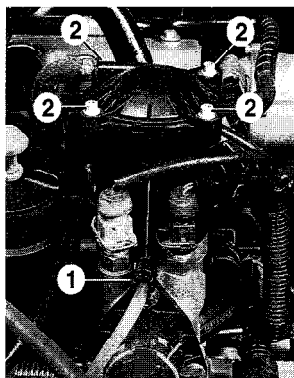


fig. 6

Filtro de combustible: 1. Tornillos de purga -
2. Tornillos de fijación de la tapa de filtro

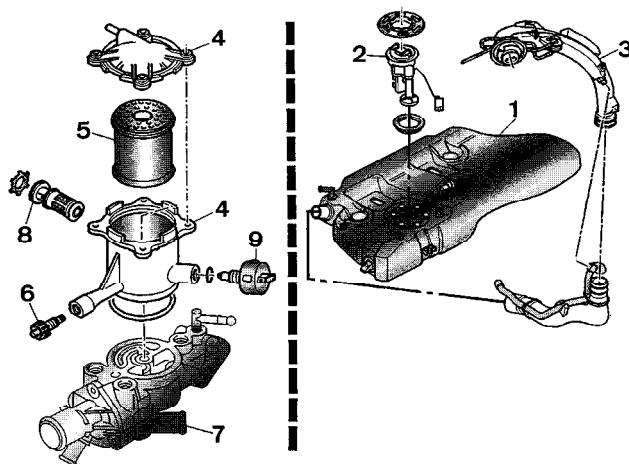


fig. 7

FILTRO DE COMBUSTIBLE - DEPÓSITO

1. Depósito - 2. Medidor de nivel - 3. Brocal de llenado - 4. Caja de filtro - 5. Cartucho-filtro de combustible -
6. Tornillo de purga - 7. Caja termostática - 8. Regulador de presión - 9. Detector de presencia de agua

- Desempalmar los tubos de inyección, desmontar las conexiones mecánicas y desenchufar las conexiones eléctricas que van a parar a la bomba (fig. 9).

- Desmontar la cubierta de distribución derecha (por la rueda dentada de bomba de inyección) separándola hacia adelante y luego hacia arriba.

- Levantar el vehículo.

- Meter la 5.^a marcha y hacer girar la rueda delantera derecha hasta colocar la rueda dentada de bomba de inyección en el punto de calado.

- Entrar los dos tornillos de calado (M8 x 1,25 x 35 mm) en la rueda dentada de bomba de inyección y apretarlos con la mano (fig. 8).

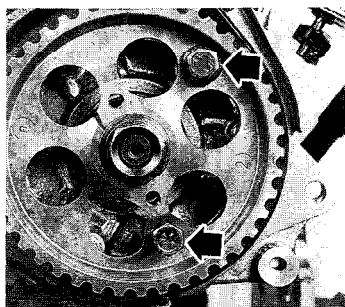


fig. 8

Colocación de dos tornillos M8 x 1,25 en la rueda dentada de la bomba inyectora.

Nota: A fin de permitir el desprendimiento de la rueda dentada del eje de bomba de inyección es aconsejable no apretar los tornillos de calado hasta el contacto con la rueda dentada de bomba.

- Desmontar las fijaciones delantera y trasera de la bomba.

- Desbloquear y sacar la tuerca de fijación de la rueda dentada de la bomba de inyección.

- Con un extractor adecuado, desprender la rueda dentada de la bomba de inyección.

- Inclinar la bomba hacia adelante (sentido del retraso) y sacarla.

Montaje y calado

- Colocar la bomba inclinándola hacia adelante (sentido del retraso) para facilitar su entrada.

Atención: Tener cuidado con la posición correcta de la chaveta del eje de bomba en la ranura de la rueda dentada.

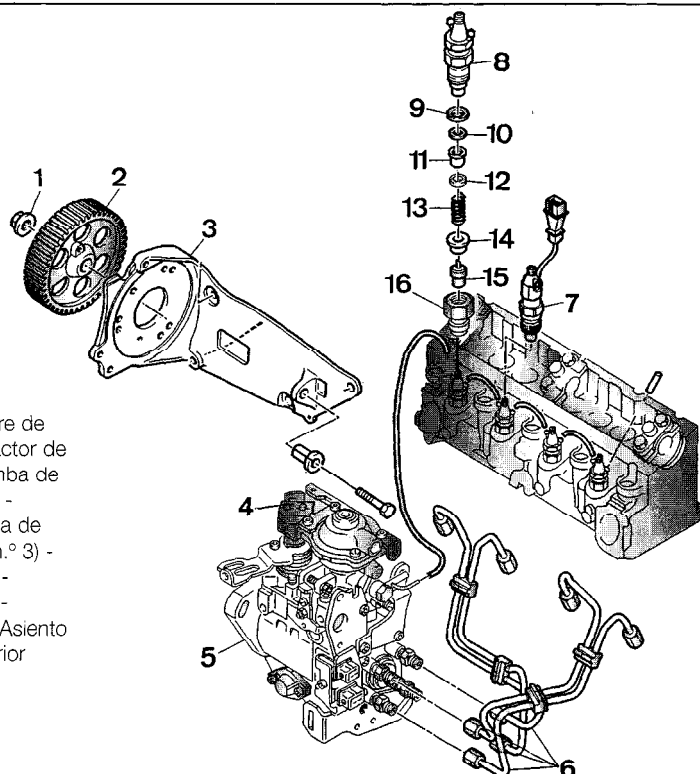
- Apretar con la mano las fijaciones delantera y trasera de la bomba.

- Colocar y apretar con el par prescrito la tuerca de la rueda dentada de la bomba de inyección.

- Sacar los dos tornillos de calado.

- Sacar el tornillo-tapón situado en el centro del distribuidor de la bomba.

fig. 9



BOMBA DE INYECCIÓN

1. Tuerca - 2. Rueda dentada de arrastre de bomba - 3. Soporte de bomba - 4. Contactor de posición de la palanca de carga - 5. Bomba de inyección - 6. Tuberías de inyección - 7. Portainyector con captador de alzada de aguja (motor XUD 9BTF/L3 en inyector n.º 3) - 8. Portainyector - 9. Arandela junta - 10. Arandela cortafuego - 11. Guía - 12. Arandela de reglaje - 13. Muelle - 14. Asiento - 15. Inyector - 16. Portainyector inferior

- Montar en lugar de este tornillo-tapón un comparador provisto con el soporte para bomba Bosch (herramienta Peugeot 0117-AK).

- Comprobar que las fijaciones de la bomba estén aflojadas.

- Meter la 5.ª marcha y hacer girar la rueda delantera derecha a fin de colocar el cigüeñal en su punto de calado y colocar el mandril de calado de cigüeñal en el volante motor (véase figura).

- Sacar el mandril y hacer girar el cigüeñal en sentido contrario al normal de giro hasta el PMI del pistón de bomba.

Nota: El PMI del pistón de bomba está determinado por el cambio de sentido de desplazamiento de la aguja del comparador.

- Poner el comparador a cero en el PMI.

- Hacer girar lentamente el cigüeñal en su sentido normal de giro hasta el punto de calado del volante motor y colocar el mandril de calado del cigüeñal.

- Hacer girar lentamente la bomba hacia el motor (sentido de avance) hasta que el comparador marque el valor de alzada de pistón prescrito.

- Apretar las fijaciones de la bomba y comprobar el calado (véase la operación siguiente).

Control del calado

- Hacer girar lentamente el cigüeñal en su sentido normal de giro para poner en cruce las válvulas del cilindro n.º 1 (PMS de inyección del cilindro n.º 4).

- En esta posición, colocar el mandril de calado del cigüeñal. La aguja del comparador debe indicar entonces el valor de alzada de pistón prescrito. Si no cumple el valor, repetir la operación de calado de la bomba.

- Sacar las herramientas de control del calado.

- Colocar el tornillo-tapón en el distribuidor de la bomba.

- Montar el cárter derecho de distribución.

- Montar las tuberías de inyección.

- Empalmar los tubos, enganchar los cables y enchufar las conexiones eléctricas que van a parar a la bomba de inyección.

- Conectar la batería.

- Bajar el vehículo al suelo.

- Purgar el circuito de combustible (véase la operación correspondiente).

- Comprobar el reglaje de los mandos de la bomba (véanse las operaciones correspondientes).

Desmontaje

- Desmontar el colector de admisión y el conducto de entrada de aire.

- Desmontar el tubo de combustible del inyector correspondiente. Evitar que se derrame el combustible.

Atención: Para aflojar el tubo, es aconsejable sujetar el portainyector con otra llave para evitar que éste se afloje de la culata.

- Desmontar el portainyector utilizando una llave estrella.

- Recuperar la arandela de cierre de cobre y la arandela cortafuego.

Montaje (fig. 10)

- Montar una arandela cortafuego nueva, con la cara ovalada (lado del inyector), y una arandela de cierre nueva.

- Montar el portainyector y apretarlo con el par prescrito.

- Empalmar el tubo y apretarlo con el par prescrito.

- Montar el colector de admisión y el conducto de entrada de aire.



fig. 10

Montaje de un portainyector

1. Arandela cortafuego (cara ovalada en el lado del inyector) -
2. Arandela de cierre de cobre

- Purgar el circuito de combustible (véase la operación correspondiente).

Revisión de un inyector

Nota: En caso de fallo del portainyector n.º 3, es preciso proceder a su cambio completo.

- Desmontar el portainyector (véase la operación anterior).
- Sujetar el portainyector en un tornillo de banco provisto con mordazas blandas.
- Desarmar el portainyector y recuperar sus piezas integrantes marcando su posición con vistas al ensamblado.

Atención: La aguja y el cuerpo del inyector son piezas cuyo ajuste se efectúa a la micra (1/1.000 de mm).

Esta precisión de mecanizado requiere una manipulación cautelosa y siempre con las manos untadas con combustible o aceite de ensayo (la acidez natural de la piel podría provocar una microcorrosión de las superficies).

- Efectuar a continuación los diferentes exámenes y controles que se describen seguidamente.
- Ensamblar el portainyector en el orden marcado en el desarmado y respetar el par de apriete prescrito.
- Montar el portainyector en la culata (véase la operación anterior).

Examen visual

Se pueden producir los deterioros siguientes:

- Asiento de aguja deformado o superficie rugosa.
- Tetón de inyección sucio o dañado.
- Estrías o marcas de presión en la aguja.
- Cavitación del asiento de la aguja.
- Ovalización del orificio de inyección.
- Calentamiento excesivo del cuerpo de inyector.
- Desgaste del fondo del inyector.

En caso de piezas desgastadas o deterioradas, el inyector se debe cambiar.

Ensayo de deslizamiento de la aguja

- Limpiar los inyectores en gasóleo.
- Sumergir la aguja en aceite de ensayo limpio e introducirla completamente en el cuerpo de inyector.
- Extraer la aguja hasta los 2/3 de su longitud.
- Soltar la aguja: debe deslizarse sola hasta el asiento.

- En caso contrario, cambiar el inyector completo.

Control de la presión de tarado

Atención: Al controlar la presión de tarado, hay que evitar colocar las manos cerca del chorro, ya que el combustible a fuerte presión podría, al penetrar bajo la piel, causar graves heridas.

- Montar el inyector en la bomba de tarar.
- Accionar la palanca de la bomba y medir la presión de tarado.
- Si el valor medido es incorrecto, corregirlo cambiando las arandelas de reglaje del portainyector.

Nota: Un cambio del espesor de las arandelas de 0,10 mm causa en promedio una variación de la presión de 10 bar.

Control del hermetismo

- Montar el inyector en una bomba de tarar.
- Hacer subir la presión hasta 165 bar y mantenerla en este valor durante 30 segundos. En esta configuración, no debe aparecer ningún goteo por el asiento de aguja del inyector.

Purga del agua

- Aflojar el tornillo de purga de agua situado en la base del filtro de combustible.
- Dejar que salgan el agua y las impurezas.
- Apretar el tornillo de purga.
- Accionar la bomba de cebado para poner el circuito a presión hasta notar una fuerte resistencia (fig. 11).

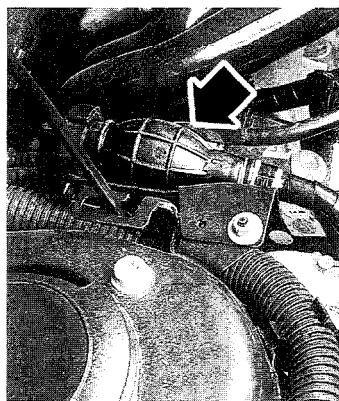


fig. 11

Accionar la bomba de cebado (flecha) para poner el circuito a presión



- Purgar el aire (véase la operación siguiente).

Purga del aire

Esta operación se debe efectuar después de cada intervención durante la cual se haya abierto el circuito.

- Si el tornillo de purga de agua está aflojado, apretarlo.
- Accionar la bomba de cebado hasta notar una franca resistencia.
- Si el motor no arranca, volver a empezar la operación.

Atención: Es obligado respetar las instrucciones que siguen y el orden prescrito de los reglajes.

Con el motor caliente (2 ciclos de puesta en marcha del motoventilador), comprobar que el cable de ralenti acelerado (5) esté libre.

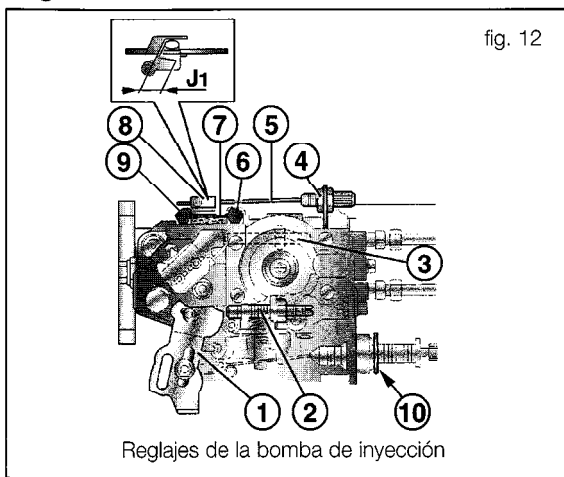
El desplazamiento del cable de ralenti acelerado debe tener un juego "J1" comprendido entre 5 y 6 mm (véase figura).

El desplazamiento del cable de ralenti acelerado debe tener un juego "J1" comprendido entre 5 y 6 mm (véase figura).

Cable del acelerador

- Pisar a fondo el pedal del acelerador.
- Comprobar que la palanca de acelerador (1) se apoye en el tornillo de tope de régimen máximo (2).
- Si no es así, desplazar la grapa de sujeción (10) para retensar el cable hasta obtener satisfacción.
- Comprobar que en posición de ralenti la palanca (1) se apoye sobre el tornillo de tope de caudal residual (3).

Régimen de ralenti



- Aflojar unas vueltas el tornillo de caudal residual (3).
- Ajustar el régimen de ralenti actuando sobre el tornillo de reglaje del ralenti (6).
- Apretar el tornillo (3).

Régimen de anticalado (caudal residual)

- Colocar un calzo de 1 mm de espesor entre la palanca de acelerador (1) y el tornillo de tope de caudal residual (3).
- Aflojar la contratuerca y actuar sobre el tornillo (3) para obtener el régimen de anticalado prescrito.
- Apretar la contratuerca y sacar el calzo.

Nota: El reglaje del anticalado requiere el del amortiguador neumático.

Régimen de ralenti acelerado (motor XUD 9BTF/L) (fig. 12)

- Poner la palanca de ralenti (7) en contacto con el tornillo de tope de ralenti (9).
- Aflojar la contratuerca y actuar sobre el tornillo (9) hasta poner el régimen de ralenti acelerado en el valor prescrito.
- Apretar la contratuerca.

Con el motor frío

- Comprobar que la palanca (7) haga tope sobre el tornillo (9).
- Si no es así, aproximar la tensión del cable (5) mediante el sujetacable (8).
- Acabar de obtener la tensión mediante el tensor de la envoltura (4).

Con el motor caliente

- Comprobar que el cable (5) no esté sometido a tensión.
- Comprobar el funcionamiento de la sonda termostática de la caja de salida de agua.

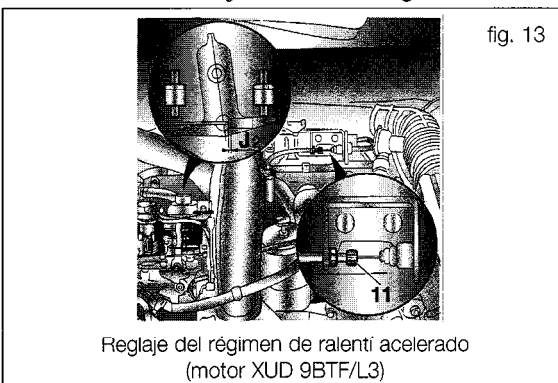
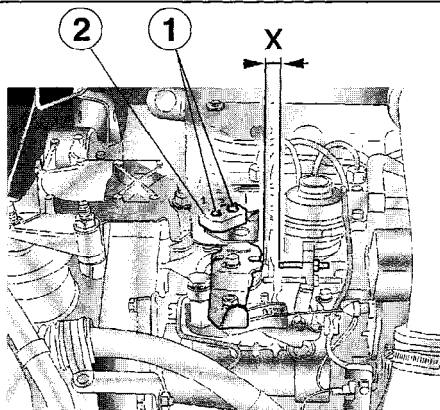


fig. 14

Control y reglaje del contactor de palanca de carga (motor XUD 9TF/L)



- Entre motor frío y motor caliente, debe haber un desplazamiento del cable (5) como mínimo de 6 mm.

- Desplazar el contactor (2) hasta la apertura del contacto.

- Apretar los tornillos (1).

Régimen de ralentí acelerado (motor XUD 9BTF/L3)

- Aflojar la contratuerca (4) y ajustar la moleta (11) hasta obtener un juego "J2" de 1 mm.

- Apretar la contratuerca (4).

- Desconectar la electroválvula de ralentí acelerado.

- Actuar sobre la posición del tope a fin de obtener un régimen de ralentí acelerado de 950 rpm.

Reglaje del amortiguador neumático (fig. 15)

- Actuar sobre el patín de plástico del amortiguador neumático en el sentido de la flecha.

- Aflojar la contratuerca.

- Ajustar el tornillo (1) hasta obtener un juego "J3" de 1 mm.

Nota: El hecho de desconectar la electroválvula hará que se registre un código de avería. Después del reglaje, hay que borrar el código.

Control de la electroválvula de paro

En caso de imposibilidad de obtener el paro del motor o cuando el motor no arranca (falta de gasóleo en los inyectores), comprobar la alimentación eléctrica de la electroválvula y la resistencia de su electroimán.

- Desmontar la electroválvula.

- Medir la resistencia en los bornes del electroimán.

- Cambiar la electroválvula en caso de valor no conforme.

Control y reglaje del contactor de palanca de carga (motor XUD 9TF/L) (fig. 14)

- Colocar un calzo de 12 mm en "X".

- Aflojar los tornillos (1).

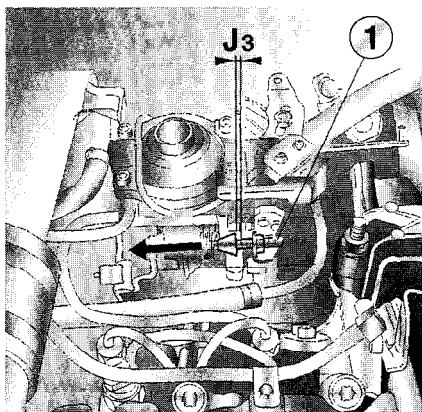


fig. 15

Reglaje del amortiguador neumático

- Montar la electroválvula provista con una junta tórica nueva.

Atención: En los trabajos a efectuar en el turbocompresor, respetar obligatoriamente los puntos siguientes:

- Limpiar los racores y la zona vecina antes de aflojar las piezas.

- Colocar las piezas desmontadas sobre una superficie limpia y cubrirlas (utilizar preferentemente una hoja de plástico o de papel y evitar los trapos que hacen pelusa).

- No sacar las piezas de recambio de su envoltorio hasta inmediatamente antes de montarlas.

- No utilizar piezas que se hayan conservado fuera de su embalaje de origen.

- Evitar el empleo de aire comprimido que puede contener mucho polvo, nefasto para las piezas.

Desmontaje

- Desconectar la batería.

- Desmontar el conducto de aire entre el filtro de aire y el turbocompresor.

- Desmontar el conducto de aire entre el turbocompresor y el intercambiador térmico aire/aire.

- Desmontar el soporte trasero del motor.

- Desempalmar la tubería de alimentación de aceite del turbocompresor.

- Desempalmar la tubería de retorno de aceite del turbocompresor.

- Aflojar el tornillo de fijación superior del turbocompresor.

- Desacoplar el cardán de columna de dirección del piñón de ataque de la caja de dirección.

- Colocar un gato con un calzo de madera bajo la cuna de motor.

- Desprender las bieletas de paso de las marchas.

- Quitar los tornillos de fijación de la cuna.

- Bajar la cuna unos 30 cm.

- Desprender el tubo descendente de escape del turbocompresor.

- Quitar los dos tornillos de fijación inferior del turbocompresor al colector de escape.

- Sacar por encima el turbocompresor con la salida de escape.

- Taponar inmediatamente los orificios de entrada y salida del turbocompresor.

Montaje

- Efectuar en orden inverso las operaciones del desmontaje, respetando los puntos siguientes:

- Comprobar que no haya cuerpos extraños en el conducto de admisión y en el colector de escape.

- Asegurarse de la limpieza de los racores de aceite.

- Antes de conectar la tubería de alimentación de aceite, llenar con aceite de motor su racor de conexión al turbocompresor.

- Respetar todos los pares de apriete prescritos.

- Para asegurar un cebado y una lubricación correcta del turbocompresor, desconectar la alimentación del paro eléctrico de la bomba de inyección. Si el vehículo está equipado con el antiarranque codificado, no marcar el código y accionar el motor de arranque hasta la extinción del testigo de presión de aceite de motor.

- Conectar el paro eléctrico y marcar el código (si tiene).

- Arrancar el motor y dejarlo funcionar al ralentí durante al menos un minuto antes de acelerarlo.

La gestión de motor se aplica a la bomba de inyección y a sus órganos anexos.

La unidad de control gestiona electrónicamente estos dispositivos en función de los valores cartográficos que tiene en memoria y de las informaciones sobre las condiciones de funcionamiento del motor que recibe de las diferentes sondas y captadores.

Gestiona el avance de la inyección, la recirculación de gases de escape, el ralentí acelerado y también el relé de corte del compresor de climatización, el relé de pre y postcalentamiento, la información de cuentarrevoluciones, la corrección altimétrica y el autodiagnóstico.



ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Durante el precalentamiento con el contacto dado (sin antiarranque codificado)

La UC tiene una alimentación eléctrica general en + después del contacto. Al dar el contacto, los bornes 33 y 16 son alimentados a 12 voltios (a través del relé doble protegido por el fusible F1). La UC alimenta la unidad de precalentamiento por el borne 6, así como las bujías de precalentamiento. El borne 12 de la UC enciende el testigo de precalentamiento durante un máximo de 10 segundos.

La sonda de temperatura de líquido de refrigeración es alimentada a 5 voltios de continua por el borne 4 de la UC.

El captador de posición de palanca de carga es alimentado a 5 voltios por el borne 1 de la UC, el borne 19 conecta con masa el captador de posición, mientras que el borne 2 de la UC recibe la información de posición.

El relé doble y el interruptor de inercia alimentan la electroválvula de paro.

Después del postcalentamiento con el motor en marcha (sin antiarranque codificado)

El postcalentamiento actúa con el motor en marcha, siendo su duración de alimentación de tres segundos como máximo.

Con el motor en marcha, el testigo de precalentamiento está apagado. La UC, por los bornes 14, 15 y 32, conecta con masa respectivamente la electroválvula de ralentí acelerado, la electroválvula de avance y la electroválvula EGR. Las electroválvulas entonces se abren.

Después del postcalentamiento con el motor en marcha (con antiarranque codificado).

El módulo electrónico implantado en la bomba de inyección es alimentado a 12 voltios. En conexión

con el teclado del antiarranque codificado, permite o no la alimentación de la electroválvula de paro. (figs. 16 y 17).

DETECTORES Y CAPTADORES

Captador de régimen del motor

Este captador electromagnético está fijado al cárter del embrague. Transmite a la UC una señal al paso de la marca situada en el volante motor (10° antes del PMS). Determina el régimen de rotación del motor y la posición del cigüeñal.

Captador de posición de la palanca de carga

Un captador de posición de palanca de carga, montado en la bomba de inyección, transmite a la UC la posición de la palanca de acelerador a fin de deducir la masa de carburante admitido, en función del régimen del motor.

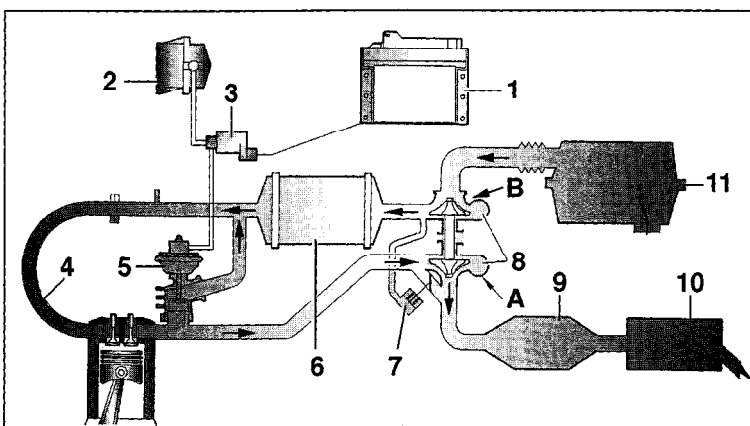
Captador de alzada de aguja de inyector

Este captador de tipo inductivo está integrado en el portainyector n.º 3. Transmite a la UC la posición de la aguja de inyector. A partir de esta información, la UC determina con precisión el principio de la inyección y efectúa una corrección dinámica del avance de la inyección.

Sonda de temperatura de líquido refrigerante

La sonda de temperatura de líquido refrigerante de tipo NTC (coeficiente de temperatura negativo) está colocada en la caja de termostato. Su resistencia disminuye cuando aumenta la temperatura.

88



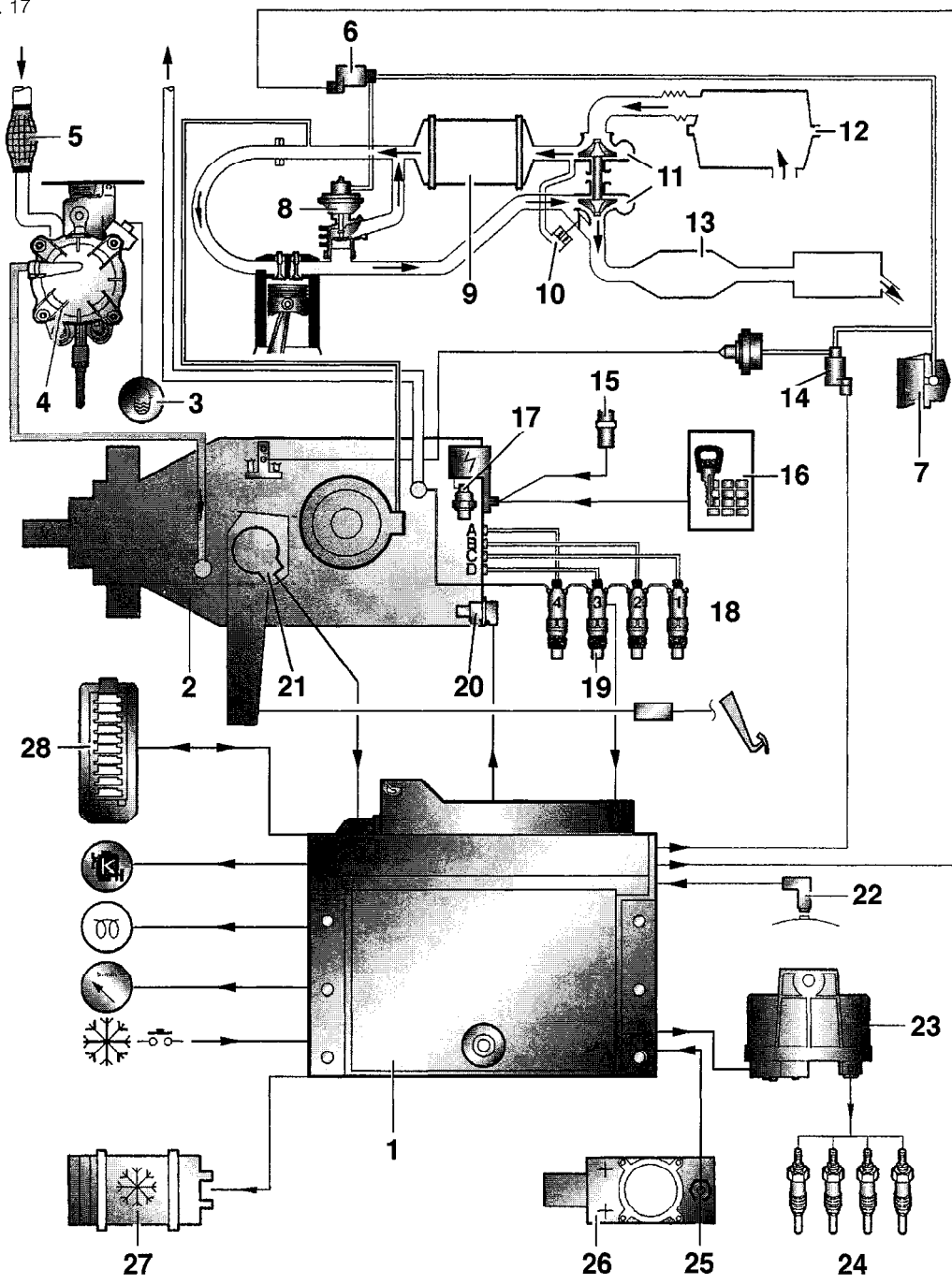
CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE AIRE

fig. 16

- A. Cámara de escape.
- B. Cámara de admisión.
- 1. Unidad de control - 2. Bomba de vacío - 3. Electroválvula de mando de la válvula EGR - 4. Colector de admisión - 5. Válvula EGR - 6. Intercambiador térmico aire/aire - 7. Válvula reguladora - 8. Turbocompresor - 9. Catalizador - 10. Silenciador - 11. Filtro de aire

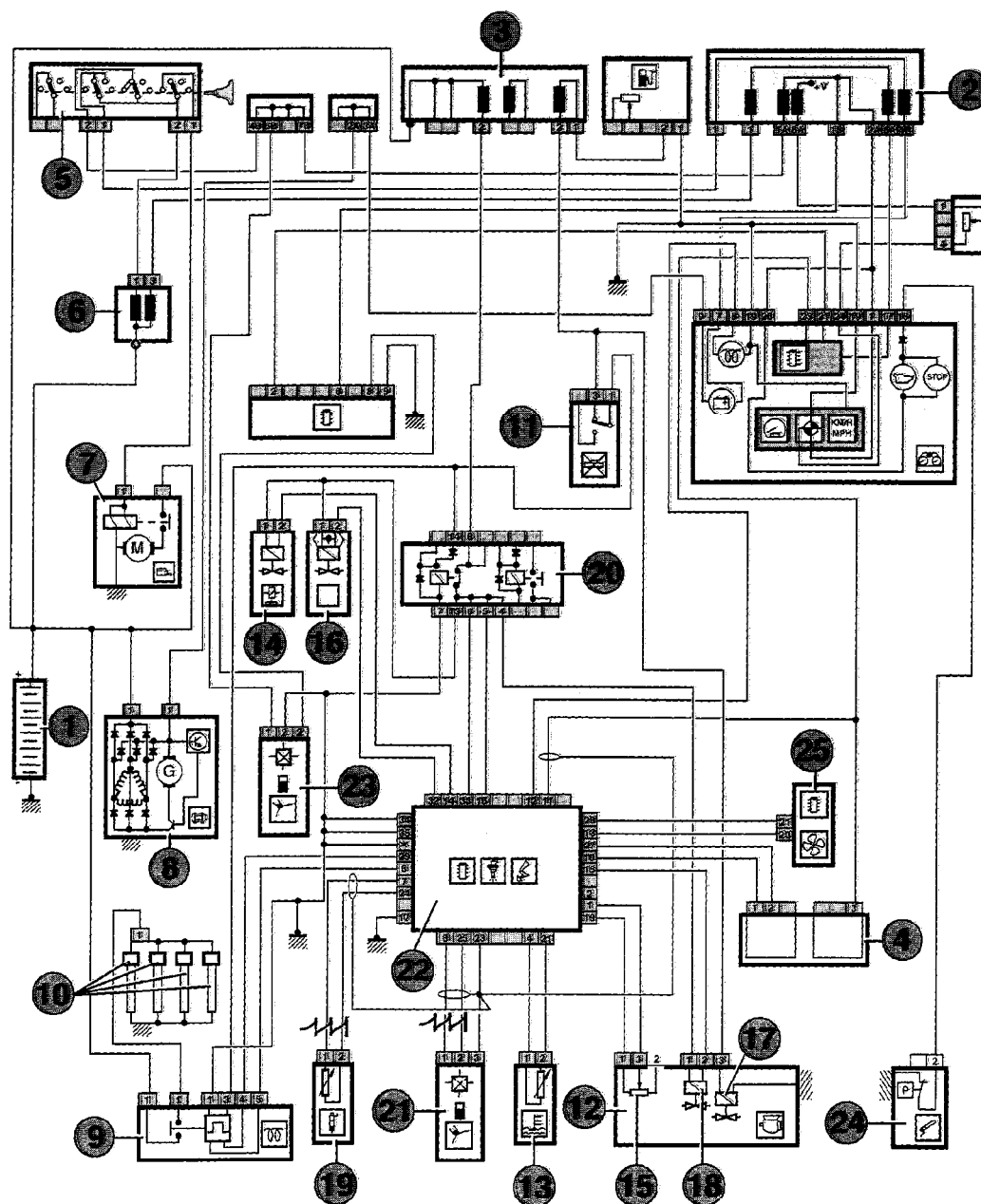


fig. 17



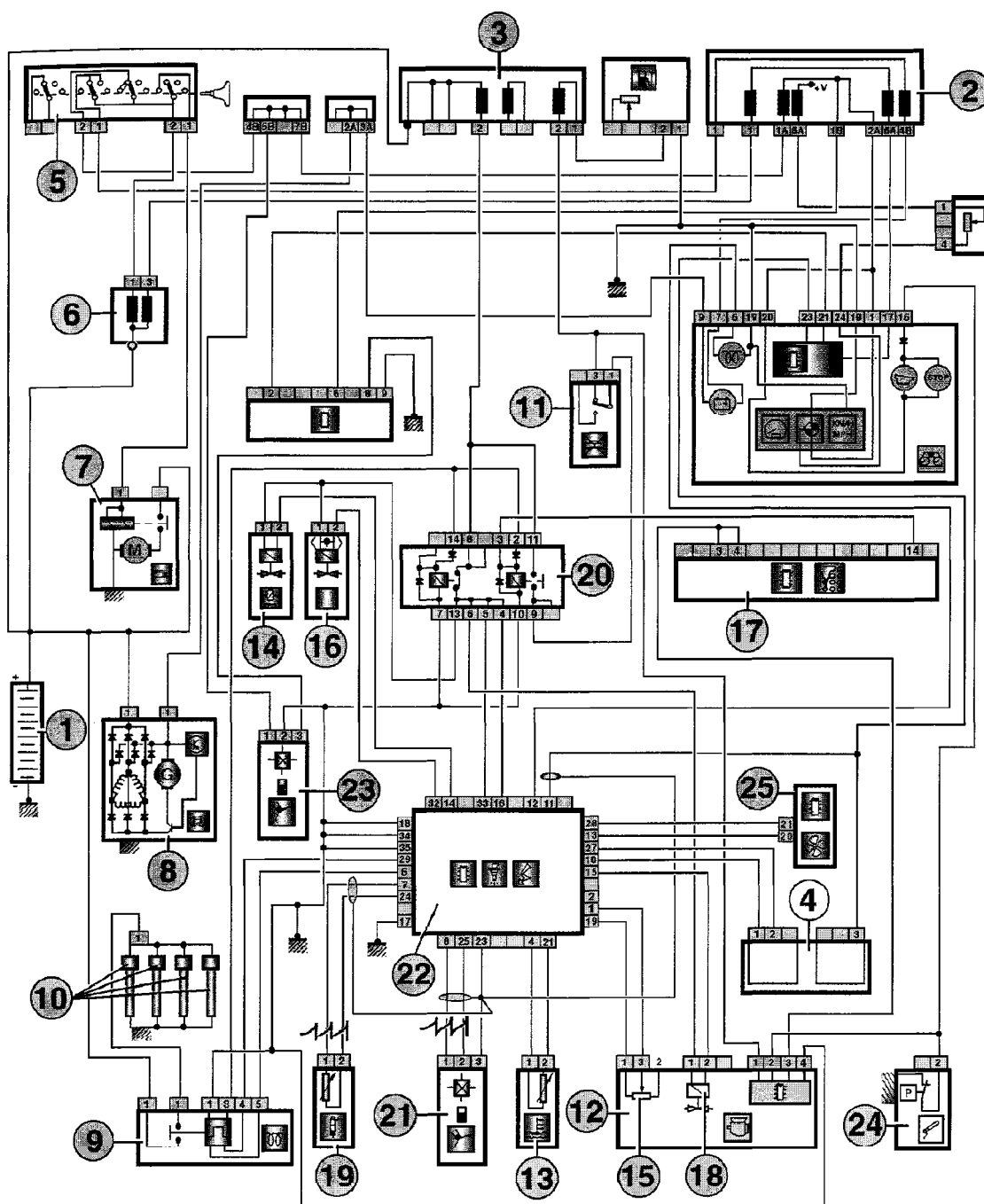
ORGANIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MOTOR (MOTOR XUD 9BTF/L3)

1. Unidad de control - 2. Bomba de inyección - 3. Testigo de presencia de agua - 4. Filtro de combustible - 5. Bomba de cebado - 6. Electroválvula EGR - 7. Bomba de vacío - 8. Válvula EGR - 9. Intercambiador térmico aire/aire - 10. Válvula reguladora de presión - 11. Turbocompresor - 12. Filtro de aire - 13. Catalizador - 14. Electroválvula de ralentí acelerado - 15. Interruptor de inercia - 16. Teclado antiarranque codificado - 17. Electroválvula de paro - 18. Inyectores - 19. Inyector con captador de alzada de aguja - 20. Electroválvula de avance - 21. Captador de posición de palanca de carga - 22. Captador de régimen de motor - 23. Unidad de pre-postcalentamiento - 24. Bujías de precalentamiento - 25. Sonda de temperatura de agua - 26. Caja de salida de agua - 27. Compresor de climatización - 28. Conector de diagnóstico



ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA GESTIÓN DE MOTOR (MOTOR XUD 9BTF/L3 SIN ANTIARRANQUE CODIFICADO)

1. Batería - 2. Caja de fusibles (habitáculo) - 3. Caja de fusibles (compartimento de motor) - 4. Conector de diagnóstico - 5. Contactor de llave - 6. Caja maxifusibles - 7. Motor de arranque - 8. Alternador - 9. Unidad de precalentamiento - 10. Bujías de precalentamiento - 11. Contactor de inercia - 12. Bomba de inyección - 13. Sonda de temperatura de agua - 14. Electroválvula de ralentí acelerado - 15. Captador de posición de palanca de carga - 16. Electroválvula EGR - 17. Electroválvula de paro - 18. Electroválvula de avance - 19. Captador de alzada de aguja de inyector - 20. Relé doble - 21. Captador de régimen de motor - 22. Unidad de control - 23. Captador de velocidad del vehículo - 24. Manoscontacto de aceite - 25. Unidad de control de climatización



91

ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA GESTIÓN DE MOTOR (MOTOR XUD 9BTF/L3 CON ANTIARRANQUE CODIFICADO)

1. Batería - 2. Caja de fusibles (habitáculo) - 3. Caja de fusibles (compartimento de motor) - 4. Conector de diagnóstico - 5. Contactor de llave - 6. Caja maxifusibles - 7. Motor de arranque - 8. Alternador - 9. Unidad de precalentamiento - 10. Bujías de precalentamiento - 11. Contactor de inercia - 12. Bomba de inyección - 13. Sonda de temperatura de agua - 14. Electroválvula de ralentí acelerado - 15. Captador de posición de palanca de carga - 16. Electroválvula EGR - 17. Teclado antiarranque codificado - 18. Electroválvula de avance - 19. Captador de alzada de aguja de inyector - 20. Relé doble - 21. Captador de régimen de motor - 22. Unidad de control - 23. Captador de velocidad del vehículo - 24. Manoscontacto de aceite - 25. Unidad de control de climatización

ACTIVIDADES

Electroválvula de avance

Esta electroválvula permite modular la presión aplicada al pistón de avance, que permite hacer variar el avance de la inyección.

Electroválvula alimentada: avance mínimo (retraso de la inyección).

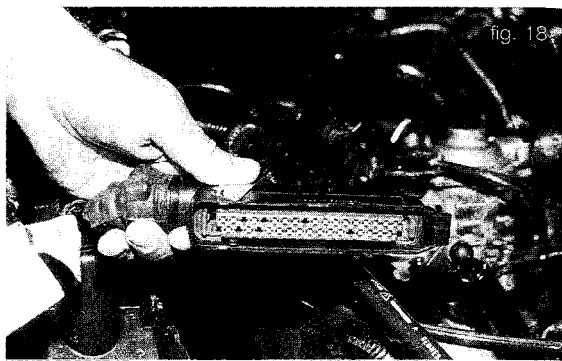
Electroválvula no alimentada: avance máximo.

Electroválvula de ralentí acelerado

Está gobernada por la UC, que permite mantener el ralentí acelerado durante las fases de arranque o de funcionamiento de la climatización.

Electroválvula de recirculación de los gases de escape

La electroválvula EGR está sometida a una depresión procedente de la bomba de vacío y permite o no la recirculación de los gases de escape por el colector de admisión.



1	2	4	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	21	23	24	25	27	28	29	30	32	33	34	35		

Identificación y correspondencia de los bornes del conector de la unidad de control (motor XUD 9BTF/L3)

1. Alimentación + 5 voltios del captador de posición de la palanca de carga - 2. Señal del captador de posición de palanca de carga - 3, 5, 9, 20, 22, 26 y 31. Libres - 4. Sonda de temperatura de agua - 6. Unidad de precalentamiento - 7. Captador de alzada de aguja de inyector - 8. Captador de régimen de motor - 10 y 27. Líneas de diagnóstico - 11. Información cuentarrevoluciones - 12. Testigo de precalentamiento - 13. Mando de corte de compresor de climatización - 14. Electroválvula de ralentí acelerado - 15. Electroválvula de avance - 16 y 33. + después contacto - 17, 18, 34, 35. Masa de la batería - 19. Masa del captador de posición de palanca de carga - 21. Masa de la sonda de temperatura de agua - 23. Blindaje del captador de régimen de motor y del inyector de alzada de aguja - 24. Masa del captador de alzada de aguja - 25. Masa del captador de régimen de motor - 28. Interruptor de climatización - 29. Unidad de precalentamiento - 30. Testigo del control del motor - 32. Electroválvula EGR

- El cuadro de la página siguiente permite establecer la lista de controles a efectuar en función de los síntomas detectados.

- Circuito de arranque en buen estado: batería, cableado y motor de arranque.
- Circuito de precalentamiento y su cables en buen estado y conformes con la preconización.
- Fusibles en buen estado.
- Carburante conforme y en cantidad suficiente.
- Aceite de motor conforme y en cantidad suficiente.
- Tuberías de combustible en buen estado (sin fugas).
- Tomas de aire.
- Circuito de alimentación de aire: hermetismo de las tuberías, cierre perfecto de las piezas entre sí. filtro de aire limpio y bien colocado.

El procedimiento de diagnóstico así como los controles que se describen a continuación sólo se aplican a los vehículos tratados en este estudio, en el bien entendido de que sean conformes con sus especificaciones de origen.

Las características eléctricas proporcionadas en las páginas siguientes son el resultado de mediciones efectuadas con un téster Métrix MX 63 de comercialización corriente. Este aparato es un téster digital clásico al que se le han integrado funciones de uso específico del automóvil.

Es indispensable disponer de un aparato de prestaciones al menos equivalentes para efectuar correctamente el diagnóstico.

- Antes de iniciar el procedimiento de diagnóstico es absolutamente necesario efectuar los controles preliminares que se indican a continuación, así como las reparaciones que de ellos se deriven.

- Las características eléctricas proporcionadas sin tolerancia son el resultado de mediciones efectuadas en el vehículo. Su interpretación debe, pues, tener en cuenta las disparidades de producción.

- La utilización del procedimiento requiere el conocimiento previo del funcionamiento del sistema estudiado. Consultar para ello el apartado que lo describe.

- El procedimiento de diagnóstico debe empezar sistemáticamente por el análisis de los síntomas de mal funcionamiento.



- Escape en buen estado: hermetismo de las piezas entre sí (juntas de colector, tubo descendente/silenciador primario).

- Motor en buen estado mecánico (compresión, juego de las válvulas, calado de la distribución correcto, bomba de inyección e inyectores ajustados, junta de culata en buen estado, etc.).

CUADRO DE CONTROL CRONOLÓGICO DE LOS ÓRGANOS QUE FALLAN EN FUNCIÓN DE LOS SÍNTOMAS

El motor no arranca

El motor arranca con dificultad

El motor arranca y emite humo

El motor arranca y se cala a continuación

Problemas de ralentí (inestabilidad, ruidos)

El motor se comporta mal en aceleración (saltos, baches)

Potencia insuficiente del motor

Consumo anormalmente elevado

Importante: Si finalizado el procedimiento, los controles no han puesto de manifiesto ninguna anomalía y los síntomas persisten, efectuar la totalidad de los controles descritos en las páginas siguientes y, sólo en último caso, proceder a la sustitución de la unidad de control.

1	1	1	1	1	1	1	1	Controles preliminares
3								Control de alimentación eléctrica
4	2	2	2	2	2	2	2	Control de alimentación de carburante
2			3					Electroválvula de paro
5	3	3	5	3	3	3	3	Inyectores
6	4		4	4				Bujías de precalentamiento
7	6			7		4	6	Captador régimen motor
			6	6	4	5	5	Captador de posición palanca de carga
8				8			4	Captador de alzada de aguja de inyector
9	5			5		6		Sonda de temperatura de líquido refrigerante
	7	4	7		5	7	7	Electroválvula de avance
				9				Electroválvula de ralentí acelerado
				10		8	8	Electrov. de recirculación de los gases de escape
10	8	5	8	11	6	9		Calado de la bomba de inyección

93

Control de la alimentación eléctrica o de la señal transmitida por los captadores

Estos controles, que consisten en comprobar la alimentación eléctrica o la señal de los captadores, se deben efectuar en los bornes del conector de la UC enchufado.

Control nº	Órgano controlado	Medida entre bornes	Valor correcto	Origen probable de la avería
3/1	Sonda temp. líq. refrigerante (sonda desench.)	4 y 21 de UC	5 voltios	Cables entre sonda y UC UC
3/2	Captador posic. palanca carga (capt. desench.)	1 y 19 de UC		Cables entre sonda y UC UC
3/3	Captador régimen motor (UC desenchuf., motor arranque en acc.)	8 y 25 conector de UC	Variación de 4 a 8 voltios	Cables entre captador y UC Captador
3/4	Electroválv. EGR (contacto dado, conector desen.)	Conector electroválvula	Tens. batería	Relé doble
3/5	Electroválv. ralentí acelerado (contacto dado)	Conector electroválvula		
3/6	Electroválvula de avance (electroválv. desench., contacto dado)	15 electroválv. y masa		

Controles de la alimentación eléctrica general

Estos controles consisten en comprobar la alimentación eléctrica general del sistema y se deben efectuar con el conjunto de los conectores enchufados, excepto la unidad de control (fig. 18).

Control nº	Condiciones de control	Medición entre bornes	Valor correcto	Origen probable de la avería
1/1	Contacto quitado	8, 11 y 15 relé doble y masa	Tens. batería	Fusible F1 Caja fusibles de compartimento motor
				Cableado entre batería y relé doble
1/2		+ batería de relé precalentamiento y masa		Cableado entre batería y relé precalentamiento
1/3	Contacto dado, durante precalentamiento	1 conector 2 vías negro contactor llave y masa		Fusible FM1 Cableado entre batería y conector 2 vías negro del contactor de llave
1/4		2 conector 2 vías gris contactor llave y masa (conector inercia desench.)		Contactor de llave
1/5		13, 6, 5 y 4 relé doble y masa		Relé doble Fusible F1 Cable entre caja fusibles y borne 8 relé doble
1/6		33 de UC y masa		Fusible F1 Cable entre borne 6 relé doble y borne 33 de UC Relé doble
1/7		16 de UC y masa		Fusible F1 Cable entre borne 5 relé doble y borne 16 de UC Relé doble
1/8	Contacto dado, durante precalentamiento, UC enchufada	6, 12 de UC y masa		UC

Controles de las sondas, captadores, electroválvulas y sus cableados

Estos controles, que consisten en comprobar el estado de los periféricos en la UC, se debe efectuar con el conector de la UC o del elemento a controlar desenchufado.

Control nº	Órgano de control	Medición entre bornes	Valor correcto	Origen probable de la avería
2/1	Sonda temp. líq. refrigerante	4 y 21 conector de UC	A más temperatura menos resistencia	Sonda Cableado entre conector sonda y conector de UC
2/2	Captador alzada aguja inyector	7 y 24 conector de UC	90 a 110 Ω	Captador Cableado entre conector de captador y conector de UC
2/3	Captador posic. palanca de carga	1 y 19 conector de UC	1.400 Ω aprox.	Cableado entre conector captador y conect. UC Captador
		2 y 4 conector de UC	1.000 a 2.000 Ω	
		2 y 19 conector de UC	En ralentí: 1.400 Ω Plena carga: 2.000 Ω	
2/4	Captador régimen motor	8 y 25 conector de UC	315 a 405 Ω	Captador Cableado entre conector captador y conect. UC
2/5	Electroválvula de avance	Electroválvula	15 Ω	Electroválvula
2/6	Electroválv. EGR	Electroválvula	23 a 33 Ω	Electroválvula
2/7	Electroválv. ralentí acelerado	Electroválvula	23 a 33 Ω	Electroválvula

PRÁCTICAS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE UN AUDI A4

Sistema de inyección directa de gasóleo gestionado por una unidad de control electrónica.

La UC tiene una alimentación eléctrica general en + después del contacto. Al dar el contacto, el borne 38 de la UC es alimentado debido a la conexión a masa del borne 42, lo cual activa el relé de sobretensión y alimenta los bornes 23, 45 y 68 de la UC a 12 voltios. El borne 50 de la UC también es conectado a masa al dar el contacto, lo que activa el relé de las bujías de precalentamiento durante 20 s (tiempo de la temporización). El circuito de precalentamiento está protegido por un fusible de 60 amperios (n.º 39).

El combustible es aspirado del depósito por la bomba de inyección a través de un filtro. La bomba de inyección distribuye a continuación el combustible hacia los inyectores. El sobrante vuelve al depósito por una tubería de retorno.

El aire exterior es aspirado por la parte superior derecha del compartimento del motor y a continuación es depurado por un filtro situado en una caja con dos partes. Un conducto de plástico une el filtro con el colector de admisión a través de un caudalímetro de masa de aire de película caliente. Este mide la cantidad de aire admitida por el motor e informa a la UC. A fin de que no haya entradas de aire no contabilizadas por el caudalímetro, debe garantizarse un hermetismo perfecto en todo el conjunto del circuito de admisión de aire.

Para determinar las necesidades de combustible del motor, la UC analiza las informaciones siguientes:

- Temperaturas de aire de admisión, líquido refrigerante y combustible.
- Presión absoluta existente en el colector de admisión.
- Caudal de aire admitido por el motor.
- Regulación del caudal de inyección.
- Posición del pedal de acelerador.

En función de este análisis, la UC gobierna la bomba de inyección y determina la cantidad de combustible a inyectar.

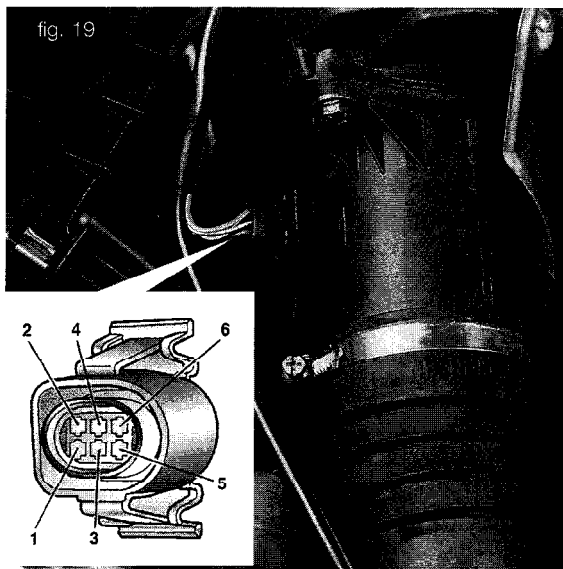
Captador de régimen de motor y posición de PMS

Un captador, colocado detrás del filtro de aceite, transmite a la UC una tensión alterna proporcional al régimen del cigüeñal. Indica el régimen de rotación del motor y la posición de PMS.

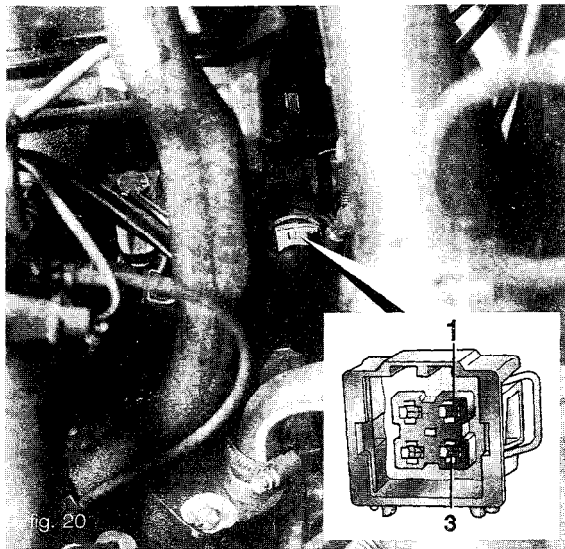
Caudalímetro (fig. 19)

El caudalímetro de masa de aire de película caliente mide la cantidad de aire admitida por el motor y define el estado de carga.

95



Bornes del caudalímetro de aire



Bornes del conector de la sonda de temperatura de aire.

96 Sonda de temperatura de líquido refrigerante

Está colocada en una tubería de refrigeración detrás de la culata. Tiene la particularidad de que su resistencia disminuye cuando la temperatura aumenta.

De la medición de esta resistencia, la UC deduce la temperatura del líquido refrigerante. Esta información le es especialmente útil en la fase de calentamiento del motor en que es necesario que la mezcla sea más rica y que se aumente el régimen de ralentí.

Esta fase se gestiona mediante la prolongación del tiempo de inyección y una corrección significativa del reglaje del regulador de caudal.

Sonda de temperatura de aire de admisión (fig. 20)

Una sonda del mismo tipo que la utilizada para la temperatura de líquido refrigerante está colocada al principio del colector. El principio es idéntico al descrito anteriormente. De la medición de esta resistencia, la UC deduce la temperatura del aire de admisión.

Sonda de temperatura de combustible

Hay una sonda del mismo tipo que las utilizadas para la temperatura de líquido refrigerante y de aire colocada en el regulador de caudal de la bomba de inyección.

El principio es idéntico al descrito anteriormente. A partir de la medición de esta resistencia, la UC gestiona la cantidad de combustible a inyectar.

Captador de presión absoluta

El captador de presión absoluta está alojado en la caja que contiene la UC. Actúa sobre la riqueza de la mezcla en función de la altitud.

Transmisor de alzada de aguja

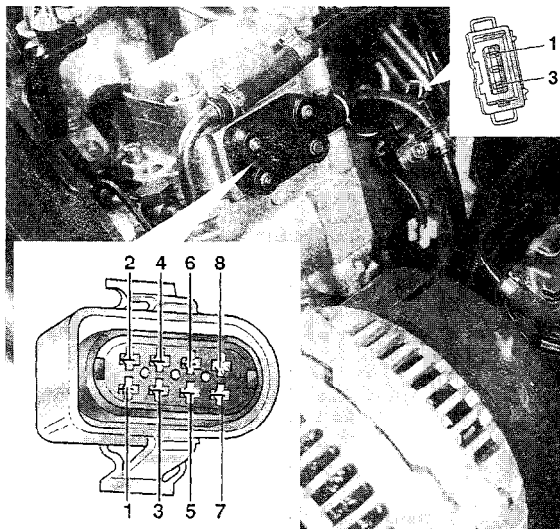
Permite la medición real de la alzada de aguja del inyector. La UC determina así el principio de inyección.

Contactor de pedal de acelerador

El contactor de pedal de acelerador, colocado en el apoyo de pedales, señala a la UC la posición del pedal de acelerador que calcula el caudal de combustible.

Transmisor de la carrera del distribuidor de regulación (fig. 21)

El transmisor de carrera del distribuidor de regulación está colocado en el eje del regulador de caudal de la bomba de inyección. Permite controlar la posición del eje y, por lo tanto, del regulador de caudal, información indispensable para que la UC conozca la cantidad de combustible inyectada real instantánea.



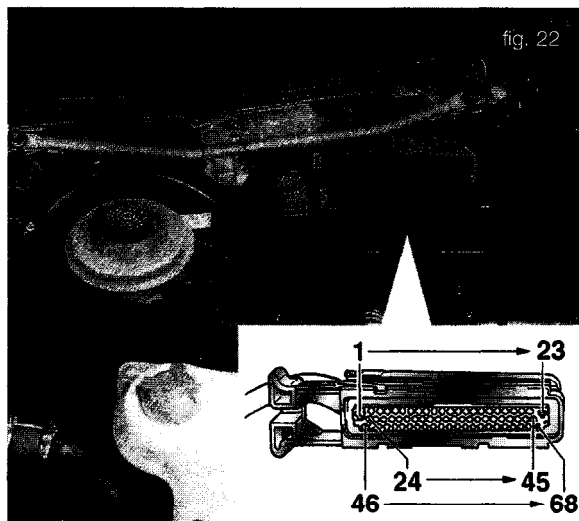
Posición e identificación de los conectores en la bomba de inyección.

1. Sonda de temperatura de combustible/regulador de caudal/transmisor de distribuidor de regulación -
2. Válvula de principio de inyección

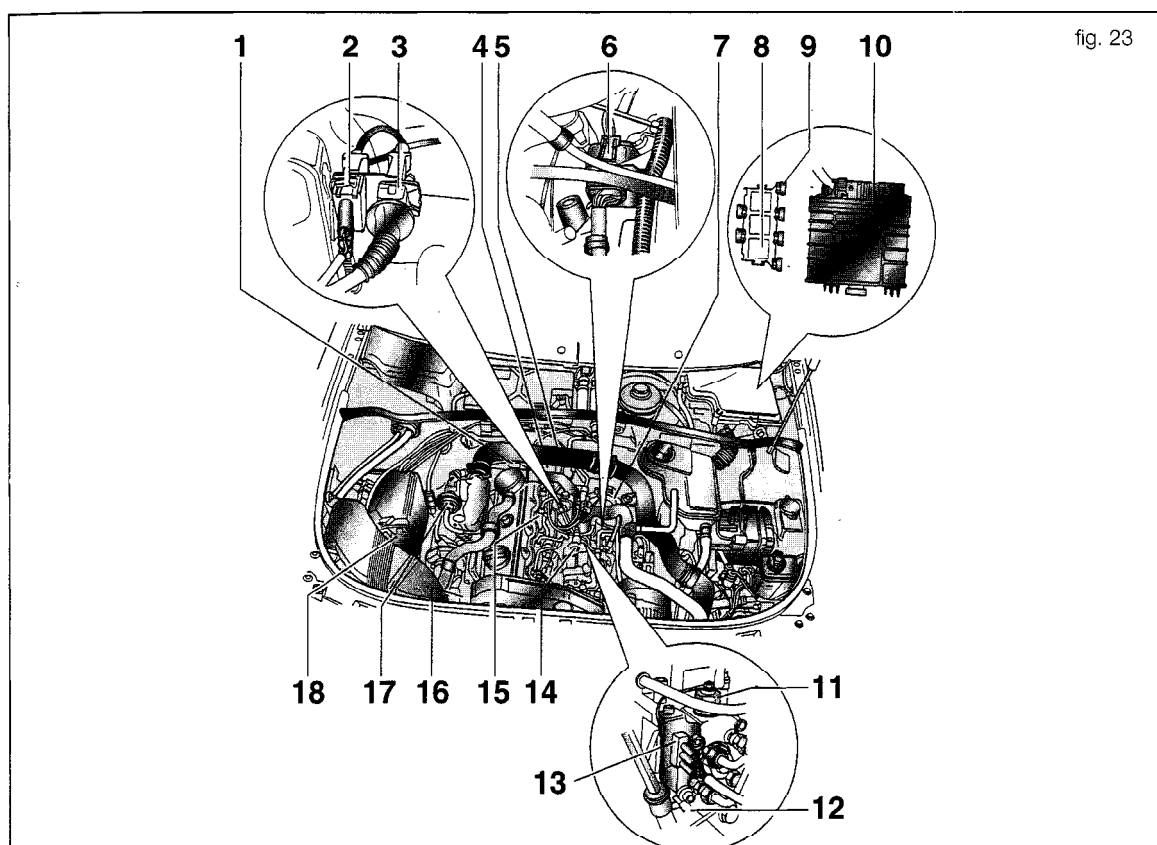
ESTADO DE LOS ORGANOS

La UC (fig. 22), en función de las informaciones recogidas por los captadores y sondas, vigila y determina la regulación del caudal de inyección, el principio de inyección, la presión de sobrealimentación y la recirculación de los gases de escape.

En la figura 23, se muestra la situación de los diferentes elementos de la inyección y en la figura 24, la bomba inyectora y filtro de combustible.



Situación de la UC e identificación de los bornes de su conector.



SITUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INYECCIÓN

1. Sonda de temperatura de aire - 2. Conector del captador de régimen del motor - 3. Conector del transmisor de alzada de aguja - 4. Electroválvula de mando de recirculación de los gases - 5. Sonda de temperatura de líquido refrigerante - 6. Conector de la bomba de inyección (regulador de caudal/transmisor de carrera del distribuidor de regulación/sonda de temperatura de combustible) - 7. Captador de régimen de motor - 8. Relé del sistema de inyección - 9. Fusible del sistema de precalentamiento - 10. Unidad de control - 11. Electroválvula de paro - 12. Válvula de principio de inyección - 13. Conector de la bomba de inyección (válvula de principio de inyección) - 14. Regulador de caudal - 15. Inyector con transmisor de alzada de aguja - 16. Válvula de recirculación de los gases de escape - 17. Válvula de recirculación de vapores de aceite - 18. Caudalímetro de aire

Regulador del ralentí

El regulador de caudal está integrado en la bomba de inyección y permite regular el caudal de combustible a partir de las señales de la UC.

Válvula de principio de inyección

La válvula de principio de inyección permite corregir el principio de inyección en caso de que sean erróneos los valores transmitidos a la UC por el transmisor de alzada de aguja.

Electroválvula de sobrealimentación

La válvula de regulación del turbocompresor es accionada, a través de un conducto de mando, por el aire del turbocompresor.

Para aumentar la presión de sobrealimentación, hay que reducir la presión de mando de la válvula de regulación.

La UC gobierna una electroválvula que permite disminuir la presión de mando. Cuando la electroválvula no está alimentada, toda la presión de mando se ejerce sobre la válvula de regulación, lo que comporta una presión de sobrealimentación mínima.

Electroválvula de mando de recirculación de los gases de escape

Permite o no la recirculación de los gases de escape (por medio de una válvula) por el colector de admisión. Es alimentada por la bomba de depresión y gobernada por las señales procedentes de la UC. El objetivo es producir una caída de la temperatura de combustión que permita la disminución de la cantidad producida de óxidos de nitrógeno (NOx), al ser estos especialmente contaminantes y peligrosos para el organismo humano.

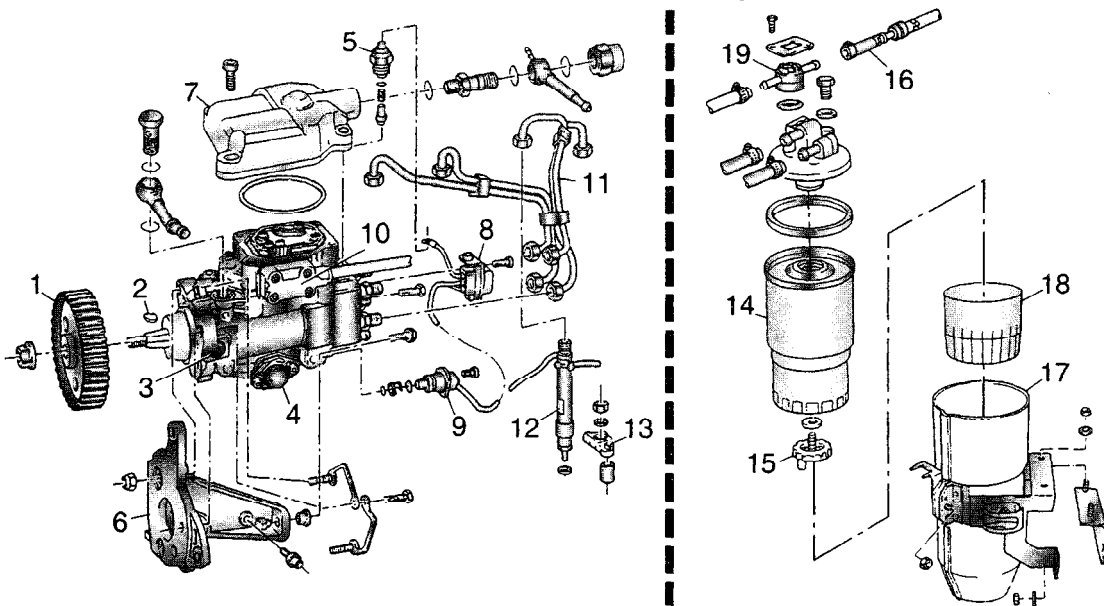
La mezcla de los gases de escape con el aire fresco de admisión produce una disminución del contenido de oxígeno del aire aspirado y, por lo tanto, una disminución de la temperatura de combustión, de la que se sigue la disminución de NOx producidos en el escape.

La producción de NOx está directamente ligada a la temperatura de combustión. Cuanto más elevada es esta temperatura, mayor es la producción de NOx en el escape.

fig. 24

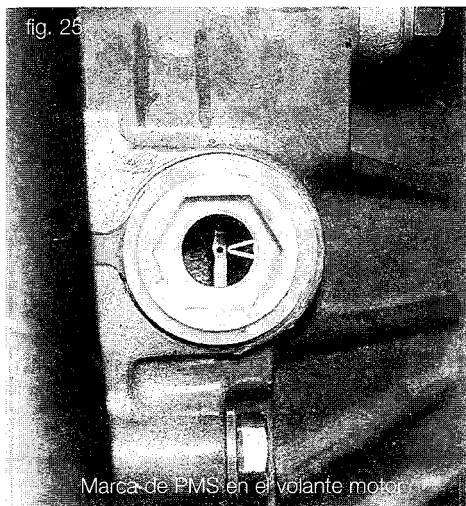
BOMBA DE INYECCIÓN - FILTRO DE COMBUSTIBLE

1. Rueda dentada de arrastre - 2. Chaveta - 3. Bomba de inyección - 4. Dispositivo de avance de la inyección - 5. Electroválvula de paro - 6. Soporte de bomba - 7. Tapa - 8. Válvula de caudal - 9. Válvula de principio de inyección - 10. Regulador de caudal - 11. Tubo de inyector - 12. Inyector del cilindro n.º 3 con transmisor de alzada de aguja - 13. Brida de fijación - 14. Filtro de combustible - 15. Tornillo de purga de agua - 16. Válvula antirretorno - 17. Soporte de filtro - 18. Cartucho - 19. Válvula de regulación

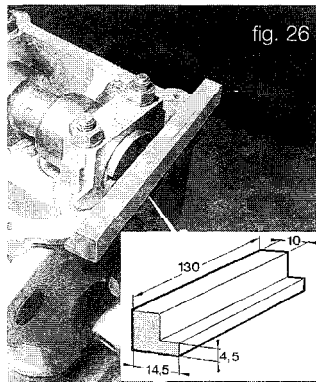


Desmontaje y montaje de la bomba de inyección

- Desconectar la batería.
- Desmontar la cubierta exterior de distribución.
- Desmontar la tapa de culata.
- Poner la marca del volante motor (0) bajo la arista de la mirilla de la marca fija del cilindro n.º 1 (lado de la distribución) (fig. 25).
- Con la regla de posicionado (herramienta VAG 2065 A), inmovilizar el árbol de levas (fig. 26).
- Desenchufar el conector eléctrico de la electroválvula de paro.

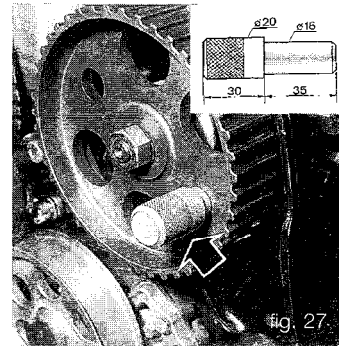


- Desenganchar los cables del acelerador y del dispositivo de avance para el arranque en frío.
- Desempalmar las tuberías de los inyectores y de la bomba de inyección y separarlas (taponar los orificios con trapos limpios).
- Sacar la correa de distribución de las ruedas dentadas de árbol de levas y de bomba de inyección (véase la operación correspondiente).
- Aflojar la tuerca de fijación de la rueda dentada de la bomba de inyección (sin sacarla).
- Con una herramienta VAG 3032, o con un extractor apropiado, tirar de la rueda dentada de bomba (fig. 28).
- Desprender la rueda dentada de bomba de inyección del eje de la bomba golpeándola con un mazo de aluminio.
- Sacar el extractor.
- Quitar la tuerca de fijación de la rueda dentada y sacar ésta.

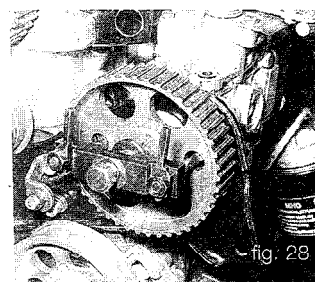


Colocación de la regla de posicionado del árbol de levas (herramienta VAG 2065 A)

Bloqueo de la rueda dentada de bomba de inyección con un mandril especial (herramienta VAG 2064)



- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba y sacar ésta.
- Para el montaje, colocar la bomba de inyección en su soporte y colocar sus tornillos de fijación sin apretarlos.
- Colocar la rueda dentada de la bomba de inyección haciendo coincidir las marcas. Comprobar la presencia de la chaveta media luna.
- Bloquear la rueda dentada con la herramienta VAG 2064 (fig. 27).
- Apretar la tuerca de fijación de la rueda dentada de la bomba de inyección.
- Aflojar media vuelta el tornillo de fijación de la rueda dentada del árbol de levas y desprender la rueda del cono golpeándola con un botador introducido por el orificio del cárter inferior de distribución.
- Comprobar que la marca de PMS en el volante motor coincida perfectamente con la marca del cárter de embrague.



Extracción de la rueda dentada de la bomba de inyección

- Colocar la correa de distribución.
- Sacar la herramienta VAG 2064 de bloqueo de la rueda dentada de la bomba de inyección.
- Tensar la correa de distribución (véase la operación correspondiente).
- Apretar el tornillo de la rueda dentada del árbol de levas con el par prescrito.
- Dar dos vueltas al motor con la mano y volver a comprobar el calado y la tensión de la correa.
- Calar la bomba de inyección (véase la operación correspondiente).
- Empalmar las tuberías en la bomba de inyección y en los inyectores.
- Enchufar el conector eléctrico de la electroválvula de paro.
- Enganchar los cables de acelerador y del dispositivo de avance para el arranque en frío.
- Sacar la regla de posicionado del árbol de levas.
- Montar la tapa de culata.
- Montar el cárter exterior de distribución.
- Conectar la batería.

Calado de la bomba de inyección

Para esta operación, es preciso disponer de un comparador con un intervalo de medición de 5 mm y provisto con una varilla de 95 mm como mínimo con punta plana, así como con un soporte de comparador (por ejemplo, VAG 3313).

- Sacar el tornillo-tapón central y colocar en su lugar el comparador, utilizando el soporte VAG 3313 con una carrera de precarga de 2 mm.

- Hacer girar el motor en el sentido contrario al normal, lentamente, hasta que la aguja del comparador se quede inmóvil.

- Poner a cero la aguja del comparador.

- Girar el volante motor en sentido contrario hasta que coincidan las marcas de PMS.

- En esta posición, comprobar que el comparador indique la alzada de pistón preconizada.

- Si no es así, aflojar los tornillos de fijación de la bomba y hacerla inclinar hasta obtener el valor prescrito.

Nota: Para facilitar el giro de la bomba es aconsejable aflojar las tuberías de los inyectores.

- Apretar las fijaciones y, en su caso, las tuberías una vez obtenido el reglaje.

- Sacar el comparador y colocar el tornillo-tapón con una junta nueva.

Desmontaje y montaje de un inyector

- Desconectar la batería.
- Desempalmar las tuberías de inyección de los inyectores.

Nota: Para no deteriorar las tuberías de inyección, sacarlas completamente.

- Desempalmar la tubería de sobrante.
- Aflojar el tornillo de la brida de fijación del inyector y sacarlo.
- Sacar el inyector.
- Al montar, cambiar la arandela cortafuego.
- Montar el inyector.
- Montar la brida de fijación y apretar el tornillo con el par prescrito.
- Empalmar la tubería sobrante.
- Empalmar las tuberías de inyector.

Control de la presión de inyección

Atención: Al comprobar la presión de inyección, hay que evitar colocar las manos cerca del chorro, ya que el combustible a fuerte presión podría penetrar bajo la piel y causar graves heridas.

- Montar el inyector en la bomba de tarar.
- Accionar la palanca de la bomba y medir la presión de inyección.
- Si el valor medido está fuera de tolerancia, cambiar el inyector.

Control del hermetismo

- Montar el inyector en una bomba de tarar.
- Hacer subir la presión a 150 bar y mantenerla en este valor durante 10 segundos. En esta posición, no debe rezumar líquido por el asiento de la aguja del inyector.

Revisión de un inyector

- Desmontar el inyector.
- Sujetar el cuerpo del portainyector en una tornillo de banco provisto de mordazas blandas.
- Desarmar el portainyector y recuperar todas las piezas integrantes marcando su posición para el montaje.
- Efectuar los diferentes exámenes y controles descritos a continuación.
- Montar las piezas y montar el inyector.

Examen visual del inyector

Pueden producirse los deterioros siguientes:

- Asiento de aguja deformado o superficie rugosa.

- Tetón de inyección sucio o dañado.
- Estrías o marcas de presión en la aguja.
- Cavitación del asiento de aguja.
- Ovalización del orificio de inyección.
- Calentamiento excesivo del cuerpo de inyector.
- Desgaste del fondo del inyector.

En caso de piezas desgastadas o deterioradas, se debe cambiar el inyector.

Purga del agua

- Sacar el filtro de su soporte.
- Aflojar el tornillo de purga de aire.
- Aflojar el tornillo de purga de agua.
- Dejar que salgan el agua y las impurezas.
- Apretar el tornillo de purga.
- Montar el filtro en su soporte.
- Purgar el aire.

Purga del aire (fig. 29)

Esta operación se debe efectuar después de cada intervención en el curso de la cual se haya abierto el circuito de combustible.

- Aflojar el tornillo de purga de aire.
- Accionar el motor de arranque y apretar el tornillo cuando el combustible salga sin burbujas.
- Accionar el motor de arranque durante 10 ó 15 segundos, acelerando a fondo varias veces seguidas.
- Si el motor no arranca, volver a empezar esta operación.
- Comprobar que el combustible que vuelve de la bomba (tubo transparente) ya no contenga burbujas.

Diagnóstico de la gestión de motor

El procedimiento de diagnóstico, así como los controles que se describen más adelante, sólo se aplican a los vehículos tratados en este estudio que sean conformes con sus especificaciones de origen.

Las características eléctricas de los órganos integrantes del sistema de inyección proporcionadas en las páginas que siguen son el resultado de mediciones efectuadas por nuestra cuenta mediante un téster Métrix MX 63 de comercialización corriente. Este aparato es un téster digital clásico al que se han integrado las funciones de uso específico para el automóvil.

Es indispensable tener un aparato de prestaciones al menos equivalentes para poder efectuar el diagnóstico correctamente.

Utilización del procedimiento de diagnóstico

- Antes de iniciar el procedimiento de diagnóstico es absolutamente necesario efectuar los controles preliminares que se indican a continuación, así como las reparaciones que de ellos se deriven.

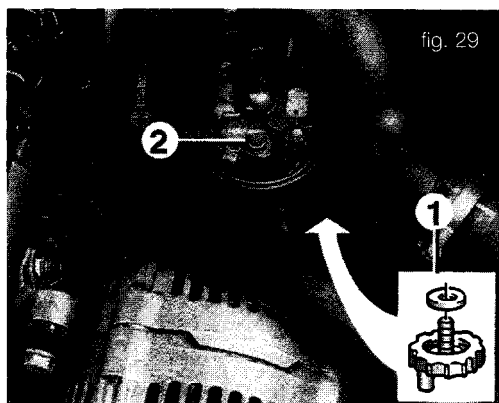
- Las características eléctricas proporcionadas sin tolerancias son el resultado de mediciones efectuadas en el vehículo. Su interpretación debe, pues, tener en cuenta las disparidades de producción.

- La utilización del procedimiento requiere el conocimiento previo del funcionamiento del sistema de inyección. Consultar para ello el apartado que lo describe.

- El procedimiento de diagnóstico debe empezar sistemáticamente por el análisis de los síntomas de mal funcionamiento.

- El cuadro que sigue permite establecer la lista de controles a efectuar en función de los síntomas constatados.

101



Purga del filtro de combustible.

- 1. Tornillo de purga del agua.
- 2. Tornillo de purga del aire.

Controles preliminares

- Circuito de arranque en buen estado: batería, cableado y motor de arranque.
- Circuito de precalentamiento y cables en buen estado y conformes con la preconización.
- Fusibles en buen estado.
- Carburante conforme y en cantidad suficiente.
- Tuberías de carburante en buen estado (sin fugas).
- Entradas de aire.

- Circuito de alimentación de aire: hermetismo de las tuberías, cierre perfecto de las piezas entre sí (juntas de caudalímetro, de colector, etc.), filtro de aire limpio y bien colocado.

- Tubo de escape en buen estado: hermetismo de las piezas entre sí (juntas de colector, tubo descendente/silenciador primario).

- Motor en buen estado mecánico (compresión, calado de la distribución correcto, nivel de aceite, etc.).

CUADRO DE CONTROL CRONOLÓGICO DE LOS ÓRGANOS QUE FALLAN EN FUNCIÓN DE LOS SÍNTOMAS

El motor no arranca o lo hace muy mal.

El motor arranca y se cala a continuación.

Problemas de ralentí (régimen, polución).

Potencia insuficiente del motor o picado.

Consumo anormalmente elevado.

Falsas explosiones.

	1	1	1	1	1	1	Controles preliminares.
	2	2					Alimentación eléctrica.
	3	3	2	2	2	2	Alimentación de carburante.
		4		5			Sonda de temperatura de agua.
				4			Sonda de temperatura de aire.
				6			Sonda de temperatura de combustible.
		8		3	3		Captador de presión absoluta.
		5					Captador régimen motor y posición PMS.
		6					Válvula de principio de inyección.
				7			Electroválv. mando recirc. gases escape.
		9		8	5		Electroválvula de sobrealimentación.
			4		4	3	Contactor de pedal de acelerador.
	4	7	3		7	5	Regulador de caudal.
	5		6		6	4	Transmisor carrera distribuidor regulación.
	6		5			6	Caudalímetro.
		10					Transmisor de alzada de aguja.
	7	11	7	9	7	7	Unidad de control.

Alimentación eléctrica general

Este control consiste en comprobar si el sistema de inyección/encendido está correctamente alimentado, con la UC enchufada.

Control N°	Condiciones de control	Medición entre bornes	Valor correcto	Origen probable de la avería
1/1	Contacto quitado	30 base relé precalentamiento y masa	Tens. batería	Cableado
1/2		30 base relé sobretensiones y masa		
1/3	Contacto dado	15 base relé bujía precalentamiento y masa	Tens. batería	Cableado
1/4		30 base relé sobretensiones y masa		
1/5		23 de UC y masa		
1/6		38 de UC y masa		Cableado UC Relé
1/7		45 de UC y masa		
1/8		68 de UC y masa		
1/9	Contacto dado (mediciones efectuadas durante temporiz.)	87 base relé precalentamiento y masa	Tens. batería aprox.	Cableado Relé

103

Control de tensiones de sondas, electroválvulas y captadores a partir de la UC

Este control, que consiste en comprobar si los periféricos de la UC están correctamente alimentados, se debe efectuar con el conector de la UC enchufado.

Control N°	Órgano de control	Medición entre bornes	Valor correcto	Origen probable de la avería
3/1	Contactador pedal acelerador	55 y 57 conector UC o 2 y 3 contactor (contacto dado)	5 V aprox	Cableado UC
3/2	Regulador caudal y transmisor carrera distribuidor regulación	29 y masa conector UC o 1 y masa conector bomba inyección (contacto dado)	2,5 V aprox.	Cableado UC
3/3		52 y masa conector UC o 3 y masa conector bomba inyección (contacto dado)		
3/4		23, 45, 68 y masa conector UC o 5 y masa bomba inyección (contacto dado)	Tens. batería aprox.	
3/5	Válvula principio inyección	51 conector UC y masa o 3 conector bomba inyección y masa (contacto dado)	Tens. batería aprox.	Cableado UC
3/6		2 y 3 conector (conector desench., motor arranque en acción y medición con lámpara testigo de diodos)	Parpadeo lámpara testigo de diodos	
3/7	Electroválvula mando recircul. gases escape	25 conector UC y masa o 2 conector electroválv. y masa (contacto dado)	Tens. batería aprox.	Cableado UC
3/8	Caudalímetro	3 conector caudalím. y masa (contacto dado)	Tens. batería aprox.	Cableado Caudalímetro
3/9		3 y 5 conector caudalímetro (contacto dado)		
3/10		19 conector UC y masa o 1 conector caudalím. y masa (contacto dado)	5 V aprox.	
3/11		1 y 5 conector caudalímetro (contacto dado)		

Control de las sondas, captadores y sus cableados

Este control, que consiste en comprobar el estado de los periféricos de la UC, se debe efectuar con el conector de la UC desenchufado.

Control N°	Órgano de control	Medición entre bornes	Valor correcto	Origen probable de la avería
2/1	Sonda temp. aire	de la sonda	Resistencia variable a la temperatura	Sonda
2/2	Sonda temp. agua	1 y 3 de la sonda		
2/3	Sonda temperatura combustible	4 y 7 de la sonda		
2/4	Transmisor alzada aguja	11 y 12 conector UC (contactor pedal acelerador y bomba inyección desench.) o en bornes de la sonda	90 a 120 Ω	Cableado Transmisor
2/5	Contactor pedal acelerador	15 y 55 conector UC o 1 y 3 contactor (pedal en reposo)	800 a 1.400 Ω	Cableado Contactor
2/6		57 y 55 conector UC o 2 y 3 contactor (pedal en reposo)		
2/7		65 y 1, 24 y 46 conector UC (pedal en reposo, conectores transmisor alzada aguja y bomba inyección desench.) o 4 y 6 contactor (pedal en reposo)	800 a 1.200 Ω	
2/8		65 y 1, 24 y 46 conector UC (pedal hundido, conectores transmisor alzada aguja y bomba inyección desench.) o 4 y 6 contactor (pedal en reposo)	Resistencia infinita	
2/9	Regulador caudal y transmisor carrera distribuidor regulación	29 y 7 conector UC o 1 y 2 bomba inyección	4,9 a 7,5 Ω	Cableado Bomba inyección
2/10		52 y 7 conector UC o 3 y 2 bomba inyección		
2/11		4, 5, 49 y 23, 45 y 68 conector UC o 6 y 5 bomba inyección	0,4 a 1,1 Ω	
2/12	Válvula principio inyección	1 y 3 bomba inyección	14 a 18 Ω	Válvula Electroválvulas
2/13	Electroválvula sobrealiment.	de electroválvula	26 \pm 2 Ω	
2/14	Electroválvula mando recircul. gases escape	de electroválvula	14 a 20 Ω	
2/15	Captador régimen motor y pos. PMS	del captador	1.000 Ω	Captador

TRABAJO EN INYECTORES TIPO LAPIZ (STANADYNE)

Desmontaje (figs. 31 y 32)

Desconectar el cable negativo de la batería.
Desmontar el cuerpo del filtro de aire.
Sujetar el tubo (A) del portainyector mediante una llave y aflojar el racor (B) del tubo de alta presión.
Retirar el tornillo (C) de la brida de fijación (D).
Levantar la placa de posicionamiento (E) y situar el extractor «Ford» (F) (Ref: 23-030).
Empujar la palanca del extractor (F) y ajustar la altura del espárrago (G) a medida que extraemos el portainyector.

Nota: Nunca utilizar un destornillador como palanca para extraer el portainyector ya que lo deformaría. Desmontar las juntas (H) e (I).

Control de la presión de abertura (tarado)

Desmontar el anillo de sujeción (1) y el capuchón (2) (fig. 33).

Posicionar el portainyector en la bomba de tarado.

Accionar la palanca de la bomba de tarado varias veces para purgar el inyector.

Accionando la palanca lentamente, comprobar que la presión de abertura del inyector se ajusta a la especificada por el constructor (véase ficha técnica).

Si la presión de abertura está fuera de los límites, efectuar los siguientes reglajes (fig. 32):

- El tarado mediante un casquillo con rosca (fig. 33).
- El desplazamiento de la aguja mediante el tornillo (4).

Sustitución de la junta del inyector

Apretar la palanca del extractor (F) en un tornillo de banco (fig. 30). Situar una junta nueva (I) en el alojamiento (J) y meter la tobera del inyector en la junta (I) (fig. 30).

Montaje

Montar una junta nueva (H) en el portainyector (fig. 33). Meter este último en la culata y apretar el tornillo de la brida de fijación al par 4 m.da.N.

Unir el tubo de alta presión (utilizar dos llaves) y el de sobrante.

Montar el filtro de aire y volver a conectar la batería.

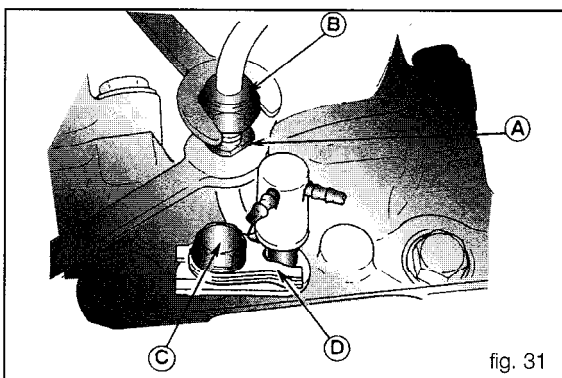


fig. 31

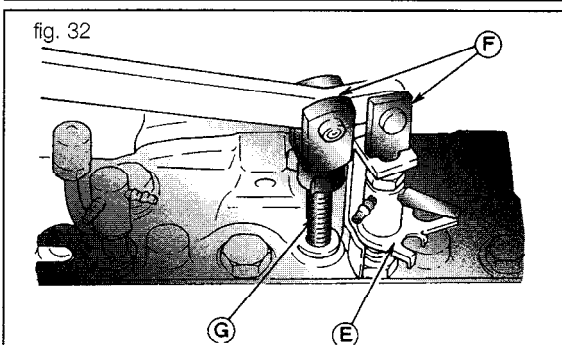


fig. 32

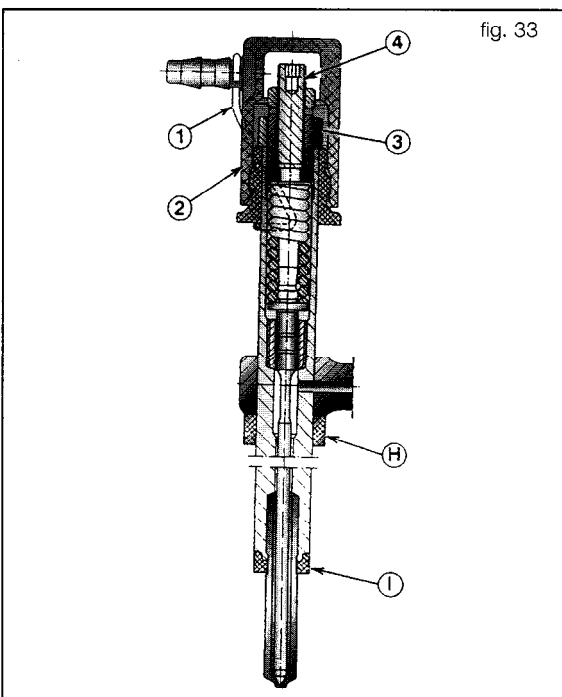


fig. 33

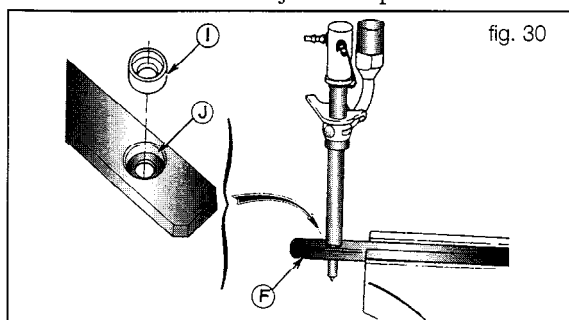


fig. 30

TRABAJO EN INYECTORES DE DOBLE MUELLE

Introducción

Estos motores incorporan de origen los nuevos portainyectores "de aguja", desarrollados para reducir las emisiones de humos así como el ruido de funcionamiento de los motores.

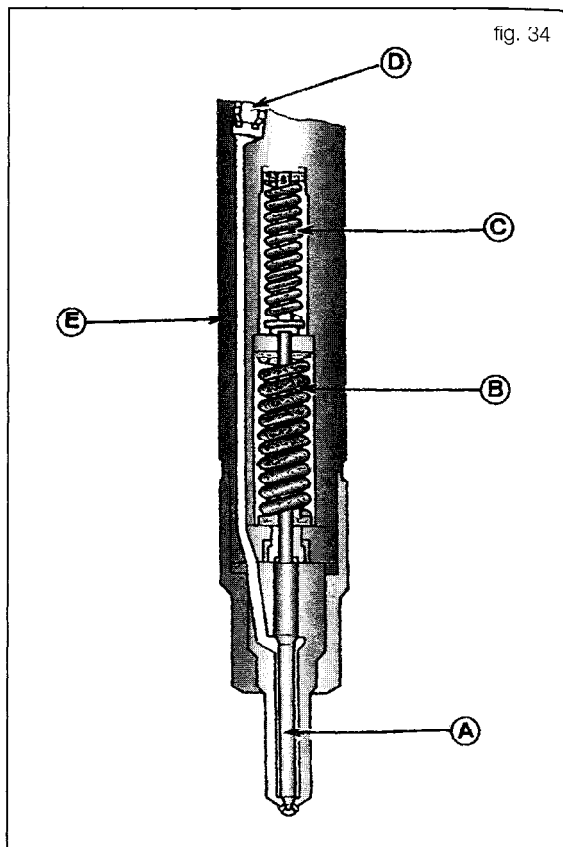
La principal modificación es la adopción de los muelles de mando diferentes (B) y (C) (fig. 34).

Este cambio permite obtener una preinyección dentro de los cilindros que mejora la combustión principal.

Este tipo de inyector suaviza el funcionamiento del motor gracias a su nueva concepción.

Composición (fig. 34)

- A- Aguja.
- B- Muelle secundario.
- C- Muelle primario.
- D- Llegada de carburante.
- E- Cuerpo.



106 Funcionamiento

El funcionamiento se produce en dos etapas por la presencia de estos dos muelles.

Una pequeña cantidad de carburante se preinyecta para mejorar el encendido de la cantidad principal de carburante inyectada a continuación.

La inyección así prolongada permite obtener una combustión más suave.

1.ª etapa: En el instante en que la bomba de inyección pone el inyector respectivo bajo presión, la aguja (A) (fig. 34) sube comprimiendo el muelle primario (C) (fig. 34) = carrera (1) (fig. 35).

Con el inyector ligeramente abierto, una pequeña cantidad de carburante es expulsada por los cinco taladros de inyección.

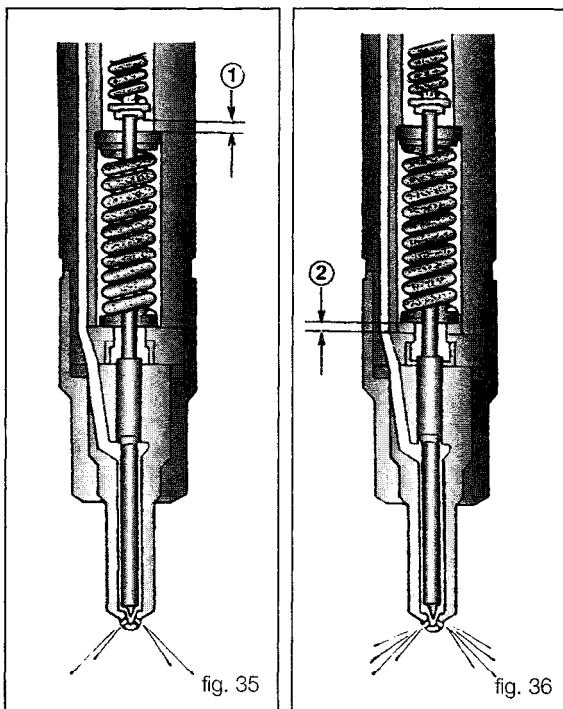
2.ª etapa: Cuando la aguja finaliza su carrera (1) se apoya contra el muelle secundario (B) (fig. 34).

La fuerza de este muelle se suma a la del muelle primario, con lo que se necesita un aumento de la presión.

Alcanzada dicha presión, la aguja se levanta entonces completamente (fig. 36) = carrera (2).

Se inyecta la totalidad del carburante.

Nota: Al ralentí, únicamente el muelle primario (C) (fig. 34) trabaja para obtener un funcionamiento más silencioso.



COMPROBACIÓN Y AJUSTE DE LAS BOMBAS DE INYECCIÓN EN BANCO DE PRUEBAS

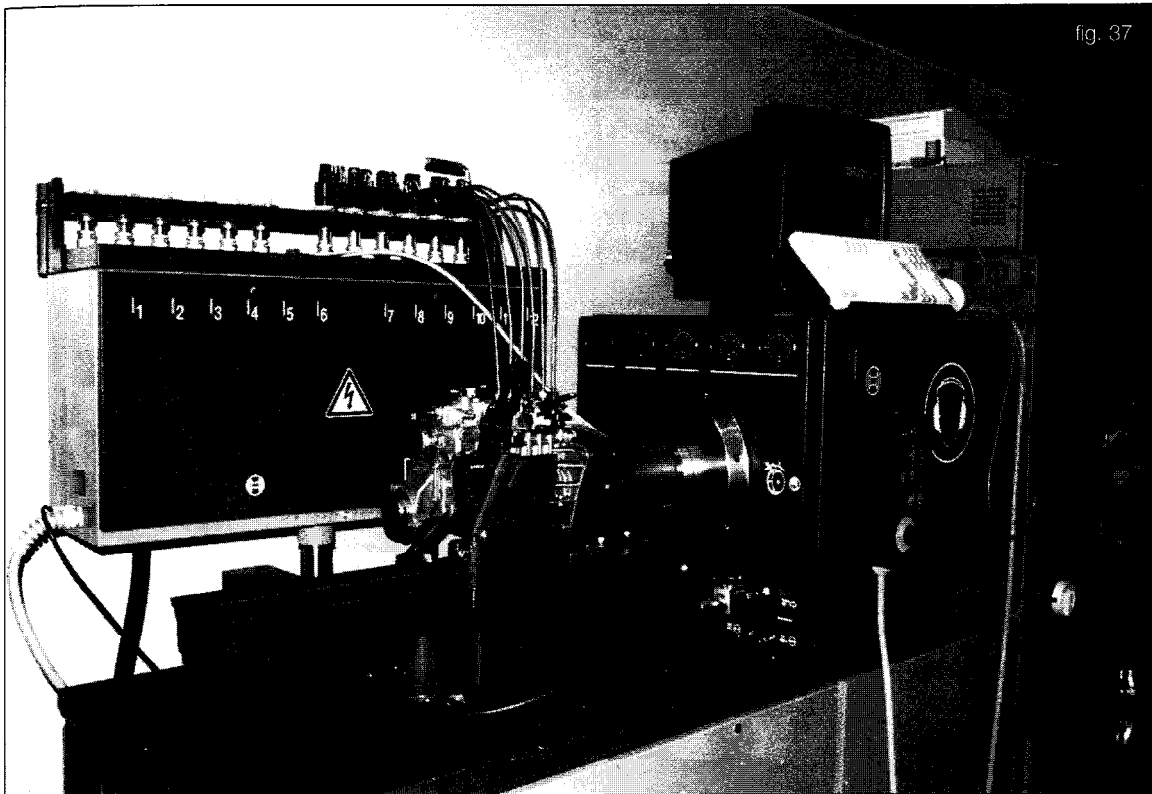


fig. 37

107

En cualesquiera de las condiciones de funcionamiento del motor que requiera un trabajo de ajuste y calibración de la bomba será necesario llevarla a un especialista. En este caso, después de su verificación mecánica es necesario proceder a intervenir mediante un banco de pruebas equipado con los diferentes accesorios con los que comprobar su puesta en fase y calibrado del caudal de inyección, así como el correcto funcionamiento de los elementos restantes que integran el conjunto de la bomba. Todo ello se hará realizando un proceso en el que se seguirán las características y especificaciones técnicas del fabricante.

Algunas de las pruebas que se realizan en las bombas rotativas como las descritas en este capítulo son:

- Rendimiento de la bomba.
- Control de cierre.
- Reglaje de máximo combustible.
- Pruebas del regulador.
- Reglaje de la bomba de transferencia.
- Sobrante a presión.
- Pruebas de los dispositivos de avance.
- Sincronización.

En la fotografía de la figura 37 podemos ver un moderno banco de pruebas Bosch en donde se pueden realizar todas las pruebas relacionadas con las diferentes bombas (en línea y rotativas) que incorporan modernos sistemas de control electrónico.



7

LA SOBREALIMENTACIÓN

Objetivo

Uno de los objetivos que básicamente perseguimos al sobrealimentar un motor es obtener mayor potencia. Aumentar la potencia depende de la cantidad de combustible quemado en cada ciclo y del número de revoluciones (combustible quemado en unidad de tiempo).

Pero tanto en un motor Diesel como en uno de gasolina, por mucho que aumentemos el combustible que hacemos llegar al interior de la cámara de combustión, no conseguimos aumentar su potencia si este combustible no encuentra aire suficiente para quemarse.

Así pues, sólo conseguiremos aumentar la potencia, sin variar la cilindrada ni el régimen del motor, si conseguimos colocar en el interior del cilindro una cantidad de fluido activo (mezcla para el motor de gasolina o simplemente aire en el caso del Diesel) mayor que la que hacemos entrar en una "aspiración normal".

En algunos casos, y en países situados a grandes altitudes o muy calurosos, existe la necesidad de compensar la disminución de la densidad del aire producida por una disminución de la presión ocasionada por la altitud y una disminución de las moléculas de oxígeno por el aumento de temperatura. Para todos ellos, la sobrealimentación es la solución que podemos aportar.

En el caso de los motores de gasolina, la sobrealimentación, presenta un problema inicial que ha de tenerse en cuenta.

Como ya se ha visto, en la combustión de los motores de gasolina, el problema que acarrea sobrepasar una cierta presión de compresión puede ocasionar problemas de picado, bien por autoencendido o por detonación.

El problema que presenta, pues, la sobrealimentación de los motores de gasolina, tanto si el sis-

tema de alimentación es por carburador como por inyección, es que en el momento del llenado del cilindro lo hacemos con una mezcla de aire-gasolina que en el momento de comprimirla puede presentarnos los problemas anteriormente citados.

La solución, en este caso, pasa por reducir ligeramente la relación de compresión (que no supere 1:10), respecto de un mismo motor no sobrealimentado, con el fin de no alcanzar o rebasar este límite al final de la fase de compresión.

Otro problema que hay que sumar a estos motores lo representa el aumento de las cargas térmicas y mecánicas.

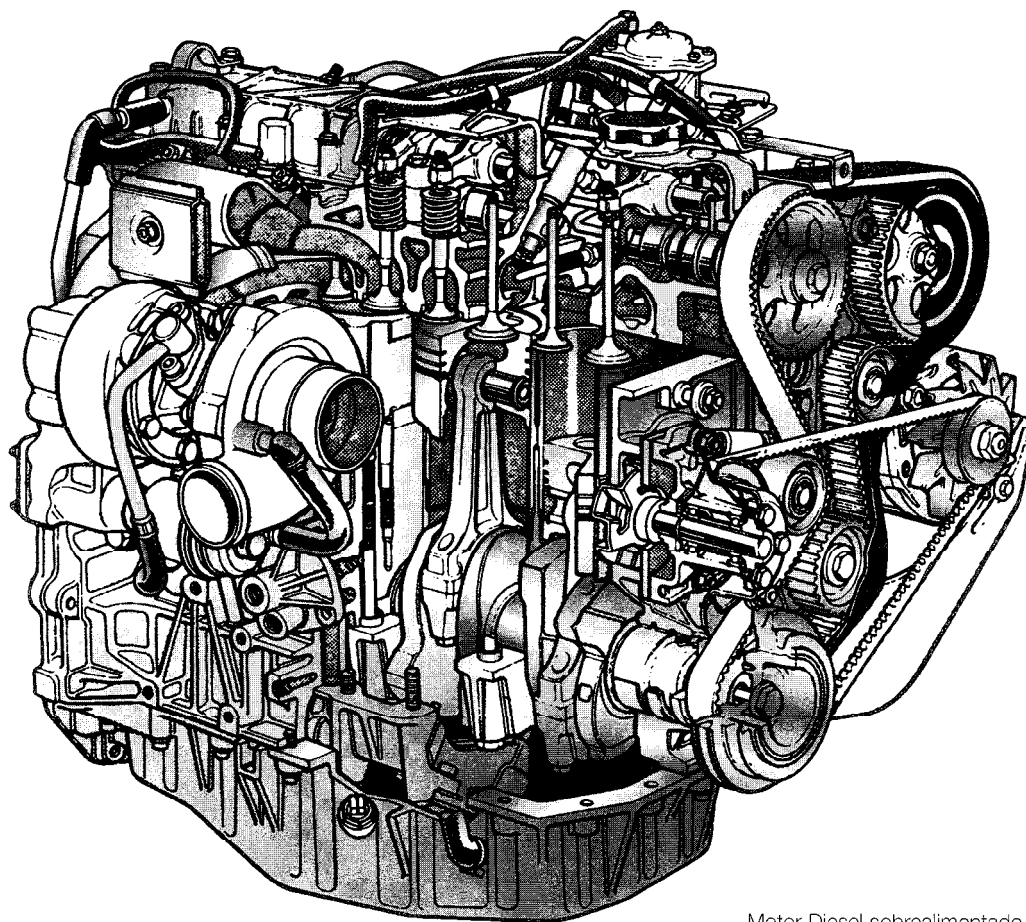
Efectivamente, las presiones durante todo el ciclo de trabajo en un motor sobrealimentado son sensiblemente más elevadas, por tanto no se pueden rebasar los límites mecánicos que pueda soportar el motor. Por otro lado, al combustionar más gasolina en cada ciclo, el desprendimiento de calor es también mucho más importante, por lo que cabe mejorar las características mecánicas de todos aquellos elementos del motor en contacto directo con esas mayores presiones y temperaturas a la vez que mejorarse la evacuación del calor que podría acumularse en la culata alrededor de la cámara de combustión.

Otra consideración debemos hacerla en la variación del diagrama de la distribución. Así, para un motor turboalimentado, cuanto mayor pueda ser el AAE (avance a la apertura de la válvula de escape) tanto mejor será el funcionamiento de la turbina.

También la regulación del avance del encendido debe ser mucho más preciso en un motor sobrealimentado, por eso se hace necesario un encendido sin ruptor, por lo que es mejor el uso de encendidos transistorizados o electrónicos.

Además de todo ello, la sobrealimentación de gasolina ha de tener en cuenta los siguientes factores:

- Bomba de gasolina de mayor caudal y presión (por lo que se opta generalmente por bombas eléctricas).



Motor Diesel sobrealimentado por turbocompresor

- Que en el circuito de admisión del aire se instale un buen filtrado y que esté perfectamente estanco.

- A fin de optimizar el llenado del cilindro, se precisa de un dispositivo que enfríe el aire que se ha calentado por el aumento de presión a que lo ha sometido el sistema de sobrealimentación (intercambiadores de calor).

- La riqueza de la mezcla, que influye directamente en la temperatura de los gases de escape: si el motor es turboalimentado, se reducirá la riqueza a regímenes bajos y elevar así la temperatura en el escape para favorecer el funcionamiento de la turbina; por el contrario, se elevará con regímenes altos,

disminuyendo la temperatura de escape, a fin de proteger a la turbina.

- En el escape, la sección de las canalizaciones una vez superada la turbina se agranda para reducir en la medida de lo posible las contrapresiones que se originarían en este punto. Asimismo, al producir la turbina una descompresión de los gases de escape, los motores turbo son más silenciosos.

- La contaminación que provocan los motores turboalimentados de gasolina es comparable a la de un motor atmosférico aunque los óxidos de nitrógeno son más importantes debido a las mayores temperaturas.

Particularidades según el sistema de alimentación

Según sea el sistema utilizado para sobrealimentar el motor de gasolina, el compresor puede aspirar aire puro a través del filtro de aire y enviarlo comprimido hacia el carburador, o bien aspirar mezcla aire gasolina procedente del carburador y enviarlo directamente a los cilindros. En el primer caso, el carburador se sitúa entre el turbocompresor y el colector de admisión y el sistema recibe el nombre de "carburador soplado"; mientras que el segundo, el carburador se monta entre el turbo, denominándose "carburador aspirado".

En el caso de los motores Diesel, los problemas que pueden derivarse de la utilización de la sobrealimentación son menores que en los de gasolina. El hecho de utilizar solamente aire en el proceso de compresión y no introducir el combustible hasta el momento final de la carrera de compresión, no puede crear problemas de picado. En todo caso, lo que sí propicia el aumento de la compresión, es una mayor temperatura, que en el caso de los motores Diesel facilita el encendido.

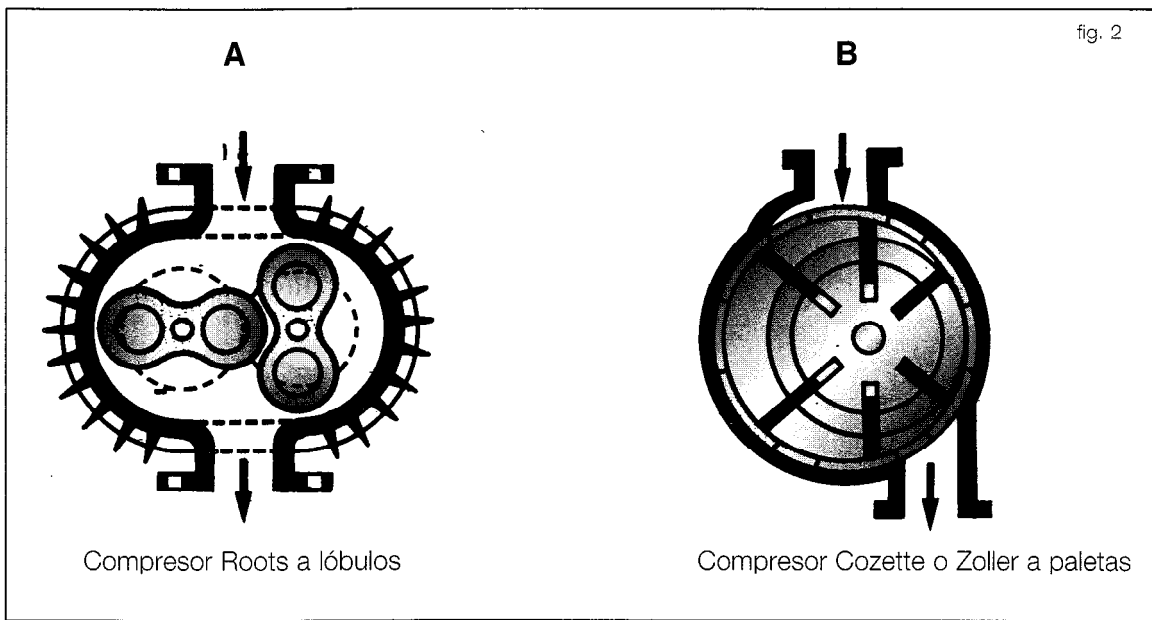
Por otro lado, la mayor presión de entrada de aire favorece la expulsión de los gases de escape y el

llenado del cilindro con aire fresco, con lo que consigue un aumento del rendimiento volumétrico.

La forma de conseguir el aumento de la presión del aire necesario para la sobrealimentación es mediante la utilización de compresores; éstos a su vez pueden ser turbocompresores (accionados por los gases de escape), y compresores de mando mecánico (accionados por el cigüeñal mediante piñones o correa).

Estos compresores, también llamados volumétricos por tener un funcionamiento comparable a las bombas volumétricas, son accionados por el motor (hecho que les hace perder potencia efectiva) y el flujo de aire que transmiten es proporcional al régimen del motor.

En la figura 2 podemos ver diferentes tipos de compresores mecánicos. El compresor A corresponde al denominado tipo Roots, consta de dos o tres lóbulos accionados mediante engranajes que no están en contacto entre sí y que permanecen ajustados con holgura mínima. El B, Cozette o Zoller, comparable a una bomba de paletas trabaja según el principio de tambor excéntrico y álabe móvil.



LOS TURBOCOMPRESORES (CENTRÍFUGOS)

Los turbocompresores, o simplemente llamados "turbo", trabajan como una bomba centrífuga. Bajo el efecto de la fuerza centrífuga originada por la velocidad de giro, el aire es expulsado hacia la periferia de la rueda, lo cual crea una depresión en su centro provocando una aspiración del aire.

En la fig. 4 podemos ver el esquema de funcionamiento de un motor con turbocompresor. Mediante la fuerza ejercida por los gases de escape es accionada la turbina que se encuentra comunicada directamente con la rueda del compresor mediante un eje que los une. La alta velocidad a que es sometida (más de 100.000 vueltas) permitirá elevar la presión del aire de admisión para que de esta forma se mejore la alimentación del motor.

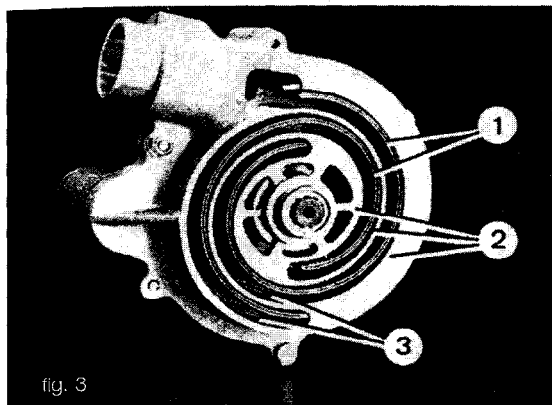


fig. 3

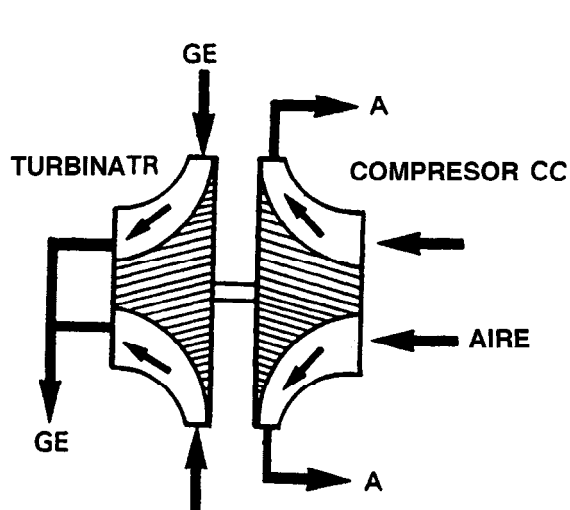
Vista de un compresor G de Volkswagen

1. Espiras móviles - 2. Carter fijo - 3. Cámaras variables

En la figura 3 tenemos el compresor de espiral G de Volkswagen que a diferencia de los anteriores no incorpora elementos en rotación para conseguir comprimir el aire. Se caracteriza por un elemento desplazable dispuesto excéntricamente con estructura espiral en ambos lados, que da lugar, junto con las carcasas, también en espiral a cámaras de volumen variable.

113

fig. 4



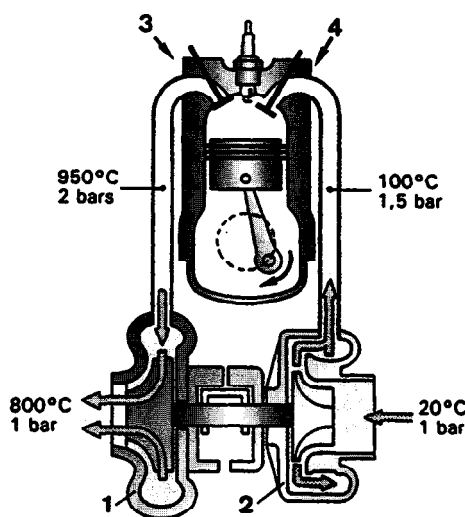
Esquema de un turbocompresor

GE. Gases de escape

TR. Rueda de turbina

CC. Compresor centrífugo

A. Aire



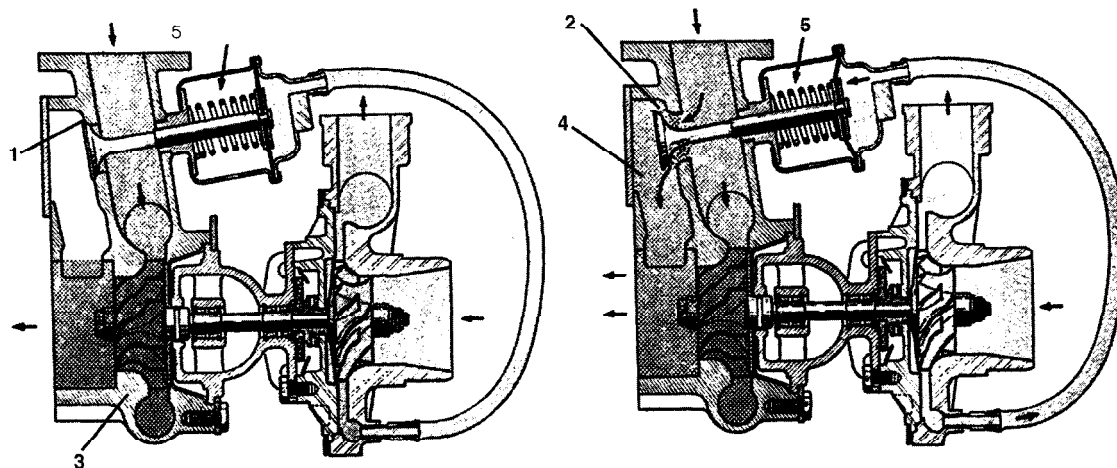
Sobrealimentación por turbocompresor

1. Turbina - 2. Compresor -

3. Escape -

4. Admisión

fig. 5



Funcionamiento de la válvula de seguridad del turbocompresor

1. Válvula cerrada - 2. Válvula abierta por la presión de sobrealimentación en el tubo de conexión - 3. Turbina de escape - 4. Bypass de derivación - 5. Válvula de seguridad

Regulación de la presión de admisión

Para evitar el aumento excesivo de vueltas de la turbina y el compresor como consecuencia de una mayor presión de los gases a medida que se aumenten las revoluciones del motor, se hace necesaria la incorporación de una válvula de seguridad. Esta válvula está situada en derivación, y manda parte de los gases de escape directamente a la salida de la turbina sin pasar por el interior cuando sobrepasa la presión de bombeo prescrita por el fabricante. En la figura 5 puede verse su colocación en el turbocompresor.

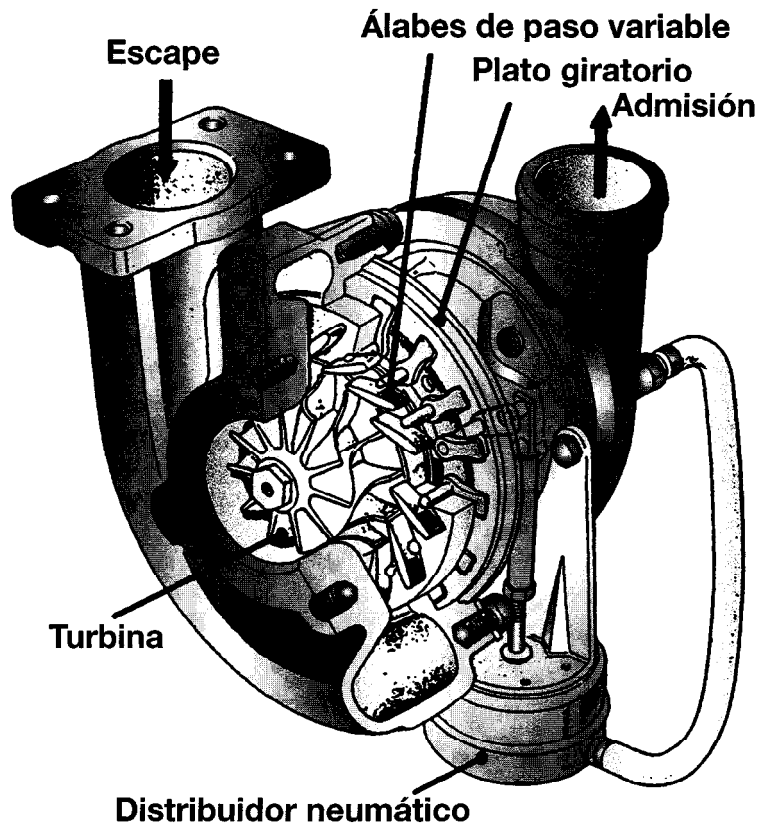
La válvula está formada por una cápsula sensible a la presión compuesta por un muelle, una cámara de presión y un diafragma. El lado opuesto del diafragma está permanentemente condicionado por la presión del colector de admisión del motor al estar conectado al mismo por un tubo. Cuando la presión del colector de admisión supera el valor máximo de seguridad, desvía el diafragma y comprime el muelle de la válvula despegándola de su asiento. Los gases de escape dejan de pasar entonces por la turbina del sobrealimentador hasta que la presión de admisión desciende y la válvula se cierra.

El creciente uso de la electrónica en la gestión del motor también ha venido a ocupar su espacio en la regulación del turbo. Actualmente también se montan válvulas de regulación pero gobernadas por la unidad de control que mediante una electroválvula controla los parámetros de trabajo.

Actualmente están incorporándose en el automóvil los llamados turbos de geometría variable que ya prescinden de la utilización de la válvula de control descrita anteriormente (fig. 6). Se trata de turbocompresores que incorporan unas pequeñas aletas móviles en la periferia de la turbina que se encargan de variar el ángulo y la velocidad con la que los gases de escape empujan a la turbina. De esta forma, al aumentar el número de revoluciones, se aumenta la presión y las aletas se abren más, con lo que se aumenta la sección de entrada de la turbina y los gases pierden velocidad. El efecto contrario ocurre al bajar de vueltas; entonces, al ser menor la presión de admisión las aletas están en su posición más cerrada, con lo que la velocidad es mucho mayor y se provoca el efecto contrario.



fig. 6



115

La refrigeración del aire de admisión

Como resultado del aumento de la presión del aire en el turbocompresor, se consigue aumentar también de forma considerable la temperatura del aire de admisión. Consecuencias de ello se harán notar con una importante disminución del rendimiento del motor y el consiguiente aumento del peligro de detonación. Para minimizarlo, se hace necesario proceder a refrigerar el aire mediante un intercambiador de calor ("intercooler" en inglés) consistente en un radiador que se encargará de enfriar el aire que pase hacia la admisión por la acción de la corriente de aire de marcha.

En la fig. 7 vemos el motor de cuatro cilindros y cinco válvulas con turbocompresor de un Audi A4 1.8 en el que puede apreciarse el intercambiador de calor en un primer plano.

En el esquema de la figura 8, correspondiente a un motor Renault, se puede apreciar el recorrido de los gases por los diferentes conductos de admisión y escape, siguiendo las flechas.

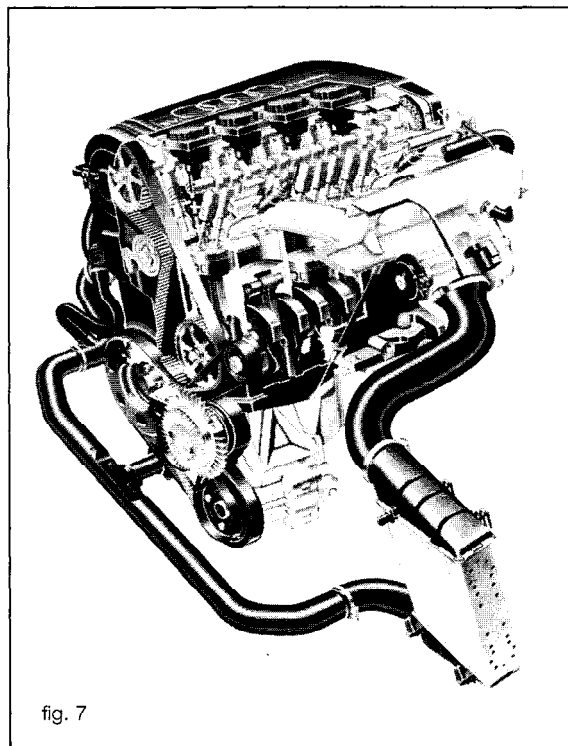




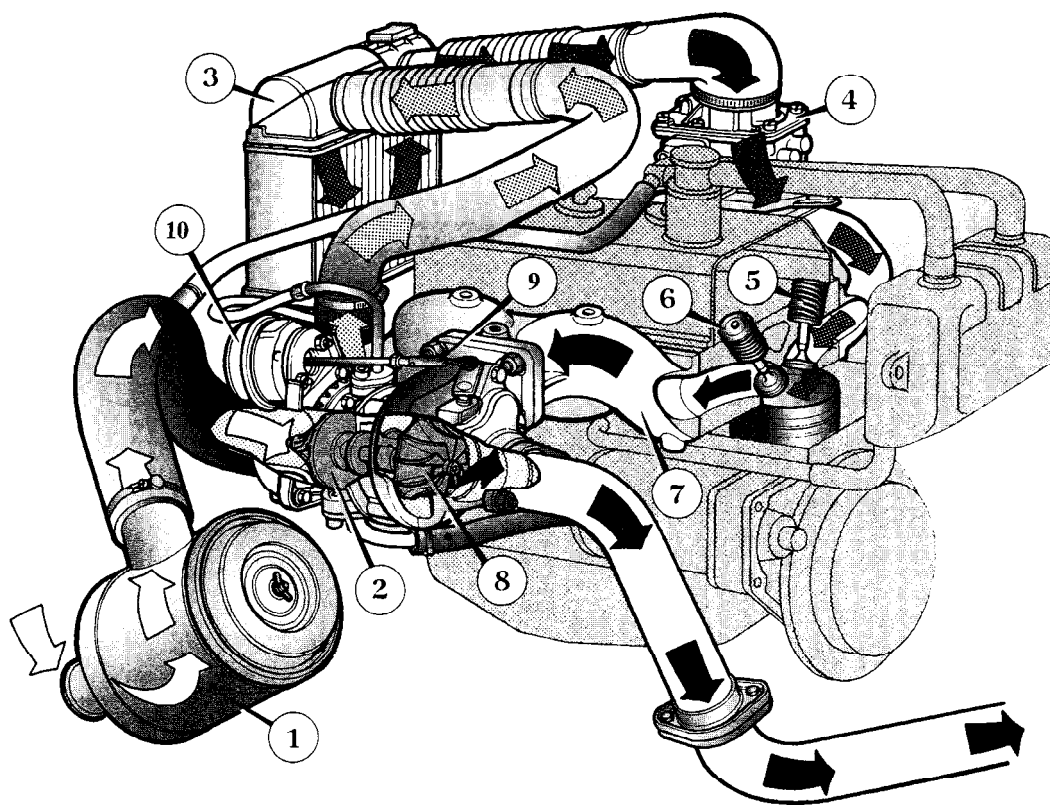


fig. 7

-  AIRE A LA PRESIÓN ATOSFÉRICA
 AIRE COMPRIMIDO DE ADMISIÓN
 AIRE COMPRIMIDO DE ADMISIÓN (REFRIGERADO)
 GASES DE ESCAPE



1. Filtro de aire.
2. Turbina de compresión de aire de admisión.
3. Refrigerador de aire de admisión comprimido.
4. Carburador "soplado".
5. Válvula de admisión.
6. Válvula de escape.
7. Colector de escape.
8. Turbina de arrastre accionada por los gases de escape.
9. Mando de la válvula de derivación de gases de escape.
10. Cápsula de regulación de la presión de sobrealimentación.

fig. 8

DIAGNOSIS DEL SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN

SÍNTOMA	EFEECTO	CAUSA	SOLUCIÓN
Ruidos o vibraciones en el turbocompresor.	Turbocompresor defectuoso.	Rozamientos parásitos de la turbina de accionamiento o del compresor.	Sustituir el turbocompresor completo.
		Mala lubricación de los anillos del eje de turbinas.	Controlar la presión del aceite y los conductos de aceite del turbo.
Defectos de presión.	Presión y potencia insuficiente.	Circuito de admisión de aire taponado, conductos deformados/mal montados o tubos de admisión defectuosos.	Limpiar, controlar o cambiar, si es necesario, las piezas del circuito de admisión de aire.
		Válvula de presión de sobrealimentación que no cierra.	Si es posible, sustituir la válvula de regulación de presión; en caso contrario cambiar el turbo.
		Circuito de inyección defectuoso.	Controlar la bomba de inyección.
		Presiones de compresión débiles (fuera de los valores prescritos).	Controlar la estanqueidad en la válvulas y los cilindros.
	Presión de sobrealimentación excesiva.	Conducto de sobrealimentación defectuoso.	Comprobar el estado del conducto; si es preciso, sustituirlo.
		Válvula de sobrealimentación que no se abre.	Controlar la válvula de regulación o sustituirla.
Pérdidas de aceite.	Humo azul.	Guarniciones de estanqueidad del lado de la turbina o del lado del compresor defectuosas.	Controlar el turbo y si es necesario sustituirlo.
		Conducto de retorno de aceite del turbocompresor taponado o deformado.	Limpiar el conducto de retorno de aceite o sustituirlo.
	Por el turbocompresor.	Conductos de llegada y/o de retorno de aceite defectuosos.	Limpiar el turbocompresor y buscar el origen de las pérdidas.
		Perdidas de aceite por los apoyos del turbocompresor.	Sustituir el turbocompresor.
Emisiones de humo negro.		Circuito de admisión de aire taponado, conductos o circuito de admisión deformados/mal montados.	Limpiar el circuito de aire completo.
		La válvula de reglaje de la presión de sobrealimentación no se cierra.	Controlar y, si es posible, sustituir, la válvula de regulación de presión; de lo contrario cambiar el turbo completo.



CONTENIDO DE LA PARTE PRÁCTICA

119

En este apartado de prácticas, vamos a ver el mantenimiento del turbocompresor y el control de la presión de sobrealimentación.

Introducción

El turbocompresor y la válvula de regulación no exigen un mantenimiento particular.

Mantenimiento (consejos importantes)

Deben respetarse las sustituciones del aceite motor y de los filtros de aceite y de aire preconizadas por el constructor.

Controlar atentamente el estado y la conexión de los circuitos de aceite, de aire y de escape.

En caso de un desmontaje, proteger los orificios descubiertos después de desacoplar las fundas del turbocompresor para impedir la penetración de impurezas.

Después de desmontar el turbocompresor, en el momento del montaje, llenar obligatoriamente los pasos de aceite con aceite motor para evitar un griado durante la puesta en marcha.

Nota: El turbocompresor sólo se puede revisar o reparar en los talleres especializados. Es obligatorio un equilibrado muy preciso (velocidad de rotación muy alta).

Si el turbocompresor falla, realizar los controles siguientes:

- Filtro de aire,
- Los pasos de aire (taponamientos, pérdidas),
- Los colectores de escape y de admisión,
- El circuito de lubricación (taponamientos, pérdidas),
- El circuito de ventilación del motor,
- Los reglajes de base del motor.

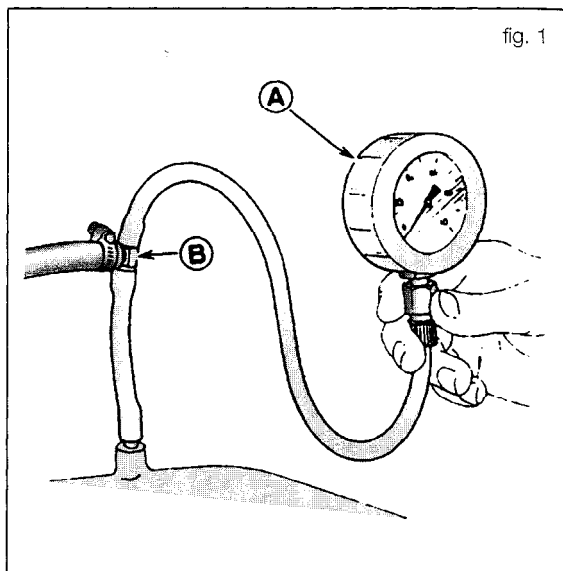
Control de la presión de sobrealimentación

La presión de sobrealimentación debe medirse cuando se sospecha que la potencia del motor baja.

Atención: Una presión de sobrealimentación insuficiente no significa necesariamente que el turbocompresor está defectuoso.

Para efectuar un control de la presión, conectar el manómetro [A] (fig 1) mediante un racor [B] en el conducto entre el colector de admisión y la bomba de inyección.

Antes de medir la presión, hacer funcionar el motor durante unos instantes a un régimen estable.

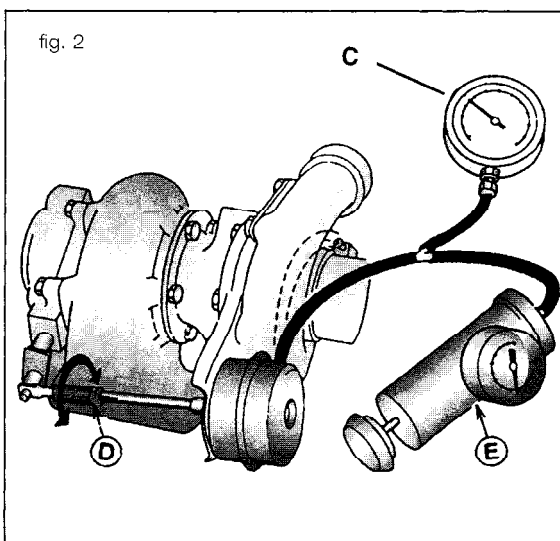


La presión media de un turbocompresor en vacío se sitúa alrededor de los 0,4 bar.

Con el motor en carga, la presión máxima no debe ser superior a 0,9 bar.

En ciertos modelos de turbocompresores es posible actuar sobre la válvula de regulación para un ajuste de la presión.

Conectar el manómetro [C] (fig 2) con una bomba de vacío [E].



Crear depresión hasta aproximadamente 0,8 bar y mantener la palanca empujada hacia adelante (válvula cerrada).

Ajustar con precisión la longitud de la varilla de unión [D] para que se corresponda exactamente con la rótula de la palanca.

111 / 111

LUBRICANTES Y LUBRICACIÓN

Reducir al mínimo el desgaste de las piezas móviles del motor, que se produce por su rozamiento, y evitar su agarrotamiento por el exceso de calor (gripado). Esta es la finalidad principal que se persigue con la lubricación.

Esta finalidad se consigue por la interposición de una fina película de lubricante entre las piezas o superficies metálicas que pudieran llegar a entrar en contacto, bien sea a presión o por deslizamiento, evitando con ello el desgaste de las piezas del motor (fig. 1).

La lubricación de los motores, además de la función principal de evitar el roce o deslizamiento directo entre las diferentes superficies metálicas en movimiento, cumple muchos otros cometidos; de la unión de todos ellos, dependerá la vida, la fiabilidad y el rendimiento del motor.

Con la lubricación óptima de un motor, se obtiene, además de la finalidad principal:

- Refrigerar las partes móviles y aquellas a las que no tiene acceso el circuito de refrigeración.
- Colaborar en asegurar la estanqueidad necesaria del cilindro.

- Reducir el coeficiente de rozamiento dinámico.
- Amortiguar y absorber choques entre elementos sometidos a presión.
- Efectuar una limpieza de los órganos lubricados mediante el arrastre de impurezas.

Aun disponiendo de un buen lubricante, existen una serie de factores que determinan una buena lubricación y por tanto que posibilitan o impiden la consecución de los objetivos propuestos. Estos condicionantes son básicamente:

- Las presiones a que se someta la película de lubricante.
- La calidad superficial de las superficies en contacto.
- La calidad y naturaleza del material en contacto.
- La holgura existente entre los elementos móviles.
- El ángulo de ataque (la forma) de las piezas en movimiento.
- La velocidad de rozamiento relativa entre las piezas lubricadas.

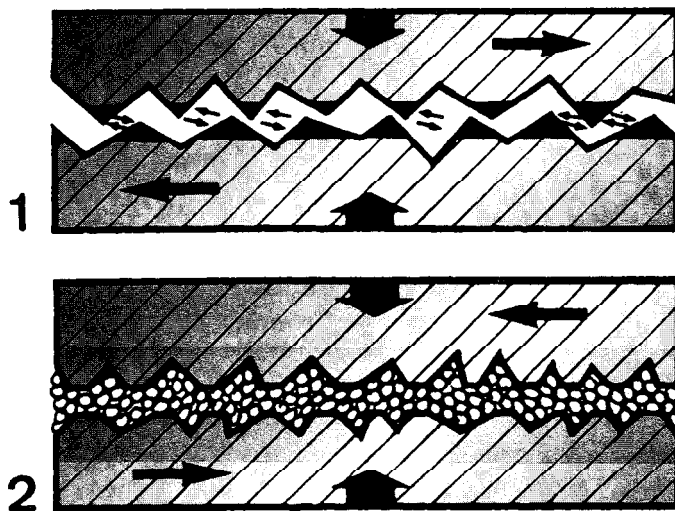


fig. 1

1. Ejemplo de dos partes metálicas en frotamiento vistas con microscopio
2. Ejemplo de dos partes metálicas en frotamiento con lubricante vistas con microscopio



LUBRICANTES

Llamamos lubricante a toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintética que puede utilizarse para reducir el rozamiento entre elementos en movimiento.

Según su naturaleza, se clasifican en:

- Parafínicos:

- Alto índice de viscosidad.
- Baja volatilidad.
- Bajo poder disolvente.
- Alto punto de congelación.

- Nafténicos:

- Bajo índice de viscosidad.
- Densidad más alta.
- Mayor volatilidad.
- Bajo punto de congelación.

-Aromáticos:

- Índice de viscosidad muy bajo.
- Alta volatilidad.
- Fácil oxidación.
- Tendencia a formar resinas.
- Emulsionan fácilmente con el agua.

Según su estado, se clasifican en:

- Sólidos, como el grafito o el sulfuro de molibdeno.
- Semisólidos, como las grasas.
- Líquidos como son los aceites.

Principalmente, distinguiremos, como lubricantes industriales utilizados en automoción entre:

- Aceite lubricante para motores.
- Aceite lubricante para transmisiones.
- Grasas lubricantes.

ACEITE DE MOTOR

Un moderno lubricante para motores está compuesto por dos grandes familias de productos: la base y los aditivos.

La base de origen mineral es obtenida por destilación de hulla, pizarra y principalmente crudo de

petróleo que está compuesto por hidrocarburos (en su mayor parte hidrógeno y carbono, en menor proporción oxígeno, azufre y nitrógeno). Representa entre el 80 y el 90% del lubricante acabado.

Los aceites obtienen su base sintética por síntesis química como los poliglicoles, polialfaolefinas (PAO), siliconas (metil y fenil), poliéteres aromáticos y alifáticos y ésteres (principalmente ésteres de ácidos grasos y derivados del silícico fosfórico, entre otros).

PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES

Las propiedades que se distinguen en los lubricantes son principalmente de tres tipos:

a) *Propiedades físicas:*

- Color y fluorescencia.

En la actualidad esta característica carece de 123 valor crítico de evaluación ya que los aditivos enmascaran estas propiedades. Por otro lado, no existe ninguna relación entre el color y la calidad de un lubricante.

- Densidad.

Es la relación entre la masa y el volumen o lo que se conoce como peso específico. Es conocido que el aceite tiene una densidad inferior a la del agua.

Los aceites de origen aromático son los que tienen mayor densidad, los nafténicos se consideran de densidad media y los de origen parafínico poseen la menor densidad.

- Viscosidad.

Se considera la propiedad física más importante de los aceites y se puede definir como la facilidad de movimiento que tienen sus moléculas entre sí, la medida de su rozamiento interno o la resistencia que tiene el aceite al fluir.

- Fluidez.

Es la propiedad opuesta a la viscosidad. Vulgarmente se denomina aceite grueso a uno que sea denso, es decir viscoso y que le cuesta fluir y llamamos aceite fino a aquel que es menos denso, es decir, fluido.

b) Propiedades térmicas:

- Índice de viscosidad.

En los líquidos, al aumentar la temperatura disminuye su viscosidad. En los aceites, es fundamental que la viscosidad disminuya lo menos posible al elevarse la temperatura.

Cuanto mayor sea el índice de viscosidad de un aceite lubricante para motor, se verá menos influido en su viscosidad por la elevación de cargas y temperaturas y por tanto un mejor comportamiento lubricante.

- Punto de inflamación.

Es la temperatura mínima a la cual el aceite desprende la cantidad suficiente de vapores para inflamarse, momentáneamente, al serle aplicada una llama.

Por otro lado, cuando un aceite se quema, deja residuos carbonosos que forman depósitos no deseados y pueden favorecer fenómenos como el autoencendido o la detonación.

Un buen lubricante, además de tener un punto de inflamación alto para dificultar su combustión, debe ofrecer poca tendencia a la formación de residuos carbonosos.

- Punto de congelación.

Es la temperatura en la cual el aceite pierde toda capacidad de fluir. Es por tanto interesante que este punto sea lo más bajo posible atendiendo a las necesidades de utilización.

Con frecuencia los aditivos mejoran notablemente este punto de congelación.

- Punto de enturbiamiento.

Es la temperatura a la que las parafinas y otras sustancias empiezan a separarse en forma de cristales aumentando notablemente el riesgo de obstrucciones en el circuito de lubricación.

- Punto de anilina.

Es la temperatura mínima a la que una mezcla a partes iguales de aceite y de anilina llegan a solubilizarse totalmente.

Este punto es importante a fin de proteger los sistemas de estanqueidad constituidos por caucho o elastómeros.

c) Propiedades químicas:

- Formación de espumas.

Un aceite produce espuma superficial por agitación enérgica con el aire u otro gas, estando dicha espuma constituida por la agrupación de burbujas de distintos tamaños.

Si esto llega a producirse en un grado elevado, tendremos pérdidas de aceite, una lubricación ineficaz y un consumo elevado de aceite. Por tanto, el grado de no formación de espumas es otra de las características del aceite.

- Emulsibilidad.

Capacidad del aceite de separarse del agua en condiciones normales.

- Aeromulsión.

Es la emulsión de pequeñísimas burbujas de aire en el aceite, inferiores a las que forman la espuma.

- Número de neutralización (acidez-alkalinidad).

Es la cantidad de álcali o ácido que se requiere para neutralizar el contenido ácido básico del lubricante.

- Corrosión del cobre.

Es importante determinar la capacidad de corrosión a los materiales blandos, una vez entrado en uso el lubricante, como por ejemplo en los cojinetes antifricción.

Representan entre un 10 y un 20% del lubricante y tiene como misión mejorar las características de la base además de complementarla para asegurar una buena lubricación (fig. 2).

- Antioxidantes.

Destinados a retardar la oxidación del aceite evitando la oxidación a altas temperaturas, cosa que favorece la aparición de lodos y barnices, un aumento de la viscosidad y la aparición de productos ácidos corrosivos.

- De viscosidad.

Si bien en algunas bases sintéticas no se hacen necesarios estos aditivos por tener ya de por sí un índice de viscosidad elevado, en la mayoría de aceites no sintéticos se utilizan para mejorar y elevar el índice de viscosidad.

- Antiespumantes.

Disminuyen la inserción del aire en el lubricante y evitan su oxidación.

- Detergentes.

A temperaturas medias y altas, se encargan de mantener libre al motor de depósitos de lacas, barni-

ces residuos carbonosos mediante la suspensión de estos nocivos depósitos.

- Dispersantes.

Complementan a los aditivos detergentes impidiendo la aglomeración de las suspensiones.

- Anticorrosivos.

Junto con los antioxidantes, se encargan de evitar la oxidación del aceite y la formación de ácidos nocivos para ciertos componentes del motor.

- Antiherrumbre.

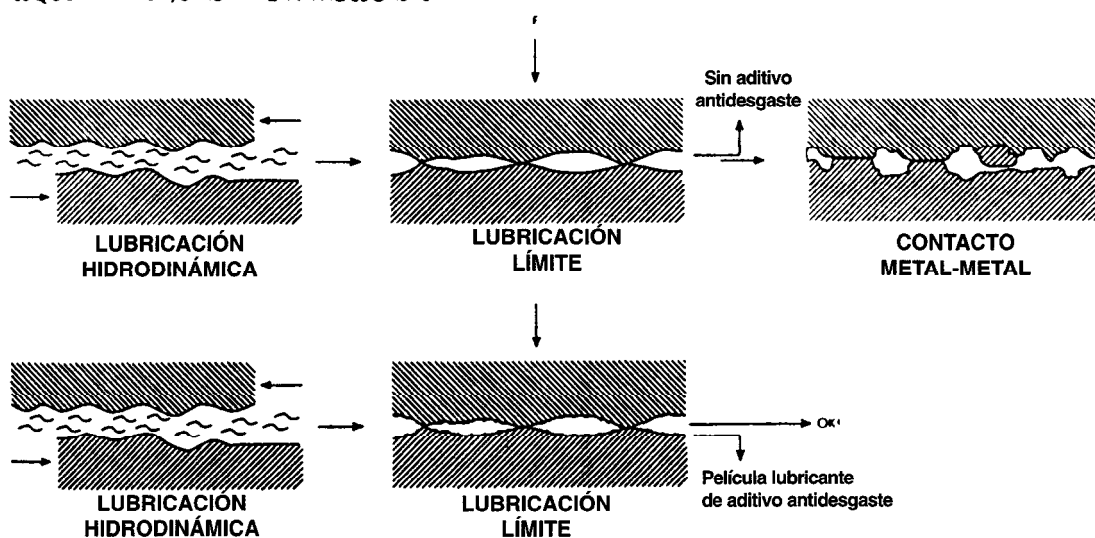
Evitan la herrumbre de los elementos férricos al impedir la condensación de la humedad en el interior del motor.

- Antidesgaste.

Junto a los aditivos de extrema presión, refuerzan la película de aceite evitando el contacto metal-metal a bajas temperaturas y suavizando el rozamiento.

fig. 2

ESQUEMA TRABAJO ADITIVO ANTIDESGASTE



Existen dos grandes sistemas de clasificación de los aceites lubricantes:

Una primera clasificación la estableció la Sociedad Americana de Ingenieros del Automóvil SAE (Society of Automotive Engineers) que toma en consideración las características geológicas de los lubricantes, básicamente su viscosidad en función de la temperatura.

La segunda clasificación, la que toma en consideración el uso a que se destina el lubricante, la utilización del motor y la calidad del aceite, es muy diversa, ya que tanto las sociedades civiles como militares y los propios fabricantes de vehículos han creado diferentes clasificaciones.

Las especificaciones civiles más ampliamente aceptadas son las API (American Petroleum Institute) que ya fueron aceptadas en 1947 y que han sido revisadas y actualizadas periódicamente y la clasificación CCMC que determinó el Comité de Constructores de Automóviles del Mercado Común hoy sustituidas por la clasificación ACEA, la Asociación de Constructores Europeos de Automóviles.

- Clasificación SAE

Hemos de distinguir en ellas dos grupos: la clasificación SAE J 300 E, para aceites de cárter y la clasificación SAE J 306 para lubricantes de transmisiones.

Viscosidad	Viscosidad máxima s.c.c.		Temperatura límite de bombeabilidad máxima en	Viscosidad mínima a 100 °C
Núm. SAE	°C	cPoises	°C	cSt
0W	-30	3250	-35	3,8
5W	-25	3500	-30	3,8
10W	-20	3500	-25	4,1
15W	-15	3500	-20	5,6
20W	-10	4500	-15	5,6
25W	-5	6000	-10	9,3
20				5,6
30				9,3
40				12,5
50				16,3

Nota:

- (cSt) o centistokes, unidad de medida de la viscosidad en pruebas de laboratorio.
- cPoises, unidad de medida de la viscosidad
- W, letra indicativa de su utilización para temperatura ambiente inferior a 0 grados. Abreviatura de "winter" (invierno en inglés).

La tabla refleja la clasificación de aceites monogrado. Por combinación de dos o más aceites monogrado, se obtienen los llamados aceites

multigrado. Así por ejemplo un aceite SAE 20W40 satisface las exigencias de un aceite grado SAE 20W y de un SAE 40, lo que supone una utilización eficaz del lubricante en temperaturas ambiente comprendidas entre -10 y 40 grados centígrados.

La clasificación SAE J306 funciona de forma similar comprendiendo entre el 70W, 75W, 80W y el 85W para temperaturas bajas y las clasificaciones 90, 140 y 250 de viscosidad.



- Clasificación de calidad según API

La clasificación de calidad API, si bien es americana, la encontramos en prácticamente todos los productos del mercado; por tanto se hace referencia a ella aunque sólo sea por comparación y ayuda a la comprensión del tema de clasificaciones.

Las especificaciones API utilizan la letra S ("service") para los motores de gasolina y la letra C ("commercial") para los motores Diesel industriales. A esa primera letra les sigue otra que definirá su grado de utilización. Así:

SA. - Aceites minerales sin aditivos. Obsoleto.

SB. - Aceite sólo con inhibidores de oxidación. Utilizado desde 1930. Obsoleto.

SC. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1964. Utilizado en turismos y camiones ligeros hasta 1967. Obsoleto.

SD. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1968. Sustituto del SC. Utilizado en turismos y camiones ligeros hasta 1970. Obsoleto.

SE. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1972. Sustituto del SC y del SD. Utilizado en turismos y camiones ligeros. Obsoleto.

SF. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1980. Sustituto del SC, SD y del SE. Utilizado en turismos y algunos camiones ligeros. Obsoleto.

SG. - Aceite para motores de gasolina actuales. Sustituye a todas las anteriores especificaciones. Utilizado en el servicio típico de motores de gasolina para turismos, evita la formación de lodos negros además de proteger contra la oxidación, la corrosión, la formación de depósitos y un mejor comportamiento antidesgaste.

SH. - Aceite para motores de gasolina actuales. De similares características que el SG pero ha sido homologado según el código de la CMA (Chemical Manufacturers Association), lo que de hecho supone una mayor calidad.

SJ. - Aceite para motores de gasolina actuales. Clasificación introducida en octubre de 1996 y de utilización en cualquier motor actual de gasolina.

Las clasificaciones API que se indican como obsoleto, lo son porque ya no se homologan.

Para las clasificaciones API SG, SH Y SJ, se estiman períodos de cambio de aceite de hasta 15.000 Km.

Con las especificaciones SH y SJ, además, se consigue reducir los consumos de combustible por su adición de mejoradores de la fricción y por ser productos de baja viscosidad.

En la actualidad, las especificaciones API no utilizan productos que puedan envenenar los catalizadores, utilizando metales de aditamento compatibles con éstos.

La clasificación API para vehículos Diesel, queda así:

CA. - Aceite para motores Diesel en condiciones de trabajo suaves o moderadas. Utilizado entre los años 1940 y 1950. Utilizando gas-oil de alta calidad, protege contra la corrosión de cojinetes y depósitos en los segmentos. Obsoleto.

CB. - Aceite para motores Diesel en condiciones de trabajo suaves o moderadas. Utilizado a partir de 1949. Utilizando gas-oil de baja calidad, protege contra el desgaste y en la formación de depósitos por el alto contenido de azufre del combustible. Obsoleto.

CC. - Aceite para motores Diesel en condiciones de trabajo suaves o moderadas, aspirados o sobrealimentados y para motores de gasolina en condiciones severas. Utilizado a partir de 1961. Protege eficazmente a altas temperaturas contra la corrosión y la formación de depósitos a los motores Diesel y a bajas temperaturas a los motores de gasolina. Obsoleto.

CD. - Aceite para motores Diesel aspirados o sobrealimentados. Utilizado a partir de 1965. Especialmente indicado para el control de desgastes y formación de depósitos utilizando todo tipo de gas-oil y especialmente aquellos con alto contenido de azufre. Obsoleto.

CE. - Aceite para motores Diesel sobrealimentados. De similares características que el aceite CD pero con mayor protección frente al pulido de camisas.

CF. - Aceite para motores Diesel de inyección indirecta. De similares características que el aceite CD, mejora el control de depósitos, el desgaste y la corrosión de las aleaciones de cobre incluso con combustibles con alto contenido de azufre.

CF-2. - Aceite para motores diesel de dos tiempos. Especialmente eficaces contra la formación de depósitos en segmentos y cilindros. A pesar de su nomenclatura, no cumplen necesariamente los requerimientos de los otros aceites CF.

CF-4. - Aceite de similares características a la especificación CE. Esta especificación está especialmente dirigida a la reducción de emisiones de partículas en los motores Diesel.

CG-4. - Aceite para motores Diesel de alta velocidad en trabajos de largo recorrido y obreas públicas. Indicado para combustibles con bajo contenido de azufre (entre el 0'05% y el 0'5%). Protege contra la formación de depósitos de alta temperatura, el desgaste, la corrosión, la oxidación y la acumulación de carbón. Especialmente indicado para los requisitos de emisión a partir de 1994.

Las clasificaciones API que se indican como obsoleto, lo son porque ya no se homologan.

Los aceites API CF-4 y CG-4 contribuyen eficazmente a la reducción de emisión de partículas.

Los aceites API actualmente homologados además de facilitar el arranque, minimizar los desgastes y minorar la formación de depósitos, neutralizan adecuadamente los ácidos que se provocan en la combustión de los motores Diesel.

- Clasificación de calidad europea CCMC

A pesar de haber indicado ya que esta clasificación en términos legales ya no existe, tiene todavía una gran difusión comercial; por ello vamos a describirla:

Aceites para motores de gasolina:

G1. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Tiene su equivalencia en el API SE.

G2. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Posee mayor protección y tiene su equivalencia con el API SF.

G3. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Se trata de un producto de baja viscosidad, de alto nivel de protección a altas temperaturas y destinado a reducir el consumo de combustible.

G4. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Aceite de similares características que el G2 pero con mayores exigencias, haciéndolo compatible con elastómeros.

G5. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Aceite de similares características que el G3 pero al igual que el G4, haciéndolo compatible con elastómeros consigue una equivalencia con los API SG.

Los aceites de clasificación G1, G2 y G3 han dejado de homologarse desde 1990 siendo sustituidos por los G4 y G5.

Aceite para motores Diesel:

D1. - Aceite para motores Diesel en vehículos comerciales y con condiciones ligeras de operación.

D2. - Aceite para motores Diesel en vehículos comerciales, aspirados y sobrealimentados, en condiciones severas de uso.

D3. - Aceite para motores Diesel en vehículos comerciales, aspirados y sobrealimentados, en con-



diciones muy severas de uso. Especialmente diseñado para prevenir el pulido de camisas.

PD1. - Aceite para motores Diesel en vehículos de turismo, aspirados y sobrealimentados.

Estas cuatro clasificaciones han dejado de homologarse desde 1990 sustituyéndolas las clasificaciones siguientes:

D4. - Clasificación que sustituye a la D3 con su misma filosofía.

D5. - Clasificación que sustituye a la D4 y que equivale a la API CE.

PD2. - Clasificación que sustituye a la PD1.

Clasificación de calidad europea ACEA

La clasificación ACEA distingue tres categorías: aceites para motores de gasolina, para motores Diesel y para motores Diesel en vehículos de pasajeros.

Aceites para motores de gasolina:

A1. - Aceite para motores de gasolina de óptima calidad. Posee estabilidad al cizallamiento sin variación del grado de viscosidad además de un límite reducido de viscosidad HTHS. Diseñados especialmente para mejorar la economía de combustible.

A2. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Equivale al CCMC G4 aunque posee una estabilidad a la oxidación equivalente al G5.

A3. - Es una calidad mejorada del CCMC G5.

Aceites para motores Diesel:

E1. - Aceite para motores Diesel aspirados o sobrealimentados. Para motores antiguos, con trabajos ligeros y con intervalos de cambio normales. Se corresponde con el CCMC D4.

E2. - Aceite de calidad estándar para uso general en motores Diesel. Cumple las protecciones mínimas contra la formación de hollín de diversos ensayos.

E3. - Es una calidad mejorada del CCMC D5, en términos de protección frente a la formación de hollín respecto del E2 y al API-CG4.

Aceites para motores Diesel en vehículos de pasajeros :

B1.- Aceite para motores Diesel óptima calidad. Posee estabilidad al cizallamiento sin variación del grado de viscosidad además de un límite reducido de viscosidad HTHS. Diseñados especialmente para mejorar la economía de combustible y más severo que el CCMC PD2.

B2.- Aceite de calidad estándar europea para uso general en motores Diesel.

B3.- Aceite de calidad mejorada respecto del B1. Más severo en estabilidad al cizallamiento sin variación del grado de viscosidad y mayor control del incremento de viscosidad y desgastes.

Los aceites A1 y B1 son denominados "Eco" por ser de baja fricción y contribuir con ello al ahorro de combustible.

Los aceites obtienen su base sintética mediante la transformación por síntesis química de distintos tipos de materias primas y no por destilación como lo hacen los aceites minerales.

Estos aceites forman cadenas de hidrocarburos más fuertes, más resistentes a la oxidación y poseen mayores propiedades lubricantes. Son casi insensibles al desgaste de aditivos, lo que motiva su mayor prolongación funcional, haciéndose su sustitución necesaria, únicamente por ensuciamiento y/o absorción de humedad, combustible, etc.

Es de destacar que comercialmente se consideran sintéticos todos aquellos que tienen parte de base mineral y parte de sintética, aproximadamente en una proporción 60-40% aunque en realidad deberían denominarse semisintéticos.

Los aceites sintéticos puros sólo se emplean en 130 competición, donde su precio queda plenamente justificado. El uso de aceites denominados sintéticos

tampoco exime de su cambio, pues como ya se ha dicho, no podemos evitar que se ensucie mediante la mezcla de partículas procedentes de la combustión y/o del desgaste del motor.

Habrà de tener especial cuidado en la limpieza del circuito de lubricación en el supuesto de querer sustituir el aceite mineral del motor por uno sintético ya que comporta riesgos de incompatibilidad considerables y muy a tener en cuenta en la causa de graves averías.

Las materias primas, entre otras, son elementos como los poliglicoles, polialfaolefinas (PAO), siliconas (metil y fenil), poliéteres aromáticos y alifáticos y ésteres (principalmente ésteres de ácidos grasos y derivados del silícico fosfórico, entre otros).

Actualmente en el envasado del aceite es obligatorio la utilización de un etiquetado que especifique las características técnicas y normativas de cumplimiento. En la figura 3 podemos ver la forma de realizarlo en un aceite sintético de la marca Total.

fig. 3

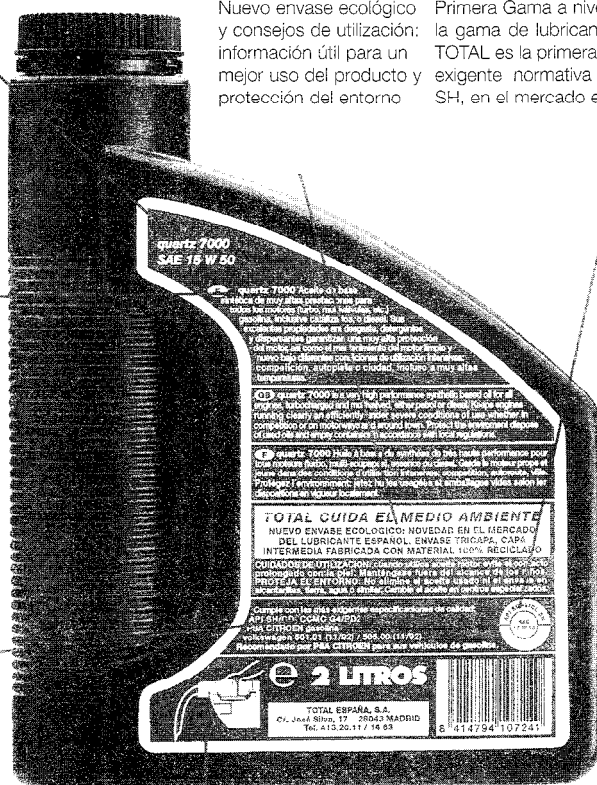
Identificación del producto: datos importantes para el consumidor, que se encuentran en la parte trasera del envase para completar la información

Composición, aplicaciones y propiedades del producto: para el consumidor es sinónimo de alta calidad y de prestación incrementada cuando se trata de bases sintéticas

Características técnicas: traducidas en especificaciones concretas tanto a nivel de organismos internacionales como de constructores

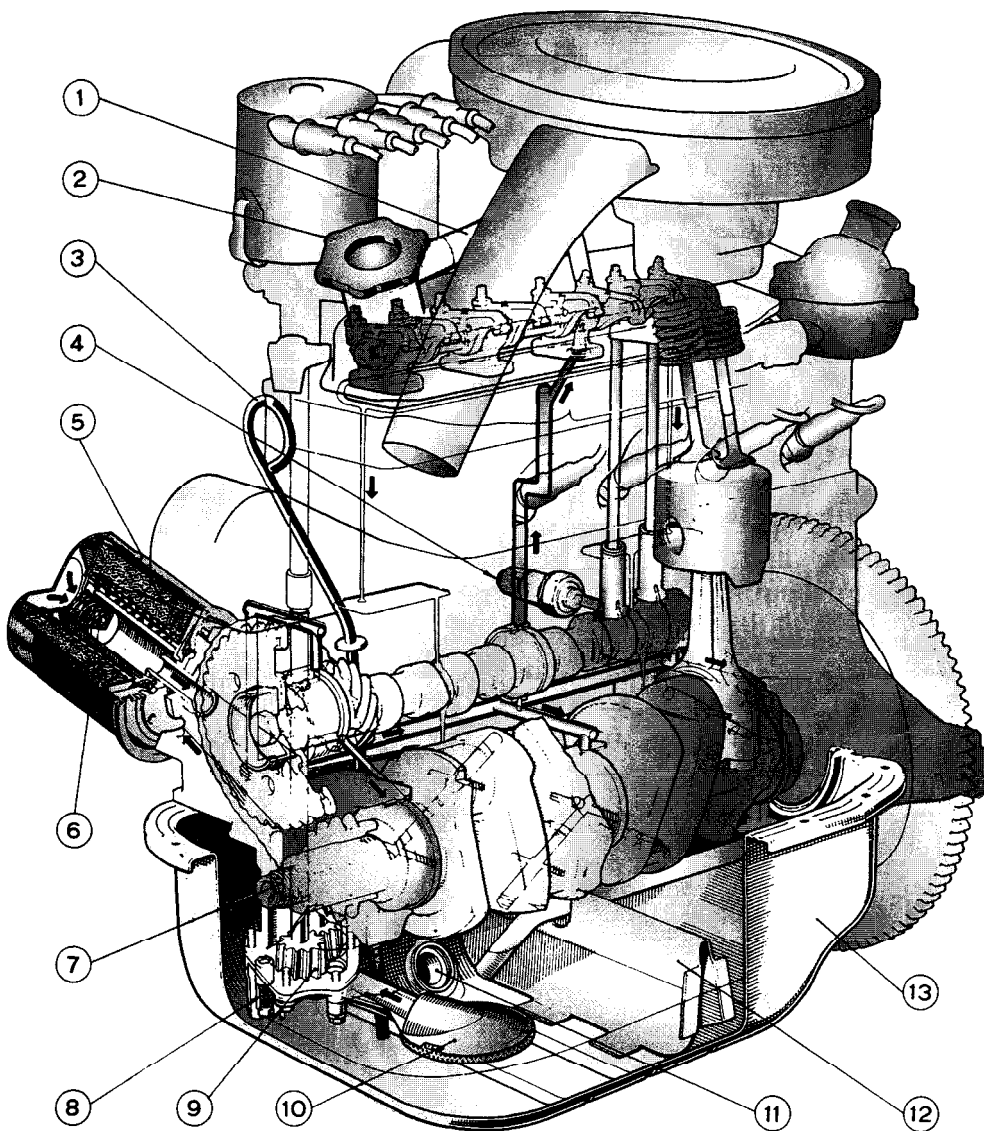
Nuevo envase ecológico y consejos de utilización: información útil para un mejor uso del producto y protección del entorno

Primera Gama a nivel API SH: la gama de lubricantes Quartz de TOTAL es la primera en cumplir la más exigente normativa internacional API SH, en el mercado español



Recuerda el sentido óptimo de vertido gracias a un pictograma sencillo

fig. 4



Esquema de lubricación del motor

- | | |
|---|--|
| 1. Tubo de unión al filtro de aire para recirculación de los gases de respiración y vapores de aceite en el interior del motor. | 6. Válvula de seguridad para excluir filtro en el caso de taponamiento del elemento filtrante. |
| 2. Boca para llenado de aceite. | 7. Conducto de envío de aceite de la bomba al filtro. |
| 3. Varilla indicadora nivel de aceite en el cárter. | 8. Válvula indicadora presión de aceite. |
| 4. Transmisor para señalizador luminoso de suficiente presión de aceite | 9. Bomba de aceite. |
| 5. Filtro de capacidad total. | 10. Filtro de aspiración de la bomba de aceite. |
| | 11. Tapón de descarga del aceite del cárter. |
| | 12. Tabique rompeolas. |
| | 13. Cáter de aceite. |

Cualquiera que sea el sistema de lubricación, éste debe asegurar el suministro de la cantidad de aceite suficiente a todas las partes móviles del motor, con el fin de realizar la lubricación y todas las finalidades con ella perseguidas, de forma conveniente (fig. 4).

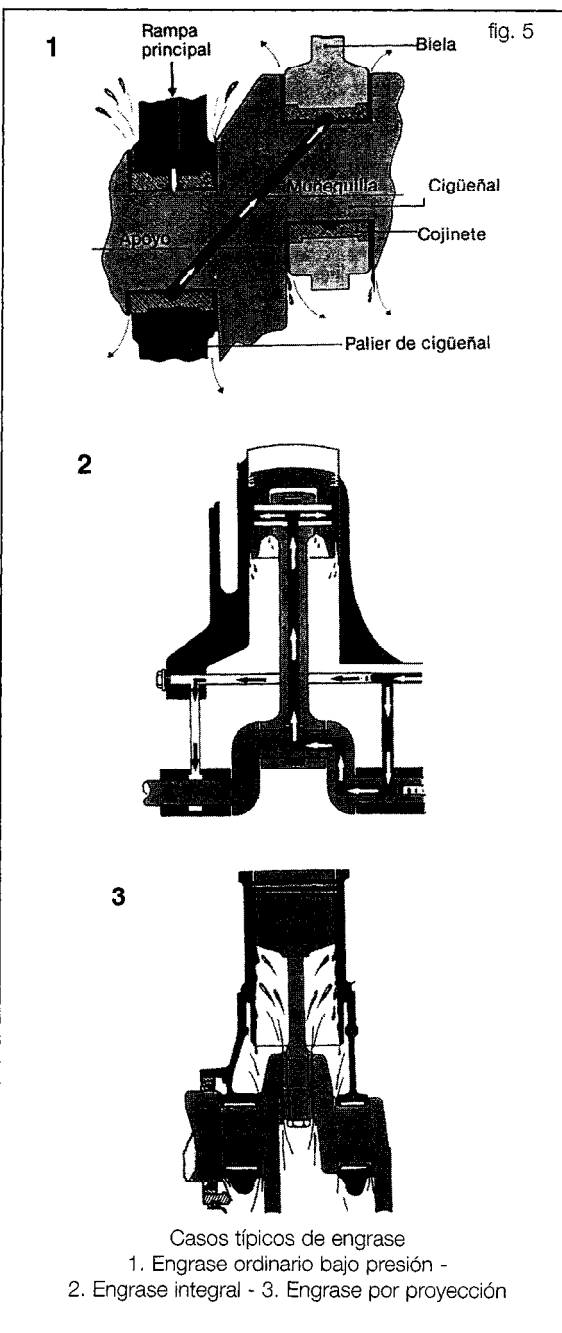
Antiguamente se utilizaba un sistema llamado de barboteo y del cual sólo citaremos aquí su nombre por ser un sistema en el cual el engrase de los elementos móviles no se realizaba a presión y que en un motor moderno resultaría del todo ineficiente.

Actualmente se utiliza el sistema de engrase a presión, con sus diferencias y variantes, donde una bomba recoge el aceite y lo envía por diferentes conductos y canalizaciones a presión a los diferentes puntos y elementos del motor que requieren una lubricación precisa, eficaz, segura y limpia (fig. 5).

El estudio y descripción de estos requerimientos es el siguiente.

5. Asegurada la limpieza del lubricante, el aceite circula por las diferentes ramificaciones del circuito de engrase hasta lubricar los diferentes elementos a los que es conducido.

6. Cumplido el cometido, el aceite cae por gravedad en el cárter, arrastrando con él impurezas, partículas, vapores y otros, donde da inicio de nuevo el ciclo de engrase.



Sistema de engrase a presión

El funcionamiento del sistema, básicamente es como se describe:

1. El aceite es recogido, aspirado desde el cárter, a través de un prefiltro o colador destinado a retener partículas de tamaño relativamente grandes de impurezas o suciedades, por la bomba de engrase.

2. La bomba envía el aceite, sometido ya a una determinada presión (en función de las revoluciones del motor), por una canalización principal, de la que se derivan otras que conducen a los diferentes elementos o partes móviles del motor.

3. Paralelamente, bien en la propia bomba o en el conducto principal de engrase, existe un elemento llamado válvula de alivio o de descarga encargado de limitar la presión suministrada por la bomba.

4. Una vez regulada la presión del aceite, éste pasa, en todo o en parte dependiendo del sistema, al elemento encargado de limpiar el aceite a base de retener en un elemento filtrante las partículas e impurezas en suspensión contenidas en el aceite.



Sistema de engrase mixto

El engrase mixto aprovecha las propiedades del engrase a presión y las combina, para ciertas misiones como pueden ser el engrase de las paredes del cilindro, con las ventajas de un engrase por barboteo al hacer chocar los codos del cigüeñal y las cabezas de biela con la masa de aceite del cárter y levantar una niebla aceitosa encargada de la lubricación de aquellas partes difíciles de lubricar o por el contrario sin las exigencias de una lubricación a presión.

Este tipo de engrase es el más utilizado, de hecho, y prácticamente, todos los motores de engrase a presión aprovechan las características de un engrase mixto.

Sistema de engrase por mezcla de lubricante con el combustible

Éste es el sistema que utilizan los motores de 2T para su lubricación.

Debemos destacar que los lubricantes empleados deben poseer una buena miscibilidad con el combustible a fin de que no formen depósitos de lubricante en el depósito y a la vez deben combinar esta propiedad con la de poder disociarse de la gasolina antes de que ésta haga explosión y poder cumplir así su cometido.

El sistema basa pues su funcionamiento en hacer llegar a las partes móviles del motor una mezcla de combustible-aire-lubricante. La mezcla carburante-lubricante entra en contacto con las partes metálicas y al hallarse calientes dichas superficies, la gasolina se evapora antes que el aceite. De este modo, el aceite depositado en las partes metálicas del interior del motor puede acometer su función antes de ser arrastrado a quemarse junto con el carburante.

Sistema de lubricación por cárter seco

Este sistema prácticamente no se utiliza en los automóviles de turismo actuales pero basa su funcionamiento en un engrase a presión con la particularidad de que el cárter tiene muy poca capacidad y sólo sirve como recogedor del aceite que es devuelto al depósito de donde se sirve la bomba de engrase para suministrar a presión el aceite necesario para la lubricación del motor (fig. 6).

Algunos vehículos de competición donde interesan motores con perfiles bajos o protegerse de pérdidas accidentales de lubricante, además de conseguir una mayor y mejor refrigeración del lubricante, hallan solución con este tipo de sistema de lubricación.

133

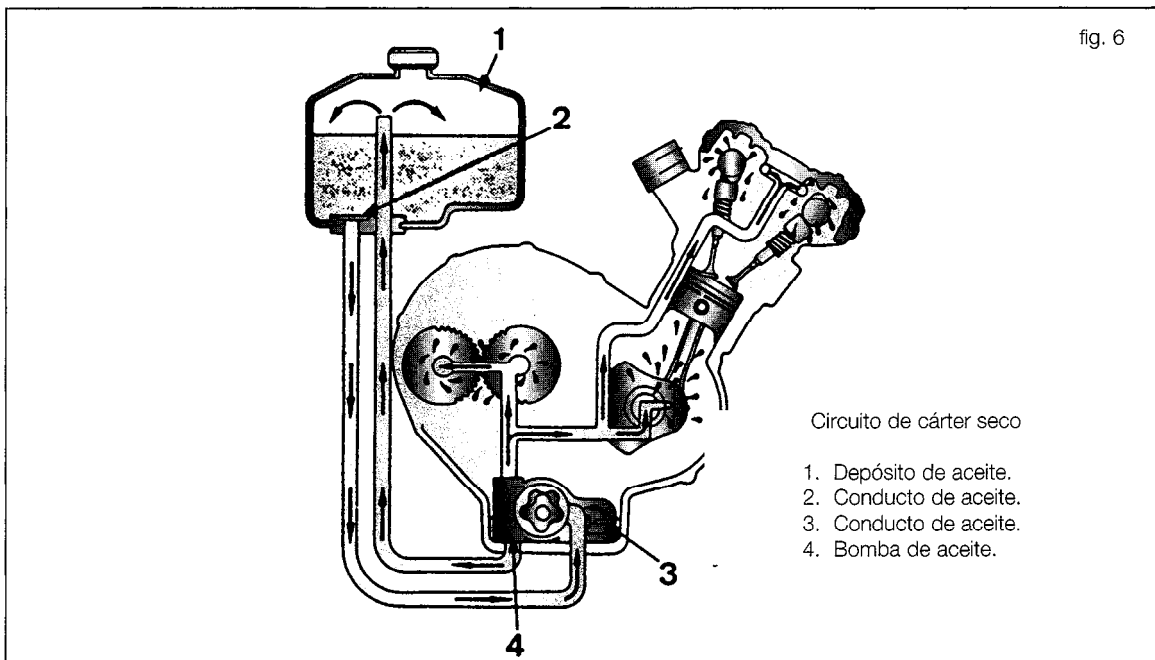
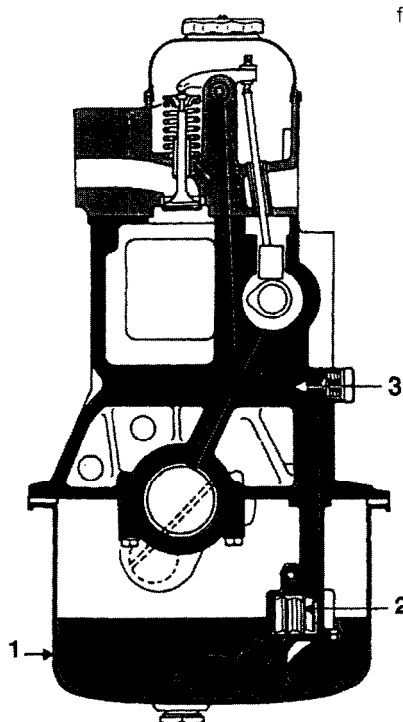
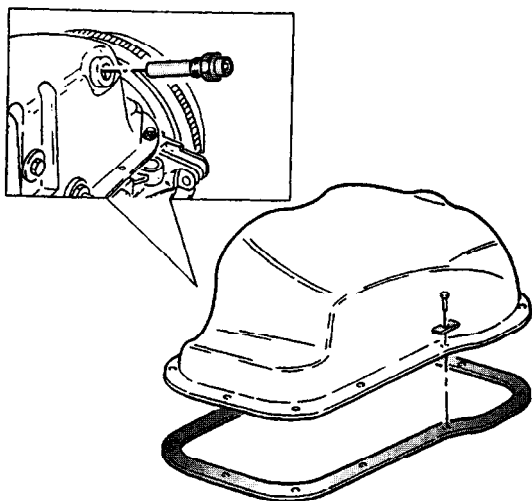


fig. 7



Engrase bajo presión.

El funcionamiento es muy simple: el aceite del cárter inferior (1) es elevado por medio de una bomba (2) bajo presión hacia una rampa principal (3). Esta última asegura la alimentación de todos los puntos a engrasar bajo presión.



Cárter de aceite con la incorporación de un elemento sensor de la temperatura

ELEMENTOS DE LA LUBRICACIÓN

La descripción de los diferentes sistemas de lubricación, no recoge todas las exigencias que presenta un moderno sistema.

Con el estudio de los diferentes elementos y de las exigencias particulares de lubricación se desvelarán éstas.

El cárter (fig. 7)

En principio no tiene mayor importancia que la de ser el recipiente o depósito del aceite necesario para el engrase del motor.

Un examen más detenido de las exigencias de lubricación en un motor moderno con elevadas temperaturas y condiciones de trabajo, muestra que el aceite absorbe fácilmente esta elevada temperatura. Una temperatura del aceite, tomada de éste en el cárter, que superase los 140 grados centígrados sufre un proceso de degradación importante y pierde cualidades.

Si el motor es sobrealimentado o de altas prestaciones, donde se aumentan los puntos de engrase y las exigencias de presión y temperatura que debe soportar el aceite, que puede llegar fácilmente a límites críticos, se comprende fácilmente la necesidad, en muchas ocasiones, de recurrir a algún sistema de refrigeración del lubricante.

El cárter cumple, en algunas ocasiones, este papel de enfriador de aceite. Se construye resistente a los posibles impactos y si además ha de hacer funciones de refrigerador, de un material buen conductor del calor, reforzando las propiedades del material con estrías o aletas que ayuden a la disipación de la temperatura del lubricante.

Además, el cárter dispone de un orificio en su parte más inferior para permitir el vaciado del aceite y aloja la varilla de nivel, aunque en algunos modelos se disponga de indicador eléctrico o electrónico. Se debe destacar también que la mayoría cuentan con separadores con el fin de evitar los trasvases totales del lubricante, sobre todo al subir pendientes pronunciadas, con lo que podría producirse una falta de aspiración de aceite.

Bombas

Aspirar el aceite del cárter y dirigirlo bajo presión a través de las canalizaciones hacia los elementos a engrasar es la principal finalidad de cualquier bomba de engrase.

Con el fin de asegurar la refrigeración ya referida por medio del aceite lubricante, la bomba no sólo debe asegurar una presión suficiente en cada uno de los puntos requeridos de engrase sino además proporcionar un caudal suficiente para este fin secundario pero no menos importante.

En los motores modernos, aproximadamente a unas 3.000 rpm, una efectiva bomba de engrase proporciona un caudal de 55 l/min. Otra manera de expresar el caudal necesario, a nivel teórico, es en l/CV-h; se estima este caudal entorno a los 12-24 l/CV-h a una presión de entre 2 y 4 Kg/cm².

Las soluciones mecánicas para este fin son múltiples y variadas, tanto en el tipo empleado como en la disposición de las mismas. Los principales tipos son cinco:

a) LA BOMBA DE ENGRANAJES (fig. 8)

La constituyen un cárter o cuerpo de la bomba donde se alojan dos piñones, uno conducido (que gira libre en su eje) por el otro, el conductor que toma su giro generalmente del árbol de levas y con dos conductos o pasos, uno de entrada del aceite y otro de salida de éste a presión.

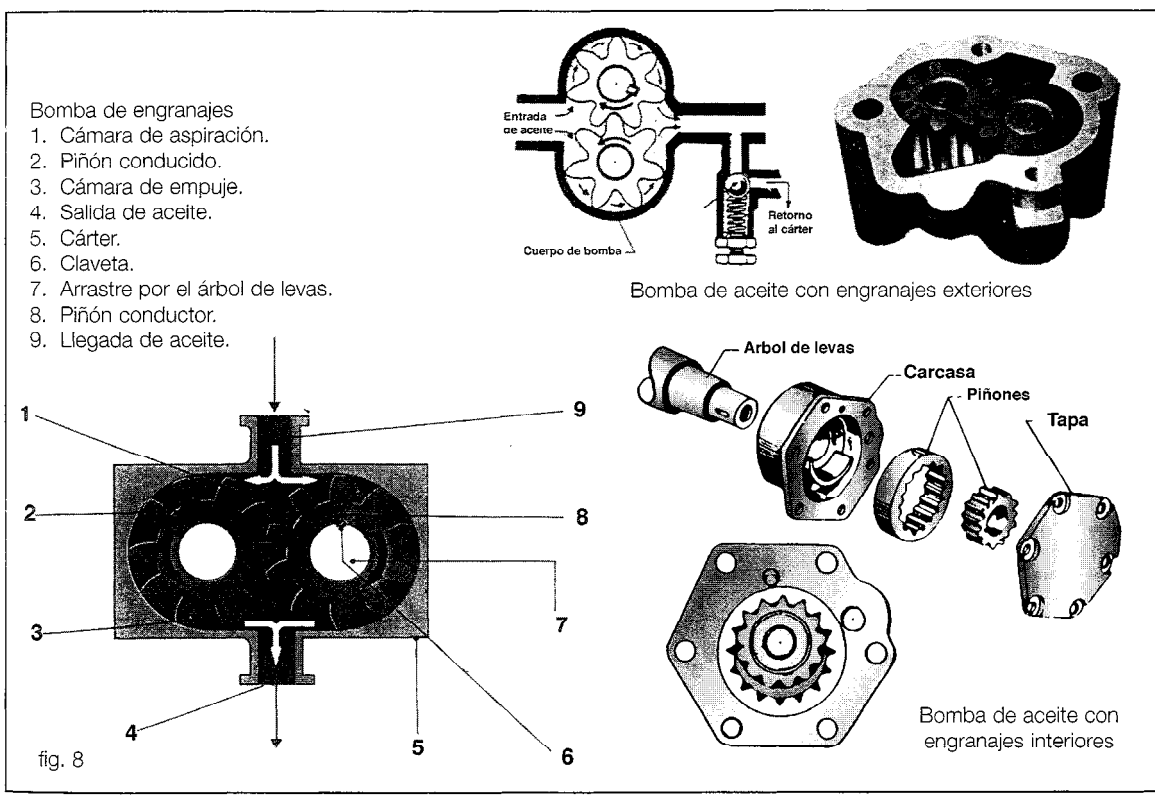
Cuando el motor gira, el eje de mando de la bomba arrastra en su giro a los piñones, este giro de los piñones es suficiente para la aspiración del aceite, por el conducto de entrada a la bomba desde el cárter y a través del prefiltro y la trompa de aspiración. El aceite aspirado se aloja en cada uno de los espacios libres entre los piñones y las paredes del cuerpo de la bomba y es puesto así bajo presión y mandado al conducto principal de engrase.

Este tipo de bomba es todavía ampliamente utilizado en motores no demasiado modernos.

b) BOMBA DE ÉMBOLO

La constituye un cilindro y un émbolo que se desliza por su interior movido por una biela que se articula por su otro extremo en una excéntrica del árbol de levas o un piñón de la distribución.

135



Unas válvulas de efecto contrario, con sus respectivos conductos de entrada y salida de aceite, montadas sobre el cierre del cilindro, se abren o cierran en función de si el pistón sube o baja, aspirando o mandando el aceite a presión sobre el circuito de engrase.

Una variante de este tipo de bomba, menos empleada, la constituye aquella en que el pistón es movido directamente por una excéntrica del árbol de levas en la fase de impulsión del aceite a presión y retornado por efecto de un muelle.

Este tipo de bombas utilizada en motores estacionarios, prácticamente no encontró utilidad en turismos y desde luego no se aplica en los motores actuales.

c) LA BOMBA DE PALETAS (fig. 9)

Está constituida por un cuerpo cilíndrico con un conducto de entrada y otro de salida del lubricante, un rotor ranurado diametralmente, montado excéntricamente en el cuerpo de la bomba, que puede alojar dos o cuatro paletas con un muelle entre ellas encargado de mantenerlas presionadas contra el cuerpo de la bomba formando entre ellas dos o cuatro cámaras.

Cuando el rotor es arrastrado por el giro del motor, el volumen de las dos cámaras formadas varía, aumentando uno y disminuyendo el otro. La cámara que aumenta de volumen coincide con el conducto de entrada del aceite aspirando éste y la cámara que dis-

minuye de volumen envía el aceite atrapado en ella a presión, al conducto de salida y engrase.

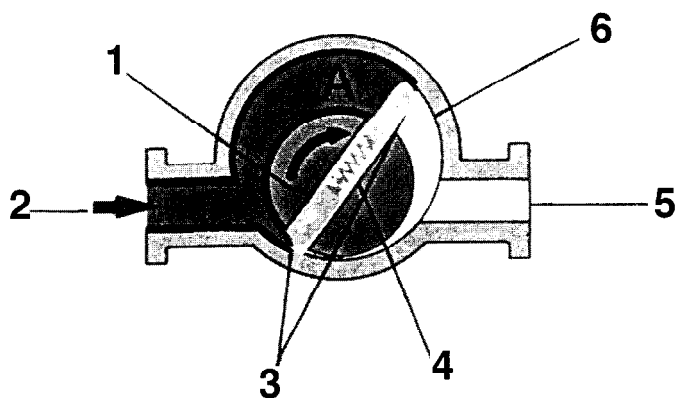
La disposición de los conductos de entrada y salida posibilita que mientras en su giro una paleta empuja el aceite, la otra evita que éste sea devuelto a la aspiración viéndose forzado a salir de la bomba por el conducto de engrase mientras es aspirado de nuevo aceite.

d) BOMBA DE LÓBULOS (fig. 11)

Esta bomba está constituida por un cuerpo cilíndrico con sus respectivos conductos de aspiración y salida de aceite. Aloja dos rotores, uno de exterior (rotor, conducido o movido por el otro y que gira libre en su alojamiento) y otro de interior al primero (rodet), con su eje montado excéntricamente en el cuerpo de la bomba y que es obligado a girar por el motor. El rotor interior tiene un saliente (lóbulos) menos que entrantes (alvéolos) dispone el rotor exterior.

En su giro, los dos rotores van abriendo uno de los espacios que queda entre ellos y la depresión así creada aspira aceite del cárter que se aloja en este espacio que se forma entre ellos. Al continuar el giro, este espacio va reduciéndose sometiendo a presión al lubricante atrapado hasta que el espacio es comunicado con el conducto de salida liberando el aceite sometido a presión en el circuito de engrase.

Su empleo es ampliamente difundido en motores modernos.



Bomba de paletas

1. Rotor.
2. Llegada de aceite.
3. Paletas.
4. Resorte.
5. Salida de aceite.
6. Cuerpo de bomba.

fig. 9

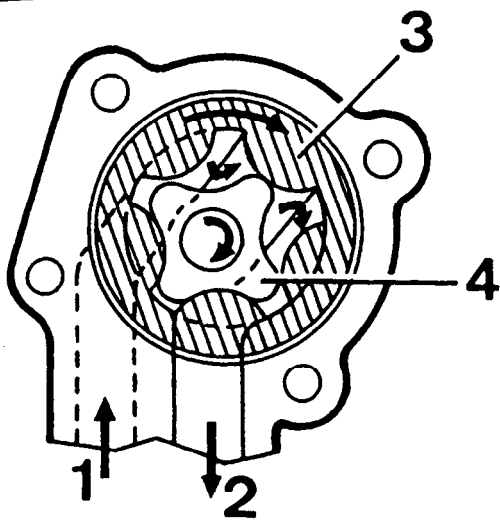


e) BOMBA TROCOIDAL (fig. 10)

Este tipo de bomba es el más moderno utilizado en vehículos automóviles y toma giro directamente del cigüeñal al estar emplazada en el extremo de éste.

La constituyen la carcasa o cuerpo de la bomba y dos engranajes, uno de interior engranado directamente en el extremo del cigüeñal y que en su giro arrastra a una corona dentada (libre en su alojamiento sobre la carcasa) y que engrana con el piñón central de forma excéntrica. Entre ellos, se dispone un espaciador en forma de media luna.

En su giro, el aceite es aspirado por la depresión creada al desplazarse los dientes a la altura del espaciador. El aceite así atrapado entre los dientes, ve aumentada su presión a medida que se alejan del espaciador y van entrando en contacto entre ellos; una vez sometido a presión, es liberado en el conducto de engrase. Esta bomba, entre otras, presenta la ventaja de no contar con elementos de transmisión.

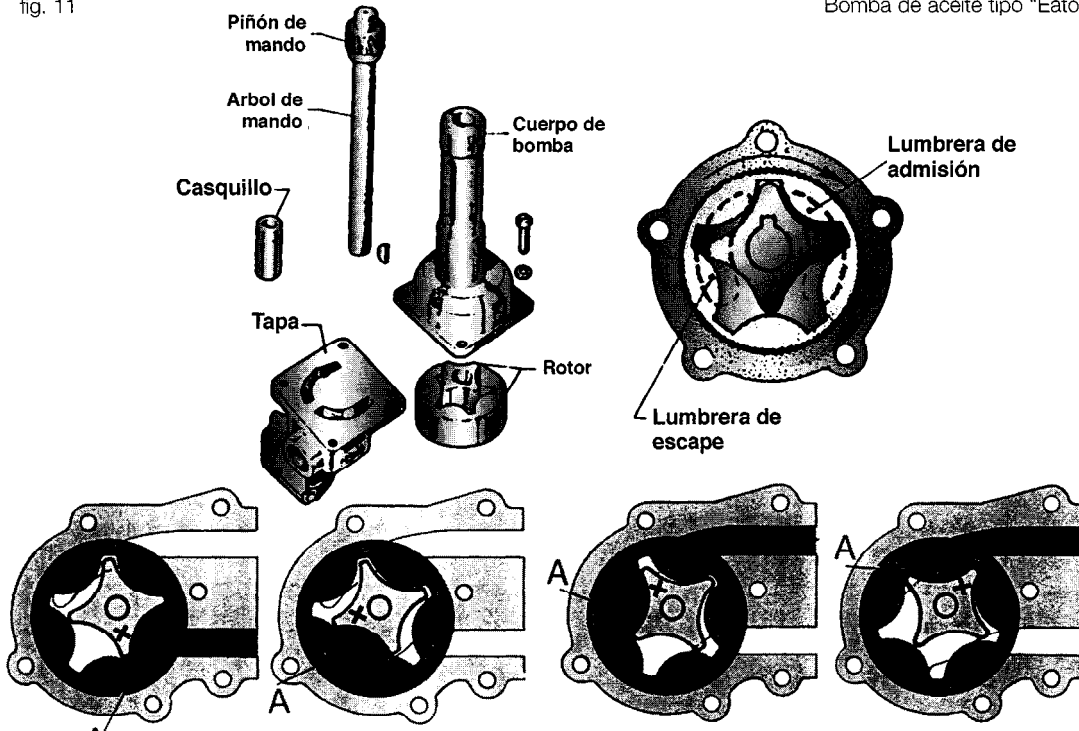


Bomba trocoidal
1. Entrada de aceite.
2. Salida de aceite.
3. Rotor exterior.
4. Rotor interior.

fig. 10

fig. 11

Bomba de aceite tipo "Eaton"



Evolución de la rotación de un alvéolo del rotor interno

Fase de aspiración: El volumen A está enfrente del orificio de llegada del aceite. El rotor gira, el volumen A aumenta. Este aumento de volumen crea una depresión, el aceite es aspirado. Cuando el volumen A es máximo no hay más comunicación con la llegada del aceite.

Fase de empuje: El rotor continúa girando, el volumen A es puesto en comunicación con el orificio de salida. El volumen A comienza a disminuir. El volumen A disminuye hasta ser nulo. El aceite es evacuado a presión por el orificio de salida.

El circuito

El circuito de lubricación es tanto más complejo cuanto lo son las prestaciones que se exigen al motor. Prácticamente no existen dos motores distintos con circuitos similares; todos cuentan con sus especificidades en este complejo capítulo de la lubricación.

A modo de ejemplo y sólo por citar algunas, el circuito de engrase de un motor dependerá, entre otras exigencias de diseño y fabricación, de:

- El número de soportes del cigüeñal.
- La disposición y número del árbol de levas.
- El tipo de bomba utilizada.
- Si utiliza o no empujadores hidráulicos.
- Si el sistema de engrase es mixto, a presión o a presión total.

- La disposición y número de los sistemas de regulación y seguridad.

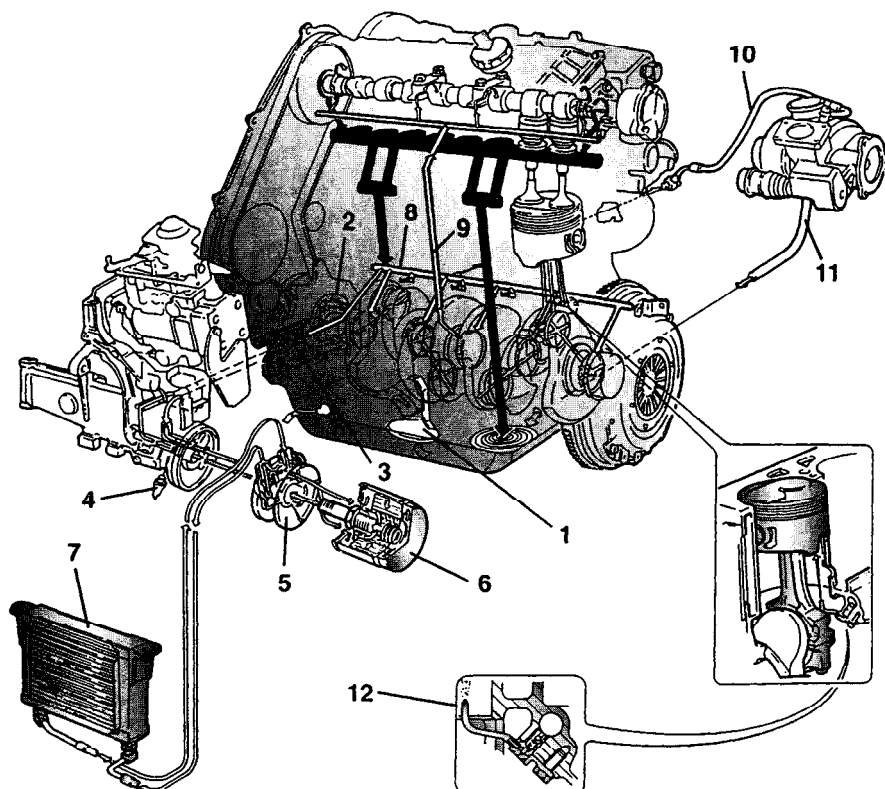
- Si el motor es atmosférico o sobrealimentado.

- El sistema de filtrado.

- Si utiliza o no algún tipo de enfriador, etc.

A todo ello podemos añadir elementos como restrictores de aceite (a fin de aumentar la presión en la parte superior del motor), indicador o indicadores de presión de servicio además de poder tratar en un capítulo aparte el tema de la ventilación del cárter. En la figura 12 vemos un circuito completo de lubricación correspondiente a un automóvil Alfa Romeo. Y en la figura 13, el correspondiente al del motor de un vehículo Nissan, con el esquema de recorrido a lo largo de sus componentes de engrase.

fig. 12



1. Trompetín de aspiración con tamiz.

2. Bomba de aceite.

3. Válvula limitadora de presión.

4. Sensor del testigo de mínima presión de aceite.

5. Soporte para acoplamiento del filtro de aceite válvula termostática.

6. Filtro de aceite de cartucho con válvula by-pass de seguridad.

7. Radiador de refrigeración del aceite motor.

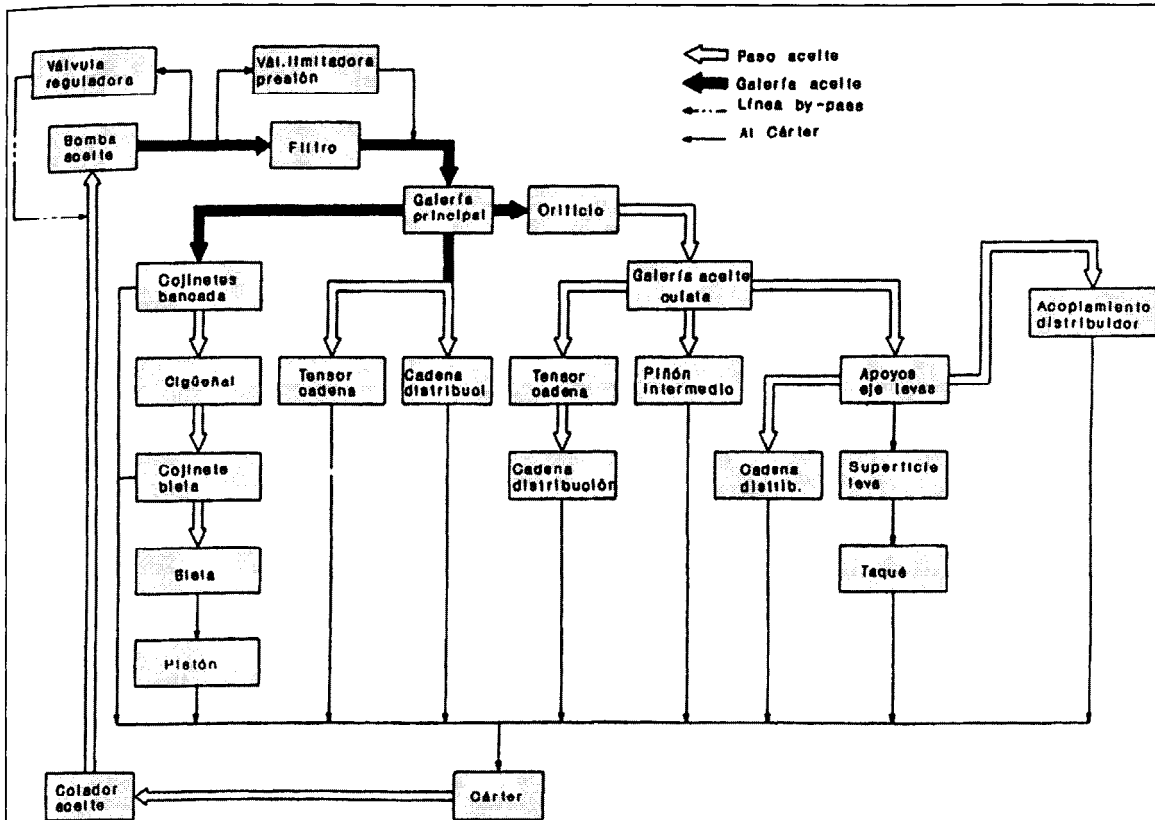
8. Conducto principal de envío del aceite a los distintos órganos.

9. Conducto principal de envío de aceite a los soportes del árbol de distribución.

10. Tubo de envío de aceite al turbocompresor.

11. Tubo de retorno del aceite al cárter del turbocompresor.

12. Rociadores.



139

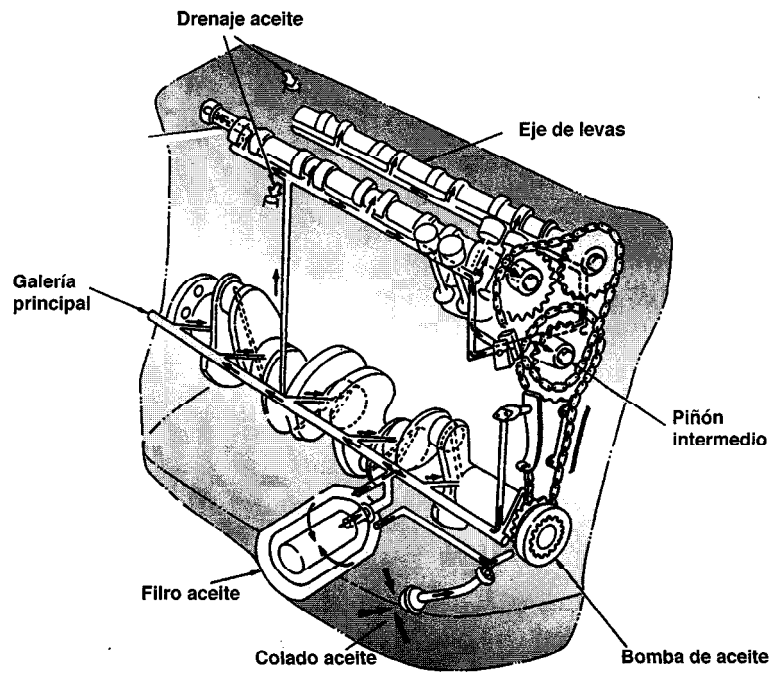


fig. 13

Elementos filtrantes

Eliminar las impurezas que están en suspensión en el aceite y que podrían dañar las piezas, elementos o superficies en movimiento del interior del motor. Ésta se puede considerar la función principal de los elementos filtrantes del sistema de lubricación.

Estas impurezas, que pueden ser partículas metálicas, residuos de la combustión, productos residuales de la alteración del propio aceite o elementos extraños introducidos en el interior del motor, han de ser adecuadamente conducidos por el sistema de engrase (el circuito y el propio aceite) hasta un elemento que los retenga eficazmente y evite la posterior circulación de los mismos por el interior del motor (fig. 14).

El primer paso de todo el proceso ha de hacerse antes de que el aceite llegue a la bomba y evitar daños en ella de las partículas e impurezas más grandes que pueda contener el aceite. El colador o prefiltro de la bomba se encarga de ello.

Una vez el aceite ha sido enviado a presión al circuito de engrase, han de distinguirse dos sistemas de filtrado:

- Filtrado en serie o total.

En esta disposición de filtrado, todo el aceite mandado por la bomba pasa por el filtro.

La ventaja que a priori presenta este sistema (todo el aceite es filtrado cada vez que es enviado a lubricar las diferentes partes del motor), se ve obstaculizada por la posibilidad de obstrucción del filtro y con ello el corte de la lubricación del motor o cuando menos una deficiencia de engrase.

Para evitar en lo posible esta anomalía de funcionamiento, se dispone de una válvula de seguridad, que montada en el propio filtro o exterior a ella, devuelve el aceite (aun sin filtrarse) al conducto principal de engrase.

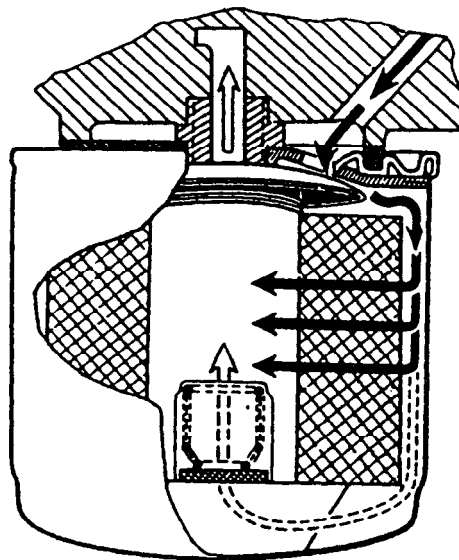
- Filtrado parcial, en derivación o paralelo.

Este sistema no presenta el inconveniente que se apuntaba en el sistema anterior, aunque es el menos utilizado actualmente.

Aquí el aceite que envía la bomba de engrase va, por una parte, directamente a lubricar las diferentes partes del motor y en su camino encuentra una derivación que conduce al filtro de aceite. Parte del aceite pasa pues por el filtro, que una vez filtrado es devuelto directamente al cárter aunque la mayor parte del aceite mandado por la bomba no lo hace.

El problema aquí aparece cuando no hay nada que asegure que una partícula metálica, por ejemplo, llegue a dañar un elemento o a obstruir un paso de aceite del circuito antes de que pueda ser capturada por el elemento filtrante.

fig. 14



Filtro de aceite

Flechas negras: el aceite filtrado
Flechas blancas: el filtro está cortocircuitado



Sistemas de seguridad

Podemos hablar de sistemas puesto que ya hemos visto, en el capítulo anterior dedicado al filtrado, como podía presentarse un problema y el sistema utilizado para solucionarlo.

Pero tanto antes como después de que el lubricante haya sido mandado a presión por la bomba al circuito de lubricación, independientemente de la bomba de engrase utilizada, la cantidad y presión de aceite suministrada para el engrase es directamente proporcional al régimen de giro del motor.

Si se entiende que las bombas están dimensionadas para suministrar un caudal y presión suficiente de aceite para una correcta lubricación a régimen de ralentí a una temperatura normal de funcionamiento, se comprende fácilmente que a medida que la velocidad de rotación del motor aumenta, aumentamos proporcionalmente la presión y el caudal enviado, pudiéndose llegar a una presión excesiva y ocasionando un gasto inútil (cuanto mayor sea la presión, mayor dificultad encontrará la bomba en su giro) amén de un elevado riesgo de avería en la instalación.

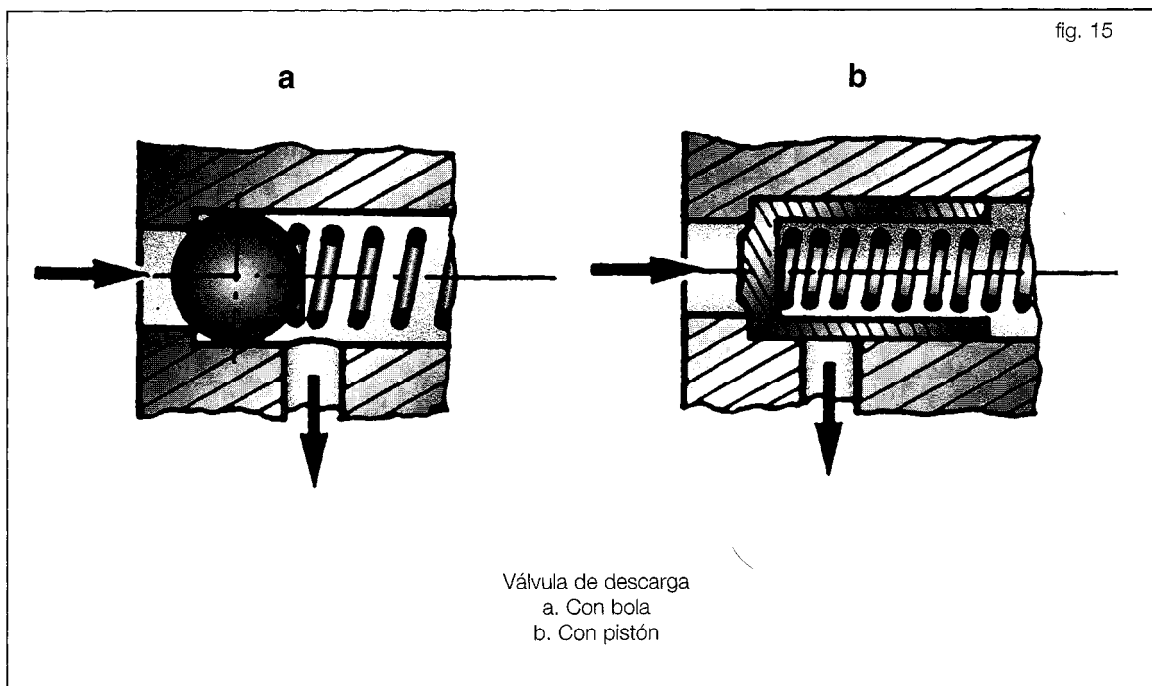
Para evitar lo expuesto hasta ahora, se dispone en derivación en el circuito de engrase o en la

misma bomba, de una válvula llamada de descarga o de alivio. Cumple esta válvula principalmente tres misiones:

- Derivar al cárter el aceite sobrante cuando la presión es excesiva por efecto del régimen de motor.
- Regular la presión del aceite, ajustándola al estado y a las holguras del motor.
- Como dispositivo de seguridad cuando por obstrucción pudiera llegarse a sobrepresiones peligrosas.

La válvula actúa por desplazamiento de una bola o émbolo que se mantienen en su asiento por medio de un muelle tarado (fig. 15). Cuando la presión del aceite es superior al tarado del muelle, desplaza la bola o émbolo y el aceite sobrante retorna al cárter o a la entrada de la bomba.

La presión del aceite del circuito, variable entre motores, puede ir de menos de 1 Kg/cm² al ralentí y alrededor de 3,5 Kg/cm² a 3.000 rpm. Si tomamos en consideración la viscosidad del aceite en función de la temperatura, podemos encontrar variaciones desde los 2-2,5 Kg/cm² con el motor caliente y hasta cerca de 4 Kg/cm² con el motor frío.



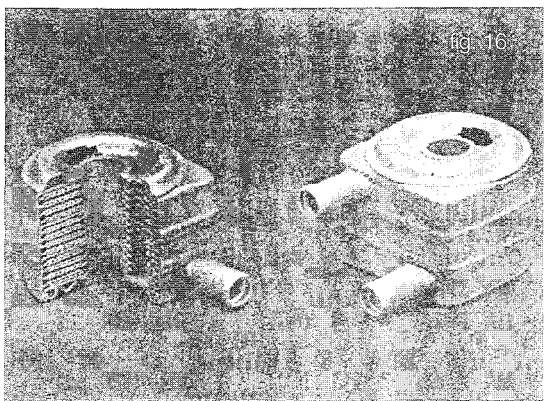
Elementos de refrigeración

Además de la refrigeración provocada en el cárter sobre el lubricante, algunos motores, por exigencias de uso, han de disponer de sistemas y elementos de refrigeración paralelos.

Dos son los sistemas más usuales: intercambiadores aceite/agua y los de aceite/aire.

El sistema de refrigeración aceite/agua, utiliza el propio circuito de refrigeración del motor haciendo circular líquido de dicho circuito por un elemento adicional en la base del elemento filtrante o en otros casos los intercambiadores se montan en la bomba de aceite (fig. 16).

Si el sistema utilizado es el intercambiador aceite/aire, se dispone en el sentido de la marcha del vehículo, de un radiador de aceite, de manera que sea el propio aire el que enfríe el lubricante.



Refrigerador de aceite a láminas circulares

La ventilación de los vapores del cárter

Antiguamente la ventilación del cárter consistió en forzar una corriente de aire a circular por el interior del motor y que ésta arrastrase hasta el exterior los vapores que se producen con el funcionamiento propio del motor (fig. 17).

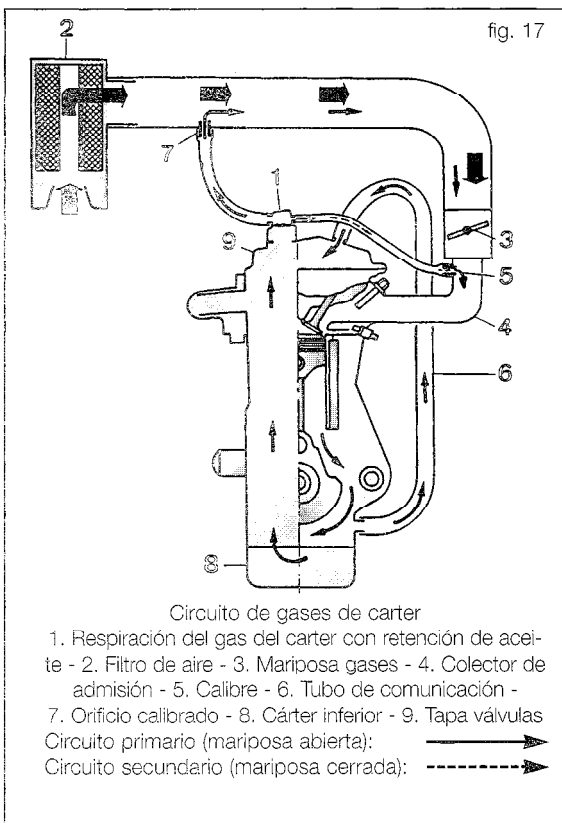
Las normativas antipolución actuales, hacen inviable este antiguo procedimiento ya que esta mezcla de hidrocarburos mal quemados que escapan de la parte superior del cilindro, óxidos de carbono y

otros gases ha demostrado ser altamente contaminante, no sólo para el medio ambiente, sino también para la salud pública.

Así pues, los modernos automóviles disponen de un sistema de ventilación cerrada del cárter que permite reconducir, aspirar y quemar estos vapores en el interior del motor.

En una primera fase, los vapores recogidos son conducidos a un decantador, en el cual, por condensación, se separa de nuevo el aceite de esos vapores y es devuelto al cárter.

Paralelamente, los vapores no condensados en el decantador son distribuidos entre la parte del circuito de alimentación de aire (por donde serán aspirados y quemados en un funcionamiento a medio y alto régimen del motor en cantidades más importantes) y por otro lado directamente a través de un paso calibrado, en el colector de admisión desde donde serán quemados a bajo régimen o a ralentí. Una válvula controlada por la depresión del colector de admisión decidirá por dónde han de aspirarse los gases de ventilación del cárter.



Circuito de gases de cárter
1. Respiración del gas del cárter con retención de aceite - 2. Filtro de aire - 3. Mariposa gases - 4. Colector de admisión - 5. Calibre - 6. Tubo de comunicación - 7. Orificio calibrado - 8. Cárter inferior - 9. Tapa válvulas
Circuito primario (mariposa abierta): ———→
Circuito secundario (mariposa cerrada): - - - - -→



VERIFICACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El correcto funcionamiento del sistema de engrase de un motor, que dependerá en buena medida del diseño del circuito para que llegue a cada punto de engrase el aceite con la suficiente fluidez y presión, además de la utilización de un buen lubricante, es vital para la durabilidad del motor, para la economía de funcionamiento y para evitar averías de costosa reparación. Así pues, la comprobación periódica y el mantenimiento del sistema es de suma importancia.

El circuito, y por extensión el sistema, se verifica, comprueba o debería comprobarse y limpiarse siempre que se desmonta el motor para efectuar cualquier reparación.

A nivel de mantenimiento, es importantísimo controlar periódicamente el nivel del aceite del cárter. Este control se realiza mediante la varilla de nivel que generalmente indica el nivel máximo y mínimo de lubricante. Es del todo aconsejable revisar el nivel del aceite aproximadamente cada 1.000 Km y antes y después de efectuar un largo recorrido con el vehículo.

En la actualidad, con un motor de diseño moderno y usando un buen lubricante, el consumo de aceite se estima en 0,1 litro. cada 1.000 Km si el motor y el lubricante cumplen sus requisitos estimados y a pesar de la ventilación del cárter. Este dato, atendiendo al margen de capacidad del cárter entre máximo y mínimo nivel de aceite podría indicarnos que para una periodicidad de cambio del aceite de 10.000 Km, el consumo sería de un litro de aceite, cosa que nos aseguraría en la mayoría de motores, que el nivel del aceite no descendería por debajo del

nivel mínimo. Sin embargo y por desgracia, no hay nada ni nadie que nos asegure que este nivel de consumo se cumpla ya que durante el período entre cambios pueden surgir fugas indetectables o consumos indeseables, lo que nos sigue obligando a atender el nivel del lubricante.

Modernamente, algunos motores incorporan una sonda y un indicador de nivel del aceite. Si disponemos de este indicador, no olvidar de controlarlo cada vez que arrancamos el motor, aun en caliente, el nivel ha de encontrarse dentro de los parámetros de corrección. De todas maneras no está de más efectuar un control visual, mediante la varilla de nivel periódicamente con el fin de descartar disfunciones del indicador.

La inspección del nivel del aceite tendría que hacerse imperativamente con el motor parado y habiendo reposado un tiempo suficiente el motor para permitir que todo el aceite haya descendido hasta el cárter y con el vehículo sobre un plano horizontal.

143

Otro elemento de control que incorporan prácticamente todos los vehículos es el testigo de presión de aceite. Este testigo se enciende, o debería hacerlo, siempre que el presocontacto de la presión de aceite, situado sobre el circuito de engrase, detecta una presión insuficiente. Es pues también de vital importancia detener el motor cuando este indicador luminoso se encienda. Tanto o más importante es controlar al dar el contacto y antes de la puesta en marcha del motor, controlar que el testigo se enciende y que se apaga una vez el motor entra en funcionamiento; esto nos asegurará mínimamente que la lámpara del testigo no está fundida y que en caso de producirse una avería de lubricación durante la marcha, seremos advertidos de ello.



El salpicadero con instrumentación analógica permite controlar las funciones principales, entre ellas las de la presión del aceite.

Motores de gasolina y Diesel

En los motores de inyección de gasolina o con carburador, las exigencias particulares de engrase no suelen ser mayores que las de asegurar un correcto engrase bajo presión del cigüeñal, del eje de balancines y/o del árbol de levas, aunque muchos motores disponen de un llamado engrase integral que mediante un conducto interior en la biela manda engrase a presión al pie de biela y a través del bulón, fluye el aceite hasta las paredes del cilindro.

Una variante de este sistema es el que usa un orificio en la cabeza de biela que en un determinado ángulo de giro sobre la muñequilla del cigüeñal coincide con la presión de engrase, mandando así un chorro de aceite a la parte alta del cilindro para su lubricación y refrigeración.

En la figura 18 vemos otra forma de realizar la refrigeración del fondo del pistón proyectando a presión el aceite desde un orificio.

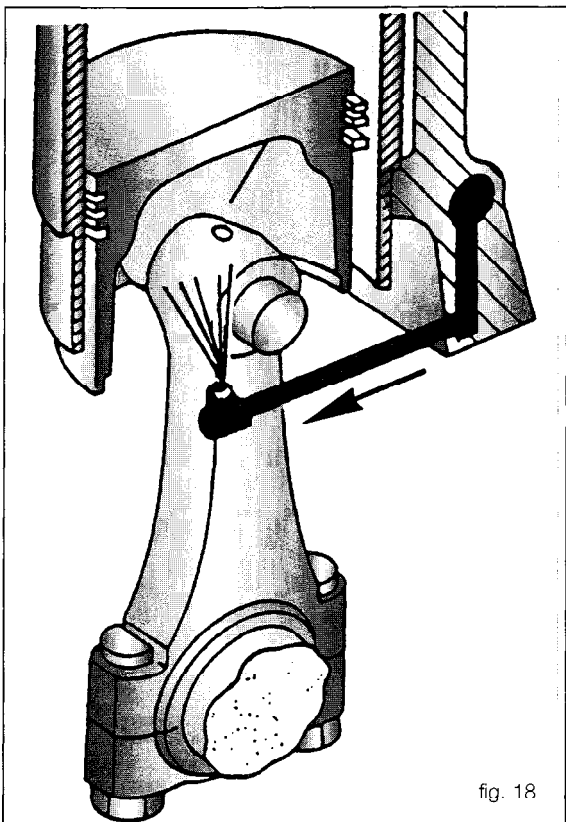


fig. 18

Si no es por alguno de estos sistemas, el resto de órganos y elementos del motor necesitados de engrase lo hacen por proyección, como son: las camisas, los pistones y sus ejes, las levas, los taqués, la distribución y las colas de las válvulas.

Otras disposiciones particulares las representan, por ejemplo, el engrase de las bombas de vacío que incorporan algunos motores, los tensores de la distribución o los surtidores expresamente dispuestos para la lubricación del cilindro y refrigeración del pistón en determinados motores Diesel sobrealimentados.

Motores de dos tiempos

La exigencia más importante de engrase en el motor de dos tiempos es la miscibilidad del aceite con el carburante y la capacidad de desprenderse de él una vez introducido en el interior del motor.

En algunos modelos de motor de dos tiempos, el circuito de alimentación incorpora un dispositivo automático de mezcla del aceite con la gasolina.

Estos dispositivos requieren de un depósito de aceite y una bomba de aceite encargada de suministrar el aceite en la proporción correcta en función de las necesidades del motor.

Motores sobrealimentados

En los motores sobrealimentados, tanto de gasolina como Diesel, la bomba en principio, el circuito de refrigeración y la calidad del lubricante juegan un papel importantísimo ya que además de asegurar un caudal suficiente para refrigerar el cuerpo del turbocompresor, el aceite, su calidad y la presión con que es suministrado representan casi exclusivamente la única garantía de la durabilidad y fiabilidad del sistema de sobrealimentación.

La interposición de una película de aceite entre casquillo y eje y entre casquillo y carcasa, en los llamados cojinetes fluidos del eje del turbocompresor, que consigue hacer "flotar" el conjunto en su giro y además permite que los cojinetes lo hagan a la mitad de vueltas que el eje, atenuando el desgaste de éstos, representa la particularidad más importante.



Empujadores hidráulicos

Al igual que en el sistema de sobrealimentación del motor, si éste dispone de empujadores hidráulicos, el correcto funcionamiento del motor lo garantiza el aceite y las condiciones en que éste es mandado en el circuito a cumplir sus varios cometidos.

La ventaja que supone eliminar el reglaje de taqués, y las diferentes holguras existentes entre la cola de la válvula y el accionamiento de ésta en las diferentes temperaturas de funcionamiento, así como un mando de apertura más efectivo, está determinada por la calidad y la presión del lubricante.

Además, en los circuitos de engrase de los motores que disponen de empujadores hidráulicos, se montan constrictores (estrechamientos del paso) o calibradores del flujo hidráulico para asegurar la presión del aceite en una zona tan alejada de la fuente de presión como lo es la culata. Asimismo, se distribuye en el circuito una o más válvulas de regulación del funcionamiento de los taqués, taradas sobre 1,8 Kg/cm² para garantizar su buen funcionamiento, ya que un exceso de presión podría dejar abiertas las válvulas en todo o en parte.

¿QUE ACEITE USAR?

El aceite, a pesar de ser un elemento (hoy por hoy) insustituible en el motor, tanto si es quemado en el motor como cuando es sustituido, representa un grave problema ecológico, agravado cuando ese cambio se hace de forma en que el aceite usado no es recuperado para su reciclaje y representa un residuo incontrolado altamente contaminante. No es de extrañar, pues, que en este campo se hayan propuesto ya soluciones como el disponer de un tapón de vaciado no desmontable para que el aceite tenga que ser aspirado y por tanto asegurar en la medida de lo posible el reciclado del mismo.

Ante este problema ecológico y medioambiental y dado que la mayoría de fabricantes, conscientes de ello o por simple estrategia de mercado, están comercializando aceites de baja viscosidad, que además de prolongar los períodos de cambio reducen el consumo de combustible, es pues aconsejable usar este tipo de aceites.

Aceites semisintéticos o sintéticos, que alargan el período de cambio, que ayudan a reducir el

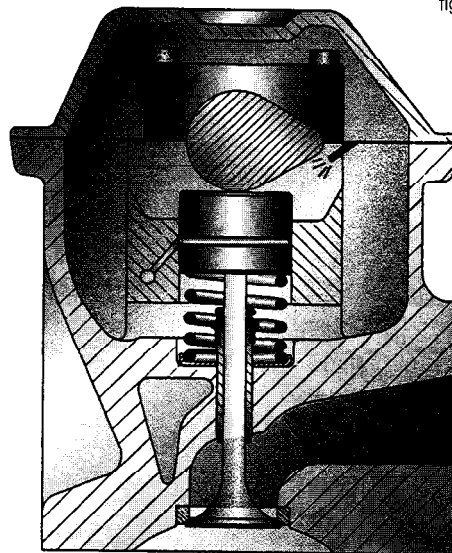


fig. 19

Empujador hidráulico y engrase del árbol de levas.

consumo de combustible en torno al 2%, que ofrecen mayores garantías de lubricación desde el momento del arranque (en condiciones frías sobre todo y aun sin ellas es cuando se producen los mayores desgastes) debido a su comportamiento de menor viscosidad en frío y que prácticamente no tienen desgaste por cizallamiento, que por tanto no pierden propiedades lubricantes, parecen ser los más apropiados.

Podemos encontrar estos aceites, comercializados por diferentes firmas con especificaciones de viscosidad 0W30, 5W40, 10W40 ó 15W40. Según especificaciones ACEA nos guiaremos por los denominados "Eco" como los A1 y B1 o por los "Energy Conserving" como los API EC1.

En cualquier caso, evitar en la medida de lo posible mezclar aceites, aun cuando sean de la misma viscosidad, ya que se pueden presentar incompatibilidades de aditivos. Cada fabricante utiliza una cantidad y clase de aditivos que sólo él determina, ya que las normas de homologación no regulan los aditivos, y por tanto es prácticamente imposible determinar si la mezcla que se efectúa es compatible.

Cuando se pretenda cambiar de lubricante, esmerar la limpieza del circuito antes de la sustitución y por supuesto, cambiar el filtro de aceite.

CONTROL DE LA PRESIÓN DE ACEITE

Mediante un manómetro de presión de aceite apropiado montado en lugar del manocontacto de la presión de aceite, podremos determinar si la presión a la que trabaja el circuito de lubricación es la apropiada. Este control debe realizarse a diferentes regímenes de giro del motor y habiéndose alcanzado la temperatura normal de funcionamiento.

Con el motor a ralentí, la presión indicada deberá estar comprendida ente 1 y 2 Kg/cm². Acelerando el motor, observar que la presión va aumentando paulatinamente, sin brusquedades ni oscilaciones en la indicación del manómetro. Sobre las 4.000 rpm, la presión habrá de sobrepasar los 3,5 Kg/cm² y no alcanzar los 5 Kg/cm². Aunque estos valores son orientativos, las especificaciones del fabricante varían, generalmente, muy poco.

Al efectuar este control, se pueden presentar tres casos:

- La presión es inferior a la preconizada.
- La presión es superior a la preconizada.
- La presión no permanece estable o sufre oscilaciones.

CUADRO DE AVERÍAS EN EL CONTROL DE LA PRESIÓN DE ACEITE

SINTOMA	CAUSA	SOLUCIÓN
Presión excesiva	Canalización parcialmente obstruida.	Revisar y limpiar el circuito.
	Válvula de descarga agarrotada.	Desmontar y reparar la válvula.
	Válvula de descarga con valor de tarado excesivo.	Tarar adecuadamente la válvula.
	Filtro excesivamente sucio (filtrado parcial).	Sustituir el filtro.
	Aceite de viscosidad inapropiada.	Sustituir el lubricante.
Presión insuficiente	Falta de aceite en el cárter.	Rehacer el nivel apropiado.
	Aceite muy gastado o diluido.	Sustituir el lubricante.
	Aceite inapropiado al motor o la temperatura de utilización.	Sustituir el lubricante por uno apropiado.
	Filtro demasiado sucio (filtrado total).	Reemplazar el filtro.
	Colador de la bomba parcialmente obstruido.	Limpiar o sustituir la bomba.
	Holgura excesiva en la bomba de engrase.	Reparar o sustituir la bomba.
	Válvula de descarga mal tarada.	Revisar la válvula y tararla correctamente.
	Fugas en el circuito.	Revisar y reparar el circuito.
	Holguras o desgaste excesivo de los cojinetes del motor.	Revisar y reparar el motor.

Si la presión es nula y el nivel correcto, verificaremos los órganos de mando de la bomba de engrase. Si se observasen oscilaciones de presión, habremos de pensar en un deficiente nivel de aceite.

VERIFICACIÓN DE LA BOMBA DE ENGRASE

Si se establece que el problema de falta de presión reside en la bomba, se procederá al desmontaje y limpieza de la bomba pasando después a comprobarla.

En cualquier caso, sea del tipo que sea la bomba, una primera inspección de la carcasa no presentará grietas, rayaduras ni golpes de ningún tipo, ni por fuera ni entre las superficies de acoplamiento.

En las bombas de engranajes, se controlará:

- El juego axial de los piñones en su alojamiento.
- El juego radial de los piñones respecto de la carcasa.
- La holgura existente entre los piñones.
- Estado de la superficie de los dientes.

Una vez montada, se controlará con un giro manual, que ésta no presente durezas ni agarrotamientos parciales.

En las bombas de lóbulos se verificará:

- El juego axial del rotor.
- La holgura entre rotor y el cuerpo de la bomba.
- La holgura existente entre los lóbulos estando entrados éstos en uno y en dos alvéolos.
- Asimismo, se comprobará el estado de las superficies de rotor y rodete.

Una vez montada, se controlará con un giro manual, que ésta no presente durezas ni agarrotamientos parciales.

CONSUMO EXCESIVO DE ACEITE

Si se constata una pérdida de nivel inusual, ésta puede ser motivada principalmente por:

- Pérdidas de aceite a través de retenes, juntas u órganos auxiliares como enfriadores, bomba de gasolina, etc. En ocasiones, una mala o deficiente ventilación del cárter somete a presiones indeseables al interior del motor y ocasionar estas fugas.

- Si no se observan rastros exteriores de aceite y por el contrario se aprecian partículas en el escape o humos azulados, el motivo será un consumo excesivo de aceite en el propio motor. Si el motor quema aceite, lo motivará un desgaste acusado de los segmentos o del propio cilindro o bien se quema por una excesiva holgura entre las válvulas y sus guías habiendo perdido efectividad los retenes dispuestos a tal fin.

Si con el motor en marcha se observa el soplado de vapores en cantidades importantes a través del tapón de llenado del aceite, habrá de plantearse la necesidad de reparar el motor, pues es indicio de que escapa en una proporción excesiva parte de la presión de combustión.





CONTENIDO DE LA PARTE PRÁCTICA

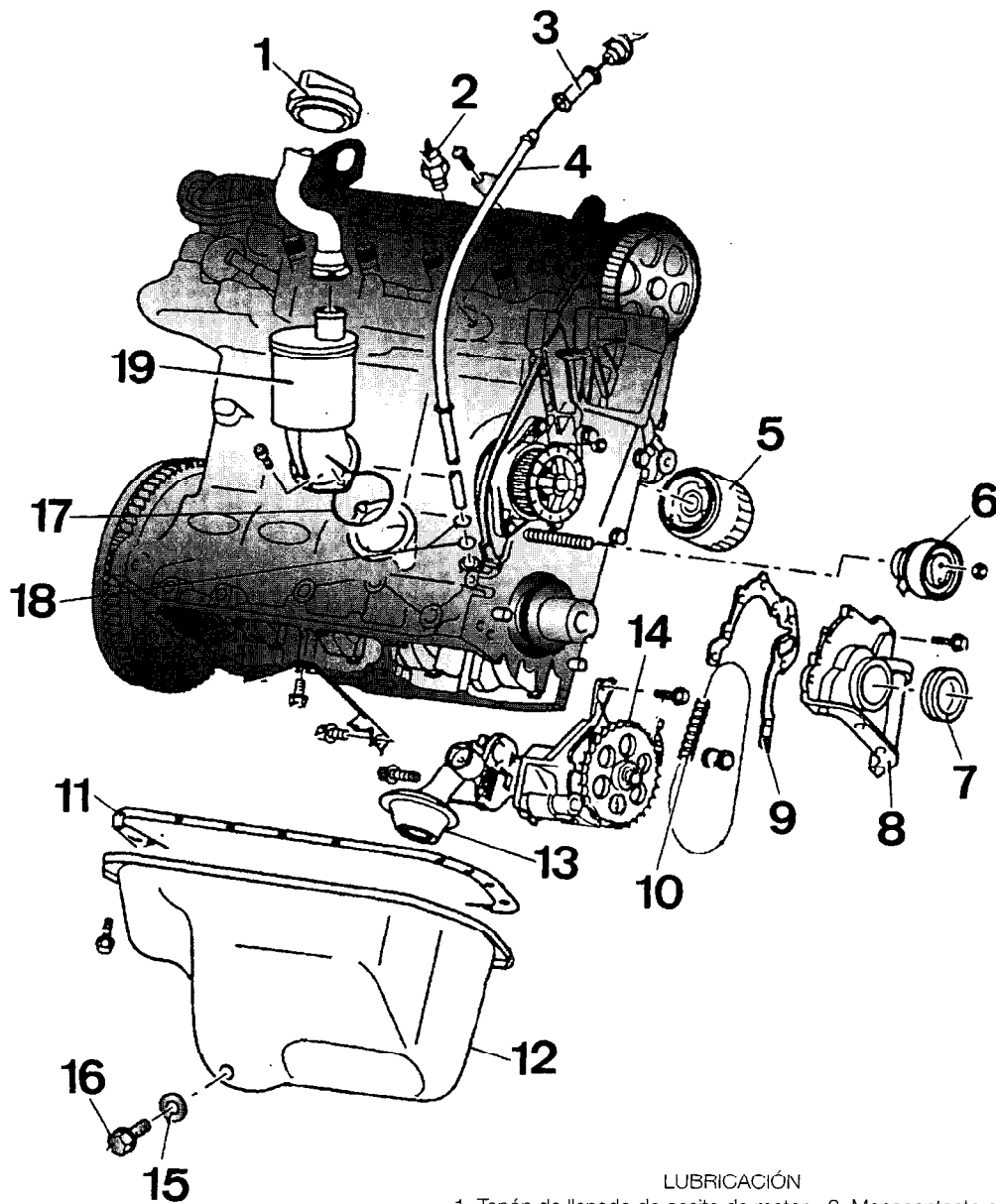
149

En este apartado de prácticas, vamos a ver varios ejemplos de automóviles que utilizan diferentes sistemas de engrase. En cada uno de ellos mostraremos el desmontaje y montaje de la bomba de aceite con sus respectivos controles, así como la ubicación de todos los elementos que forman parte del sistema.

Los diferentes modelos utilizados en este apartado práctico corresponden a:

- Volkswagen Polo.
- BMW 525 tds.
- Ford Transit.
- Seat Alhambra.
- Rover 420.

LUBRICACIÓN VW POLO



LUBRICACIÓN

1. Tapón de llenado de aceite de motor - 2. Manocontacto de presión de aceite - 3. Varilla de nivel de aceite - 4. Tubo de varilla a nivel - 5. Filtro de aceite - 6. Rodillo tensor - 7. Retén - 8. Tapa portarretén - 9. Junta de la tapa - 10. Cadena - 11. Junta de cárter de aceite - 12. Cárter de aceite motor - 13. Filtro de aspiración - 14. Bomba de aceite - 15. Junta de tapón de vaciado - 16. Tapón de vaciado de aceite motor - 17. Junta tórica - 18. Junta de tubo de varilla a nivel - 19. Separador de aceite



DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA BOMBA DE ACEITE

Desmontaje

- Vaciar el aceite de motor.
- Desmontar el cárter de aceite y recuperar su junta.
- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba de aceite.
- Inclinar la bomba de aceite.
- Sacar la cadena del piñón de la bomba de aceite.
- Sacar la bomba de aceite.

Control

- Desmontar el filtro de aspiración del cuerpo de la bomba de aceite.
- Desmontar la tapa de la bomba de aceite.
- Limpiar el engranaje y el cuerpo de la bomba de aceite.
- Con un juego de galgas, comprobar los diferentes juegos prescritos (fig. 1).
- Ensamblar la bomba.

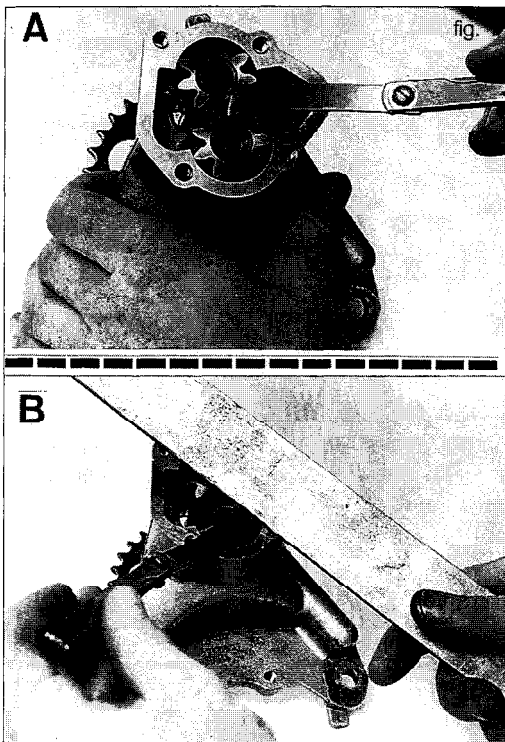
Montaje

- Comprobar la presencia del retén y engrasarlo.
- Colocar la cadena de arrastre en el piñón del cigüeñal y comprobar que entre bien en los dientes.
- Montar la bomba de aceite.
- Tensar la cadena haciendo girar la bomba de aceite (fig. 2).
- Apretar los tornillos de fijación de la bomba de aceite.
- Montar el cárter de aceite provisto con su junta.
- Llenar de aceite.

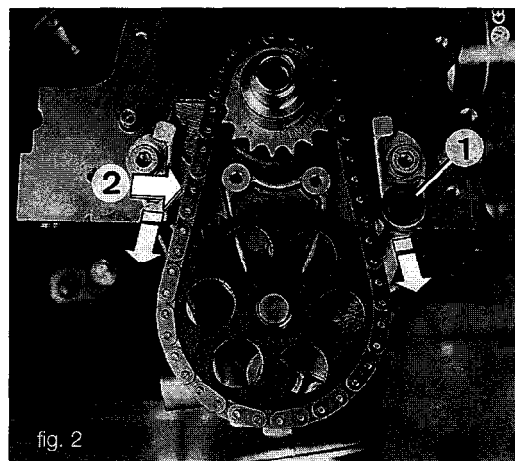
Control de la presión de aceite

- Desenchufar el conector del manocontacto de presión de aceite.
- Sacar el manocontacto de presión de aceite.
- Empalmar el manómetro de control en lugar del manocontacto.
- Poner el motor en marcha y dejarlo a su temperatura normal de funcionamiento (temperatura de aceite de 80 °C).
- Hacer funcionar el motor a 2.000 rpm aproximadamente. La presión de aceite debe ser de 2 bar como mínimo.
- Parar el motor.
- Sacar el manómetro y colocar el manocontacto de presión de aceite.
- Enchufar el conector del manocontacto.

151



Control de la bomba de aceite
A. Control del juego entre dientes
B. Control del juego axial

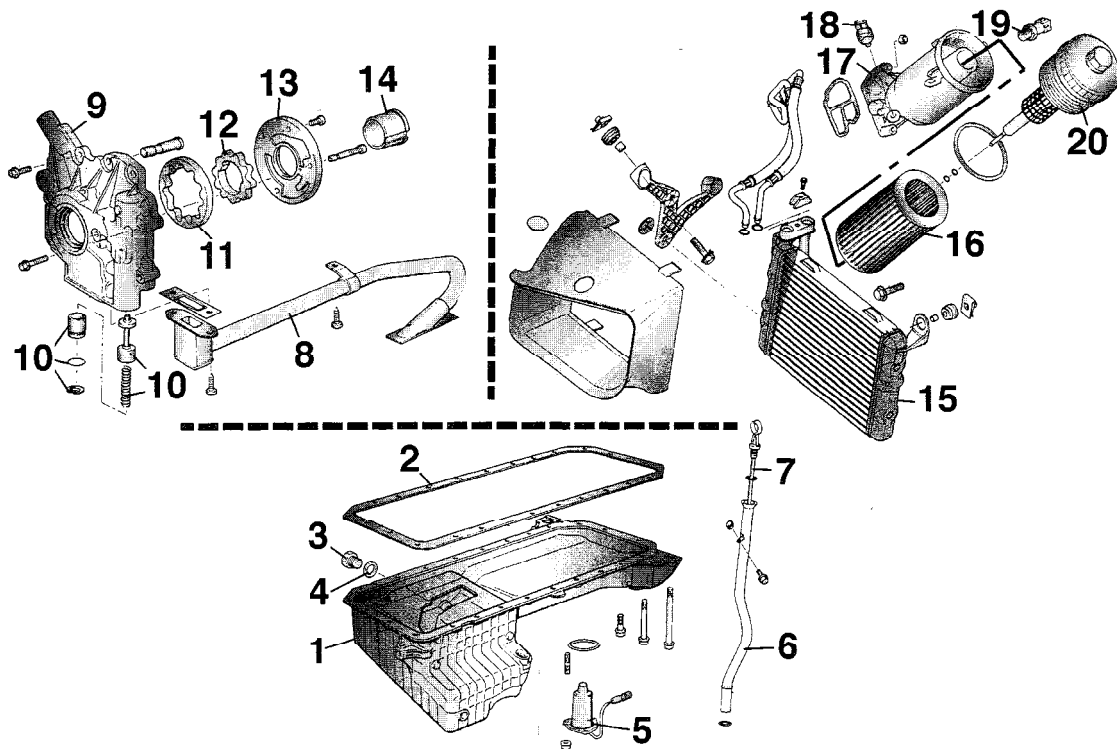


Tensión de la cadena de la bomba de aceite
1- Junta - 2. Flecha que hay que medir - Flechas:
Inclinación de la bomba de aceite para tensar la cadena

LUBRICACIÓN BMW 525 tds

LUBRICACIÓN

1. Cárter de aceite - 2. Junta - 3. Tapón de vaciado - 4. Junta de tapón de vaciado - 5. Sonda de nivel de aceite - 6. Tubo de varilla de nivel de aceite - 7. Varilla de nivel de aceite - 8. Filtro de aspiración - 9. Cuerpo de bomba de aceite - 10. Válvula de descarga - 11. Piñón exterior - 12. Piñón interior - 13. Tapa - 14. Casquillo de arrastre - 15. Intercambiador aire-aceite - 16. Filtro de aceite - 17. Soporte de filtro de aceite - 18. Sonda de temperatura de aceite - 19. Manómetro de presión de aceite - 20. Tapa de filtro de aceite.



Desmontaje

- Colocar el vehículo sobre un puente elevador.
- Desmontar el carenado protector inferior.
- Vaciar el aceite del motor.
- Sacar las dos cadenas de distribución (ver la operación correspondiente).
- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba de aceite y sacarla. En caso de dificultad para despegarla, utilizar un mazo y extraer la bomba de aceite golpeando ligeramente por dentro.
- Desmontar el racor de entrada de aceite del cuerpo de la bomba de aceite.

Nota: El racor de entrada de aceite está fijado al cuerpo de la bomba de aceite mediante tornillos autorroscantes. Los cuerpos de bomba nuevos no tiene rosca de origen en este lugar.

Control de la bomba de aceite

- Desmontar el casquillo de arrastre.
- Aflojar los tornillos de fijación de la tapa de bomba de aceite (fig. 3).
- Comprobar los juegos de funcionamiento.
- Limpiar el plano de junta del cuerpo de la bomba de aceite y el del bloque de cilindros.



- Comprobar el estado de la válvula de descarga desmontando el anillo de sujeción y los componentes (muelle, válvula...).

- Comprobar el deslizamiento correcto de la válvula en el cuerpo de la bomba de aceite.

- Montar los piñones una vez lubricados.

Atención: Orientar el chaflán del piñón exterior hacia el cuerpo de bomba.

- Montar la tapa y apretar sus tornillos de fijación.

Montaje

- Proceder en orden inverso al desmontaje teniendo en cuenta los puntos siguientes:

- Centrar la bomba de aceite respecto al cigüeñal mediante una herramienta especial. Esta operación es muy importante, ya que sin ella se podría dañar la bomba de aceite (fig. 4).

- Respetar los pares de apriete prescritos.
- Cambiar la junta de la bomba de aceite.
- Untar los vaciados del plano de junta del cárter inferior con pasta sellante.

- Proceder al calado de las cadenas de distribución (véase la operación correspondiente).

- Llenar de aceite el motor respetando la cantidad, la calidad y la preconización del constructor.

Control de la presión de aceite

- Comprobar que sea correcto el nivel de aceite.
- Desmontar el manocontacto de presión de aceite (fig. 5) (situado en el soporte de filtro de aceite, bajo el filtro).

- Empalmar en su lugar un manómetro de control mediante un adaptador.

- Arrancar el motor y ponerlo a la temperatura de funcionamiento (80 °C).

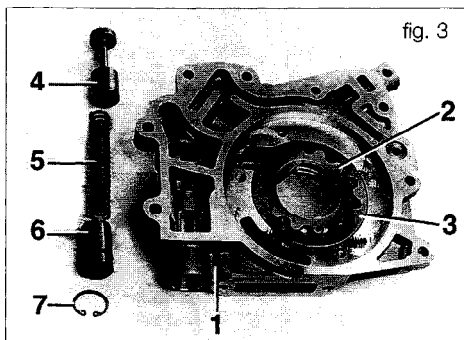
- Anotar los valores de presión y compararlos con los valores prescritos.

- Parar el motor.

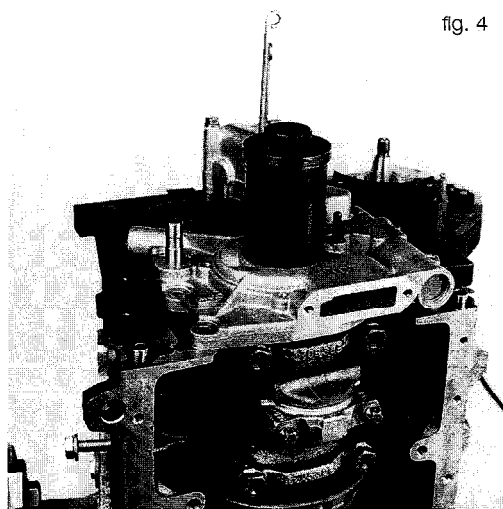
- Sacar el manómetro y el adaptador.

- Montar el manocontacto provisto con una junta nueva y enchufar el conector eléctrico.

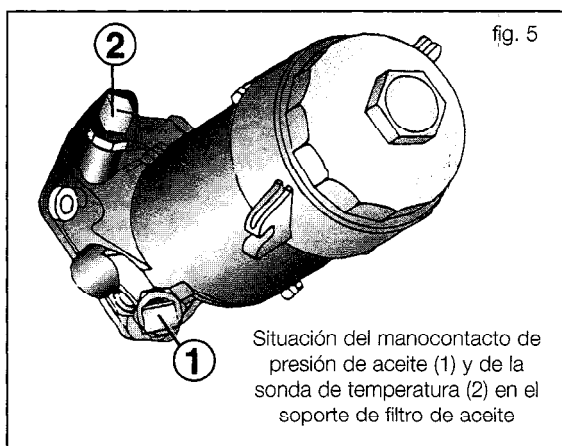
- Comprobar el nivel de aceite.



Control de la bomba de aceite
1. Cuerpo de la bomba de aceite
2. Piñón inferior
3. Piñón exterior
4. Válvula de descarga
5. Muelle
6. Tapón
7. Anillo de sujeción

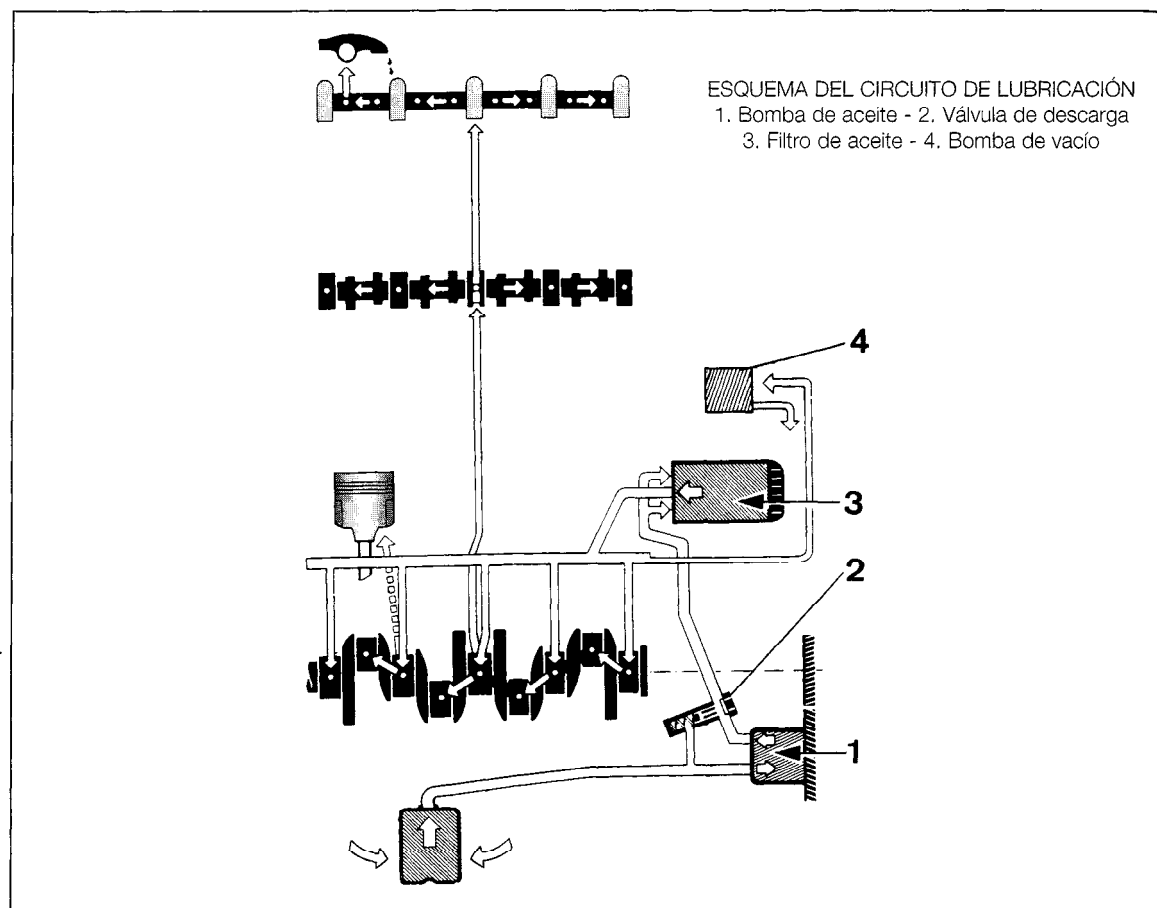


Montaje de la bomba de aceite utilizando la herramienta especial para su centrado



Situación del manocontacto de presión de aceite (1) y de la sonda de temperatura (2) en el soporte de filtro de aceite

LUBRICACIÓN FORD TRANSIT



El motor se lubrica mediante una bomba de aceite del tipo de rotores excéntricos de procedencia Hobourn Eaton o Motor Fides, fijada a la cara delantera del bloque de cilindros. Es arrastrada por piñones de dientes rectos desde el cigüeñal.

Desmontaje

El desmontaje de la bomba de aceite se puede efectuar con el motor montado.

- Vaciar el circuito de refrigeración, desmontar la calandra y el radiador.

- Desmontar el ventilador, la polea de la bomba de agua y la de la bomba de vacío (según el modelo de que se trate).

- Desmontar la tapa del cárter de distribución.
- Retirar la caperuza protectora situada en la cara delantera de la polea del cigüeñal, inmovilizar ésta (nunca mediante el mandril de calado) y aflojar el tornillo central.

- Desmontar la tapa del cárter de distribución, girar el cigüeñal por medio del tornillo central de la polea y colocar los mandriles de calado en el volante y los discos de los piñones del árbol de levas y de la bomba de inyección.

- Desatornillar la brida del tensor de la correa de distribución y sacar la correa.

- Quitar el tornillo de fijación de la polea del cigüeñal y extraer la polea.

Importante: Tener cuidado de no retirar los mandriles de calado, lo cual obligaría a realizar el calado de la distribución.

- Quitar los tornillos de fijación de la tapa delantera de la bomba de aceite y sacarla.
- Retirar la chaveta del piñón de arrastre de la bomba de aceite en el cigüeñal y extraer el piñón.
- Girar el piñón de la bomba de aceite hasta que los agujeros colisos mecanizados en su disco se encuentren frente a los tornillos de fijación de la bomba.
- Aflojar y sacar los tres tornillos y retirar la bomba de aceite, recuperando las juntas tóricas que aseguran el hermetismo (fig. 6).

Desarmado de la bomba

- Cizallar con un botador la parte remachada del pasador de fijación del piñón de arrastre y retirar el pasador.
- Medir la distancia entre la cara interna del piñón y la de la bomba.
- Colocar la cara trasera del piñón sobre una base de prensa y, mediante un mandril y el tornillo, expulsar el cárter de bomba.
- Desmontar la tapa trasera del cárter de bomba.
- Retirar los rotores interior y exterior.
- Limpiar y revisar todas las piezas, a fin de detectar las señales de desgaste y corrosión o la aparición de grietas (fig. 8).

Nota: Si aparece un desgaste excesivo de los rotores, hay que cambiar la bomba completa, ya que las piezas no son recambiables.

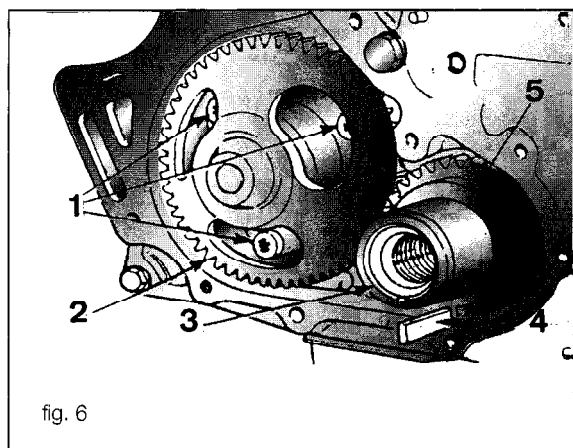
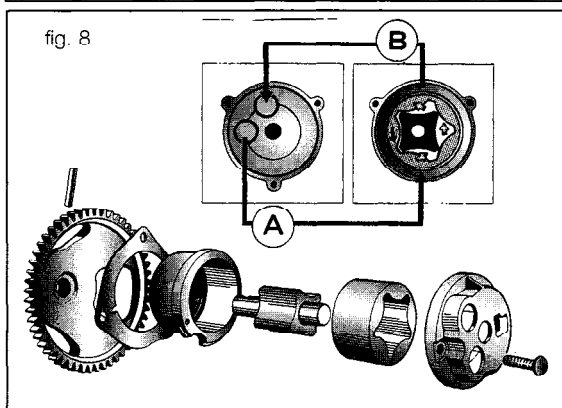
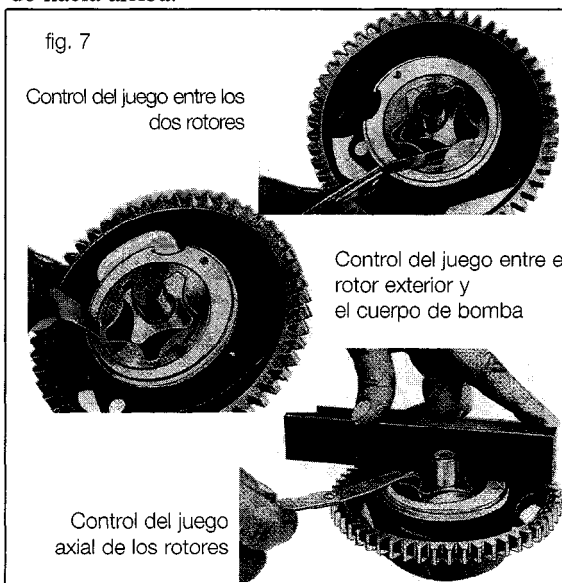


fig. 6
Posición de los tornillos de fijación de la bomba de aceite en la cara delantera del bloque de cilindros

1. Tornillos de fijación (3 tornillos) - 2. Piñón de la bomba de aceite - 3. Cigüeñal - 4. Chaveta de piñón - 5. Piñón de arrastre de la bomba de aceite

Ensamblado de la bomba

- Aceitar el interior del cuerpo de bomba.
 - Aceitar los dos rotores y colocar primero el rotor exterior en el cuerpo, con la parte achaflanada en el lado del piñón.
 - Colocar a continuación el rotor interior, con la parte corta del eje dirigida hacia la tapa trasera del cuerpo de bomba.
 - Comprobar los juegos entre los dos rotores y entre el rotor exterior y el cuerpo de bomba.
 - Colocar una regleta sobre la cara posterior del cuerpo de bomba y comprobar mediante un juego de galgas el juego axial de los rotores (fig. 7).
 - Montar la tapa trasera en el cuerpo de bomba.
- Colocar éste último verticalmente en el soporte de prensa, con el eje del rotor interior dirigido hacia arriba.



BOMBA DE ACEITE

A. Orificio de aspiración - B. Orificio de impulsión

- Colocar la brida de fijación.
- Presentar el piñón en el eje, de forma que el alojamiento del pasador (de origen) este desplazado de 80 a 100 ° respecto al alojamiento mecanizado en el eje.
- Con el tornillo de la prensa y un mandril, montar el piñón en el eje, de forma que la cara posterior del piñón quede a una distancia respecto a la cara trasera de la tapa trasera del cuerpo de bomba idéntica a la medida al desarmar.
- Sirviéndose como guía del alojamiento de pasador mecanizado en el piñón, practicar un orificio (de un diámetro idéntico al del piñón) en el eje del rotor interior.
- Colocar un pasador nuevo y remachar sus dos extremos.
- Verter aceite de motor en el orificio de entrada de la bomba de aceite y hacer girar el piñón de arrastre a fin de facilitar el cebado de la bomba desde la puesta en marcha del motor.

- Comprobar el estado de cada pieza y comprobar que la válvula se deslice correctamente por su alojamiento.
- Montar la válvula en orden inverso al desarmado.

FILTRO DE ACEITE

El filtro de aceite está montado en serie ("full-flow"). El aceite impulsado por la bomba pasa por el filtro antes de ser enviado a las tuberías.

El filtro está colocado en el lado derecho del bloque de cilindros, junto a la válvula de descarga, y es del tipo de cartucho no recuperable.

El elemento filtrante se debe cambiar regularmente.

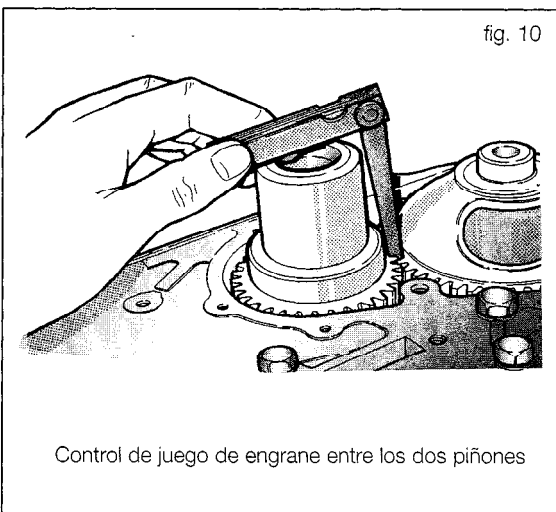
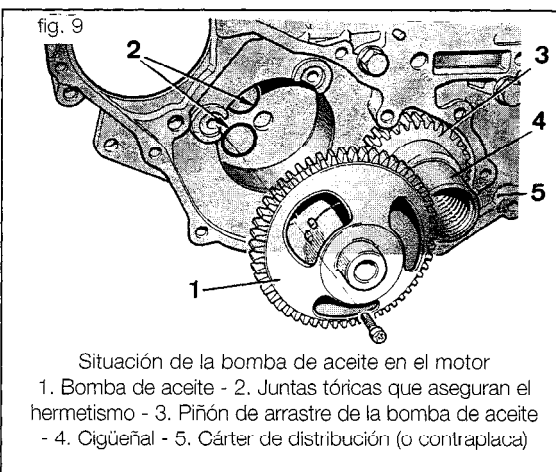
En caso de obstruirse el elemento filtrante, una válvula permite el paso del aceite al circuito principal sin pasar por el filtro.

156 Montaje de la bomba

- Colocar dos juntas nuevas del cuerpo de bomba (juntas planas y circulares) alojadas en el bloque de cilindros.
- Presentar la bomba de aceite en el bloque asegurándose de que las tuberías de aspiración y de impulsión se correspondan con la bomba (fig. 9).
- Girar el piñón de arrastre de la bomba hasta que los agujeros colisos mecanizados en su disco se correspondan con los alojamientos de los tornillos de fijación.
- Presentar los tornillos y apretarlos.
- Montar el piñón en el cigüeñal y a continuación su chaveta, y comprobar el juego de engrane (fig. 10).
- Untar la junta de tapa con pasta sellante y montarla en el bloque de cilindros, respetando el orden de apriete de los tornillos.
- Montar la correa de distribución (véase el apartado correspondiente).

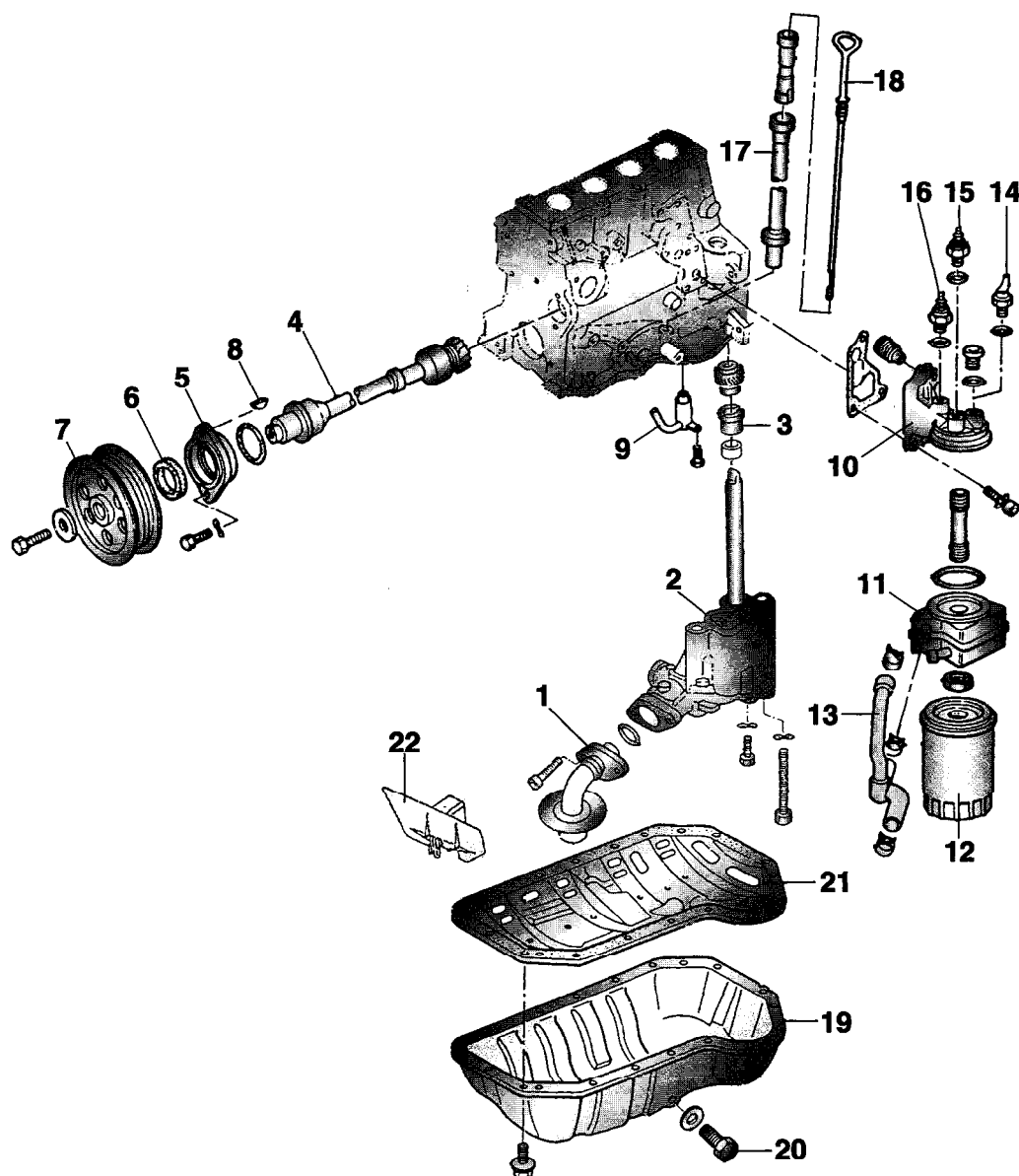
La válvula de descarga regulariza la presión de aceite en el circuito de impulsión. Está colocada en el bloque de cilindros, cerca del filtro de aceite; su accesibilidad no presenta ninguna dificultad.

- Aflojar y sacar el tapón.
- Recuperar la junta, la válvula con su muelle y el casquillo.





LUBRICACIÓN SEAT ALHAMBRA



157

LUBRICACIÓN

1. Filtro de aspiración - 2. Bomba de aceite - 3. Tope de arrastre - 4. Eje intermedio
 - 5. Tapa - 6. Retén - 7. Polea - 8. Chaveta media luna - 9. Surtidor de aceite -
 10. Soporte de filtro de aceite - 11. Refrigerador de aceite - 12. Filtro de aceite -
 13. Manguito de líquido refrigerante - 14. Sonda de temperatura de aceite -
 15. Contactor de presión de aceite (0,9 bar) - 16. Contactor de presión de aceite
 (0,25 bar) - 17. Tubo de varilla de nivel de aceite - 18. Varilla de nivel de aceite -
 19. Cáster inferior - 20. Tapón de vaciado - 21. Conjunto de junta y deflector -
 22. Placa deflectora.

Desmontaje

- Desmontar la chapa protectora del motor.
- Vaciar el motor de aceite.
- Desmontar el carenado del cárter de aceite.
- Desmontar el cárter de aceite del motor.
- Desmontar el separador de aceite.
- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba de aceite.
- Sacar hacia abajo la bomba de aceite con su filtro de aspiración.

Control y montaje

- Desmontar el filtro de aspiración y recuperar su junta tórica.
- Quitar los dos tornillos de unión de los cuerpos.
- Separar el cuerpo superior del inferior.
- Sacar el eje de mando y el piñón del cuerpo superior de la bomba de aceite.
- Limpiar el cuerpo inferior en gasolina o aguarrás.

Nota: Si las piezas están muy sucias, se puede doblar la chapa de filtro de aspiración, sacar el tamiz y limpiarlo.

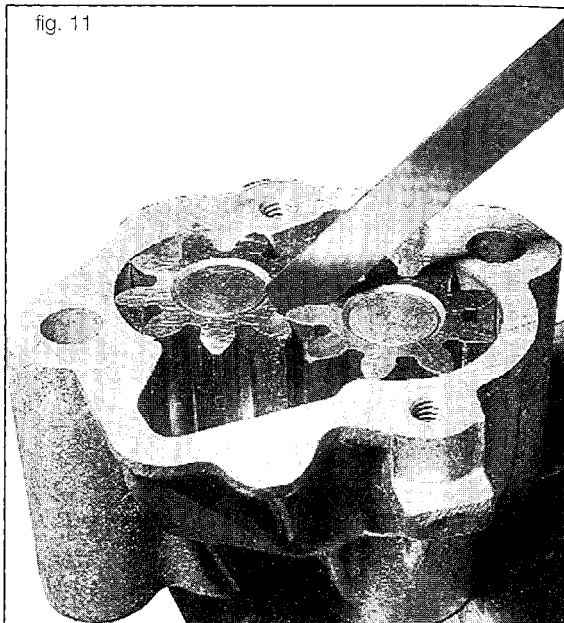
- Comprobar el conjunto de los juegos de la bomba de aceite y compararlos con los prescritos (fig. 11).
- Ensamblar la bomba con una junta tórica nueva.
- Para el montaje, proceder en orden inverso al desmontaje y llenar hasta el nivel de aceite de motor.

2 bar (no debe exceder nunca de 7 bar en el régimen máximo).

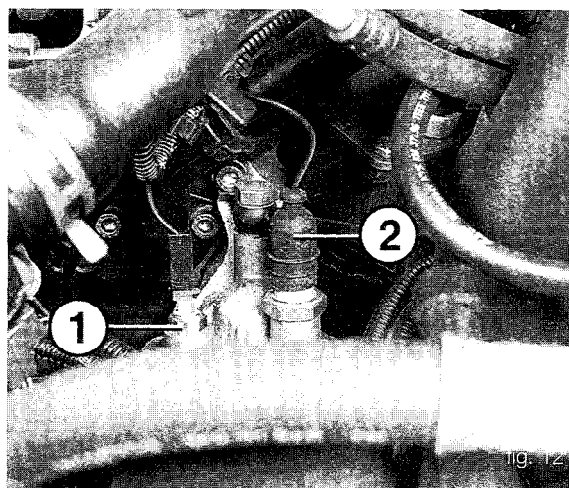
- En caso de presión superior a la prescrita, se puede cambiar la tapa de la bomba de aceite que tiene la válvula de sobrepresión.

- Desmontar el manómetro y montar el manocontacto.

fig. 11

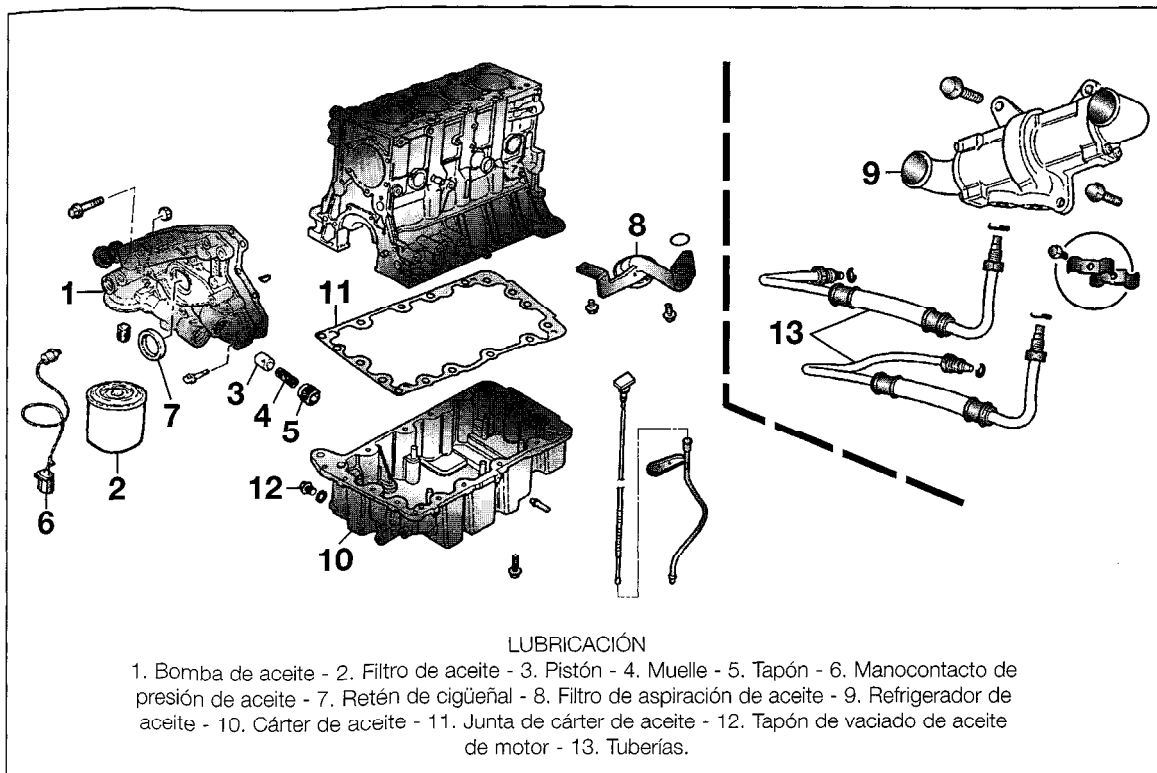


Medición del juego entre dientes de la bomba de aceite



Manocontactos de presión de aceite
1. Azul - 2. Amarillo.

- Desmontar el manocontacto de 0,25 bar con aislante azul.
- Empalmar el manómetro en lugar del manocontacto.
- Poner el motor en marcha hasta obtener una temperatura de aceite de 80 °C.
- Hacer funcionar el motor a 2.000 rpm aproximadamente la presión debe ser como mínimo de



Desmontaje

- Vaciar el aceite del motor.
- Sacar la correa dentada de cigüeñal.
- Desmontar el rodillo guía de correa de distribución.
- Desmontar el cárter inferior de distribución.
- Desmontar la bomba de aceite aflojando sus tornillos de fijación en el orden preconizado. Recuperar la chaveta y la junta de la bomba de aceite.

Montaje

- Colocar un retén de cigüeñal nuevo en la bomba de aceite.
- Untar con pasta de juntas las ranuras de ambos lados de la tapa de bancada n.º 1.
- Colocar una junta de bomba de aceite nueva en el bloque de cilindros.

- Montar la chaveta en el cigüeñal.
- Entrar la bomba de aceite en el cigüeñal teniendo cuidado de que su ranura entre correctamente en la chaveta del cigüeñal.
- Colocar los tornillos de fijación de la bomba de aceite apretándolos en el orden preconizado (fig. 13).
- Montar el cárter inferior de distribución.
- Montar el rodillo guía de correa de distribución.
- Entrar la rueda dentada de cigüeñal en éste.
- Colocar la correa de distribución.

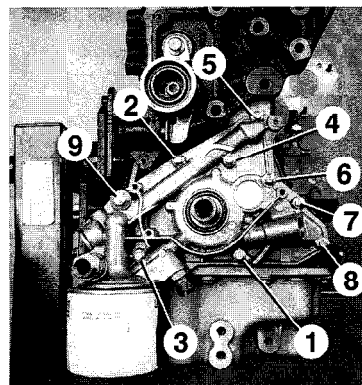


fig. 13

Orden de apriete de los tornillos de fijación de la bomba de aceite

CONTROL DE LA BOMBA DE ACEITE (Figs. 14)

- Marcar la posición angular de montaje de la chapa de cierre en el cárter de la bomba de aceite.
- Quitar los tornillos de fijación de la chapa de cierre y sacarla.
- Marcar la posición angular de montaje del rotor interior respecto al rotor exterior y al cárter de bomba de aceite.
- Sacar los rotores del cárter de la bomba de aceite.
- Comprobar que no tengan rayas los rotores ni el cárter de bomba de aceite.
- Colocar los rotores en el cárter de la bomba de aceite respetando las marcas efectuadas en el desarmado.
- Con un juego de galgas de espesor, medir el juego radial del rotor exterior/cárter de bomba.
- Con un juego de galgas de espesor y una regla de planitud, medir el juego axial del rotor exterior.
- Con un juego de galgas de espesor, medir el juego entre dientes.

- Montar la chapa de cierre respetando las marcas efectuadas en el desarmado.
- Sacar el pasador de seguridad del tapón de válvula de descarga.
- Aflojar el tapón y recuperar el muelle y el pistón.
- Comprobar que no haya rayas en el pistón y su alojamiento.
- Medir la longitud libre del muelle.
- Lubricar el pistón y el muelle y montarlos en la bomba de aceite.
- Apretar el tapón y colocar un pasador de seguridad nuevo.

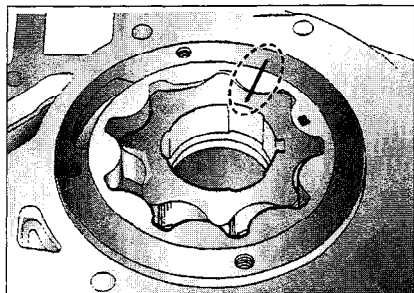
CONTROL DE LA PRESIÓN DE ACEITE

No presenta dificultad particular.
El manocontacto está en un lateral del bloque motor.

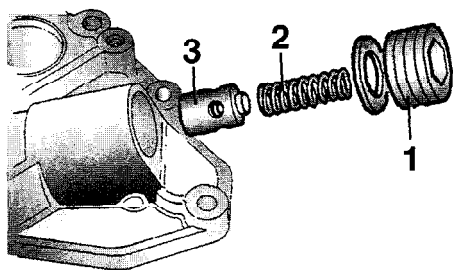
160

Importante: Cambiar el conjunto de la bomba de aceite si los juegos medidos son excesivos o si los componentes presentan rayas.

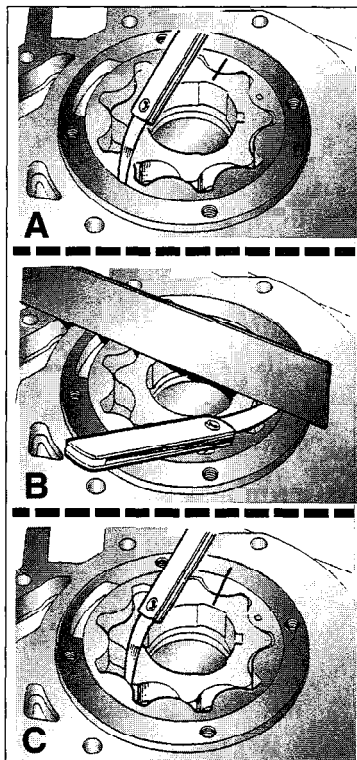
fig. 14



Ejemplo de marcas de la posición angular de montaje del rotor interior respecto al rotor exterior y al cárter de la bomba de aceite



Válvula de descarga de la bomba de aceite
1. Tapón - 2. Muelle 3. Pistón



Control de la bomba de aceite
A. Medición del juego radial del rotor exterior/cárter de bomba - B. Medición del juego axial del rotor exterior - C. Medición del juego entre dientes



REFRIGERACIÓN

161

LA REFRIGERACIÓN EN EL AUTOMÓVIL

Durante el funcionamiento de un motor de explosión, se alcanzan en el interior de la cámara de explosión, en el momento de la explosión y los primeros momentos de la expansión, temperaturas del orden de los 2.000 grados centígrados.

El agua hierve a los 100 grados de temperatura, un aceite lubricante de base mineral tiene su punto de inflamación entre los 250 y los 340 °C para uno de base sintética. El acero, como base de fabricación de los cilindros y válvulas, funde alrededor de 1.400 °C y el aluminio, elemento base en que se construyen modernamente la inmensa mayoría de culatas y pistones, lo hace a una temperatura de 600 °C.

162 Aproximadamente, el 35% de la energía liberada en la explosión de la mezcla, es evacuada por el sistema de refrigeración transformada en calor; otro 35% se pierde por el escape y tan sólo alrededor del 30% se transforma en energía mecánica capaz de mover el motor y el vehículo automóvil. En los motores más modernos, el rendimiento térmico se ha visto mejorado, pero sigue siendo una pérdida importante de energía.

En un motor cuya temperatura de funcionamiento normal sea entre 80 y 85 °C, se estima que: con el agua a una temperatura de 40 °C, los cilindros se desgastan seis veces más de lo habitual, el consumo aumenta en un 20% y se puede perder hasta un 8% de potencia.

Los valores de temperatura máxima que pueden soportar las válvulas más expuestas, las de escape, son del orden de 750 °C. De sobrepasarse dichos valores aparecen problemas de corrosión y de resistencia mecánica en los asientos, siendo alrededor de 400 °C la temperatura alcanzada en el vástago y la guía de la válvula. En las válvulas de admisión se alcanzan hasta los 250 °C en su asiento.

La temperatura máxima admisible en los pistones es del orden de los 300 °C ya que temperaturas superiores pueden provocar deformaciones permanentes de los mismos. Asimismo, las paredes de

la cámara de explosión, no han de sobrepasar los 250 °C con el fin de que no se presenten puntos calientes que podrían provocar efectos no deseados de autoencendido o detonación.

En las paredes del cilindro, aun en la parte más alta de éste, no pueden sobrepasarse los 250 °C con el fin de no romper la película de lubricante o cambios de estado de éste que ocasionarían residuos carbonosos, consumo de aceite y un elevado desgaste.

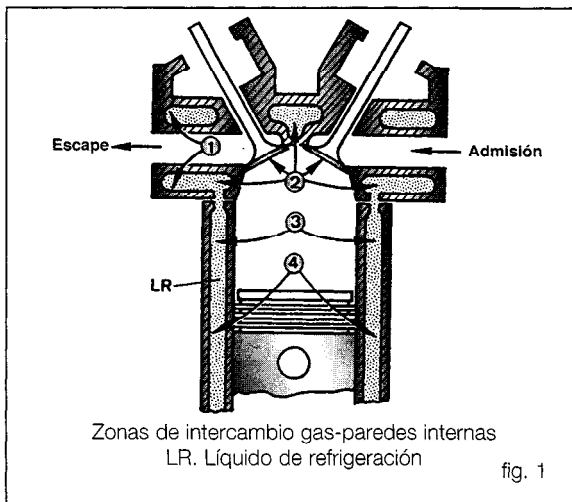
Con sólo estas consideraciones previas, se puede establecer que:

- El sistema de refrigeración debe evacuar gran cantidad de calor de una forma rápida, eficaz y controlada.

- No ha de evacuarse más calor que el estrictamente necesario para un correcto funcionamiento del motor, puesto que la calidad de la combustión y el correcto efecto de lubricación y por tanto de anti-desgaste del motor se consigue a unas determinadas temperaturas.

- La transmisión del calor, desde la parte central de la cámara de explosión, se produce por convección en un primer momento y luego por conducción a través de un medio que puede ser líquido o gaseoso (fig. 1).

Del sistema de refrigeración empleado, de su diseño y de su rendimiento, dependerá pues el rendimiento y durabilidad del motor.





SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Dos son los sistemas más empleados para la refrigeración de motores: la refrigeración mediante un fluido líquido y la que se sirve de un fluido gaseoso para su finalidad.

En realidad, ninguno de los dos sistemas es utilizado en una concepción pura en los modernos automóviles y habría que hablar de:

- Motores de refrigeración forzada de aire (figura 2). Sólo en las motocicletas de pequeña cilindrada encontramos una refrigeración directa por aire.

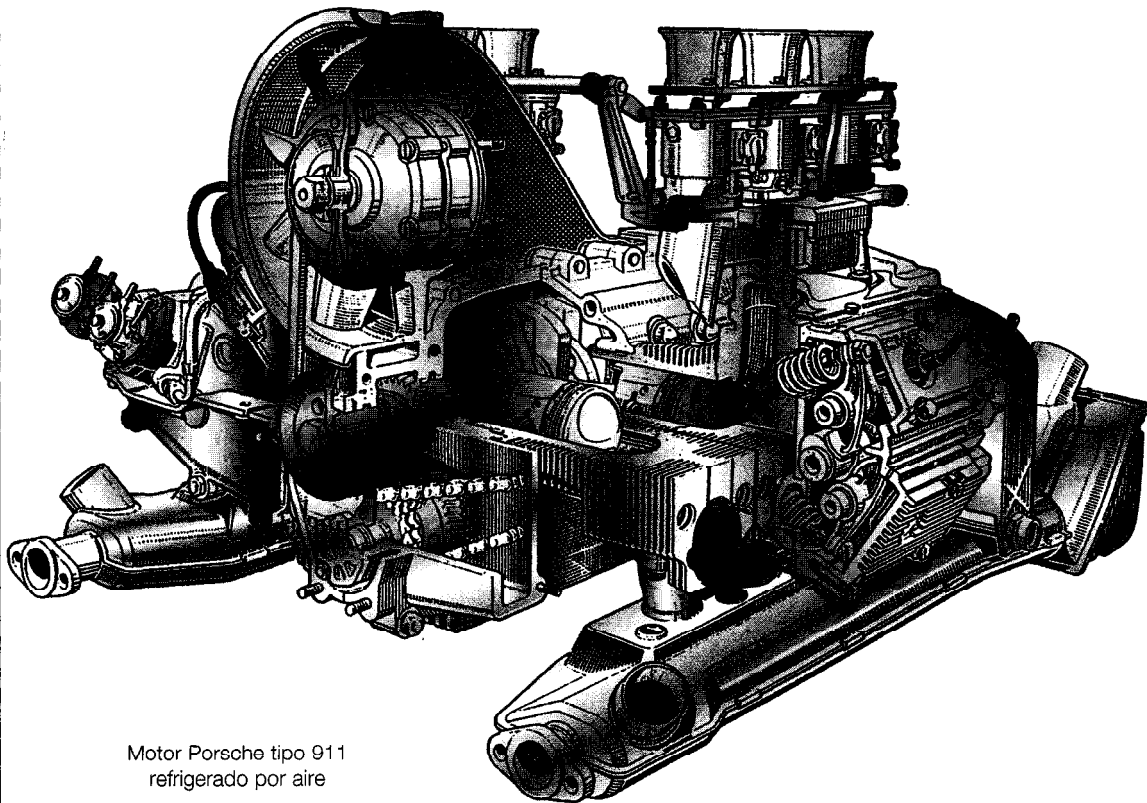
- Motores de refrigeración mixta líquido refrigerante-anticongelante y aire, sellado y bajo presión.

Las prestaciones y exigencias de los motores actuales han hecho obsoletos los antiguos sistemas de termosifón y de circulación forzada mediante bomba del elemento refrigerante (fig. 3).

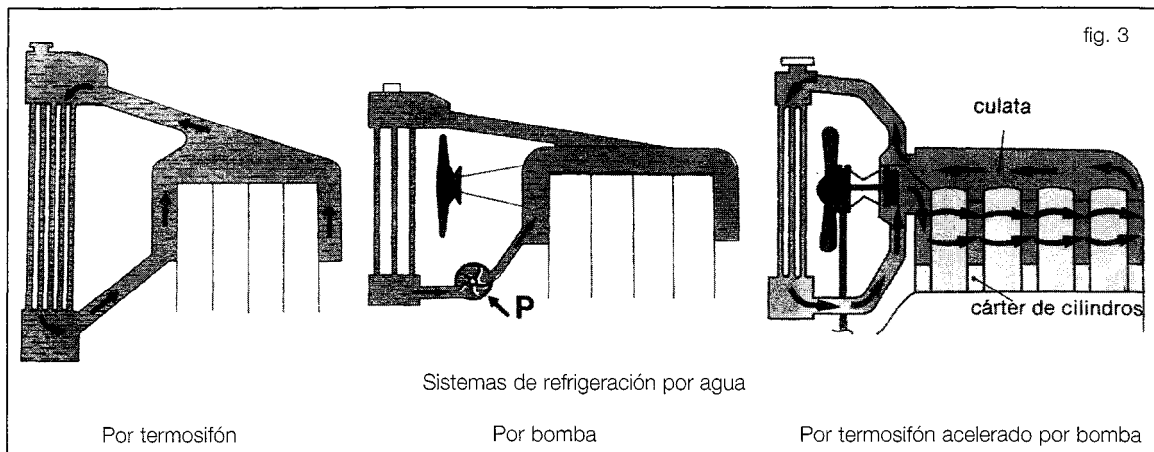
Asimismo, no podemos hablar de refrigeración por agua ya que las exigencias de los modernos circuitos y materiales con que están contruidos los motores imponen el uso de líquidos refrigerantes-anticongelantes de mayores prestaciones que el agua para el funcionamiento del motor en una más amplia gama de temperatura ambiente.

También ha pasado a otro plano histórico el tener que rehacer el nivel de agua casi diariamente y sometiendo el circuito a presión además se consiguen mayores prestaciones al poder aumentar la temperatura de funcionamiento del motor.

fig. 2



Motor Porsche tipo 911
refrigerado por aire



REFRIGERACIÓN

El sistema que se puede llegar a describir en este apartado es un sistema genérico, para un motor Diesel o gasolina, de un automóvil moderno con refrigeración mixta. Cada vehículo cuenta además con sus propias particularidades pero que no difieren en términos generales de funcionamiento.

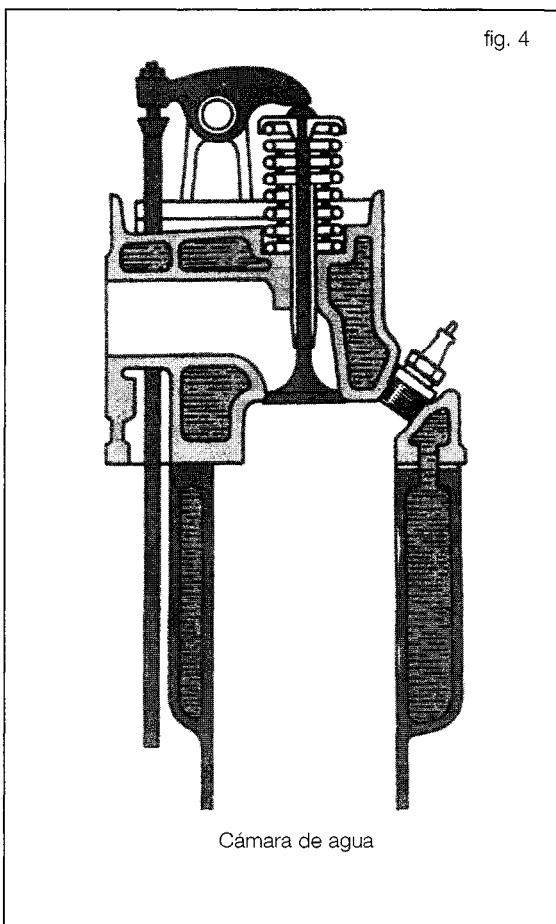
Las cámaras de refrigeración

Estas cámaras, practicadas tanto en el bloque motor como en la culata, rodean la cámara de combustión, los cilindros, los asientos de las bujías, de las válvulas y sus guías, y en su caso, aquellas partes que están más en contacto directo con los gases de escape (fig. 4).

Las cámaras de refrigeración representan las partes huecas de la culata y del bloque que ya en su fundición se diseñan para tal fin. Están especialmente estudiadas a fin de que no presenten puntos calientes durante la circulación del refrigerante, es decir, rincones o zonas donde no se pueda establecer la circulación de una corriente suficiente para evacuar el calor producido o acumulado (fig. 5).

Se presentan, en el bloque de cilindros, tres disposiciones, atendiendo al tipo de cilindros utilizados. Así encontramos:

- Bloque de camisas secas. Aquellos en que el agua de refrigeración no entra en contacto directo con las paredes del cilindro por donde se desliza el pistón. Los cilindros los constituyen unos forros introducidos a presión en el cilindro fundido alrededor del cual circula el refrigerante.





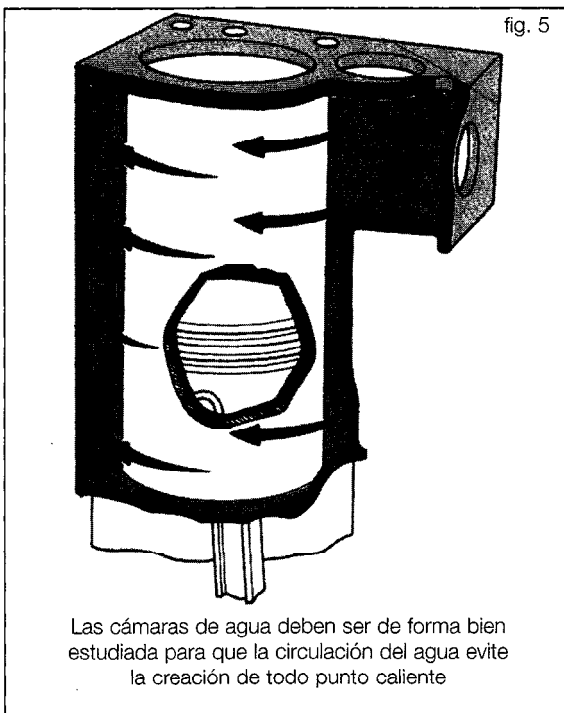
Presenta ventajas de economía, reparación, de calidad de materiales y prácticamente no sufre pérdidas de líquido, aunque puede presentar inconvenientes de refrigeración.

- Bloque de camisas húmedas. En esta disposición, el refrigerante sí circula alrededor del cilindro, pero el cilindro es recambiable, es decir, tampoco forma parte integrante del bloque.

Al igual que la disposición anterior, ofrece mayor facilidad y economía de reparación y una mayor calidad del cilindro, pero puede ocasionar problemas de estanqueidad aunque soluciona eficazmente la refrigeración y la construcción del bloque.

- Bloque de cilindros integrales. Donde los cilindros están practicados en el propio bloque y en el cual el agua de refrigeración circula alrededor de los cilindros por las oquedades dispuestas durante la fundición del propio bloque.

Es el sistema más sencillo aunque resulta de complicada fabricación y obliga al rectificado de cilindros en caso de desgaste, hecho que se produce con mayor celeridad por la dificultad que representa el tratamiento térmico del cilindro.



El radiador

Este elemento del sistema es el encargado de disipar el calor recuperado al contacto con los cilindros y las cámaras de refrigeración por medio del líquido refrigerante. Esta disipación se produce al transmitir por convección a las paredes metálicas de los conductos del radiador.

Este elemento consta básicamente de (fig. 6):

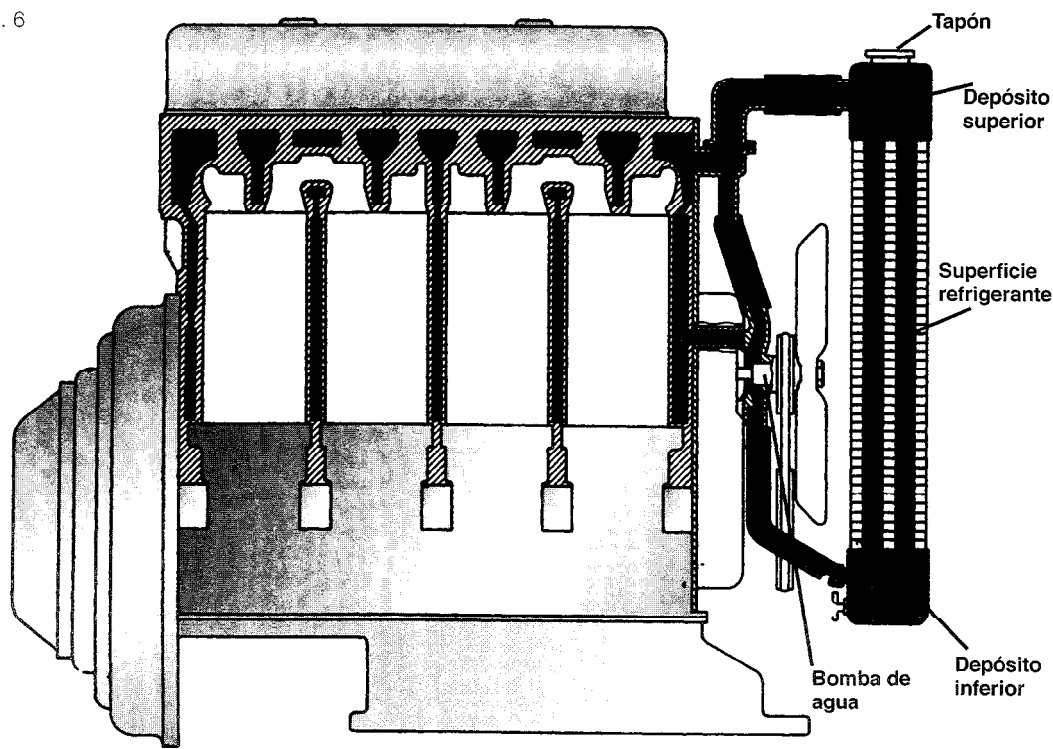
- Tapón de llenado. Aunque algunos sistemas no lo montan y se realiza el llenado por otro elemento del sistema, es por él por donde se llena o se rehace el nivel del refrigerante. Si el sistema no es de circuito cerrado, como sucede en la mayoría de vehículos industriales o agrícolas y en determinados modelos de automóviles de turismo de cierta antigüedad a pesar de usar el sistema de circuito cerrado, el tapón lleva incorporadas dos válvulas: una de vacío para impedir que se forme un vacío en el sistema cuando éste se enfría y otra de presión que permite que el refrigerante o el vapor escape por el orificio de rebose al alcanzar una determinada presión el circuito de refrigeración. Con el sistema de presurización del circuito de 0,48 bares, se consigue elevar el punto de ebullición del agua hasta los 110 °C.

- Conducto o entrada del agua caliente. Procede de la parte superior de la culata.

- Conducto o salida del agua refrigerada. Mediante el cual es devuelta el agua a la entrada del motor.

- Elementos refrigerantes. Consistente en unos pasos de agua que forman un panel y unos elementos laminares por donde la circulación del aire toma el calor. Las dimensiones y el diseño de esta superficie, así como el coeficiente de transmisión del calor del material constructivo garantizarán en buena medida la eficacia del sistema.

- Orificio o conducto de desagüe. Por donde al aumentar el volumen del agua por efecto de la temperatura saldrá el agua sobrante del circuito. En un sistema actual, este sobrante de refrigerante es reconducido en un elemento llamado expansor.



Elementos básicos del radiador

- Recipientes de agua. Dispuestos a ambos lados, los llamados de flujo transversal que posibilitan radiadores y perfiles de vehículos más bajos, o en su parte superior e inferior en aquellos llamados de flujo vertical, hacen las veces de depósitos del agua fría y caliente.

Normalmente va dispuesto en el vehículo en la parte delantera del motor y en el sentido de marcha para que reciba directamente la corriente del aire, protegido por una parrilla y sujeto por soportes elásticos con el fin de absorber las vibraciones.

La unión de los recipientes con el motor se realiza mediante manguitos de caucho con una capa trenzada de hilos de nylon o de algodón. Generalmente, el agua enfriada entra directamente a la bomba y el agua caliente es conducida al radiador desde la parte más alta del motor, la culata.

Tipos de radiadores (fig. 7)

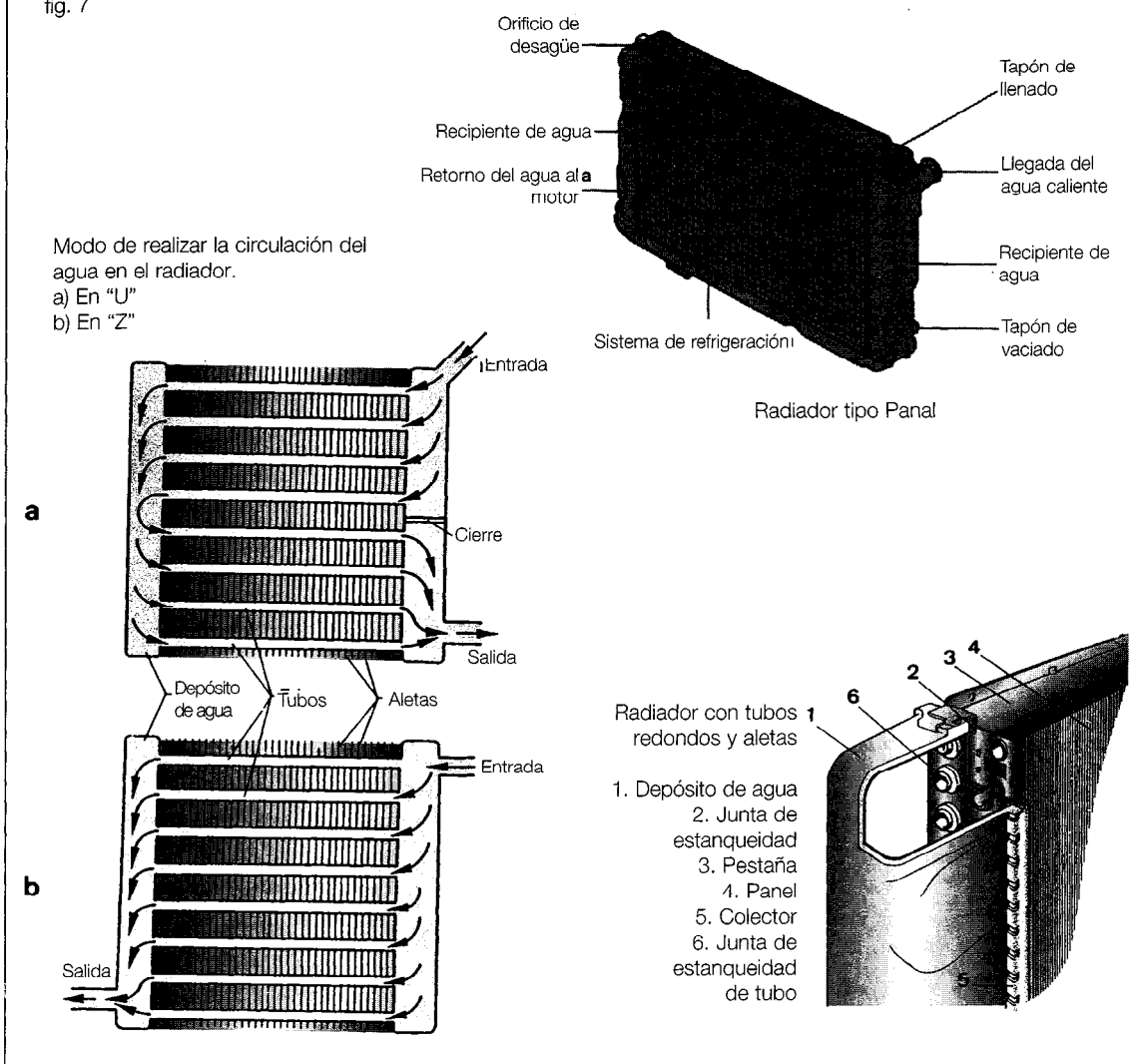
Básicamente, se distinguen dos tipos de radiadores, el sistema tubular y el de panel.

La mayoría de vehículos montan radiadores tubulares formando el elemento refrigerante numerosos tubos planos que unen los dos recipientes de agua y por donde ésta circula. Horizontalmente y soldadas a los tubos, se dispone una serie de aletas que favorecen la evacuación del flujo térmico.

Modernamente, los recipientes o depósitos se construyen en plástico en lugar de cobre o latón y los conductos tubulares en acero o aluminio, así como las aletas realizadas de una aleación de aluminio-silicio, que además de economizar y facilitar la fabricación proporciona, al poderse laminar más finamente, un coeficiente de transmisión del calor más elevado y mayor resistencia mecánica que las de plomo-estaño de las de los radiadores de cobre o acero.

Los radiadores de panel, bien del tipo de nido de abeja o el de láminas, aunque a igual superficie proporcionan una mayor transmisión de calor, la dificultad de su fabricación y su coste los hace desaconsejables.

fig. 7



167

El ventilador

Los ventiladores se utilizan para activar y asegurar la circulación de una gran cantidad de aire a través del radiador con la finalidad principal de enfriar el líquido refrigerante y a la vez favorecer la refrigeración de los órganos anexos al motor como puedan ser el alternador, la bomba de gasolina, el carburador así como el propio motor.

Con la propia marcha del vehículo, esta circulación de aire ya se establece, pero tenemos el inconveniente de que a una velocidad lenta, con el motor en carga o en las detenciones, la corriente resulta insuficiente cuando no nula.

Con los ventiladores de arrastre permanente, montados generalmente detrás del radiador y accionados directamente por la bomba de agua, se simplifica el accionamiento del ventilador pero surgen desventajas como:

- Se hace inútil a gran velocidad del vehículo.
- Funcionan siempre, independientemente de la temperatura del motor.
- La potencia absorbida crece el cuadrado de la velocidad de rotación.

La ventilación forzada presenta pues, a priori, sólo ventajas, pero un análisis más detenido nos muestra inconvenientes:

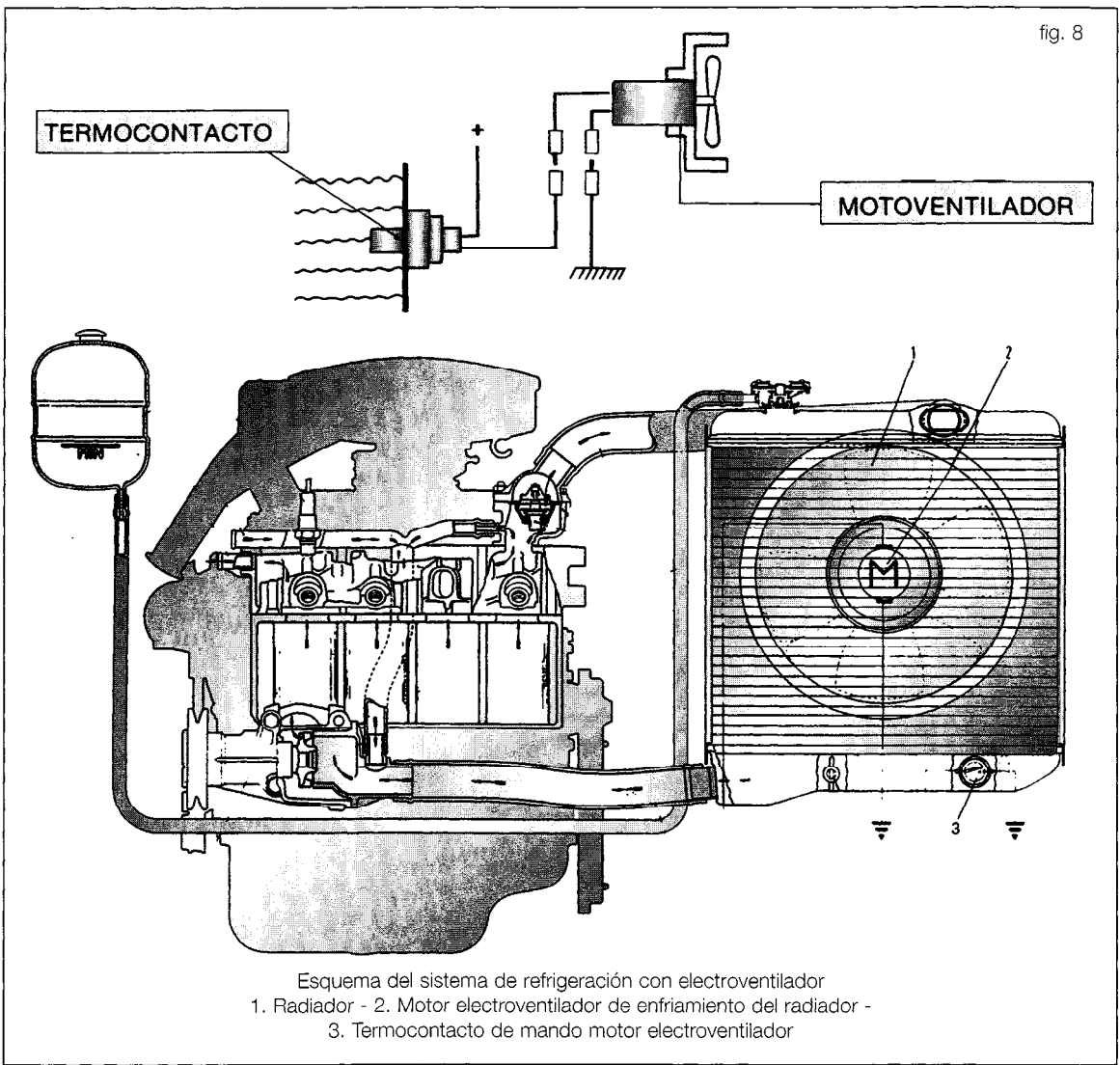
- A velocidad elevada es preciso canalizar adecuadamente el flujo de aire para que salga por debajo del capó.

- Se ha de conseguir hacer pasar el mayor caudal de aire posible a través del radiador con la menor absorción de potencia posible.

- Los ventiladores, en su funcionamiento, no deben emitir zumbidos indeseados que aumenten la sonoridad del motor.

En la actualidad, el aumento de eficacia del sistema de refrigeración, la menor absorción de potencia y la mejor regulación de los ciclos térmicos del motor se consiguen montando electroventiladores controlados termostáticamente.

Los motoventiladores o electroventiladores, montados generalmente detrás del radiador y adosados a éste, aunque nada impide que se dispongan delante y así sucede en muchas ocasiones, sólo funcionan cuando los requerimientos térmicos lo hacen necesario, disminuyendo así, considerablemente, la absorción de potencia. Un termocontacto colocado sobre el mismo radiador o sobre la culata controla la entrada en funcionamiento del electroventilador alimentando o no de corriente el motor. Para evitar que la conexión eléctrica pueda invertirse accidentalmente y evitar la disfunción del sistema, los conectores del electroventilador suelen ser de un solo sentido de montaje o de terminales diferentes (fig. 8).





Funcionamiento del sistema

- Cuando la temperatura del líquido de refrigeración alcanza una temperatura alrededor de los 92 °C, el term Contacto cierra el circuito permitiendo la llegada de corriente al motoventilador.

- El ventilador funciona hasta que consigue hacer descender la temperatura del líquido de refrigeración alrededor de los 82 °C, momento en el que el term Contacto abre el circuito y deja de funcionar el ventilador.

En la actualidad, sobre todo en aquellos vehículos equipados con aire acondicionado, al disponerse el radiador de este sistema adosado al radiador del refrigerante, acostumbran a montarse hasta dos motoventiladores, por la mayor dificultad del paso del aire a través de los dos radiadores, y con dos velocidades de marcha.

También es habitual en la actualidad, encontrar en el sistema de refrigeración un term Contacto de postfuncionamiento que suplirá en su función a los term Contactos de funcionamiento normal al quitar el contacto del motor.

Los ventiladores electromagnéticos, montados generalmente en vehículos industriales, con la misma disposición que los ventiladores convencionales de arrastre permanente, consiguen también reducir eficazmente la absorción de potencia con un funcionamiento muy similar al descrito anteriormente.

Otro sistema muy empleado en vehículos industriales son los denominados de acoplamiento viscoso, donde el control de acoplamiento se realiza mediante un sistema que detecta la temperatura del aire que atraviesa el radiador y permitiendo o no el arrastre del ventilador por medio de un fluido viscoso, en función de la temperatura.

La bomba de agua (fig. 9)

Por lo general, las bombas utilizadas son del tipo centrífugo, que proporcionan un elevado caudal con una débil presión de impulsión, proporcional-

mente, del caudal suministrado. Las bombas utilizadas actualmente en automoción, dan caudales del orden de los 1.000 l/h a 1.000 rpm hasta los 8.000 l/h a regímenes máximos, no llegando a superar los 2,5 Kg/cm².

El movimiento de la bomba lo toma generalmente de una correa movida por el cigüeñal, que a su vez mueve un eje en cuyo extremo se monta una turbina o rodete que gira en el interior del cuerpo de la bomba dispuesto excéntricamente.

Por efecto de fuerza centrífuga, el agua, que llega a la turbina en su parte central, es despedida hacia la periferia de la rueda y conduciéndola a la salida de la bomba, creándose a su vez una depresión en su centro.

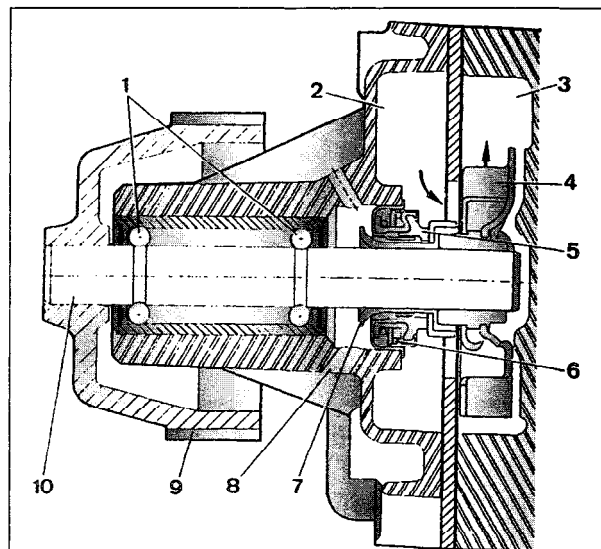
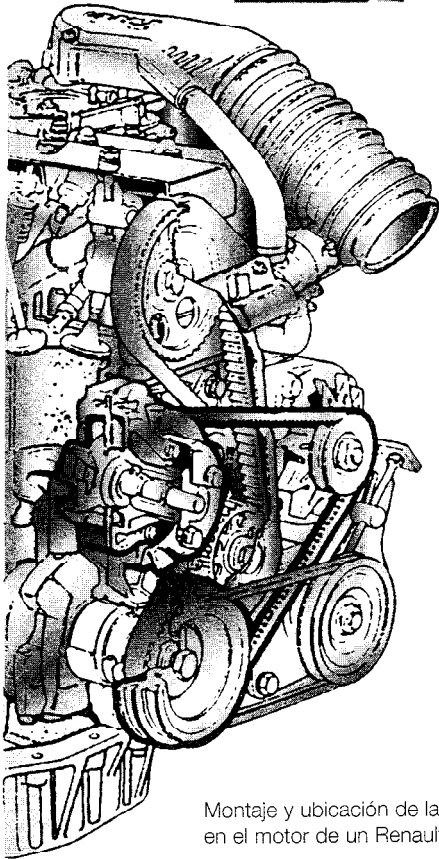
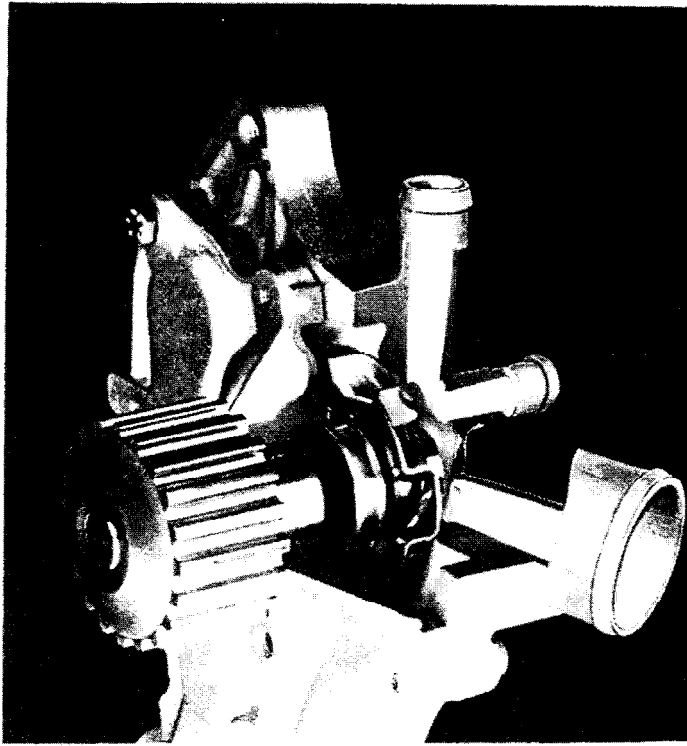
La disposición de las aletas de la bomba, su orientación y las dimensiones de la turbina, determinan las necesidades de refrigeración de cada motor. Así, si las aletas se inclinan hacia atrás en el sentido de rotación, se creará una baja presión en el circuito, si se inclinan al contrario, la presión creada será mayor.

En el eje de la bomba, además de montar unos cojinetes de bolas que posibiliten su giro en el interior del cuerpo, se dispone una empaquetadura formada por un retén autolubricado, generalmente de grafito, una junta de caucho y un muelle que mantiene el conjunto presionado contra el cuerpo de la bomba para asegurar la estanqueidad de ésta.

Las bombas centrífugas permiten la circulación del refrigerante por el interior del motor aun después de detenerlo, por efecto de termosifón. Esto evita la aparición de elevadas temperaturas en las zonas más calientes del motor al detenerlo, ya que el efecto de refrigeración continúa produciéndose hasta el equilibrio de temperaturas. También ayuda en caso de avería del sistema.

Modernamente, con el fin de ayudar al efecto antes mencionado, se montan en algunos vehículos una bomba eléctrica en derivación con la bomba centrífuga que, controlada por un term Contacto situado en la culata, hará funcionar la bomba eléctrica sólo cuando al parar el motor la elevada temperatura lo requiera.

fig. 9



Corte de una bomba de agua

- 1. Cojinetes - 2. Zona de llegada del agua - 3. Zona de bombeo - 4. Turbina - 5. Retén de estanqueidad - 6. Muelle - 7. Deflector - 8. Agujero de evacuación - 9. Polea de transmisión - 10. Eje o árbol

Montaje y ubicación de la bomba de agua en el motor de un Renault 21 Turbo



El termostato

Para el correcto funcionamiento del motor es preciso regular la temperatura del sistema de refrigeración.

Como ya se apuntaba en las primeras consideraciones sobre la refrigeración, interesa conseguir cuanto antes la temperatura normal de funcionamiento del motor para optimizar así su rendimiento y evitar los desgastes excesivos fruto de un funcionamiento prolongado a bajas temperaturas.

Pero no sólo hay que conseguir pronto la temperatura óptima de funcionamiento, además, no deben sobrepasarse unos valores de temperatura críticos que pudieran ocasionarnos agarrotamientos y defectos de lubricación.

Por todo ello, se encomienda este control de temperatura interna del motor al termostato, que es una válvula que permite o impide el paso del líquido refrigerante hacia el radiador en función de si la temperatura alcanzada por éste se encuentra por encima o por debajo de la temperatura de tarado de la válvula.

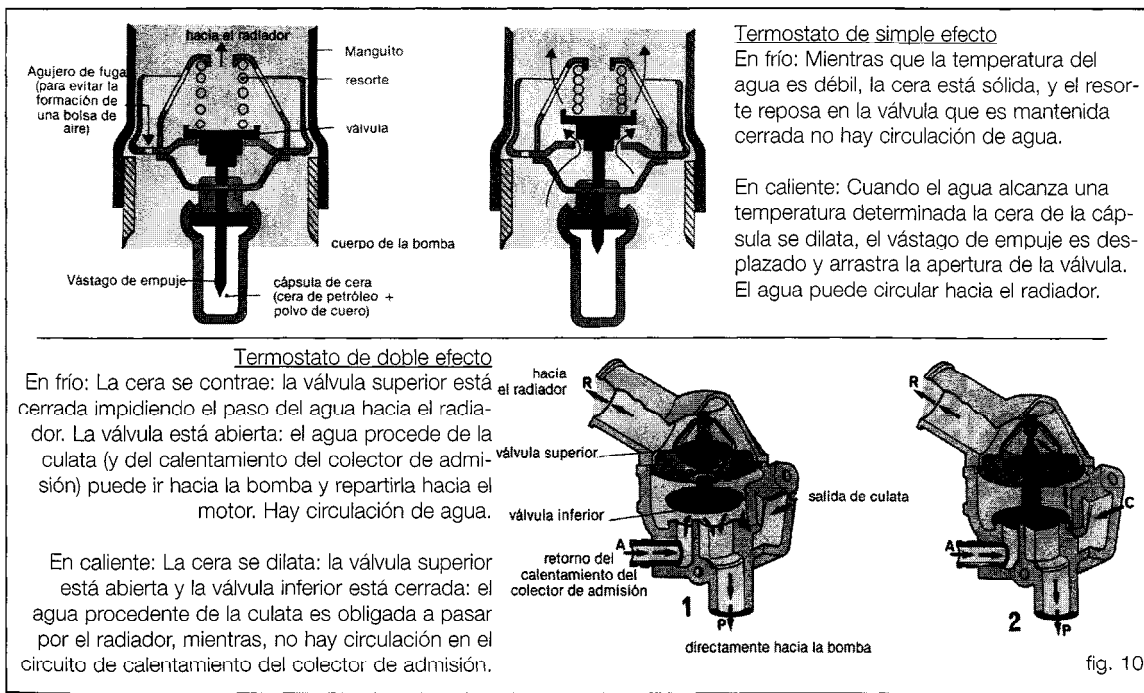
Además, el sistema de refrigeración puede presentarse con un efecto simple de accionamiento o un efecto doble (fig. 10) mediante un sistema "by-pass" hacia otros circuitos.

Tipos de termostatos

Fundamentalmente se utilizan dos tipos: los de fuelle y los de cápsula.

Los termostatos de fuelle están formados por soporte metálico que aloja un fuelle circular de latón relleno de un elemento volátil y con un alto coeficiente de dilatación como pueden ser el éter, el alcohol o la parafina. El contacto del agua caliente con el fuelle, hace que el elemento interno se volatilice, aumente su volumen y haga expandirse al fuelle, lo que provoca la apertura de la válvula y el paso a través de ella del líquido refrigerante.

En los termostatos de cápsula, ésta sustituye al fuelle y una mezcla de cera de petróleo más polvo de cuero lo hace con respecto al elemento volátil. El agua caliente, al estar en contacto con la cápsula, hace que la cera se dilate obligando a la válvula a abrirse, oponiéndose a la acción de un muelle, y posibilitando la circulación del agua hacia el elemento refrigerante. Cuando la temperatura del agua desciende, por la acción combinada de la contracción de la cera más la acción del muelle, la válvula permanece cerrada posibilitando el aumento de la temperatura del líquido de refrigeración hasta la temperatura óptima de funcionamiento del motor.

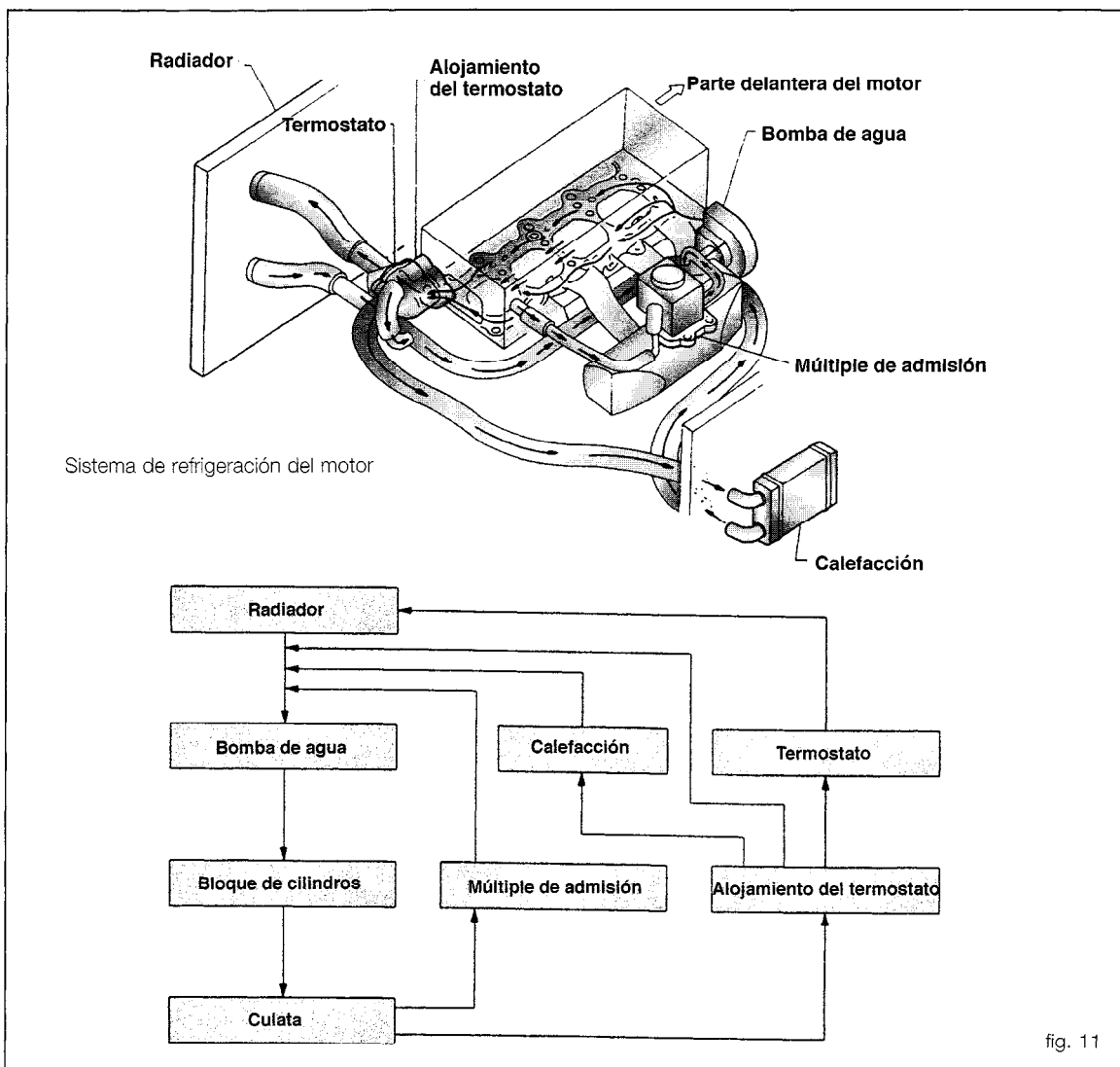


En los actuales circuitos de refrigeración es bastante habitual el uso de termostatos llamados de doble válvula. Éstos y con el motor sin haber alcanzado su temperatura normal de funcionamiento, a la vez que impiden el paso del agua hacia el elemento refrigerante, obligan al agua proveniente de la culata y de los circuitos auxiliares de refrigeración (el caldeo del colector de admisión o de la calefacción o climatización del habitáculo interior del vehículo) a recircular por el interior del motor hasta que se consiga la temperatura que haga abrir la válvula. Simultáneamente a la apertura de la válvula y la comunicación del agua proveniente de la culata con el elemento refrigerante, se imposibilita el paso del agua proveniente de los circuitos auxiliares hacia el elemento refrigerante.

Aunque este efecto "by-pass" ya se aplicaba en los termostatos de simple efecto para que se alcanzara la temperatura óptima de funcionamiento lo antes posible, con los termostatos de doble efecto o de doble válvula se consigue controlar, como ya se ha explicado, los circuitos auxiliares.

El circuito de refrigeración (fig. 11)

Las modernas exigencias de los automóviles no sólo requieren del circuito de refrigeración que cumpla con el mantenimiento de la temperatura del motor dentro de unos parámetros adecuados de funcionamiento como se exigía a un circuito clásico.





Hasta los años sesenta, los inconvenientes que presentaba el circuito cerrado de refrigeración, como por ejemplo que con temperatura ambiente elevada el agua llegaba a hervir, rehacer el nivel frecuentemente y atender a la adición de anticongelante sólo en invierno ya que en verano lo echábamos al exterior por el orificio de rebose y no podíamos controlar la proporción de mezcla, eran un hecho existencial en el automóvil.

En los vehículos modernos, aprovechamos el hecho de disponer de un circuito de refrigeración y una regulación térmica para unas veces enfriar otros elementos que no son propiamente del motor como los intercambiadores, y otras para calentar partes como los colectores y carburadores, sistemas de arranque en frío o el propio habitáculo.

A partir de los años sesenta se empezaron a disponer de circuitos de refrigeración bajo presión o "sellados". Con este sistema se consiguen diferentes ventajas:

- Aumentar el punto de ebullición del agua de refrigeración, lo que permite aumentar el rendimiento térmico del motor al poder trabajar a mayores temperaturas. Se estima que por cada 100 g/cm² corresponde un aumento de 2 °C sobre el punto de ebullición.

- Ya no se hace necesario completar el nivel del radiador, pues el líquido sobrante, al producirse el aumento de volumen del refrigerante con la elevación de la temperatura o incluso con la formación de vapor, ya no es mandado al exterior del circuito, sino que se recoge en el llamado vaso de expansión. Cuando la temperatura del líquido refrigerante desciende, la falta de volumen se suple automáticamente con la reaspiración del líquido mandado al vaso expansor.

Para conseguir este efecto, o bien en el vaso expansor o en el tapón del radiador, se dispone de una doble válvula que permitirá el rebose de líquido cuando sobre en el radiador y otra que actúa cuando la depresión creada en el radiador por la falta de líquido hace que éste pase del vaso expansor hacia el radiador.

Con los circuitos sellados de refrigeración, dependiendo del sistema, se consiguen aumentos del punto de ebullición entre los 110 y hasta los 122 °C de temperatura del agua, lo que conlleva considerables aumentos del rendimiento térmico de los motores.

- Ahora ya no es imprescindible utilizar anticongelante sólo en invierno. Podemos usarlo siempre y circular a todas temperaturas sin peligro de variar considerablemente el grado de protección. Además, usamos una mezcla anticongelante-refrigerante con aditivos que garantizan una mayor limpieza del circuito y mejores cualidades del elemento refrigerante.

Finalmente, debemos señalar que generalmente en las partes altas del circuito de refrigeración lleva unos purgadores con el fin de extraer el aire del circuito. Modernamente este purgado se ha visto mejorado y completado con los diferentes sistemas llamados de degasificación que actúan permanentemente haciendo un purgado automático del circuito con el fin de evitar la formación de bolsas de vapor en las partes altas de la culata a las que están expuestas determinados motores de elevadas prestaciones en algunas fases de su funcionamiento.

173

El líquido de refrigeración

Bastaría usar agua en verano y anticongelante en invierno para garantizar la refrigeración del motor y evitar la congelación del agua para prevenir así las averías y roturas.

Pero aun el agua destilada, a pesar de ser el agua más pura de todas, continua teniendo en mayor o menor medida, minerales disueltos y no evita en absoluto la tendencia a la corrosión. Si optáramos por usar agua, deberíamos adicionarla con anticorrosivos y a pesar de ello, no evitaríamos, atendiendo a la calidad del agua, los depósitos calcáreos, depósitos de lodos, etc.

La base del líquido refrigerante continúa siendo el agua. Pero una mezcla de agua y anticongelante permanente como la que disponen los actuales circuitos de refrigeración, ha de cumplir, además de evacuar el calor del motor, con una serie de requisitos indispensables. Así, un buen refrigerante-anticongelante ha de garantizar, para su uso permanente:

- Soportar las más bajas temperaturas sin llegar a congelarse cualquiera que sean las condiciones climáticas.

- No favorecer la herrumbre ni corroer los muy diversos elementos y materiales que constituyen un moderno sistema de refrigeración.

- Soportar las elevadas temperaturas de trabajo de los motores modernos sin que la mezcla llegue a descomponerse ni favorecer la formación de depósitos calcáreos.

- Ser un buen conductor del calor y resistir la formación de espuma.

Otros requisitos menores son: su olor, que no será desagradable o demasiado penetrante; su color que, distinguirá el circuito equipado con anticongelante-refrigerante; que no rebajen demasiado el punto de ebullición del agua, y que no sean demasiado expansibles.

Los anticongelantes más usados son:

- A base de alcohol, para uso no permanente y que presenta un punto de ebullición demasiado bajo, sobre los 80 °C para las exigencias de trabajo de los motores actuales.

- A base de un hidrocarburo etílico con glicerina y alcohol (glicol etileno), al cual se añade bórax como inhibidor de la corrosión, agua destilada en una proporción mínima del 2% y pequeñas proporciones de colorantes y antiespumantes. A esta mezcla se la denomina anticongelante permanente.

La denominación "permanente", no quiere decir que pierda sus cualidades. Significa sólo que la solución no hierve a temperaturas norma-

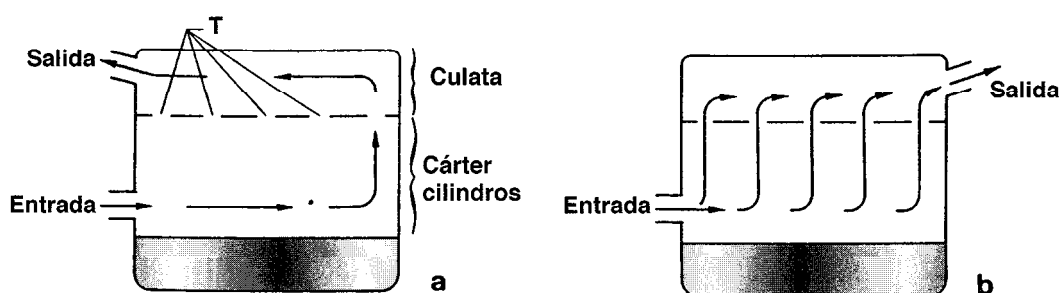
les de funcionamiento y que no se sustituye atendiendo a la climatología. Sin embargo, la mayoría de fabricantes aconseja el cambio cada dos años, o en cualquier circunstancia en que la comprobación del grado de protección, mediante el densímetro apropiado, haya descendido considerablemente.

La solución más comúnmente empleada en los circuitos sellados es la de un líquido refrigerante-anticongelante a base de agua y glicol etileno entre el 33 y el 50% de este último elemento. Una solución con un porcentaje de glicol etileno del 50% proporciona una protección anticongelante de -35,6 °C.

Debido a la naturaleza del glicol etileno, la mayor protección anticongelante la proporciona una mezcla al 68% de este elemento que es de -67,7 °C. Si seguimos aumentando su proporción, la protección irá disminuyendo hasta llegar a una solución pura de glicol etileno que nos proporcionaría una protección de tan sólo -22,7 °C.

La composición del agua utilizada en la mezcla refrigerante-anticongelante de uso permanente tiene gran importancia, sobre todo por lo que se refiere a la presencia de iones de cloro y otros, que ha de evitarse para, a pesar de los anticorrosivos, no presentar fenómenos de corrosión en el circuito. Los fenómenos de corrosión son más frecuentes en los radiadores de aluminio, siendo prácticamente nulos en los de cobre. En la figura 12 se indica el recorrido del agua de refrigeración a lo largo del bloque motor en varios sentidos de circulación.

fig. 12



Modos de circulación del agua en el bloque motor
a. En "U" - b. En diagonal.



VERIFICACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Con lo descrito en el capítulo teórico, el sistema de refrigeración ha de garantizar un rápido calentamiento del motor hasta su temperatura normal de funcionamiento y posteriormente mantener esta temperatura sin que en ninguna circunstancia de carga, régimen o ambiente haga aumentar dicha temperatura.

Si el diseño del circuito es el apropiado, el mantenimiento del sistema se limitará a controlar el nivel del líquido refrigerante del sistema y prestar atención al indicador de temperatura o de calentamiento excesivo. Periódicamente, independientemente de la época del año, en un sistema cerrado, será una buena práctica verificar el nivel del líquido en el vaso expensor. A efectos de comprobación, el vaso expensor lleva indicadas unas marcas de máximo y mínimo nivel de refrigerante.

Es de destacar que no sólo por una fuga en el circuito podemos tener una pérdida de nivel. Aun en un sistema "sellado", se producen pérdidas de nivel por evaporación, por lo que, sobre todo en motores de altas prestaciones, de uso severo o temperaturas ambiente altas, la verificación del nivel ha de hacerse imperativamente.

Algunos vehículos incorporan en el panel de control un testigo luminoso que nos indica la falta de nivel de líquido de refrigeración. En cualquier caso, se cuente o no con este dispositivo, se dota a los vehículos como mínimo de un testigo luminoso de advertencia de calentamiento gobernado por un termopunto instalado en la culata del motor. Un complemento muy empleado de este dispositivo lo constituye un indicador de temperatura, que mediante una sonda de temperatura nos indica en todo momento la temperatura de funcionamiento dentro de una franja en la cual se marcan en color rojo las temperaturas de funcionamiento consideradas peligrosas para el buen funcionamiento del motor o incluso con riesgo de agarrotamiento.

Las causas determinantes de un mal funcionamiento del circuito de refrigeración pueden ser muy variadas, máxime cuando cada circuito de marca y modelo incorpora sus especificidades para lograr el máximo rendimiento del motor o aprovechar el circuito para el confort del habitáculo del vehículo.

175

SÍNTOMAS

Los síntomas más habituales suelen ser:

- a) Pérdidas de líquido del circuito.*
- b) Calentamiento excesivo del sistema.*
- c) El motor tarda mucho en alcanzar su temperatura normal de funcionamiento.*

CUADRO DE AVERÍAS MÁS COMUNES EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. VERIFICACIÓN Y CONTROL DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO

Para la verificación de la concentración de anticongelante en el líquido refrigerante, se dispone de un densímetro y unas tablas, pues la medida se establece a una determinada temperatura.

Verificación, control y/o comentarios al respecto de los elementos, causas u orígenes de averías de la tabla anterior.

a) 1. Esta avería es producida por la fuga de agua interna por las camisas o sus juntas, por la junta de culata o por alguno de los elementos auxiliares del motor como los intercambiadores agua-aceite. En caso de producirse esta avería se constatará un aumento de nivel del lubricante y la posible descomposición de éste.

2. Generalmente se trata de fugas de compresión que con el motor caliente producen este efecto y también se detectará un calentamiento anormal. Con el motor parado, se invierten los términos y es el líquido de refrigeración quien penetra en el interior de los cilindros produciéndose la pérdida de refrigerante.

3-7. Estas pérdidas son, si son importantes, fácilmente detectables. Si no son importantes pero son persistentes y es difícil establecer su localización por no presentar rastros, se recurre a la presurización del circuito, sobre los 1,5 Kg/cm², con el motor caliente y se observa si la presión se mantiene. Si no se mantiene y su caída es brusca, tanto más importante será la fuga y habrá de observarse por donde se produce.

b) 1. Es de destacar que el enturbiamiento del líquido, por ejemplo por una adición de aceite procedente del motor indeseada, las propiedades refrigerantes quedarían notablemente mermadas. Si lo que se hace es rellenar el circuito, se hará imperativamente por el vaso expensor. En el caso de llenar de nuevo el circuito, se llenará con los purgadores abiertos hasta que el líquido salga abundantemente por ellos; una vez conseguido esto, se calentará el motor, abriendo luego los purgadores hasta que no se observen burbujas en ellos y se revisará el nivel. El nivel volverá a revisarse una vez se haya enfriado el motor.

2. Desconectando el manguito inferior y conectando una manguera en la boca de llenado del radiador, el agua debe fluir abundantemente. En el caso de que deba limpiarse, se utilizará un producto comercial adecuado o una solución de carbonato de sosa (1 Kg por cada 10 litros de agua) y agua caliente, la del propio motor funcionando durante unos 15 minutos. Posteriormente se vaciará y limpiará abundantemente con agua limpia.

3. Una vez reemplazada la correa o si se constata la falta de tensado, se procederá al correcto tensado siguiendo las especificaciones del fabricante.

4. Si los electroventiladores no se ponen en marcha al alcanzarse la temperatura normal de funcionamiento observada, por ejemplo, en el indicador de temperatura, procederemos a hacer un "puente" entre las conexiones del termocontacto y si funcionasen habremos detectado el mal funcionamiento de éste; si siguen sin accionarse, la avería estará en los propios electroventiladores.

Para verificar un termocontacto, lo sumergimos en agua caliente a la temperatura en que éste tenga establecido de accionarse. Mediante un simple téster o una lámpara de pruebas podemos verificar tanto la temperatura en que cierra el circuito y al enfriarse el agua, a que temperatura pararán los electroventiladores.



5. Sumergiendo el termostato en agua que se va calentando progresivamente y tomando la temperatura, se observará a que temperatura empieza a accionar y a que otra lo ha hecho completamente. Contrastando con las especificaciones que ellos mismos suelen llevar indicadas o con las del fabricante del vehículo, conoceremos si funciona correctamente.

6. Una prueba sencilla para verificar si la bomba de agua impulsa la circulación del refrigerante es destapar el radiador y con el motor en marcha, acelerar y observar si se produce agitación del agua al hacerlo.

Si se determinase una disfunción de la bomba, se retirará del vehículo y se inspeccionará primeramente el estado de sus elementos, los cojinetes, la estanquidad de la empaquetadura, las superficies de asiento así como si presenta incrustaciones en la turbina, roturas, grietas o deformaciones. Antes de su montaje en el motor, se comprobará el juego axial de los cojinetes, el juego entre los álabes de la turbina y el cuerpo de la bomba y la holgura entre la cara exterior de la turbina y el plano de apoyo del cuerpo de la bomba. Estas últimas verificaciones deberán estar siempre de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

7. Si la válvula de presión está tarada por debajo de las exigencias del circuito, el agua se calentará en exceso pues reducimos su punto de ebullición. Por el contrario, si la válvula de depresión está obstruida, no dejará retornar el agua al radiador, con lo que circulará menos refrigerante por el circuito y seguiremos teniendo un calentamiento.

Para verificar las válvulas, se dispone de una bomba de estanquidad que se adapta al tapón. La válvula de presión deberá accionarse a unos valores comprendidos entre 0,80 y 1,5 bares, dependiendo del sistema. Es importante también verificar la junta de estanquidad del tapón.

8. Una falta de nivel de aceite, una mala puesta a punto del encendido o calado de la bomba de inyección, una mala combustión, una obstrucción de paso del aire a través del radiador, etc., pueden ser también causas de calentamientos excesivos del motor pero no son motivo de este capítulo.

c) La avería tiene casi exclusivamente su origen en que el termostato ha perdido su capacidad de cierre y por tanto la de mantener el agua en el interior del motor hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento. Si al retirarlo se observa expandido, se ha localizado ya la avería.

177

OTRAS INCIDENCIAS

Pudiera surgir la avería "virtual" de que la aguja del indicador de temperatura nos indica permanentemente la zona roja de peligro y sin embargo el sistema de refrigeración funciona perfectamente, el nivel del líquido es correcto y el motor no se calienta en exceso. En este caso hemos de pensar en que el cable del indicador de la temperatura tiene una derivación a masa.

Si se presenta el caso contrario, evidentemente lo primero en que hay que pensar es en que se ha cortado el circuito. En ambos casos, una vez verificado el circuito, si persiste la avería, será indicio de que el sensor de la temperatura no tiene un funcionamiento correcto.

La avería c), ya comentada, sobre todo en tiempo frío, provoca una pérdida de potencia calefactora en el interior del habitáculo, que además de ser perjudicial para el motor, puede mermar nuestra capacidad de conducir.



CONTENIDO DE LA PARTE PRÁCTICA

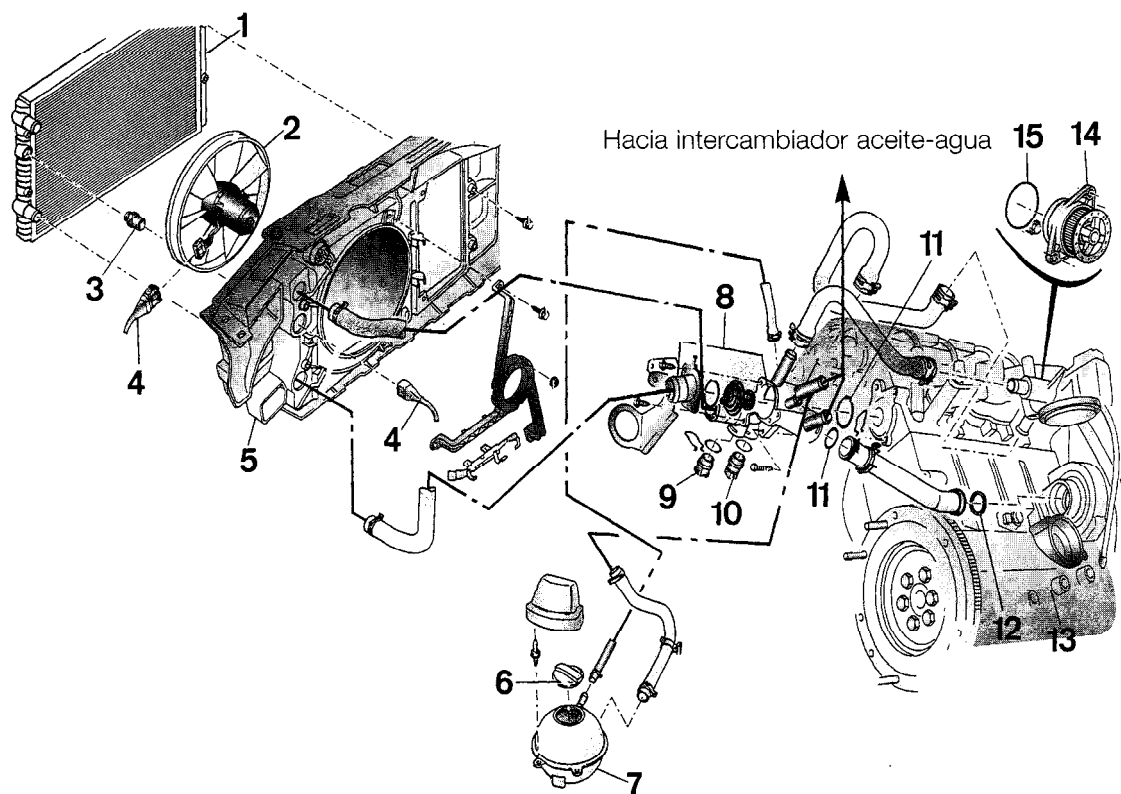
179

En este apartado de prácticas, vamos a ver varios ejemplos de automóviles que utilizan diferentes sistemas de refrigeración. En cada uno de ellos veremos el circuito y los componentes del sistema de refrigeración, así como las diferentes fases de desmontaje, montaje y control de algunos de sus componentes.

Los diferentes modelos utilizados en este apartado práctico corresponden a:

- Volkswagen Polo.
- BMW 525 tds.
- Seat Alhambra.
- Rover 420.

REFRIGERACIÓN VW POLO



REFRIGERACIÓN

1. Radiador - 2. Motoventilador - 3. Termocontacto de motoventilador - 4. Conector - 5. Carena - 6. Tapón del vaso de expansión - 7. Vaso de expansión - 8. Termostato - 9. Tapón de registro - 10. Sonda de temperatura de líquido refrigerante - 11 y 12. Juntas - 13. Bloque de cilindros - 14. Bomba de agua - 15. Junta de la bomba de agua

PAOLO FURCI DEL FANTASMA DI RIFERAZIONE

- Quitar el tapón del vaso de expansión.
- Vaciar el líquido refrigerante desenchufando el manguito inferior del radiador de la caja de termostato.
- Recuperar el líquido refrigerante si se puede reutilizar.

ILENADO / CARTA DEL GOBIERNO DE GUATEMALA

- Apretar la brida del manguito inferior del radiador.
- Llenar con líquido refrigerante hasta la marca del vaso de expansión (marca del nivel de agua fría).
- Cerrar el vaso de expansión.
- Hacer funcionar el motor hasta la conexión



del motoventilador a fin de purgar el circuito de refrigeración.

- Comprobar el nivel de líquido refrigerante. Completar eventualmente el nivel hasta la marca "máx".

CONTROL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Comprobación del circuito de refrigeración

- Colocar el aparato de control en el tapón del vaso de expansión.

- Accionar el aparato de control hasta crear una sobrepresión de 1 bar. Si la presión no disminuye, el sistema de refrigeración es hermético.

Comprobación del circuito del vaso de expansión

- Colocar el tapón en el aparato de control.
- Crear una sobrepresión. Si la válvula de sobrepresión se abre entre 0,9 y 1,15 bar, funciona correctamente.

DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA BOMBA DE AGUA

Atención: La bomba de agua no es reparable.

Desmontaje

- Desconectar la batería.
- Vaciar el circuito de refrigeración (véase la operación correspondiente).
- Desenchufar el conector eléctrico del alternador.
- Sacar el alternador y su correa de arrastre.
- Colocar el cigüeñal en posición de calado.
- Sacar la polea de cigüeñal.
- Desmontar las cubiertas superior e inferior de distribución.
- Sacar la correa de distribución (véase la operación correspondiente).
- Desmontar la bomba de agua y recuperar su junta tórica.

Montaje

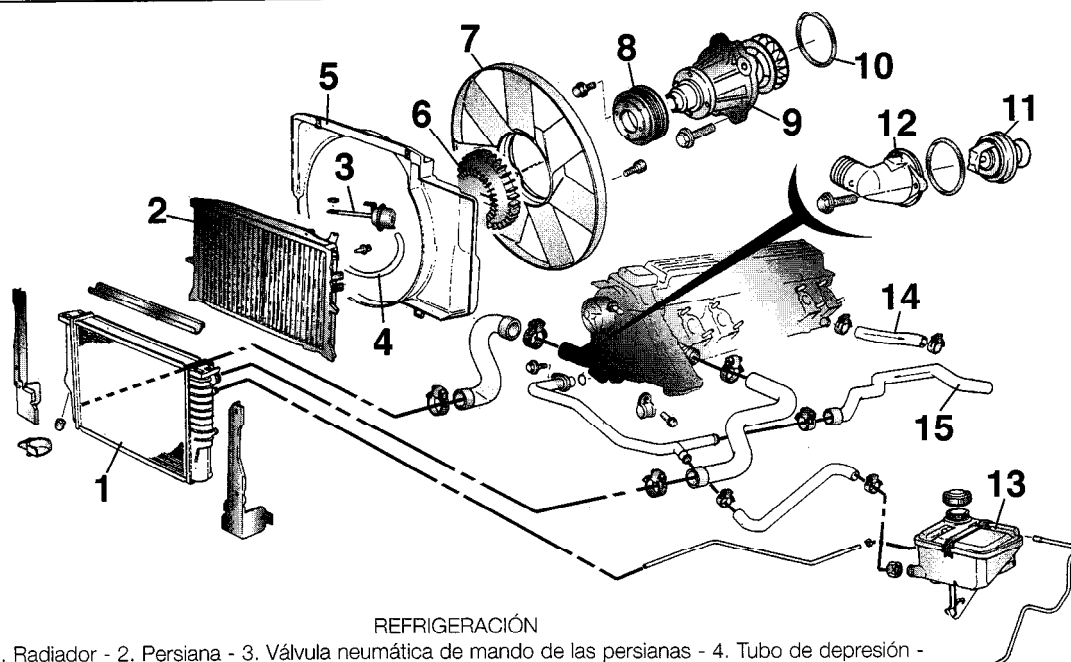
Proceder en orden inverso al desmontaje, prestando especial atención a respetar los métodos prescritos para las tensiones de las correas de distribución y de accesorios.

181

Modelo de Volkswagen Polo correspondiente a este estudio



REFRIGERACIÓN BMW 525 tds



REFRIGERACIÓN

1. Radiador - 2. Persiana - 3. Válvula neumática de mando de las persianas - 4. Tubo de depresión - 5. Carena - 6. Acoplamiento viscoso - 7. Ventilador - 8. Polea de bomba de agua - 9. Bomba de agua - 10. Junta tórica - 11. Termostato - 12. Caja de termostato - 13. Vaso de expansión - 14. Tubería que va a la calefacción - 15. Tubería procedente de la calefacción

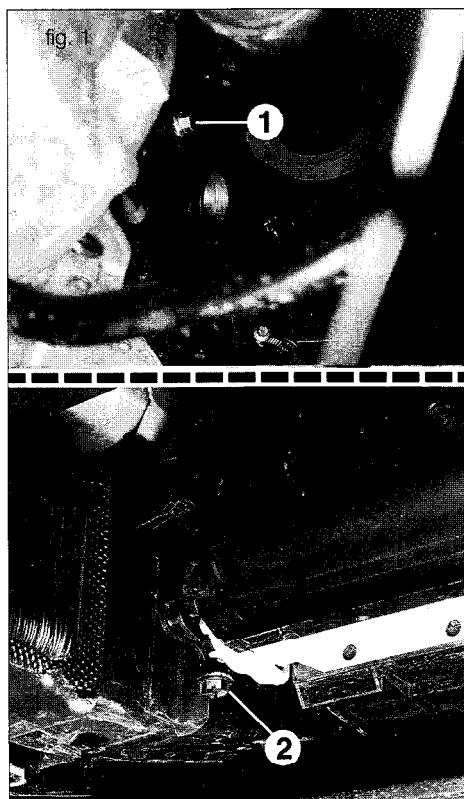
182

VACIADO DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

- Desmontar el carenado protector de debajo del motor.
- Colocar un recipiente bajo el vehículo para recoger el líquido refrigerante.
- Sacar el tapón del vaso de expansión.
- Abrir el tapón de vaciado del radiador (situado abajo, a la izquierda de éste), así como el tapón de vaciado del bloque de cilindros (situado en el lado derecho, entre los cilindros 5 y 4) (fig. 1).
- Después de la salida completa del líquido, enjuagar abundantemente el circuito con agua clara.
- Roscar el tapón de vaciado del radiador y colocar el del bloque de cilindros provisto con una junta nueva.

Vaciado del circuito de refrigeración

1. Tapón de vaciado del bloque de cilindros (situado en el lado derecho, bajo el turbo).
2. Tapón de vaciado del radiador.





LLENADO Y PURGA DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

La purga del circuito de refrigeración se efectúa automáticamente.

- Llenar lentamente el circuito por el vaso de expansión.
- Poner el motor en marcha y hacerlo girar a un régimen de 1.500 a 2.000 rpm hasta la conexión del ventilador de refrigeración.
- Devolver el motor a su régimen de ralentí durante un minuto aproximadamente.
- Parar el motor y esperar algunos minutos.
- Comprobar el nivel de líquido refrigerante en el vaso de expansión.

DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA BOMBA DE AGUA

Desmontaje

- Desconectar la batería.
- Vaciar el circuito de refrigeración (véase la operación correspondiente).
- Desmontar el ventilador de refrigeración.

Atención: el ventilador de refrigeración está fijado al acoplamiento viscoso mediante una tuerca con rosca a izquierdas.

- Sacar la correa de arrastre de los accesorios.
- Aflojar los tornillos de fijación de la polea de la bomba de agua.
- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba de agua al bloque de cilindros (fig. 2).
- Sacar la bomba de agua. Para extraer la bomba de agua del cárter, utilizar dos tornillos M6 atornillados en los orificios previstos a este efecto (fig. 3).

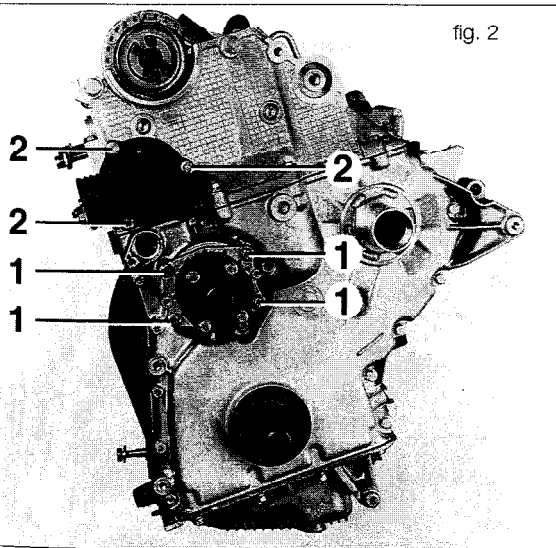
Montaje

Para el montaje, proceder en orden inverso al del desmontaje respetando los puntos siguientes:

- Montar una junta tórica de bomba de agua nueva y lubricarla ligeramente para el montaje.
- Montar la bomba de agua y fijarla con sus tornillos.
- Colocar y tensar la correa de arrastre de los accesorios.
- Llenar y purgar el circuito refrigerante (véanse las operaciones correspondientes).
- Arrancar el motor y comprobar que no haya fugas.

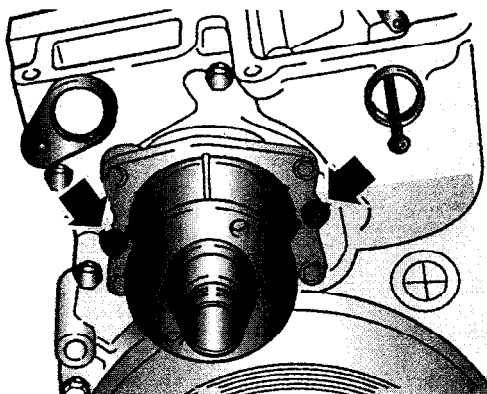
183

fig. 2



1. Tornillos de fijación de la bomba de agua -
2. Tornillos de fijación de la caja de termostato

fig. 3



Extracción de la bomba de agua
con dos tornillos M6 (flechas)



1. Radiador - 2. Manguito inferior - 3. Manguito superior - 4. Bomba de agua - 5. Polea de la bomba de agua - 6. Motoventilador - 7. Deflector de aire - 8. Soporte - 9. Manguitos - 10. Caja de racor - 11. Depósito de salida de agua - 12. Sonda de temperatura de líquido refrigerante - 13. Tapón - 14. Tubería rígida - 15. Refrigerador de aceite - 16. Refrigerador de aceite de cambio automático - 17. Vaso de expansión - 18. Termostato - 19. Caja de termostato

Llenado y purga

- Montar la abrazadera del manguito inferior del radiador mediante unos alicates para bridas (VAG 921) o unos alicates de presión.
- Completar el nivel de líquido refrigerante hasta la marca “MAX” del vaso de expansión.
- Hacer funcionar el motor al régimen de 2.500 rpm llenando el vaso de expansión hasta el orificio de respiradero (o de rebose).
- Cerrar el tapón del vaso de expansión.



- Esperar que se conecte el motoventilador y continuar haciendo funcionar el motor a un régimen de 2.000 rpm aproximadamente durante 10 minutos.
- Comprobar el nivel del líquido refrigerante y completarlo en su caso hasta la marca "MAX".
- Parar el motor.

COMPROBACIÓN DEL HERMETISMO

Comprobación del circuito refrigerante

- Colocar un aparato de control de presión de los circuitos de refrigeración (VAG 1274) mediante un adaptador (VAG 1274/1) en el vaso de expansión.
- Accionar con la mano la bomba del aparato de control para crear una sobrepresión de 1 bar. Si la presión no disminuye, el sistema de refrigeración es hermético.

COMPROBACIÓN DEL TAPÓN DE CIERRE DEL VASO DE EXPANSIÓN

- Colocar el tapón en el aparato de control.
- Crear una sobrepresión con la bomba de mano. Si la válvula de sobrepresión se abre entre 1,4 y 1,6 bar, funciona correctamente.

Nota: Cuando el motor está caliente y se afloja el tapón, se debe oír un ruido de evacuación de aire a presión que traduce la puesta a la presión atmosférica del circuito.

DESMTAJE Y MONTAJE DE LA BOMBA DE AGUA

Desmontaje

- Desconectar la batería.
- Vaciar el circuito de refrigeración (véase la operación correspondiente).
- Destensar la correa trapezoidal (bomba de dirección asistida) y la correa poliure (alternador, compresor de climatización) y sacarlas.
- Desmontar la polea de la bomba de agua.
- Desmontar las dos poleas del cigüeñal (arrastre de la correa trapezoidal y de la correa poliure).
- Desmontar la cubierta inferior de la correa de distribución (fig. 4).
- Aflojar los tornillos de fijación de la bomba de agua y sacarla (fig. 5).

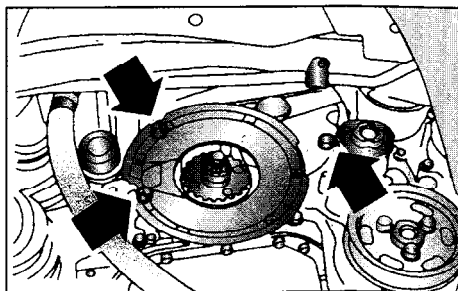
Montaje

- Montar la bomba de agua colocando correctamente una junta tórica nueva después de haber limpiado cuidadosamente las superficies de contacto.
- Llenar y purgar el circuito de refrigeración (véase la operación correspondiente).
- Colocar las correas y tensarlas.

CAMBIO DEL TERMOSTATO

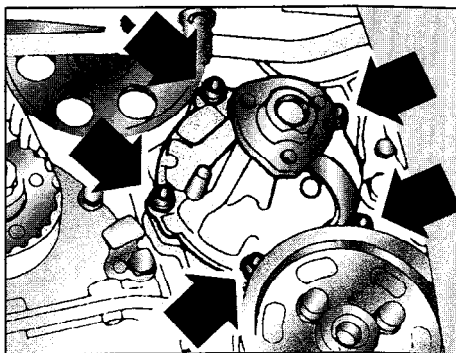
- Desempalmar el manguito inferior de la caja de termostato.
- Desmontar la caja de termostato.
- Extraer el termostato de la caja.
- Para el montaje, proceder en orden inverso al desmontaje teniendo cuidado de cambiar la junta tórica del termostato.
- Llenar y purgar el circuito de refrigeración (véase la operación correspondiente).

fig. 4



Desmontaje del cárter inferior de distribución

fig. 5



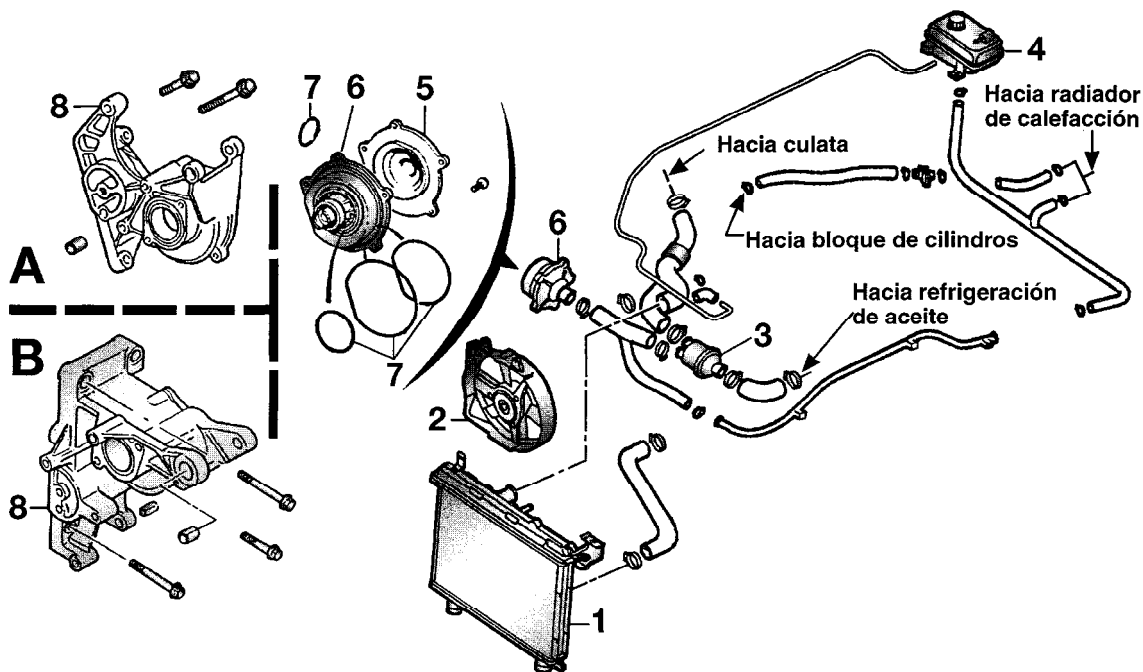
Tornillos de fijación de la bomba de agua

REFRIGERACIÓN ROVER 420

REFRIGERACIÓN

A. Sin climatización - B. Con climatización

1. Radiador - 2. Motoventilador - 3. Caja de termostato - 4. Vaso de expansión - 5. Tapa de bomba de agua - 6. Bomba de agua - 7. Juntas tóricas - 8. Soporte de accesorios



186

Llenado**Vaciado**

- Esperar a la refrigeración completa del motor.
- Colocar el mando de la calefacción en la temperatura máxima.
- Desmontar el carenado protector de debajo del motor.
- Sacar el tapón del vaso de expansión.
- Desempalmar el manguito inferior del radiador y dejar salir completamente el líquido refrigerante.
- Lavar el circuito con agua clara y a baja presión.

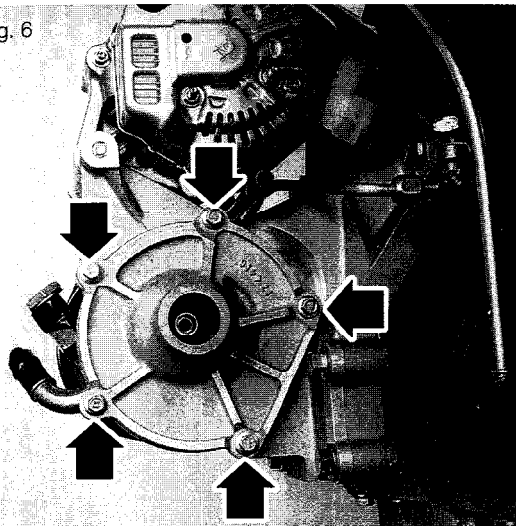
- Asegurarse de que el mando de calefacción del habitáculo esté precisamente en la temperatura máxima.
- Empalmar el manguito inferior de radiador.
- Montar el carenado protector de debajo del motor.
- Llenar lentamente el circuito por el vaso de expansión hasta que el nivel de líquido se estabilice en la marca "MAX".
- Montar el tapón del vaso de expansión.
- Arrancar el motor y ponerlo en su temperatura normal de funcionamiento (conexión del moto-



ventilador). Si el vehículo está equipado con climatización, tener cuidado de que no esté en servicio.

- Parar el motor y dejarlo enfriar.
- Si es preciso, corregir el nivel de líquido refrigerante en el vaso de expansión hasta la marca "MAX".

fig. 6



Tornillos de fijación de la tapa de la bomba de agua

Montaje

- Cambiar las juntas tóricas de la bomba de agua y de su tapa.
- Colocar la bomba de agua en su alojamiento.
- Colocar la tapa y montar sus tornillos de fijación.
- Empalmar el manguito en la bomba de agua.
- Montar el manguito superior del radiador.
- Llenar y purgar el circuito de refrigeración.

DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA CAJA DE TERMOSTATO

Desmontaje

- Desenchufar el conector del caudalímetro de aire.
- Desprender las grapas de fijación del caudalímetro de aire a la caja del filtro de aire.
- Separar el manguito de refrigeración de la caja del filtro de aire.
- Desmontar las fijaciones de la caja del filtro de aire y sacar la caja.
- Desmontar el embellecedor de encima del motor.
- Vaciar el circuito de refrigeración (véase la operación correspondiente).
- Desmontar el conducto de aire que une el colector de admisión con el intercambiador aire-aire (según montaje).
- Separar de su soporte el conector del captador de alzada de aguja del portainyector del cilindro n.º 1.
- Desenchufar los conectores eléctricos de los haces de cables unidos a la bomba de inyección.
- Separar el haz de cables de motor del soporte de colector de líquido refrigerante y dejar el haz de cables a un lado.
- Desempalmar los manguitos de la caja de termostato y recuperar la caja de termostato.

187

DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA BOMBA DE AGUA

Desmontaje

- Vaciar el circuito de refrigeración.
- Desempalmar y sacar el manguito superior del radiador.
- Desempalmar el manguito de la bomba de agua.
- Quitar los tornillos de fijación de la tapa de la bomba de agua y extraer la bomba de agua de su alojamiento (fig. 6).

Montaje

Proceder en orden inverso al desmontaje.

18. 1. 1900



SISTEMAS DE ENCENDIDO

SISTEMAS DE ENCENDIDO

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de encendido tienen como objetivo generar un arco eléctrico entre los electrodos de una bujía. Este arco es el encargado de iniciar la combustión de una mezcla aspirada por los pistones dentro de los cilindros del motor y comprimida dentro de una cámara de volumen reducido llamada cámara de combustión.

El encendido es la fase que da inicio al fenómeno de la combustión siendo muy importante el instante en que se establece la chispa detonante en la bujía.

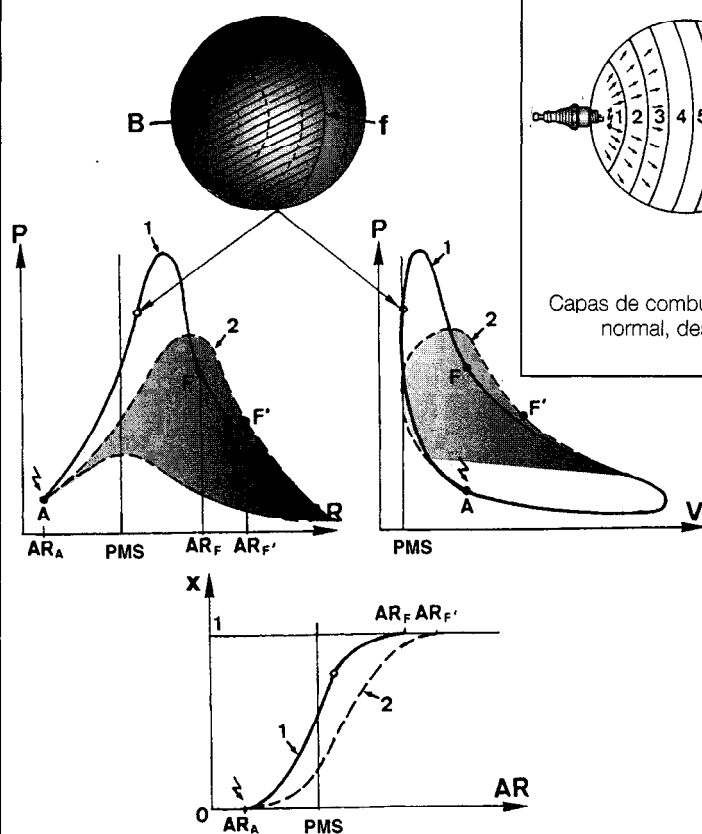
En los motores de gasolina, la mezcla se inflama por capas concéntricas, la combustión no es inmediata siendo necesario prever un cierto avance de encendido que tiene en cuenta la duración de la combustión (fig. 1).

Provocando el encendido antes de que el pistón alcance el punto muerto superior (PMS), la fuerza que la expansión de los gases ejercen sobre el pistón es máxima cuando este último ya ha pasado el PMS, consiguiendo así que el instante de máxima energía coincida con una posición de biela y codo del cigüeñal (90°) que permita sacar el máximo rendimiento mecánico de la combustión.

El intervalo en grados que existe entre el inicio de la combustión y el PMS se llama avance de encendido.

El avance de encendido óptimo depende de varios factores: la velocidad de rotación del motor, el combustible, la temperatura del motor y del aire ambiente, las bujías, el estado del motor, el llenado de los cilindros, la riqueza de la mezcla, la compresión, etc.

fig. 1



Capas de combustión progresiva. Gráfica de una combustión normal, después una combustión rápida explosiva

Proceso de una combustión normal y diagramas asociados: diagrama (presión-ángulo de rotación) del cigüeñal y diagrama (presión-volumen).

P: Presión.

V: Volumen.

AR: Ángulo de rotación del cigüeñal.

x: Fracción quemada.

f: Frente de llama.

A: Punto de encendido.

B: Bujía de encendido.

F, F': Puntos de final de combustión.

1: Ciclo de combustión rápida.

2: Ciclo de combustión lenta.



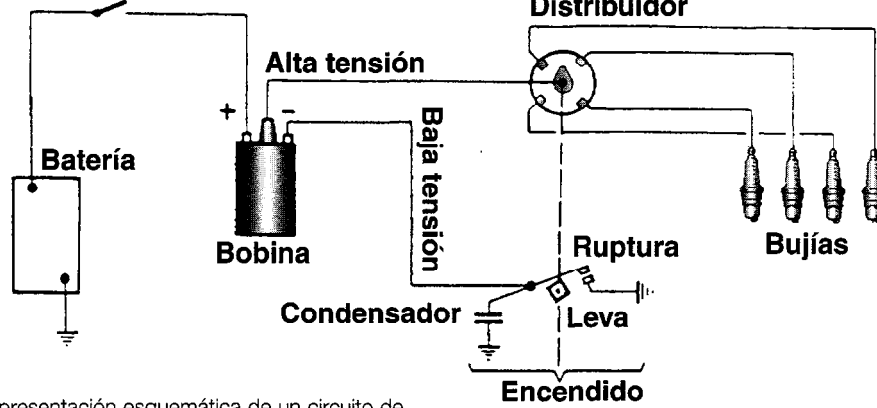
PRINCIPIO DE ENCENDIDO POR BATERÍA

El motor está equipado por un dispositivo de encendido compuesto por un generador de alta tensión (bobina), el ruptor, el distribuidor, la bujía y la batería como fuente de energía (fig. 2).

La brusca ruptura de la corriente que se establece

entre la batería y el primario de bobina anula el flujo magnético en el núcleo de hierro dulce, induciéndose una alta tensión en el secundario. Esta alta tensión producirá una chispa en la bujía correspondiente a la fase de encendido, iniciando la combustión en dicho cilindro.

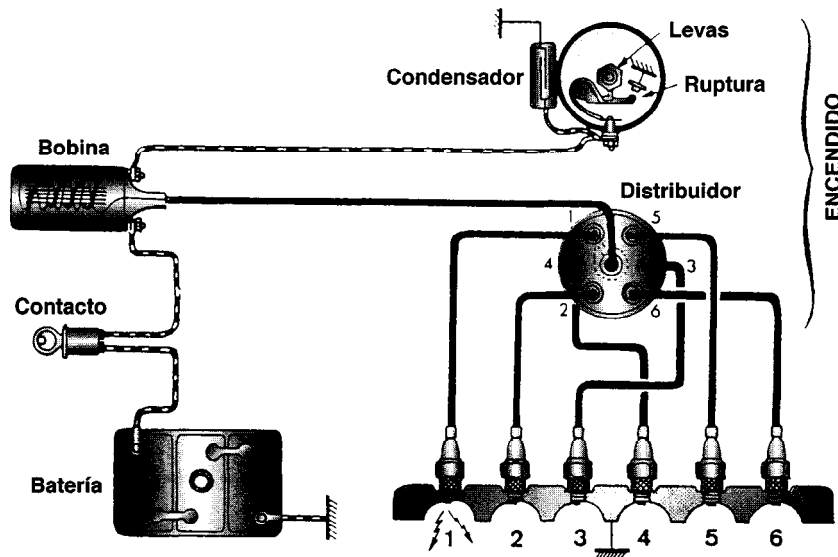
Interrupción de encendido



Representación esquemática de un circuito de encendido clásico a ruptor, para 4 cilindros

fig. 2

191



Representación esquemática de un circuito de encendido clásico a ruptor, para 6 cilindros

gestione a la vez el sistema de alimentación motor o ser un sistema totalmente independiente.

El encendido realiza sustancialmente las cuatro funciones siguientes:

- Ruptura del circuito primario de carga de la bobina y el consecuente salto de chispa en la bujía.
- Cálculo del avance de encendido en función del régimen y la carga motor.
- Elaboración de la energía de alta tensión.
- Distribución de la alta tensión a las bujías de encendido.

Estas cuatro funciones de base pueden ser eventualmente completadas por funciones auxiliares tales como:

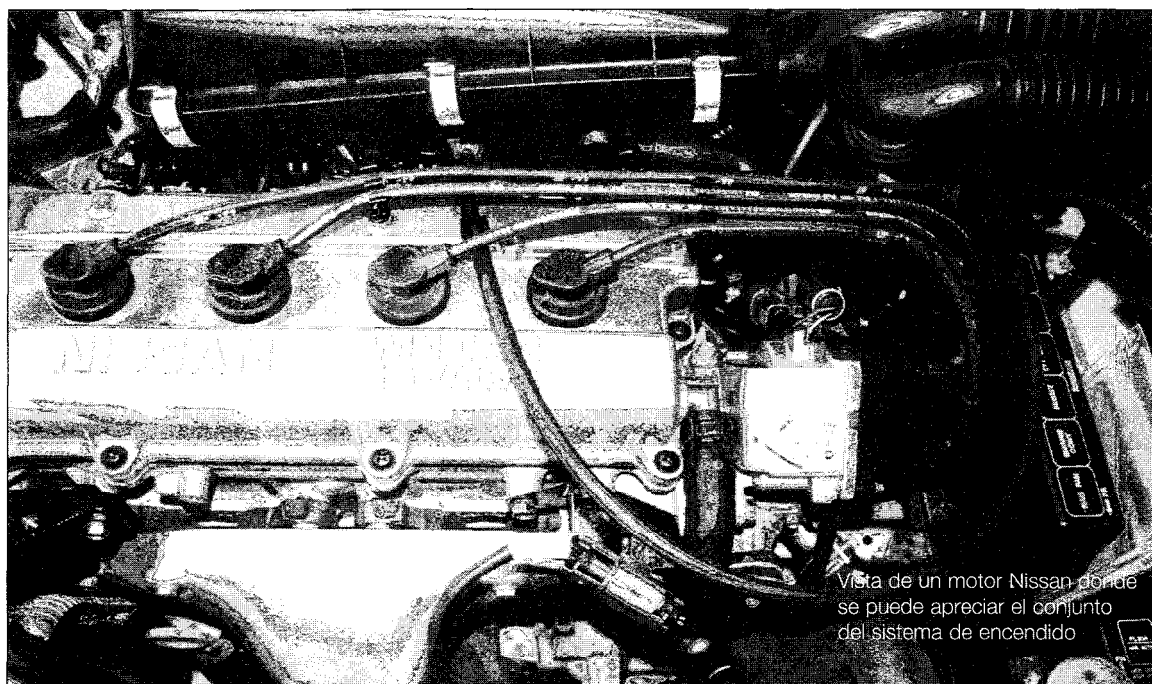
- Detección del picado y modificación del avance de encendido.
- Correcciones en función de la temperatura.
- Limitación del régimen motor.

La función del ajuste del avance de encendido puede realizarse con mecanismos mecánicos o mediante sistemas electrónicos. Los sistemas electrónicos de gestión del encendido pueden estar integrados en una central única de control motor que

Siguiendo el modo de realización de las funciones descritas anteriormente, se pueden clasificar los sistemas de encendido en las familias siguientes:

- Encendido clásico a ruptor, enteramente mecánico.
- Encendido con ruptor transistorizado.
- Encendido sin ruptor y sensor magnético.
- Encendido sin ruptor y sensor Hall.
- Encendido por descarga de condensador.
- Encendido electrónico integral con distribución mecánica del encendido.
- Encendido electrónico integral con distribución estática del encendido
- Encendido electrónico integral con bobina por cilindro.

En el estudio siguiente se intentará sacar a la luz las imperfecciones de cada sistema y valorar las aportaciones electrónicas en cada caso.

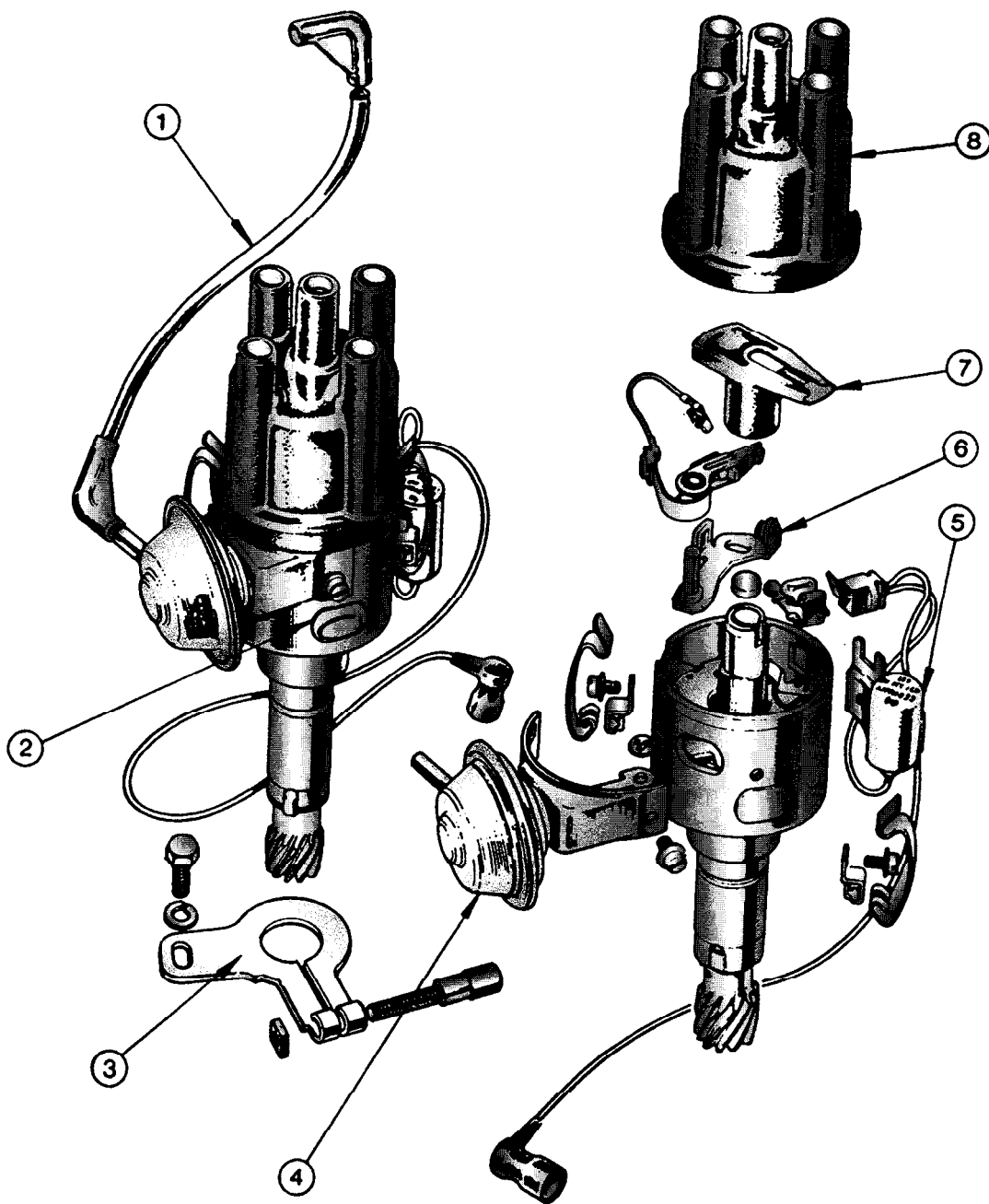


Vista de un motor Nissan donde se puede apreciar el conjunto del sistema de encendido



SISTEMAS DE ENCENDIDO CLÁSICO A RUPTOR

fig. 3



Conjunto de distribuidor Bosch

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Tubería suministro vacío. | 5. Condensador. |
| 2. Conjunto de distribuidor. | 6. Contactos. |
| 3. Abrazadera de distribuidor. | 7. Rotor. |
| 4. Unidad de vacío. | 8. Tapa del distribuidor. |

El encendido clásico pilotado por ruptor, bobina, alta tensión y batería se presenta bajo la forma descrita en la figura 4.

Un bobinado primario (L_1 , R_1) unido magnéticamente a otro secundario (L_2 , R_2) constituyen un transformador de tensión llamado bobina.

El circuito primario está formado por un ruptor, es decir un conjunto de contactos, donde uno de ellos es fijo y el otro móvil, abriendo y cerrando el circuito. Un distribuidor permite repartir la alta tensión secundaria hacia uno u otro cilindro compartiendo todos ellos la misma bobina.

En el momento en que se cierra el ruptor la corriente de primario se establece progresivamente hasta que se abre de nuevo el circuito; cuando se abre el circuito la corriente se deriva hacia el condensador conectado entre los bornes del ruptor. El condensador se cargará absorbiendo una parte de la corriente hasta que los contactos del ruptor están lo suficientemente separados evitando que salte el arco eléctrico, permitiendo reducir la energía disipada en la apertura y facilitando su transferencia al secundario. La tensión en el condensador aumenta muy rápidamente, pero con un tiempo de establecimiento suficiente para que no se produzcan saltos de tensión entre sus contactos.

Es gracias a este modo de funcionar, perfeccionado por el montaje del condensador, que la tensión generada en el circuito primario de un encendido puede alcanzar momentáneamente algunos centenares de voltios.

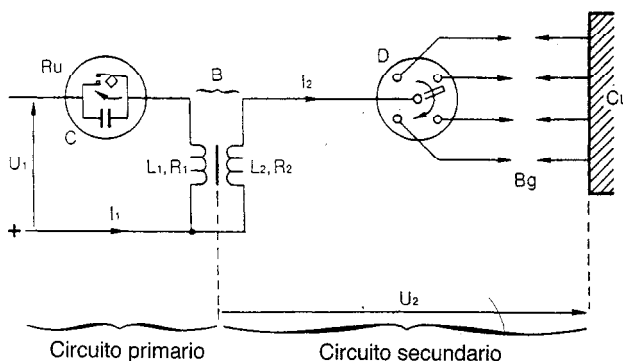
Debido a que la relación entre el número de espiras del bobinado primario y secundario es de 100/1 aproximadamente se obtienen tensiones entre electrodos de las fugas entre 10 y 15 KV.

Observando el esquema de la fig. 4 y haciendo referencia al circuito primario vamos a establecer la ecuación que nos va a permitir el cálculo de la intensidad de carga de la bobina (fig. 5).

fig. 4

Esquema general de un circuito de encendido clásico con ruptor

B. Bobina - Bg. Bujías - Cu. Culata - D. Distribuidor
- Ru. Ruptor - C. Condensador - L. Inductancia -
R. Resistencia - I_1 . Intensidad de corriente de la
batería - U_1 . Tensión de la batería -
 I_2 - U_2 . Corriente y tensión de la inducción



$$U_1 - R_1 I_1 - L_1 \frac{dI_1}{dt} = 0$$

Donde t = tiempo

Operando matemáticamente se obtiene la ecuación siguiente que permite calcular la intensidad de carga de la bobina en base al tiempo.

$$I_1 = (U_1/R_1) \cdot (1 - e^{-(R_1 \cdot t / L_1)})$$

En el momento de cierre de los contactos, la corriente crece rápidamente para ir disminuyendo el índice de crecimiento hasta alcanzar el valor de U_1/R_1 .

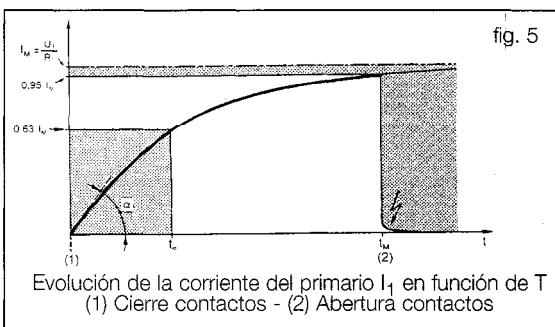
Tomando como valores de ejemplo los siguientes podremos calcular el valor de corriente pasados 3 msg tomándolo como tiempo de carga normal.

$$\begin{aligned} U_1 &= 12 \\ R_1 &= 1,7 \\ L_1 &= 1,5 \text{ mH} \\ e &= 2,71 \\ t &= 3 \text{ msg.} \end{aligned}$$

Aplicando estos valores a la ecuación expuesta anteriormente se obtiene la intensidad de carga de la bobina transcurridos 3 msg.

$$I(t=3\text{msg.}) = 6,8 \text{ A}$$

$$\text{Siendo } I_{M(\max)} = U_1 / R_1 = 7,05$$





Un ciclo de encendido está constituido de dos fases sucesivas distintas:

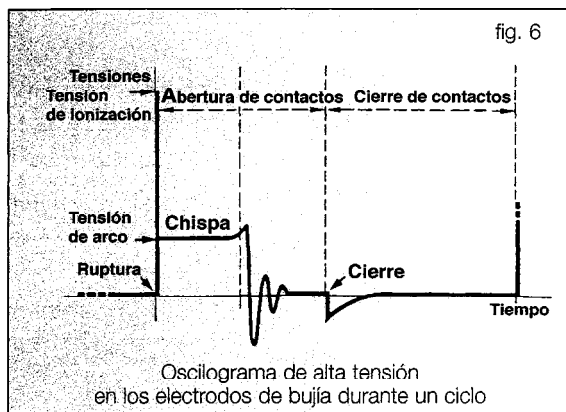
- Almacenamiento de la energía (circuito primario).
- Restitución de la energía (circuito secundario).

El ciclo empieza con el cierre de los contactos del encendido, la corriente se establece en el circuito primario a través de la inductancia de la bobina; cuando se abren los contactos aparece una sobretensión en el primario debido a la brusca ruptura del flujo magnético que circula por la bobina.

Esta sobretensión genera en el secundario una tensión de más de 15 KV, suficiente para producir una chispa entre los electrodos de la bujía.

La ruptura brusca del flujo magnético de la bobina es compensado en parte por la energía absorbida por el condensador primario y de la otra parte por el secundario bobina.

En una primera fase el circuito secundario se carga a un valor aproximado de 15 KV capaz de ionizar el espacio entre los electrodos de la bujía. Esta tensión se llama de ionización y su valor está en función de la presión, distancia entre electrodos, temperatura, composición de la mezcla, etc. (fig. 6).



Existe un retardo entre la aplicación de la tensión y la ionización del dieléctrico que corresponde a la formación del plasma.

La circulación de la intensidad entre los electrodos de la bujía corresponde inicialmente a la descarga del condensador siendo muy elevada y de tiempo muy corto apareciendo seguidamente la chispa inductiva de un valor de intensidad inferior hasta la extinción de la chispa.

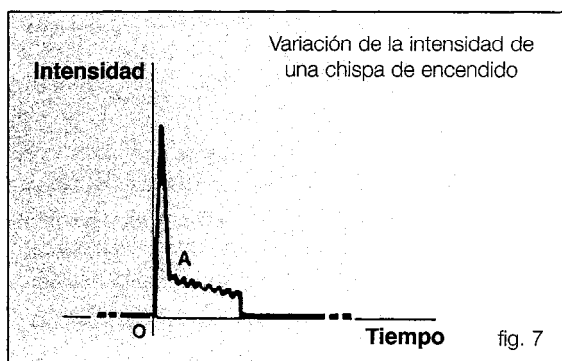
La intensidad de la chispa está condicionada por la tensión, la inductancia, la resistencia, la capa-

cidad; siendo su valor inicial de 30 ó 40 mA, determinando la calidad de la combustión de la mezcla carburada.

Además de la tensión y la intensidad de la chispa es necesario examinar la energía y la duración de la chispa. Es sabido que la cantidad de energía almacenada por la bobina depende de la intensidad del primario antes de la ruptura y del coeficiente de autoinducción de la bobina.

Naturalmente la energía de la chispa, su tensión, su intensidad y su duración están relacionadas por fórmulas de electricidad, donde la primera es igual al producto de las otras dos. Si se aumenta la tensión se disminuye la intensidad o la duración de la misma por lo que el producto sigue invariable.

Es necesario buscar una corta duración de la chispa para tener un elevado calor instantáneo favorable para la inflamación del plasma y adecuado para motores con regímenes de funcionamiento elevados (fig. 7).



El aumento de la tensión permite una descarga más rápida, más brusca y formando un arco más conductor. La intensidad de la corriente será menor y también la duración de la chispa mientras que la ionización será mayor aunque serán mayores también las pérdidas de energía en el ruptor.

Entre el momento de abertura del ruptor y la formación de la chispa transcurre un tiempo denominado retardo de chispa; este retardo es variable y depende de un gran número de parámetros, los principales están relacionados con la naturaleza eléctrica de los circuitos, tales como la inductancia, capacidad, resistencia, etc. En algunos sistemas se intenta reducir este tiempo con la aplicación de un condensador para almacenar energía (no confundir con el condensador conectado en paralelo con el ruptor) y una bobina especial donde se realiza la descarga, obteniéndose una ganancia importante de tiempo en valores relativos.

El encendido clásico parte de la bobina como fuente de energía y los siguientes componentes para realizar el encendido clásico mecánico.

1. Distribuidor de encendido (fig. 8):

Está compuesto por el propio distribuidor como repartidor de chispa y además forman parte del mismo conjunto el ruptor, el condensador, el sistema de avance centrífugo completado por uno o varios sistemas de corrección por depresión y el dedo distribuidor.

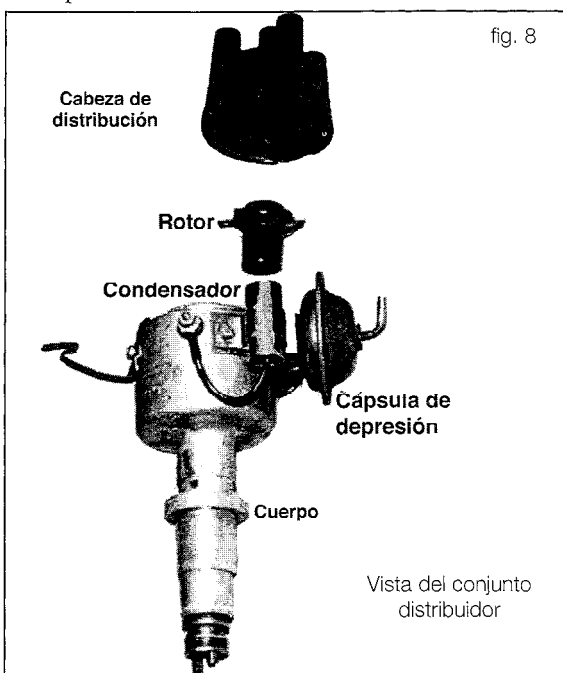
2. Bobina de alta tensión.

3. Bujías de encendido: una por cilindro normalmente.

Descripción del distribuidor de encendido:

El movimiento de rotación del eje del distribuidor es realizado necesariamente a través del árbol de levas del motor.

El engranaje mecánico del eje del distribuidor con el grupo motor se realiza a través de un grupo de piñones de reenvío. El sistema lleva un conjunto de resortes a espiras que realizan la función de turbina de aceite para poder lubricar el mecanismo. Normalmente llevan un sistema de acoplamiento que puede llevar a error en el posicionado realizando un desfase de 180° por lo que es necesario prestar especial atención.



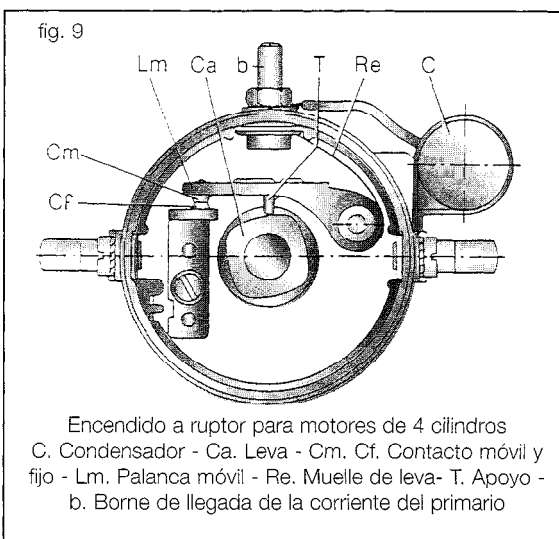
El distribuidor tiene en su parte superior un plato portamasas que realiza el avance centrífugo de encendido en base al régimen de giro del motor.

En la parte superior del eje el plato portarruptor está dispuesto en el cuerpo cuando el encendido no incorpora sistema de avance por depresión. La regulación de la abertura de los contactos se realiza por el tornillo de fijación del contacto fijo, mientras que el borne de alimentación del contacto móvil, proveniente del borne de salida de la bobina de encendido, está aislado y conectado al cable de entrada del condensador de encendido fijado a la masa en el cuerpo de encendido.

Los contactos se abren y cierran mediante el movimiento giratorio del árbol de levas aplicado a un saliente del contacto

En la parte superior el dedo distribuidor está dispuesto para girar dentro del cuerpo del distribuidor a la altura de los bornes de alta tensión de alimentación de las bujías por medio de los cables de alta tensión. La tapa del distribuidor tiene los cuatro bornes de alta tensión de alimentación de la bujías y el borne de alta tensión central conectado a la salida de la bobina de encendido. La alta tensión se conecta al dedo distribuidor a través de un pequeño carbón y un muelle.

La fig. 9 representa el ruptor de un motor de cuatro cilindros donde el eje realiza cuatro ciclos de encendido por vuelta del eje del distribuidor.



Para definir el tiempo de cierre de los contactos (conducción del primario de bobina) se habla normalmente de ángulo "dwell" que es por defini-



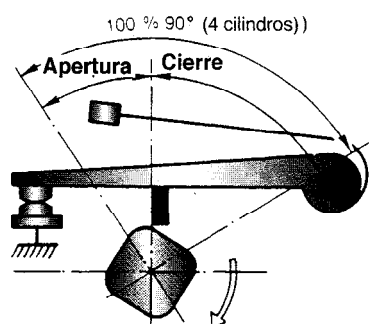
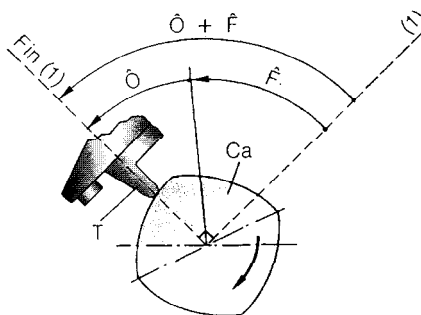
ción la relación expresada en porcentaje entre el tiempo de cierre y el tiempo total del ciclo. Prácticamente el "dwell" equivale a la relación de los ángulos tal como se muestra en la fórmula adjunta que hace referencia a la fig. 10.

$$\text{Dwell} = F/(F+O)$$

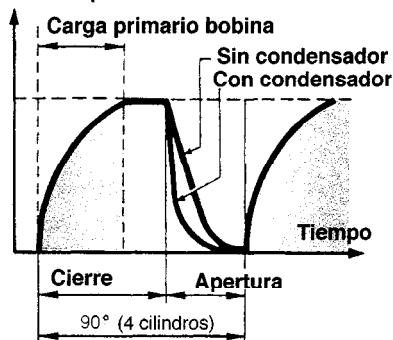
Es usual también hablar del tiempo de conducción como magnitud absoluta expresada en milisegundos.

fig. 10

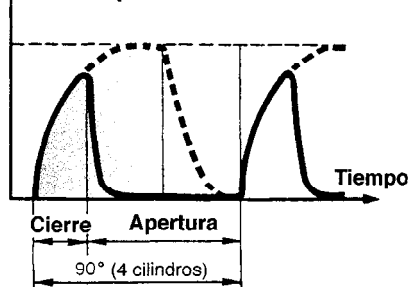
Definición de "dwells",
Ca. Leva.
T. - F. Ángulo de cierre.
O. Ángulo de abertura.
O+F. Ciclo completo.
(1). Cierre de contactos.



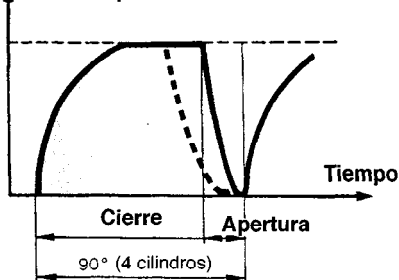
Corriente primario



Corriente primario

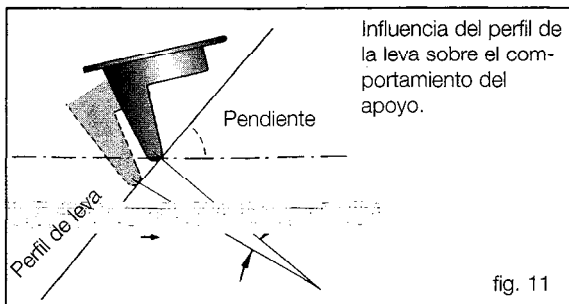


Corriente primario



Sistema de ruptor con contactos accionados por leva

El perfil del árbol de levas es el que define la abertura máxima de los contactos, generalmente 0,4 mm debiendo permitir una apertura rápida de los contactos, igualmente en bajo régimen, además de una buena precisión en el calado; en efecto, en regímenes de giro bajos se corre el riesgo de producir un arco eléctrico entre los contactos, consumiendo una parte de la energía disponible para el encendido provocando también problemas de desgaste de los contactos. Este fenómeno está relacionado con la velocidad de incremento de la tensión que si es elevada respecto a velocidad de apertura de los contactos provoca este arco eléctrico.



El perfil es pues calculado de manera que el movimiento angular de la lengüeta móvil sea uniformemente acelerado en la apertura y uniformemente retardado en el cierre debiendo igualmente regular la abertura máxima deseada (fig. 11).

La tolerancia de los contactos se manifiesta en dos puntos esencialmente:

Tolerancia en el empujador (incremento del "dwell")

Tolerancia en los contactos (disminución del "dwell")

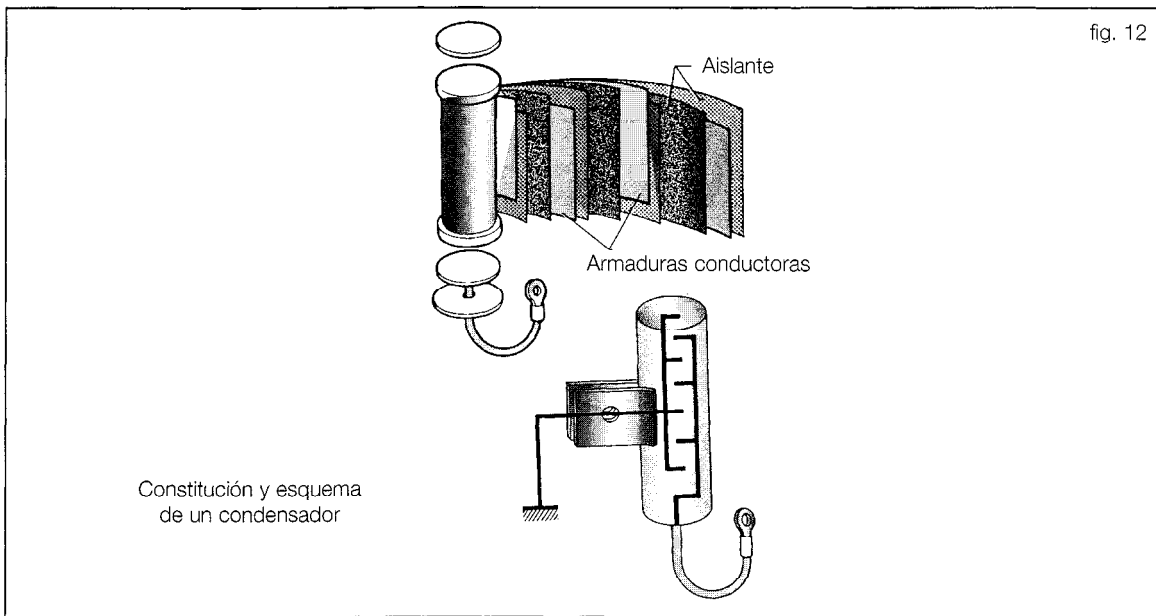
Estas tolerancias no se equilibran entre ellas sino que tienen una acción que repercute en el avance de encendido y en el tiempo de carga de la bobina.

La tolerancia existente entre los contactos se manifiesta en forma de protuberancias en el contacto fijo y en huecos en el contacto móvil, conduciéndolos a su destrucción. La oxidación del material, provoca la elevación local de la temperatura durante la circulación del arco eléctrico, esto favorece aún más esta destrucción de los contactos.

El condensador está constituido por dos láminas metálicas normalmente de aluminio separadas por un aislante de finas hojas de papel parafinado y enrollado sobre ellas mismas en forma de espiral; todo el paquete está encerrado en un bote cilíndrico y fijado en el distribuidor de encendido (fig. 12). Una de las hojas metálicas está conectada a masa por la carcasa del mismo condensador y la otra está conectada a un borne aislado.

El condensador está conectado entre el borne primario del encendido y la masa, en paralelo con el ruptor.

Su misión es absorber la corriente de ruptura que tendría por efecto producir una chispa entre los contactos del ruptor; debido a que la fuerza electromotriz es inversamente proporcional al tiempo de ruptura es importante obtener una ruptura limpia y rápida.



El movimiento del pistón dentro del cilindro motor es acompañado de variaciones de presión al interior del cilindro, presión que es modificada entre otros factores por la combustión rápida de la mezcla bajo el efecto del encendido. Es la variación de la presión resultante quien realiza el trabajo motor.

La variación de la presión es realizada por un motor de cuatro tiempos, por un diagrama muy característico y muy clásico que se puede observar en la figura 13A bajo la forma teórica y en la fig 13B teniendo en cuenta aspectos más reales como:

- La combustión no es instantánea.
- Los movimientos de las válvulas de admisión

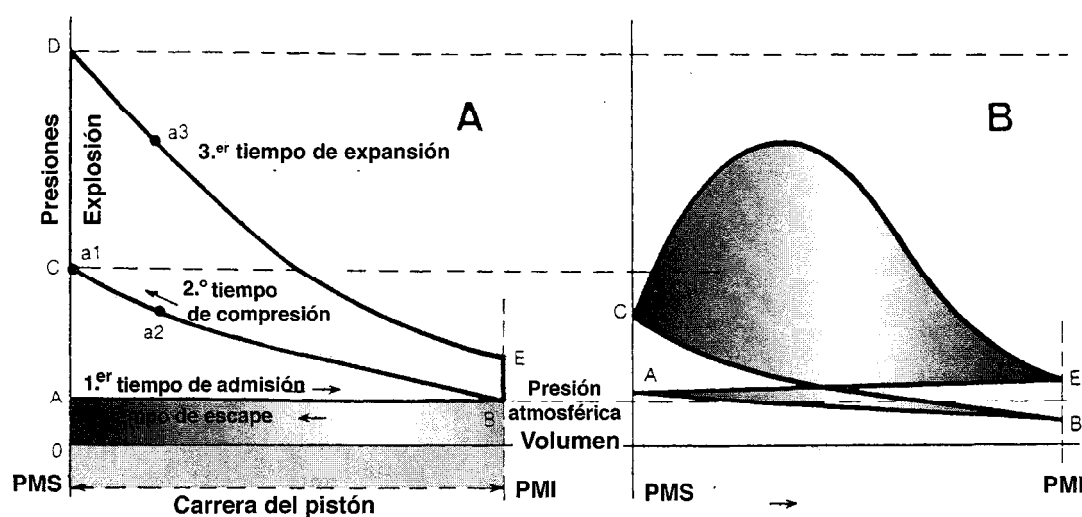
y escape no implican el equilibrio instantáneo de las presiones exteriores e interiores.

El avance de encendido define el instante donde empieza el avance, considerado como el punto donde se abre el ruptor en referencia con la posición superior definida por el pistón. El avance es medido por la distancia que separa la posición del pistón en el momento en que se abre el ruptor y cuando está en el punto muerto superior (PMS).

Debido a que la combustión no es instantánea y que el máximo aprovechamiento de la energía se obtiene cuando entre biela y codo de cigüeñal hay un ángulo de 90° se intenta iniciar la combustión para que la máxima expansión del gas coincida con la posición mecánica motor de máximo rendimiento.

fig. 13

199



El diagrama teórico (A) y práctico (B) de un motor de cuatro tiempos, entre el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI)

Es fácil de comprender observando el diagrama de la fig. 14 que el avance de encendido es un factor de elevada incidencia en la potencia motor.

En esta figura el instante de encendido está marcado por un punto negro y se obtienen distintas gráficas de evolución de la presión y el volumen.

En el diagrama 1, el encendido comienza una vez se ha pasado el punto muerto superior, hay retardo de encendido por ello la presión es baja y el volumen no es muy elevado por lo que la potencia mecánica final es baja.

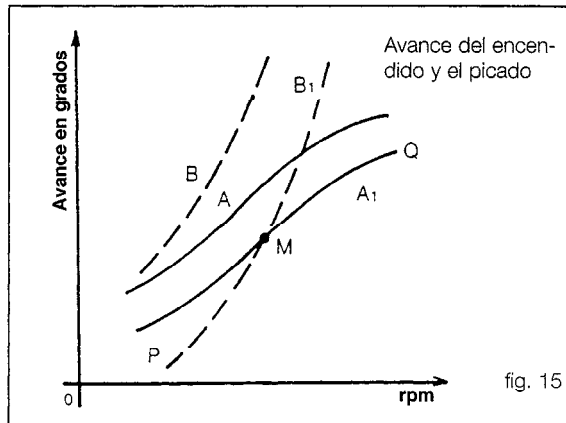
En el diagrama 2, el punto de encendido coincide exactamente con el PMS y la presión es muy superior a la del diagrama anterior.

En el ejemplo mostrado en el diagrama 3, donde el encendido tiene lugar con un cierto avance, el rendimiento del sistema es máximo y la superficie tiene su mejor desarrollo. La potencia obtenida del sistema es óptima.

El último caso corresponde a un avance excesivo donde hay un elevado pico de presión pero la superficie es inferior a la del diagrama 3 sin contar la influencia de fenómenos como el picado.

Es pues importante reglar correctamente el avance del punto de vista de la potencia y de la conservación del motor.

El picado de biela se produce cuando debido a un ajuste incorrecto o a un índice de octanaje del combustible utilizado tiene lugar la explosión de la mezcla produciendo un efecto contrario al sentido de giro natural del motor produciéndose un ruido característico del cojinete de biela denominado picado.



En la fig. 15 se observa la curva de avance A y la curva de avance máximo B a partir de la cual se produce el picado; para un índice de octanaje más bajo se utilizan otras curvas A₁ y B₁ que coinciden en el punto M de manera que del punto de vista del picado deberá adaptarse el avance a la curva P-M-Q aunque la reducción de la potencia sea importante.

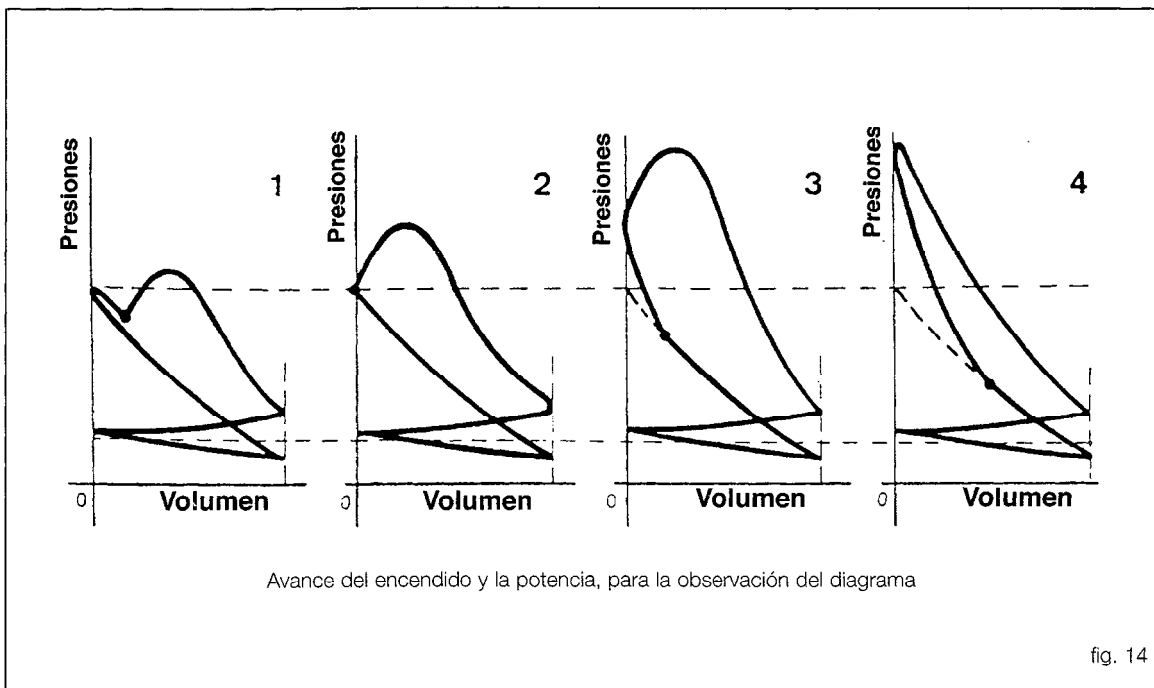


fig. 14



AVANCE Y CONTAMINACIÓN

En los procedimientos utilizados para la lucha contra la contaminación interviene directamente el avance de encendido. En ralentí o en funcionamiento como freno motor la mezcla es demasiado rica y la combustión es imperfecta; en algunos casos se introduce aire para mejorar la combustión y disminuir la contaminación pero aumenta el régimen de giro del motor que se intenta restablecer reduciendo el avance y con ello la potencia del motor consiguiendo que se mantenga el régimen de ralentí nominal.

PRINCIPIOS DE REGLAJES DE LAS CURVAS DE AVANCE (figs. 16 y 17)

Los dos puntos de lectura para ajustar el avance de encendido a la evolución del motor son el régimen de giro y la carga motor.

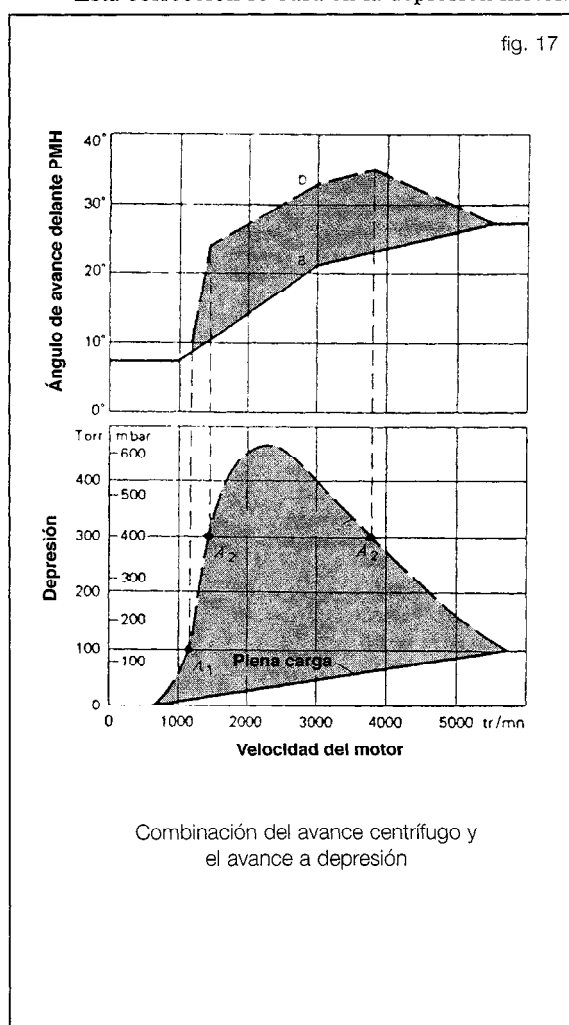
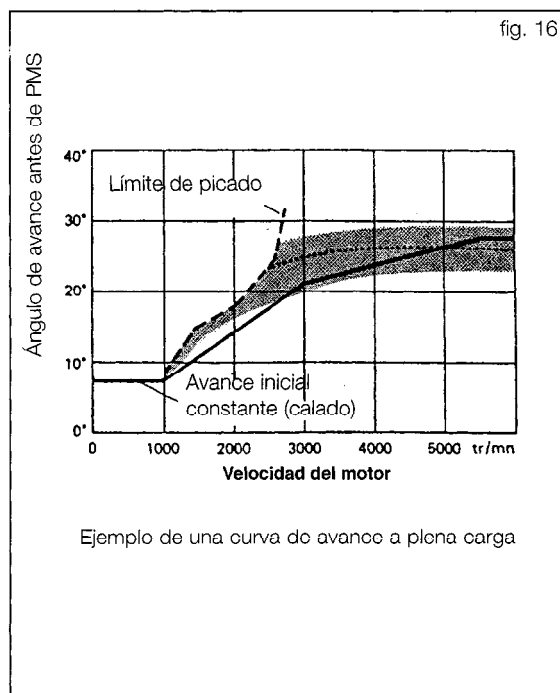
Cuanto mayor sea la velocidad de giro del motor mayor debe ser el avance de encendido para que tenga tiempo suficiente de producirse la combustión; además la velocidad de la combustión es mayor cuanto mayor sea la presión, mejor la dosificación y más elevada la temperatura. Todos estos

elementos varían con la velocidad de giro del motor pero no proporcionalmente por lo que el sistema de ajuste tendrá que tener en cuenta varios factores.

Un sistema de ajuste del avance se compone de tres elementos:

1. Un avance fijo, resultado del calado inicial del dispositivo de reparto de chispa que debe ser capaz de mantener el régimen de ralentí.
2. Un avance variable dependiendo de la velocidad de giro del motor y aumentando con el incremento del régimen pero no proporcionalmente.
3. Una corrección de este avance en función de la carga soportada por el motor; esta corrección es positiva si la carga disminuye, pero puede ser negativa para evitar la contaminación en ralentí o en caso de utilización del freno motor.

Esta corrección se basa en la depresión motor.



LOS SISTEMAS DE AVANCE

Este tipo de dispositivos tienen como objetivo variar el avance de encendido conforme varía el régimen de giro basándose en el principio de la fuerza centrífuga aplicada al movimiento giratorio de unas masas.

En la fig. 18 tenemos tres ejemplos de sistemas de avance centrífugo que ilustran las diferencias entre ellos.

En el primer caso el sistema se caracteriza por el hecho de que una sola masa de mando está activa a través de una sola lumbrera mientras la otra masa no tiene lumbrera y no pilota nada, sólo sirve de equilibrado del sistema. Hay dos resortes pero uno sólo es activo y está sujeto entre el plato inferior y las masas, permitiendo su ajuste por A. Una flecha

indica la deformación del resorte por su dirección, indicando el efecto producido en la curva de avance. Si hay un efecto positivo por un mismo régimen el avance disminuye y si el efecto es negativo aumenta el avance por un mismo régimen de giro.

El segundo ejemplo dispone de dos lumbreras de mando, con dos masas motrices y dos muelles distintos sujetos entre plato y engranaje. Los dos muelles tienen distintas tensiones de tarado actuando a regímenes de giro distintos también; la curva de avance tiene dos pendientes características una actuando sólo un resorte y la otra con los dos resortes activos.

El último ejemplo mostrado dispone de un mecanismo distinto de funcionamiento, sustituyéndose las lumbreras por rampas de trabajo y con dos largos resortes sujetos entre masas y plato. Hay pues dos pendientes de correspondencia entre régimen de giro y avance de encendido.

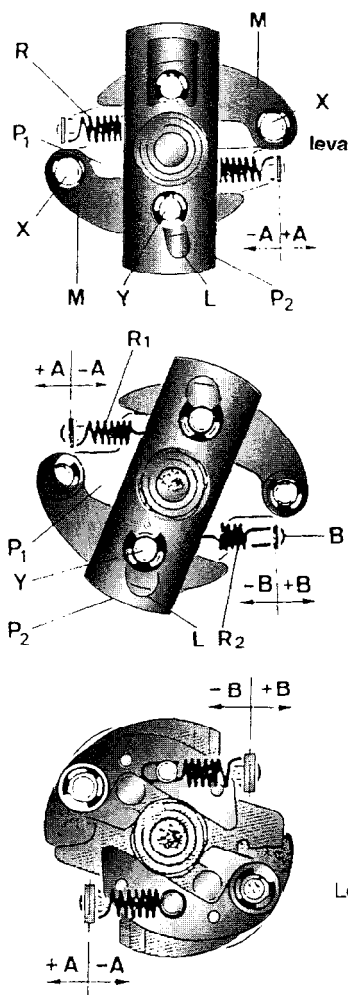


fig. 18

Los sistemas de avance centrífugo de Ducellier X, Y y Z

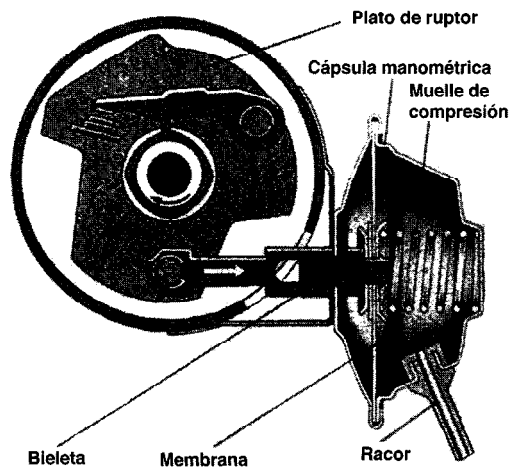


DISPOSITIVOS DE AVANCE POR DEPRESIÓN

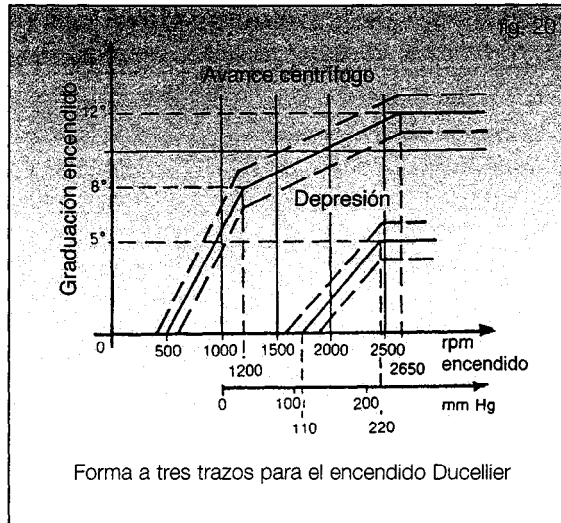
Este dispositivo modifica el avance de encendido en base a la carga motor tomando el valor de presión en el colector de admisión como valor indicativo (fig. 22).

El detector depresión es una cápsula manométrica donde la membrana es atraída por la depresión existente en la zona entre mariposa y válvulas de admisión (fig. 19).

fig. 19



Corrector de depresión Bosch en el sentido de avance



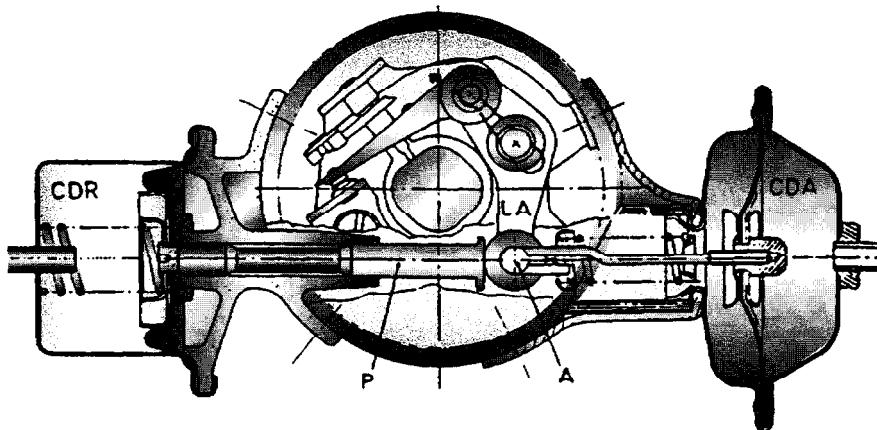
El principio de reglaje es determinado por la tensión inicial del muelle de compresión, la superficie de la membrana, la fuerza y rigidez del resorte correspondiente a la curva de avance a carga parcial. Los movimientos de la membrana son transmitidos por una bieleta unida al plato móvil que lleva el ruptor.

203

La curva característica que relaciona el régimen de giro y los grados de avance tiene la forma del ejemplo indicado en la fig. 20; la asociación mecánica del dispositivo centrífugo y la corrección por depresión es realizado de manera que los ángulos de avance se sumen.

En algunos sistemas se incorporan mecanismos como una membrana adicional, para modificar el avance de encendido teniendo en cuenta aspectos de contaminación atmosférica (fig. 21).

fig. 21



Dispositivos de avance y retardo de depresión del encendido antipolución Ducellier

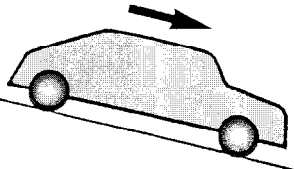
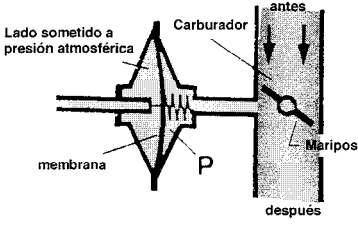
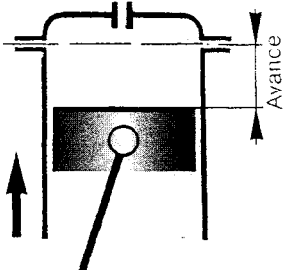
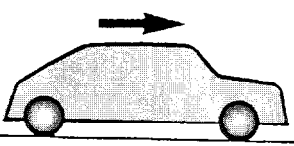
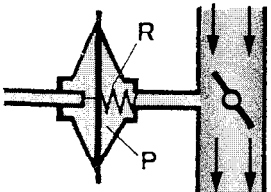
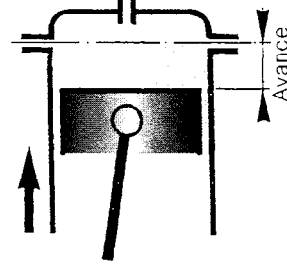
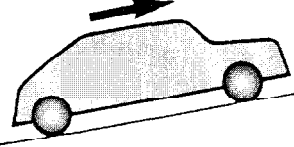
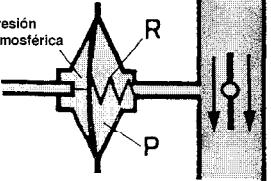
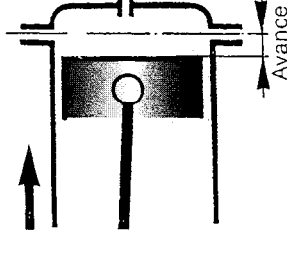
Ejemplos de uso a velocidad constante: 60 km/h	Posiciones de la mariposa y de la membrana	Posición del pistón dentro del cilindro
<p>1. En descenso</p> 	<p>Presión más fuerte en parte inferior</p>  <p>Presión P inferior a presión atmosférica</p> <p>Mariposa poco abierta</p> <p>Carga del motor mínima</p>	 <p>Avance máximo</p>
<p>2. En llano</p> 	<p>Presión tiende a igualarse</p>  <p>Acción de P + acción de R = presión atmosférica</p> <p>Mariposa medio abierta</p> <p>La carga aumenta</p>	 <p>Avance marcha</p>
<p>3. En subida</p> 	<p>Presión igual en las dos partes</p>  <p>P = Presión atmosférica</p> <p>La acción de R es preponderante</p> <p>Mariposa abierta</p> <p>Carga importante</p>	 <p>Avance mínimo</p>

fig. 22

DISTRIBUCIÓN DE LA ALTA TENSIÓN

Como ya se ha dicho anteriormente la chispa de encendido debe estallar en el momento adecuado y en el cilindro oportuno, en caso contrario se pueden producir encendidos perjudiciales para el buen funcionamiento del motor. La misión del distribuidor de alta tensión es la de repartir la chispa a cada uno de los cilindros siguiendo el orden de encendido preestablecido.

Es necesario encontrar un camino eléctrico entre el secundario bobina y la bobina determinada que corresponda al ciclo de encendido.

Un dedo rotativo, eléctricamente conductor y convenientemente dispuesto en el eje del distribuidor, de manera que puede llevar la corriente eléctrica a cada una de las bujías por el simple hecho del calado eléctrico del encendido.

El sistema recibe las correcciones de los dispositivos de regulación del avance sea del tipo centrífugo o por depresión.

En la fig. 23 se observa una sección del distribuidor.

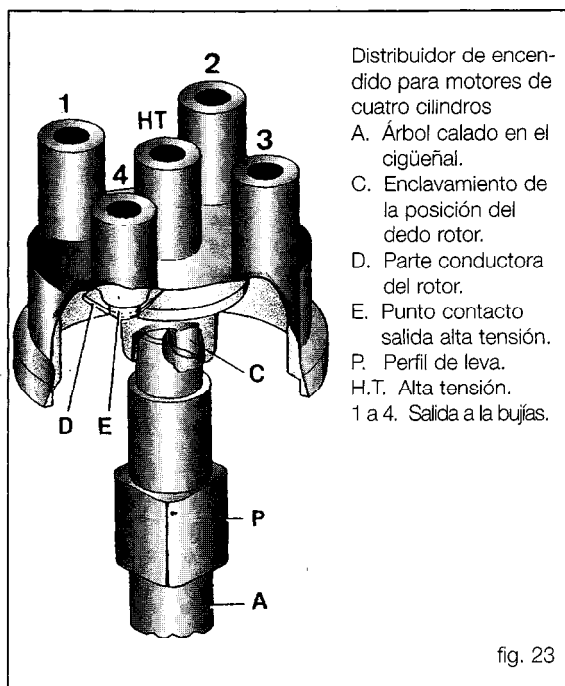


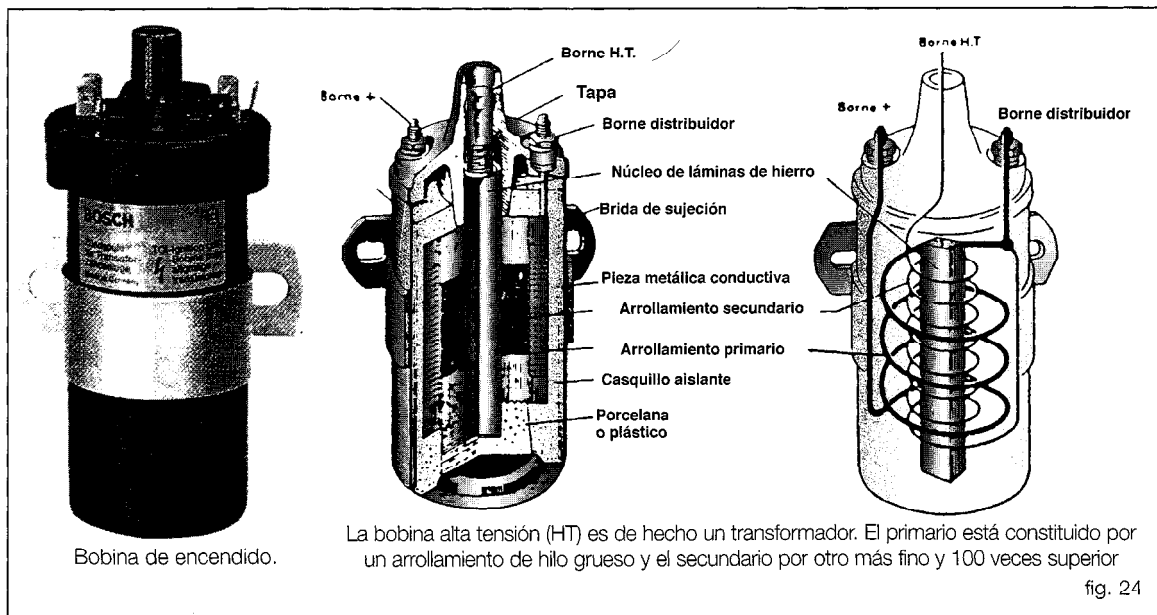
fig. 23

Está formada por un transformador-elevador de tensión compuesto de un núcleo magnético alrededor del cual están arrollados los bobinados primarios y secundarios

El tipo de bobina más divulgada es la mostrada en la fig. 24 que está compuesta del arrollamiento eléctrico realizado en un núcleo magnético de chapa embutida y todo bañado de aceite para evitar el calentamiento excesivo, utilizando un contenedor del tipo cilíndrico.

BOBINA DE ENCENDIDO

Es el elemento encargado de generar la alta tensión que posteriormente producirá la chispa detonante en las bujías.



Bobina de encendido.

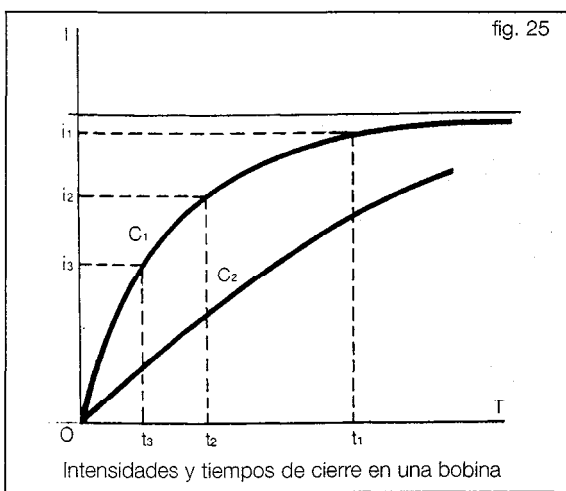
La bobina alta tensión (HT) es de hecho un transformador. El primario está constituido por un arrollamiento de hilo grueso y el secundario por otro más fino y 100 veces superior

fig. 24

En la tapa se encuentran los conectores eléctricos, uno de alimentación directa de 12 V a través de la llave de contacto y el otro procedente del ruptor de encendido; en el centro de la tapa se encuentra la salida de alta tensión que se conectará al distribuidor.

En el caso de un encendido del tipo inductivo por bobina, el más utilizado actualmente, la energía almacenada por la bobina estará en función de la intensidad de corriente (I) que circula por el primario antes de abrir los contactos del ruptor y del coeficiente de autoinducción de la bobina (L) tomando la forma de la expresión siguiente:

$$W = L.I^2 / 2$$



En la figura 25 se muestra la variación de la intensidad en función del tiempo.

En la práctica ésta sería la energía almacenada por el primario de bobina, pero teniendo en cuenta el rendimiento total de la bobina y el coeficiente de inducción entre primario y secundario, la energía que llegaría al secundario sería del 0,5 al 0,35 del valor almacenado por el primario.

Diferentes tipos de bobinas:

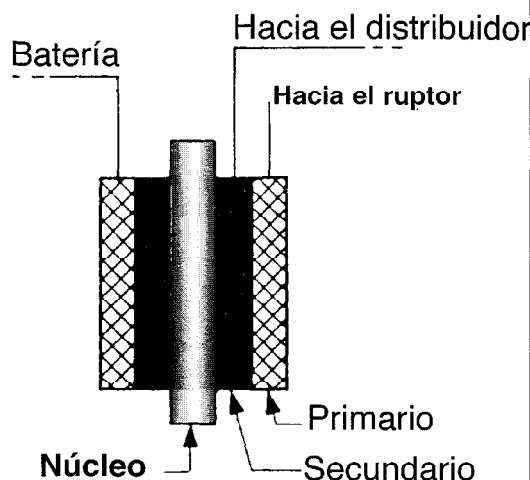
En la proyección de una bobina hay que tomar una decisión de compromiso entre disponer de mucha energía durante la chispa, hecho que le obliga a tener un circuito con magnético con una inductancia elevada y el tener la capacidad de almacenar con rapidez esa energía, siendo necesario un circuito primario con una inductancia baja que permita una intensidad de carga elevada y a la vez una resisten-

cia baja. Estas dos posibilidades se materializan en dos grandes familias de bobinas según la arquitectura del circuito magnético.

- Bobinas con el circuito magnético abierto
- Bobinas con el circuito magnético cerrado

Las primeras se llaman también bobinas verticales ya que aparte de toda consideración técnica aparecen en forma de un cilindro vertical (fig. 26).

fig. 26



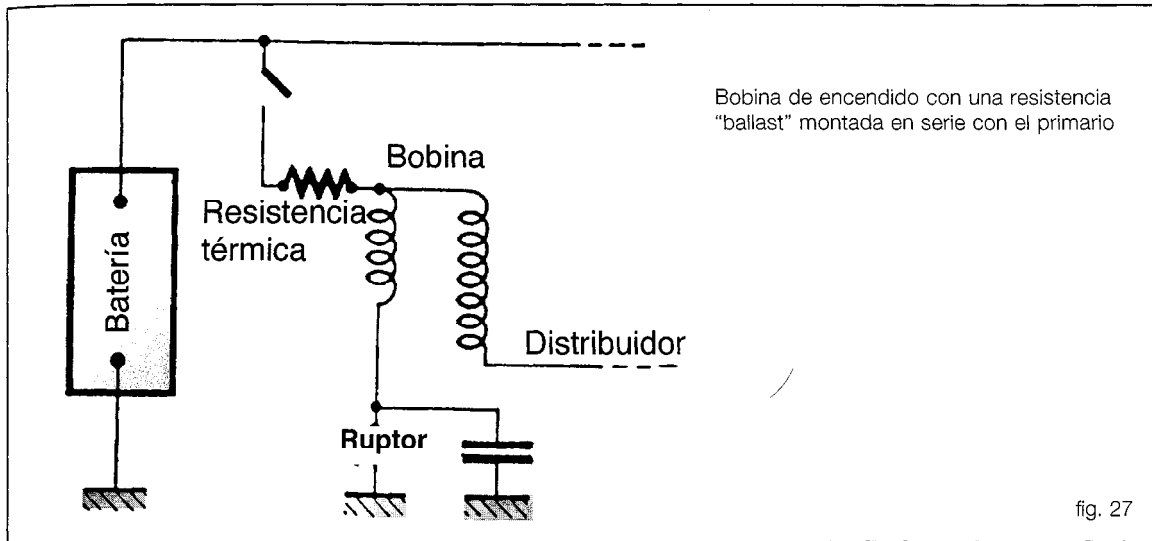
El núcleo magnético rectilíneo vertical está formado de láminas de chapa para evitar las corrientes de Foucault y el bobinado secundario formado de hilo de cobre arrollado sobre el núcleo magnético. El bobinado primario está arrollado superpuesto al bobinado secundario.

Este tipo de bobinas bañadas en aceite para evitar problemas de recalentamiento, presentan una situación crítica de excesivo almacenamiento de calor cuando están funcionando durante mucho tiempo en regímenes bajos o el ruptor se queda permanentemente cerrado.



Las bobinas de circuito magnético cerrado con cápsula en resina epoxi tienen una inducción elevada y una resistencia baja de primario permitiendo una intensidad de carga elevada, siendo necesario en algunas ocasiones reducirla mediante una resistencia térmica (fig. 27).

ciona bien el circuito de control de corriente, absorben el exceso de corriente generando un gran calor, aumentando de volumen el aceite y dando lugar a pérdidas de aceite con el consiguiente peligro de incendio, mientras que en el caso de las bobinas de



207

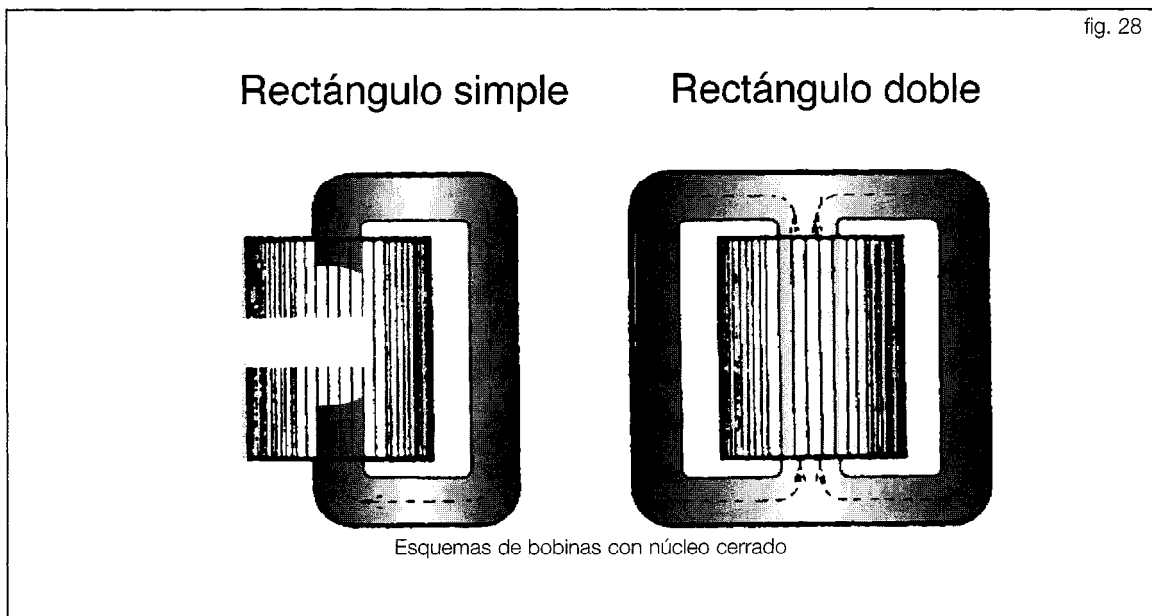
Las mejoras técnicas que ofrecen este tipo de bobinas respecto a las tradicionales son:

1. Reserva de tensión mayor.
2. Mayor energía en el secundario.
3. Mayor duración de la chispa.
4. Menor tiempo de ascenso de la tensión en el secundario.

Las bobinas de circuito abierto cuando no fun-

resina epoxi, sufren sólo una parcial degradación de las características de aislamiento de la resina alrededor del arrollamiento primario.

Tal como se puede observar en la fig. 28 este tipo de bobinas puede incorporar un núcleo simple o doble; las que tienen núcleo doble aseguran un mejor acoplamiento magnético entre los dos arrollamientos con una menor dispersión de flujo.



La bujía

La bujía tiene la misión de suministrar las chispas para encender la mezcla combustible-aire; las chispas saltan entre los electrodos de la bujía. Con este objeto la bujía tiene que introducir bien aislada la tensión de encendido dentro de la cámara de combustión. Las temperaturas de combustión son del orden de los 2.500 °C y las presiones de unos 60 bar. Como consecuencia de esto se comprende que se planteen muy elevadas exigencias al aislador y a los electrodos.

Componentes
de la bujía

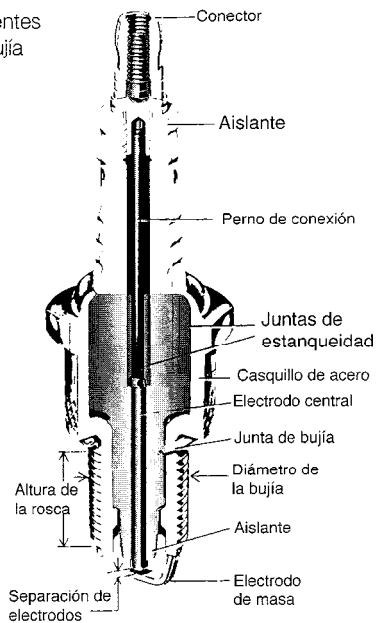


fig. 29

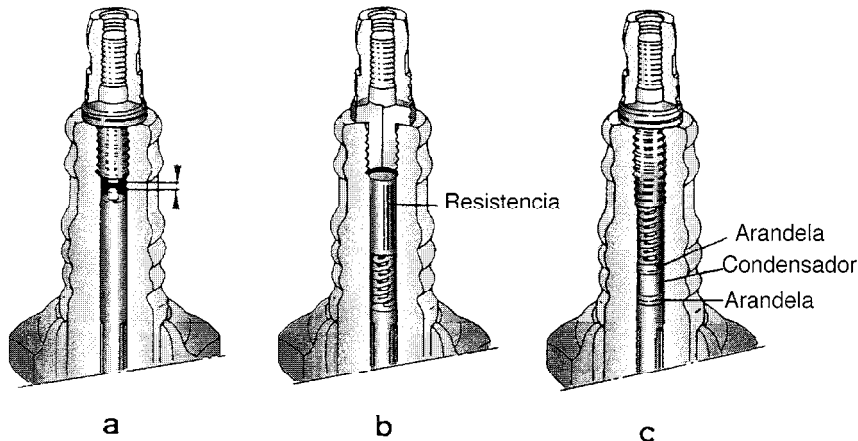
Construcción:

Como material para el aislador se emplea principalmente óxido de aluminio (porcelana) y para los electrodos aleaciones de níquel-manganeso, de hierro-cromo, de plata o de platino. El electrodo central y el bulón de conexión pueden estar unidos con una masa fundida de vidrio eléctricamente conductora. De esta forma se logra la estanqueidad al gas entre el bulón de conexión y la cámara de combustión.

Los motores de automóvil se diferencian en lo referente a su carga, compresión, potencia por unidad de cilindrada, refrigeración, ajuste del carburador y consumo específico de combustible. Debido a esto no es posible emplear las mismas bujías en todos los tipos de motores. Por lo tanto las bujías tienen que adaptarse a las diferentes condiciones de funcionamiento de los distintos tipos de motor. Son criterios importantes el valor térmico, la distancia entre electrodos y la situación de los electrodos en la cámara de combustión.

El valor térmico es un dato que indica la capacidad de carga con respecto a las temperaturas de la bujía durante un servicio.

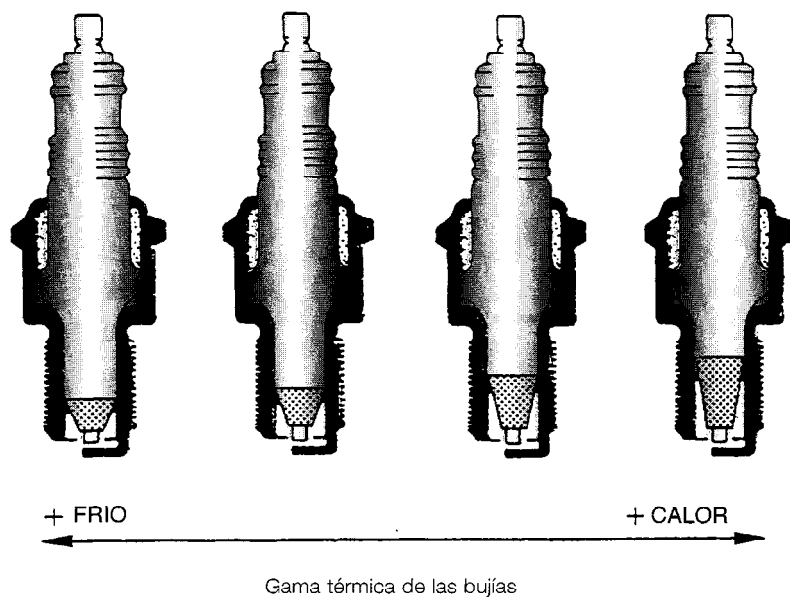
Se ha elegido el valor térmico correcto cuando la bujía en funcionamiento alcanza muy rápidamente su temperatura de autolimpieza que va de 400 a 500 °C y no sobrepasa los 800 °C a plena carga. Una vez alcanzada la temperatura de autolimpieza se garantiza que arderán los residuos tales como el aceite carbonizado; el pie del aislador permanece limpio. No pueden formarse pérdidas en la potencia de encendido por corrientes de fuga.



Tipos de bujías
a) Con disruptor - b) Con resistencia - c) Con convertidor



fig. 30



Si la temperatura del pie del aislador asciende por encima de los 800°C , el valor térmico de la bujía se ha elegido demasiado bajo, es decir que el pie del aislador muy calentado puede producir encendidos incontrolados por incandescencia, que bajo ciertas circunstancias pueden destruir el motor.

Si la temperatura queda por debajo de la de autolimpieza se ha elegido demasiado alto el valor térmico de la bujía, es decir que el pie del aislador se ensucia.

La forma del pie del aislador determina el valor térmico de una bujía (fig. 30).

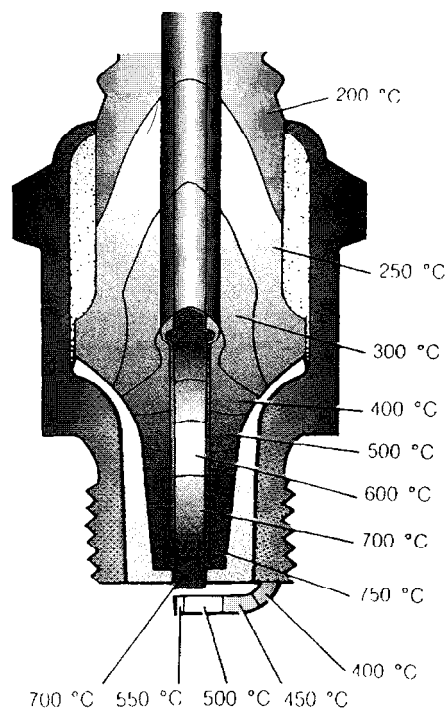
Un pie de aislador largo tiene como consecuencia una reducida descarga del calor; la bujía se calienta, es decir tiene un valor térmico bajo, mientras que un pie de aislador corto tiene como consecuencia una elevada descarga del calor, la bujía permanece fría, es decir tiene un valor térmico alto.

Del aspecto de la bujía después de haber funcionado pueden sacarse conclusiones de su correcto funcionamiento y del motor.

En circunstancias normales, el aislador tiene que tener un color que varíe entre el pardusco y el amarillo claro; los electrodos tienen que tener un color gris claro.

En la figura 31 se indican los valores aproximados de temperatura de la bujía en sus diferentes partes.

fig. 31



Repartición de las temperaturas dentro de una bujía

Para obtener un nivel de energía importante en la bobina es necesario cortar la conducción de una corriente importante que circula por el primario bobina, hecho que compromete la duración de la vida de los contactos.

En efecto, hemos visto que la presencia de un arco eléctrico entre los contactos contribuye a destruir estos últimos, transfiriendo metal de un contacto hacia el otro; la fig. 32 ilustra la disgregación de los puntos de contacto del ruptor: los iones positivos son extraídos del contacto móvil (positivo) creando huecos y depositando el material al contacto fijo (negativo) formando protuberancias.



Es necesario pues reducir la corriente que corta el ruptor sustituyéndolo por un transistor de potencia intercalado en el circuito primario de la bobina de manera que el ruptor controle tan sólo la corriente de mando del transistor (pocos mA).

Esta disposición permite mejorar la optimización de la bobina: corriente primaria más elevada, más energía de encendido, menor calentamiento de la bobina.

Todo y con ello hay un límite para la reducción de corriente que corta el ruptor. En efecto, los contactos utilizados normalmente son de tungsteno y debido a las propiedades químicas de este material hay oxidación espontánea y presencia de óxido aislante en los contactos. Es necesario que la corriente que pasa por los contactos tenga una intensidad suficiente para romper esta barrera y tener precaución igualmente de las otras agresiones posibles en los mismos contactos: humedad, vapor de aceite, contaminación atmosférica... todos estos factores imponen pues prácticamente una corriente mínima de comando del orden de 300 a 500 mA.

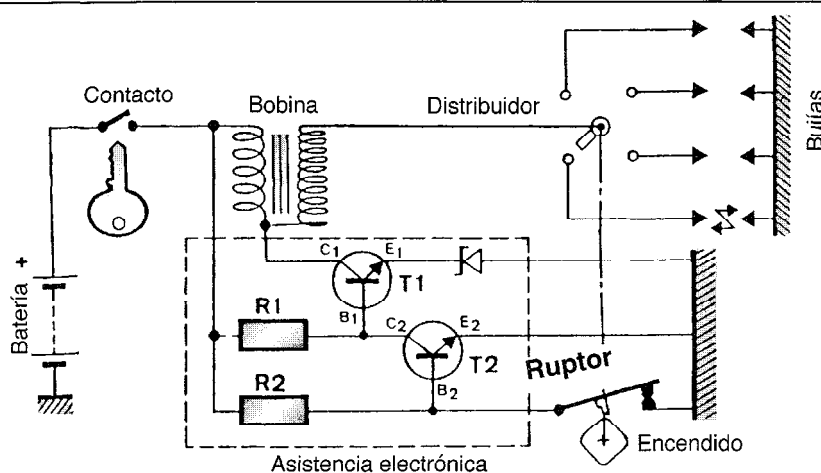
El esquema de principio de la fig. 33 ilustra el funcionamiento de un encendido con ruptor transistorizado en el cual el distribuidor de encendido es clásico.

Estando el ruptor cerrado, la base del transistor T2 tiene un potencial negativo bloqueando el transistor.

Cuando se cierra el contacto del ruptor la base de T1 está polarizada a un potencial positivo a través de la resistencia de polarización R1. El establecimiento de la corriente base-emisor desbloquea el transistor T1, dejando circular la corriente libremente; la corriente colector-emisor (C1-E1) circula y permite el establecimiento de la corriente primaria en la bobina.

Cuando se abre el contacto del ruptor la base de T1 que era negativa se vuelve instantáneamente positiva, a través de la resistencia de polarización R2. Una corriente base-emisor (B2-E2) se establece desbloqueando al transistor T2 que dejará circular la corriente libremente. La base de T1 es llevada al

fig. 33



Esquema de principio de un ruptor (encendido clásico) asistido por la electrónica



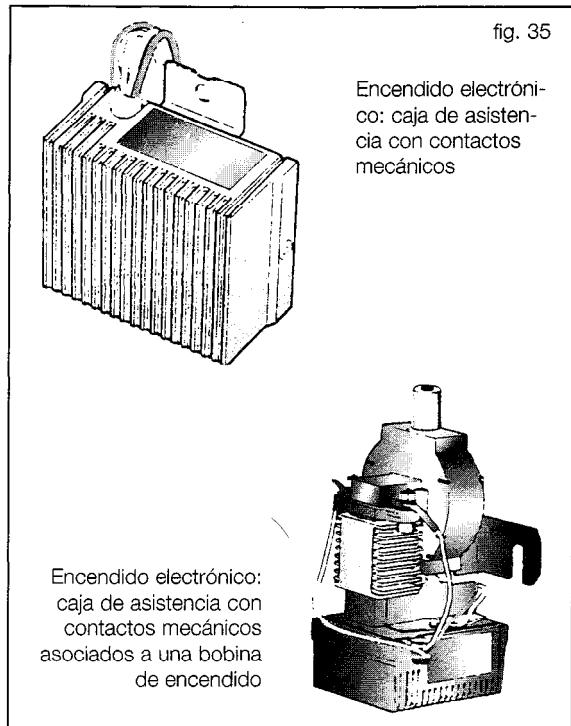
potencial de masa bloqueando la circulación de corriente entre colector-emisor, interrumpiendo la circulación de corriente por el primario bobina.

Cuando los terminales del ruptor se cierran otra vez, T2 se bloquea de nuevo y T1 se vuelve conductor, circulando de nuevo la corriente por el primario bobina y el ciclo empieza de nuevo.

De esta forma el problema del desgaste de los contactos queda resuelto además de los rateos por el funcionamiento del ruptor a gran velocidad.

En la figura 35 se muestran realizaciones prácticas de bloques electrónicos asociados a las bobinas con especificaciones particulares.

El encendido con ruptor transistorizado está generalmente reservado a la instalación en el sector del "after-market" a nivel de los profesionales, aunque los particulares pueden realizar ellos mismos la transformación, montando un bloque electrónico entre el ruptor de encendido y la nueva bobina que reemplaza la de origen. El condensador es normalmente suprimido, siendo preferible poner nuevo el circuito de encendido (contactos, bujías, aislantes,



211

ENCENDIDO SIN RUPTOR Y SENSOR MAGNÉTICO

Aceptado el principio de adoptar un circuito electrónico de comando de la corriente de primario de la bobina, sólo hay que dar un paso para suprimir el ruptor mecánico y eliminar al mismo tiempo los inconvenientes inherentes a los contactos y a su modo de pilotaje.

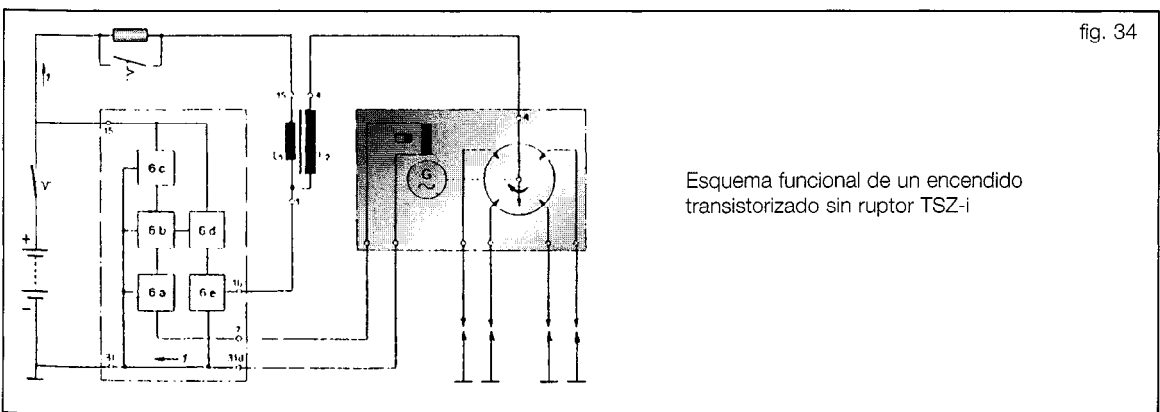
Esto es lo que se ha hecho en el distribuidor, sustituyendo el ruptor por un dispositivo estático, es decir sin partes mecánicas sujetas al desgaste. La elección permite utilizar un sensor que lee un sector circular unido al eje del distribuidor, generando una señal eléctrica capaz de poder ser utilizada poste-

riormente para comandar el transistor que pilota el primario bobina.

Es este tipo de encendido llamado electrónico o transistorizado el que ha sido mayoritariamente utilizado por los constructores de automóviles debido a su sencillez, prestaciones y fiabilidad.

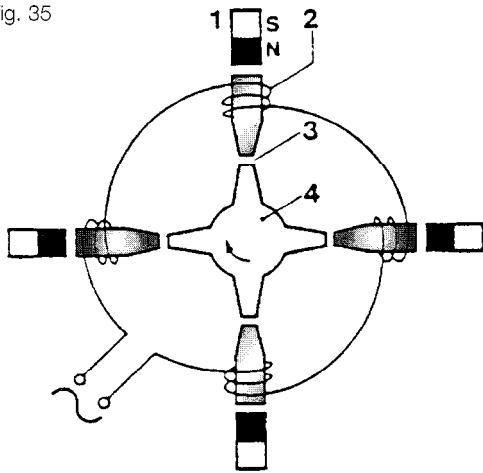
Las otras funciones del encendido quedan inmóviles conservando la bobina, el distribuidor con su sistema de avance centrífugo y sus correcciones por depresión. Este tipo de encendido se llama comúnmente "breakerless" utilizando una palabra inglesa que significa sin ruptor.

Atendiendo al tipo de captador utilizado nos podemos encontrar sistemas que utilizan sensores analógicos (fig. 34) o digitales.



Los sensores analógicos se basan en la permeabilidad magnética; los materiales paramagnéticos concentran las líneas de fuerza de un campo magnético en su interior. En consecuencia si creamos un campo magnético, al colocar una pieza de hierro en sus inmediaciones, las líneas de fuerza se concentrarán en el interior de la pieza y se generará un flujo magnético (aumentarán las líneas de fuerza) y si alejamos la pieza de hierro el flujo desaparecerá (fig. 35).

fig. 35



Esquema de generador de impulsos

Para aprovechar las variaciones de flujo debe colocarse una bobina dentro del campo magnético del imán. De esta forma, las variaciones de flujo inducirán en la bobina una corriente eléctrica (fig. 36). Esta corriente eléctrica es el impulso o señal de bloqueo o conducción para la serie de transistores del circuito cuya misión es bloquear el transistor de potencia, que eliminará la corriente en el primario de la bobina de encendido.

Las técnicas para conseguir este tipo de impulsos son dos: la primera consiste en disponer un imán

permanente; dentro del campo magnético del imán va colocada la bobina, en ella se inducirán los impulsos, y enfrentada a la bobina hay una rueda con tantos salientes o crestas de ferrita como cilindros tenga el motor.

La rueda va montada sobre el eje del distribuidor de encendido con el mecanismo de avance centrífugo para variar su calado. En su giro, la rueda encara sucesivamente cada una de sus crestas con la bobina y el campo magnético del imán. El giro de la rueda produce variaciones de flujo que inducen en la bobina una señal variable parecida a una corriente alterna; esta señal pasa de un valor máximo cuando está la cresta alineada con la bobina a uno mínimo cuando hay un hueco frente a la bobina.

La segunda técnica consiste en crear el campo magnético con una bobina alimentada por la batería, frente a ella gira una rueda con las crestas de ferrita. Cuando se encara una cresta de la rueda frente a la bobina, las líneas de fuerza del campo magnético de la bobina se desplazan hacia la cresta y varía el flujo magnético. Esta variación del flujo autoinduce en la bobina una corriente. Esta corriente autoinducida tiene una f.e.m. de valor y sentido variables: al acercarse la cresta a la bobina, el flujo aumenta y la f.e.m. tiene el mismo sentido de la corriente de la bobina; cuando la cresta se aleja decrece el flujo magnético y la f.e.m. inducida se opone a la corriente de la bobina.

Aunque no es usual, también podemos encontrar algún sistema de encendido con una tercera técnica que consiste en disponer una rueda giratoria formada por imanes permanentes: al girar la rueda, los imanes se enfrentan consecutivamente a dos bobinas e inducen en ellas una corriente alterna; los valores máximos de la tensión de esta corriente, a modo de impulsos, son los que gobiernan el sistema de encendido.

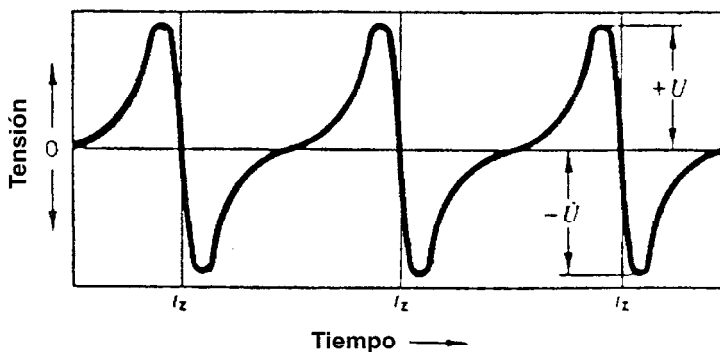


fig. 36

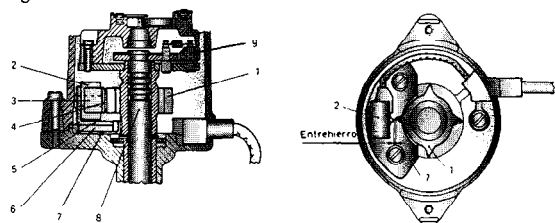
Tensión alterna producida por un generador de impulsos



En cualquiera de los sistemas descritos, los impulsos son señales variables; el tipo de señal condiciona el circuito electrónico que debe acoplarse a un generador de impulsos. Pero la variedad de las posibilidades ofrecidas por la electrónica, en función del tipo y las características de los transistores utilizados, de las posibilidades de otros componentes como los condensadores, o de montajes como los divisores de tensión, posibilita la existencia de infinitud de soluciones para tratar las señales del generador de impulsos que permitan conseguir un bloqueo rápido, y en el momento preciso, del transistor de potencia, que controla la corriente del primario de la bobina de encendido.

En la fig. 37 podemos observar la disposición de los componentes de un sistema de encendido por generador de impulsos con imán permanente. El conjunto de encendido de la figura es para un motor de cuatro cilindros; la rueda dentada de ferrita 1 va acoplada al eje motor 8 a través del mecanismo de avance centrífugo del encendido 9 que varía su calado según la velocidad de giro del motor. La bobina 2 provista de núcleo 3 está situada sobre el imán permanente 6 y ambos van montados sobre el soporte 7, este soporte va acoplado al mecanismo de avance por depresión para variar el encendido en función de la carga del motor.

fig. 37



Generador de impulsos electromagnéticos del tipo con imán permanente, bobina y rueda polar de ferrita

1. Rueda con crestas - 2. Bobina - 3. Núcleo de la bobina - 4. Expansión del núcleo - 5. Escuadra - 6. Imán - 7. Soporte - 8. Eje - 9. Avance centrífugo

Al girar la rueda 1, arrastrada por el eje 8 movido por el árbol de levas, va encarando las cuatro crestas frente al núcleo de la bobina; entre crestas y núcleo hay una separación, llamada entrehierro, regulable mediante los tornillos de sujeción del soporte 7. El entrehierro debe ser galgado a la distancia indicada por el fabricante. De la magnitud de esta separación depende la intensidad del flujo y en consecuencia, la potencia de la señal o impulso que gobierna el sistema de encendido.

En el esquema de la fig. 38 está representado un encendido por generador de impulsos de bobina y rueda de ferrita. El módulo electrónico, la parte encerrada por el rectángulo en línea de trazos, está formado por una báscula de Schmitt I1 encargada de amplificar y transformar la señal del generador de impulsos, un Darlington integrado I2, las resistencias y los condensadores, para proteger a los dos chips, además de modular las corrientes del circuito.

Cuando la rueda del generador de impulsos se encara con la bobina, genera una señal analógica. Esta señal, amplificada y transformada en señal digital por la báscula de Schmitt, provoca el bloqueo del Darlington. El Darlington bloqueado corta la corriente del primario de la bobina de encendido.

Entre la rueda y el núcleo de la bobina debe mantenerse el entrehierro correspondiente. Como puede apreciarse, hay cuatro bobinas (tantas como cilindros en el motor) conectadas en serie; con esta disposición, cuando gira la rueda, se genera una corriente alterna cuyo período corresponde al tiempo entre dos chispas sucesivas.

En la fig. 39 se aprecia el esquema eléctrico del módulo electrónico; éste determina el momento de salto de la chispa. En el esquema se diferencian de manera simplificada la etapa de entrada, indicada por tres cuadrados (6a, 6b, 6c), la etapa de amplificación (6d), y la etapa de salida constituida por un montaje Darlington.

213

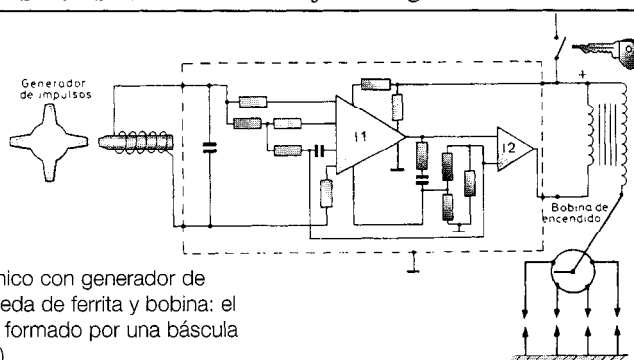


fig. 38

Esquema de un encendido electrónico con generador de impulsos electromagnéticos con rueda de ferrita y bobina: el módulo electrónico de control está formado por una báscula de Schmitt (11) y un Darlington (12)

Esquema funcional de un bloque electrónico TSZ-i

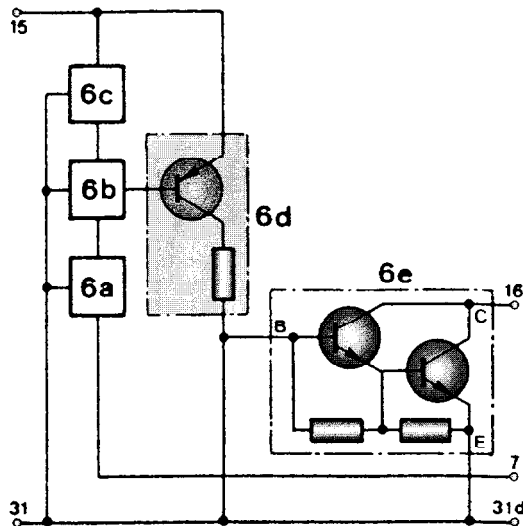


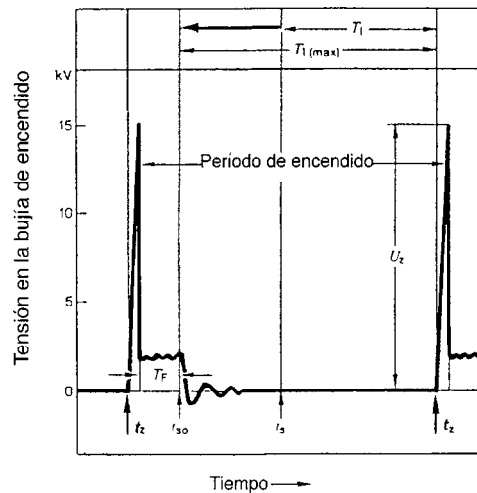
fig. 39

En la fig. 41 se aprecia el proceso transformador de la señal del generador de impulsos: la señal analógica es transformada en señal digital por la etapa de entrada; la señal digital es amplificada por las dos etapas siguientes; la etapa de salida convierte la señal en cortes de la corriente del primario de la bobina de encendido que inducen en el secundario la corriente a alta tensión.

En el oscilograma de alta tensión de la fig. 40 se pueden observar los siguientes puntos a considerar:

- El tiempo t_z de encendido que marca el fin de cada período de llenado, y el inicio de la elevación de la tensión secundaria.
- La tensión U_z de encendido, llamada de ionización para diferenciarla de la tensión del arco.
- La duración de la chispa T_F ;
- t_s el inicio del cierre que permite definir t_j como tiempo de cierre y duración del impulso.
- t_{so} inicio del cierre más avanzado, limitado por la duración de la chispa y precediendo el período de oscilación del secundario después de la extinción del arco; permite definir $T_{j(max)}$, que es el tiempo de cierre máximo.

ción del arco; permite definir $T_{j(max)}$, que es el tiempo de cierre máximo.



Oscilograma de chispa y elementos de ángulo de leva fig. 40

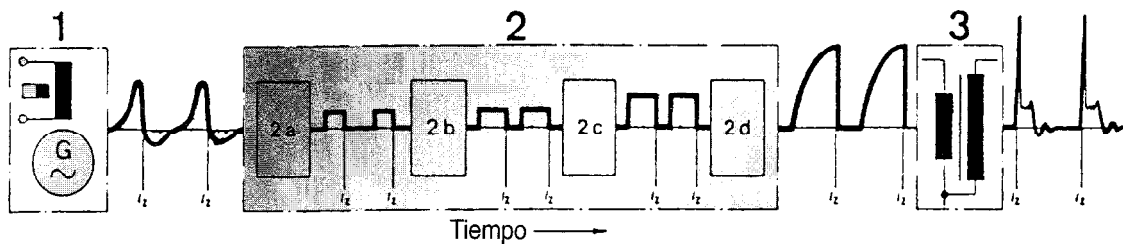


Diagrama general de Impulsos de TSZ-I

fig. 41



Variación del avance de encendido

En el distribuidor TSZ-i, como en los sistemas de encendido por batería con ruptor, la variación del punto de encendido se obtiene mecánicamente, mediante un dispositivo de avance por fuerza centrífuga y por depresión tal como se observa en la fig. 42

1. Dispositivo de avance centrífugo.
2. Corrector de avance por depresión por cápsula manométrica.
3. Eje del distribuidor.
4. Eje hueco.
5. Disco polar del generador de impulsos.
6. Rotor sincronizador.
7. Dedo de distribución.

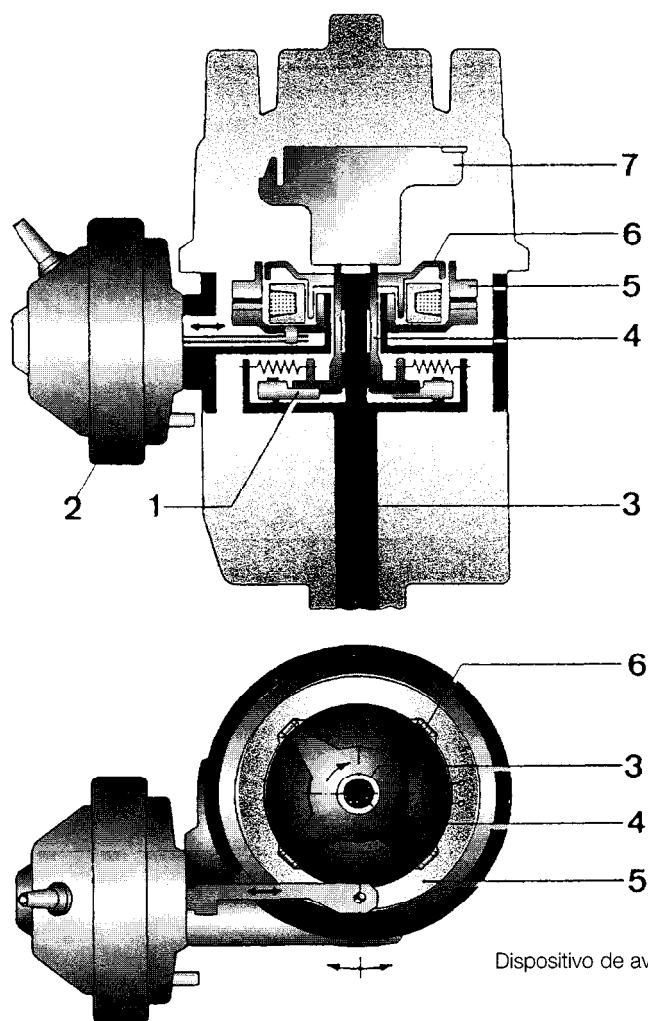
La tolerancia normal y progresiva de los dispositivos de avance y de los mecanismos de realización del encendido se traduce en un desplazamiento

del punto de encendido de 1 ó 2 en el sentido de avance.

El corrector por depresión realiza una variación suplementaria del punto de encendido. En algunos regímenes de funcionamiento del motor, por ejemplo al ralentí o al régimen de freno motor, la combustión de la mezcla es particularmente mala y la concentración de sustancias tóxicas en los gases de escape es entonces más elevada que normalmente. Para mejorar esta combustión, una corrección del encendido en el sentido de retraso será necesario en numerosos casos; ésta se realiza mediante un segundo corrector de avance por depresión.

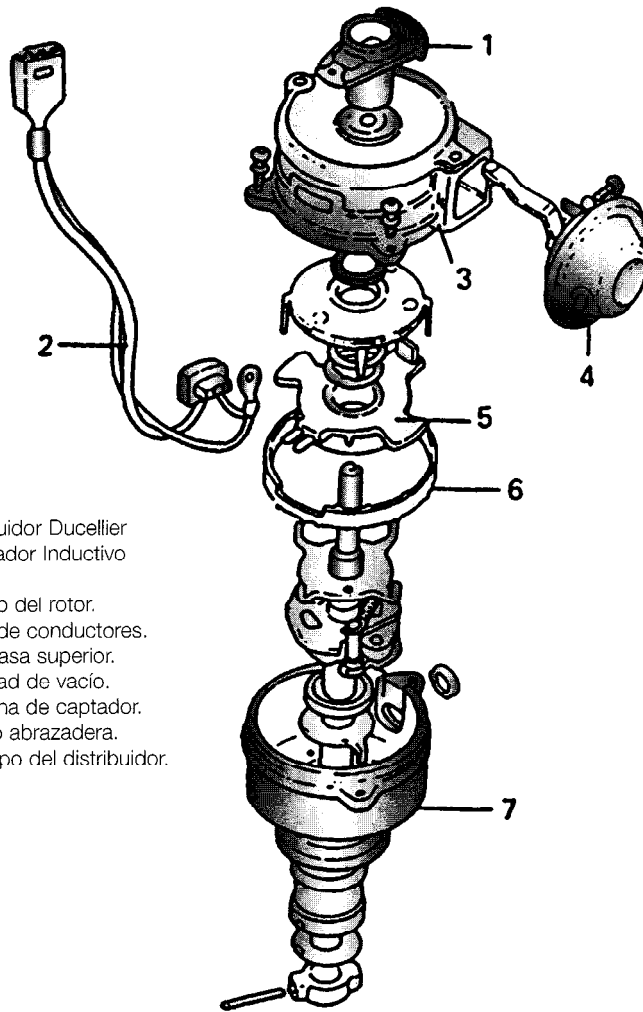
En la figura 43, se muestra el despiece de un distribuidor con generador inductivo, así como el esquema de mando.

fig. 42



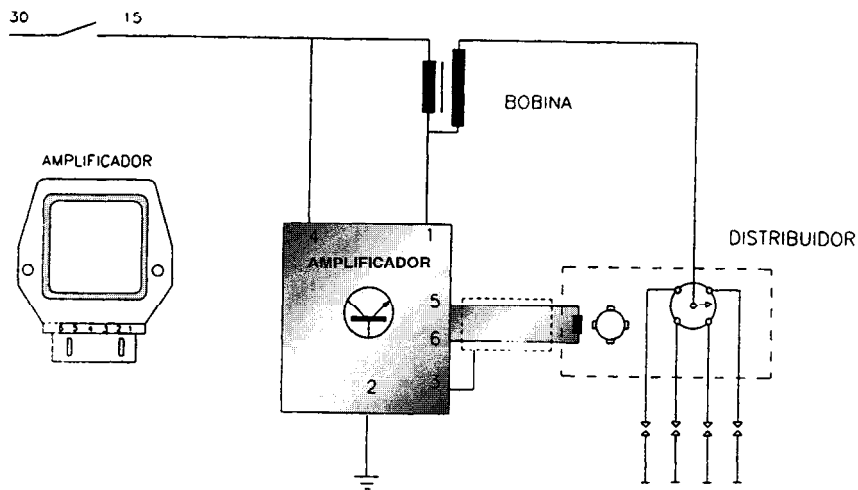
Dispositivo de avance mecánico de TSZ-i

fig. 43



Distribuidor Ducellier
Generador Inductivo

1. Brazo del rotor.
2. Haz de conductores.
3. Carcasa superior.
4. Unidad de vacío.
5. Bobina de captador.
6. Anillo abrazadera.
7. Cuerpo del distribuidor.



Esquema de encendido con mando por generador inductivo
(Bosch-Ducellier)

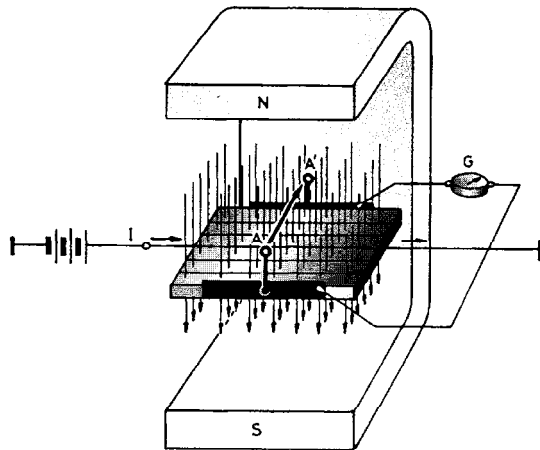


ENCENDIDO SIN RUPTOR Y SENSOR HALL

Una propiedad de los semiconductores, observada en muchas aplicaciones de procesos de control y generación de señales, es la producción de un campo eléctrico transversal y la consiguiente diferencia de potencial entre los lados respectivos de una pastilla de semiconductor portadora de una corriente de intensidad constante, sumergida en un campo magnético y situada perpendicularmente al mismo. El fenómeno es conocido por "efecto Hall" en honor a su descubridor.

En la fig. 44 podemos apreciar como el galvanómetro G indica una diferencia de potencial entre A y A', en un semiconductor rectangular portador de una corriente de intensidad I y colocado dentro del campo magnético del imán NS. Esta diferencia de potencial es debida al "efecto Hall".

fig. 44



Tensión generada por el "efecto Hall"

El "efecto Hall" se utiliza en los sistemas de encendido electrónico para generar la señal que produce el bloqueo del transistor de potencia.

En un encendido electrónico por "efecto Hall" fig. 45 se dispone una pantalla obturadora de material diamagnético, solidaria al eje del distribuidor de encendido, con tantas ranuras como cilindros tenga el motor. La pantalla obturadora, en su giro, se interpone entre un cristal semiconductor alimentado por corriente continua y un electroimán. Cuando la parte metálica de la pantalla se sitúa entre el semiconductor y el electroimán, el campo magnético de este último es desviado y cuando entre ambos se sitúa la ranura del semiconductor, recibe el campo magnético del imán y se genera el "efecto Hall".

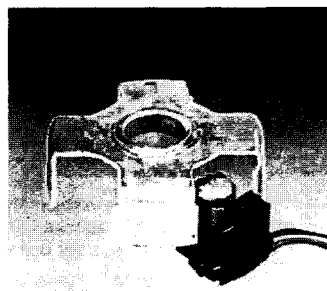


fig. 45

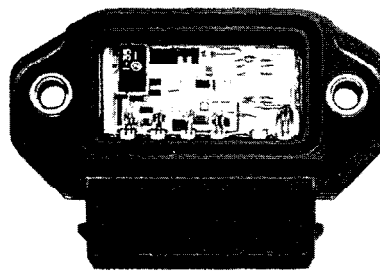
Detalle de un dispositivo Ducellier de "efecto Hall"

Cuando el motor gira, el obturador va abriendo y cerrando el campo magnético del Hall generando una señal de onda cuadrada que va directamente al módulo de encendido.

El impulsor Hall está alimentado directamente por el módulo de encendido (fig. 46) a una tensión de $7,5 \pm 1$ V.

217

fig. 46



Módulo electrónico de encendido transistorizado en tecnología híbrida

El módulo tiene la misión de hacer conducir o interrumpir la conducción de corriente por el primario bobina; pero además también efectúa otras funciones sobre la señal de primario como:

1. Limitación de la corriente:

Debido a que este tipo de encendidos utilizan una bobina con una resistencia de primario muy baja permitiendo que el tiempo de carga y descarga de la bobina sea muy reducido; pero presentando el inconveniente de que a bajos regímenes la corriente puede llegar hasta 15 A lo cual podría dañar la bobina y el módulo. Para evitar esto el módulo electrónico incorpora un circuito que se encarga de controlar la intensidad de primario a un máximo de 6A.

2. Regulación del tiempo de conducción:

La gran variación de tiempo entre dos chispas sucesivas a altas y bajas revoluciones hace que los tiempos de carga sean a la vez muy dispares produciendo tiempos de saturación de la bobina excesivos en algunos casos y energía insuficiente en otros.

Para evitar esto el módulo incorpora un circuito de control que actúa en base a la saturación del Darlington para ajustar el tiempo de conducción al régimen motor.

Importantes mejoras en fiabilidad y en costes se han realizado para permitir que el encendido electrónico con ruptor estático sea un producto construido en grandes series.

La foto de la fig. 46 muestra un ejemplo de realización de un módulo electrónico utilizando tecnología híbrida.

Este módulo puede estar totalmente separado de los otros componentes del encendido o bien estar dispuesto en el propio distribuidor presentando al menos dos ventajas importantes:

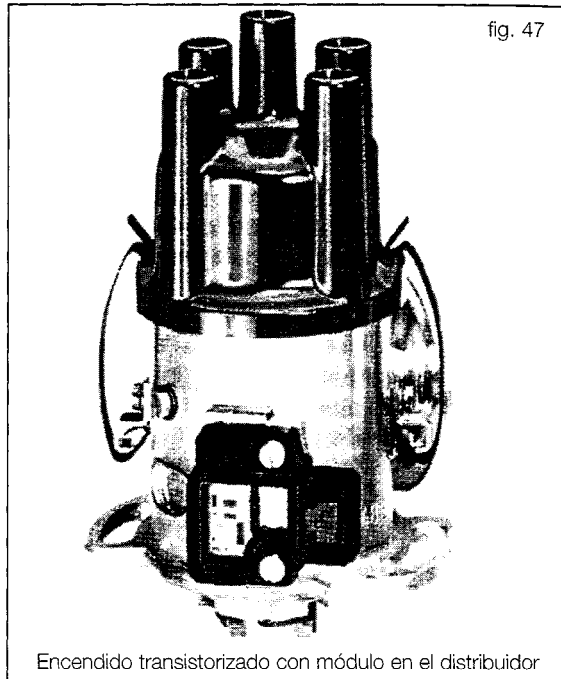


fig. 47

Encendido transistorizado con módulo en el distribuidor

1. Reducción de las perturbaciones exteriores por supresión de las conexiones entre captador y módulo.

2. Mejor precisión en los ensayos realizados durante la proyección del motor.

En la fig. 47 se observa un módulo de encendido acoplado al propio distribuidor y en la fig. 48 el conjunto completo de encendido con el motor del vehículo.

En la fig. 49, se muestra el despiece de un distribuidor de "efecto Hall", así como el esquema de mando.

fig. 48

Encendido transistorizado integrado en el motor del Citroën AX

- 1. Distribuidor.
- 2. Bobina.

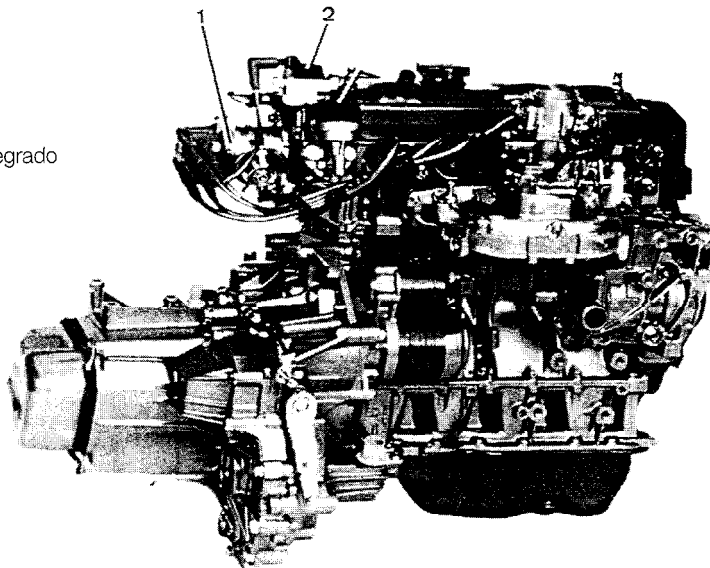
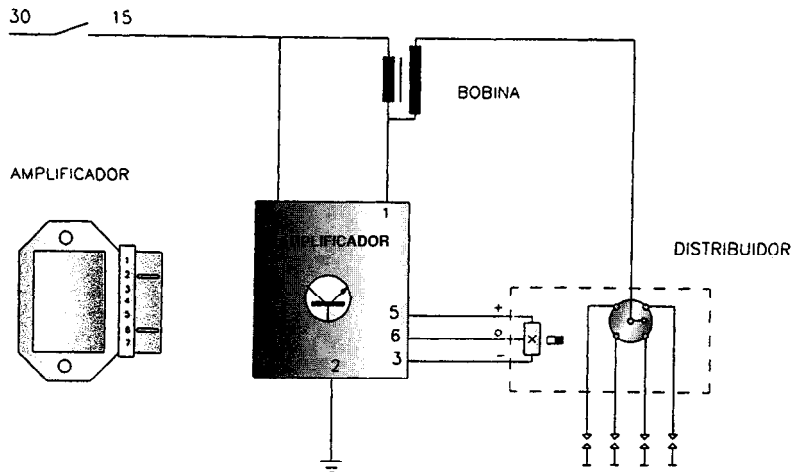
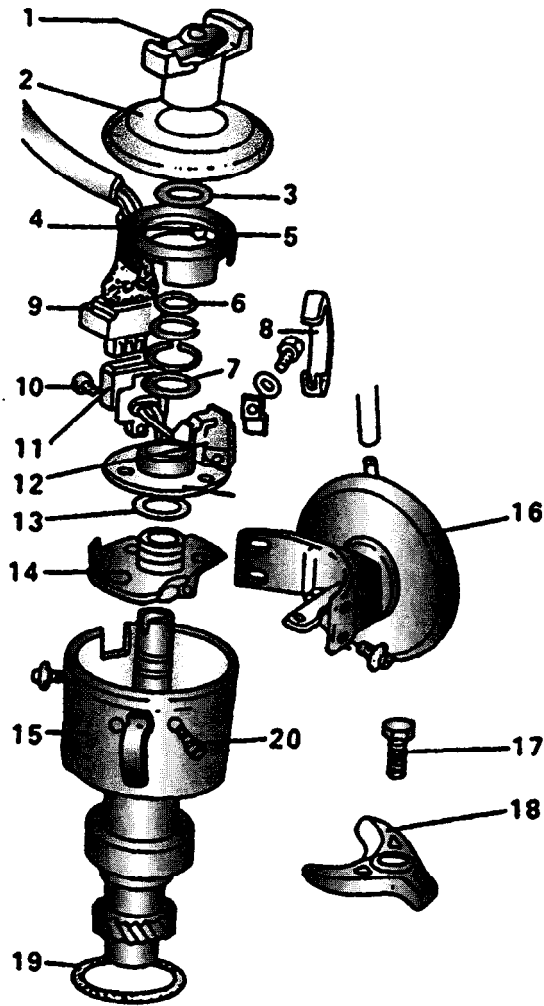




fig. 49

Distribuidor Bosch
"efecto Hall"

1. Brazo del rotor.
2. Pantalla protectora de chispas.
3. Grapa circular.
4. Pasador de ataque.
5. Álabes disparador.
6. Arandela.
7. Grapa circular.
8. Grapa de la tapa.
9. Enchufe múltiple del haz de cables.
10. Anillo de retención.
11. Conector.
12. Bobina y cables del amplificador.
13. Arandela de empuje.
14. Placa base.
15. Cuerpo del distribuidor.
16. Unidad de vacío.
17. Perno.
18. Abrazadera.
19. Juntas tóricas.
20. Tornillo de la placa base.



Esquema de encendido con mando por "efecto Hall"
(Bosch-Ducellier)

ENCENDIDO A DESCARGA DE CONDENSADOR

En el encendido por bobina, el tiempo de crecimiento de la tensión secundaria y la duración de la chispa son relativamente largos (del orden de 0,1 ms y 1 ms respectivamente), no permitiendo su aplicación en motores de alto régimen de funcionamiento sobre todo en aquellos en los que el número de cilindros es elevado.

Con la finalidad de almacenar la cantidad de energía necesaria y permitir el funcionamiento a altos regímenes en motores de marcado carácter deportivo, se utiliza a menudo un tipo de encendido llamado a descarga de condensador, en el que el principio de funcionamiento descrito a continuación es distinto al inductivo excepto en lo que se refiere al distribuidor.

En este tipo de encendido, la energía es almacenada en un condensador de capacidad C , cargado a la tensión V y obteniéndose un nivel de energía W .

$$W = C \cdot V^2 / 2$$

El valor de la capacidad del condensador está limitada a 1 ó 2 μF debido a evidentes razones de dimensiones del condensador, intentando aumentar el nivel de energía almacenada aplicando tensiones elevadas.

En la práctica se utilizan valores de tensión alrededor de los 400 V, hecho que combinado con un

valor de capacidad del condensador de 1 μF resulta una energía de $W = 80 \text{ mJ}$.

Es pues necesario disponer de un sistema que permita elevar la tensión de la batería para obtener los valores de tensión indicados anteriormente.

Cuando el condensador está cargado, la descarga se realiza muy rápidamente a través del arrollamiento primario del transformador de encendido, elevando la tensión del condensador al valor de la alta tensión necesaria en el secundario, con el fin de provocar la chispa en la bujía, como en el caso del encendido inductivo.

El esquema de la fig. 50 ilustra este principio, remarcando el hecho de que la descarga rápida del condensador es realizada por un tiristor comandado por el circuito de detección de régimen, haciendo la función de interruptor.

La descripción general viene dada por el esquema funcional de la fig. 51 donde tenemos los siguientes componentes.

1. La batería.
2. El contacto de encendido.
3. El conjunto electrónico.
4. El transformador de encendido con sus bobinados primarios y secundarios.
5. El generador de impulsos inductivo.
6. El distribuidor.
7. Las bujías.

220

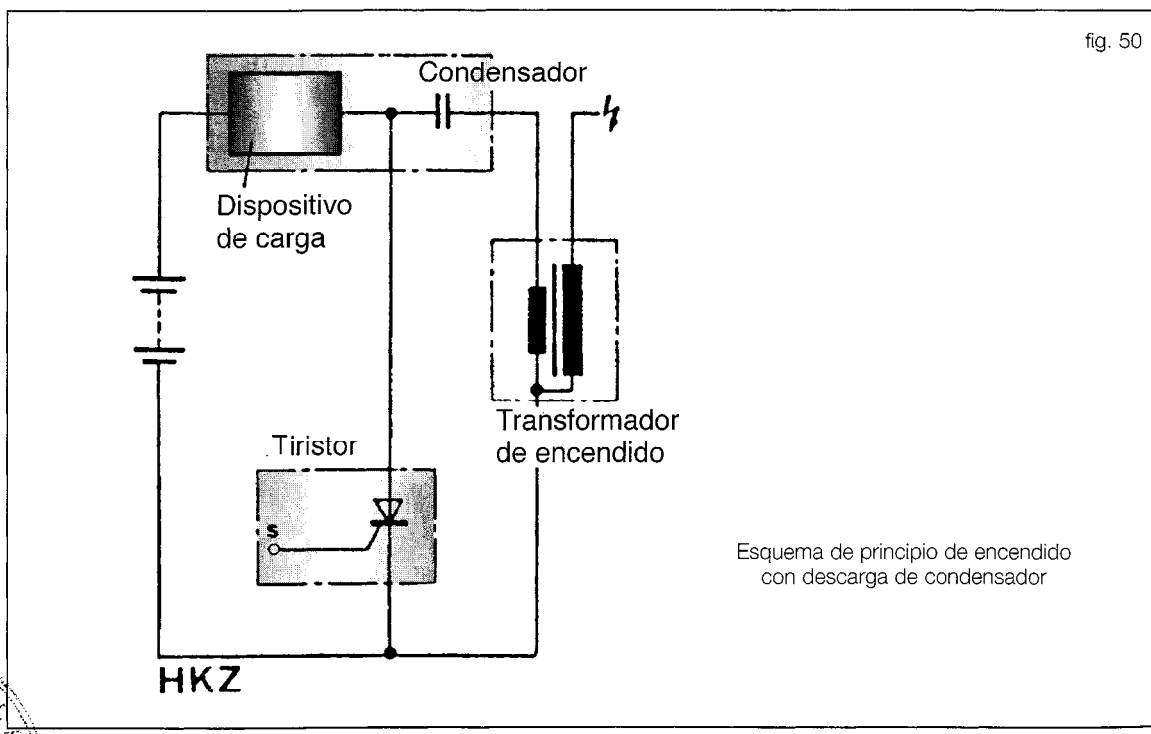
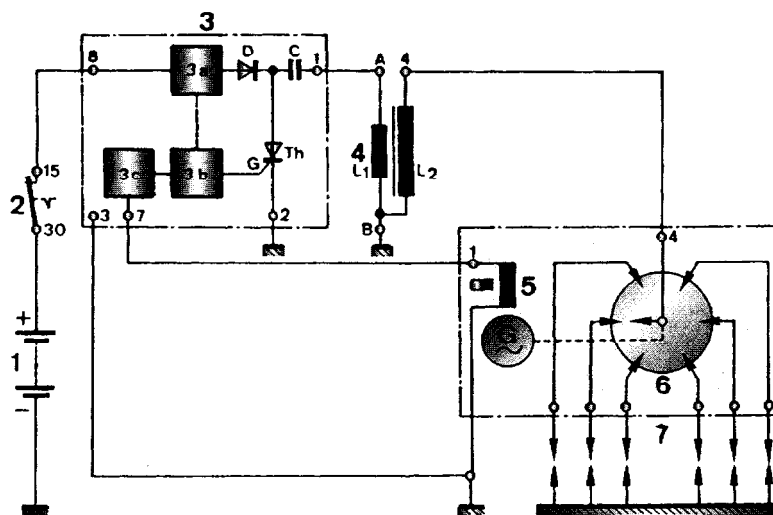




fig. 51



Esquema de funcionamiento del encendido con descarga de un condensador sin ruptor HKZ (de Bosch)

El conjunto electrónico: Comprende además del condensador y el tiristor de mando, tres bloques que describimos a continuación.

a.- Dispositivo de carga: Consiste en un transformador elevador de la baja tensión continua de la batería en alta tensión continua debiendo asegurar la carga del condensador de almacenamiento de energía. La carga de tensión se puede realizar en un tiempo aproximado al de la fig. 52 de $T_1 = 0,3$ msg.

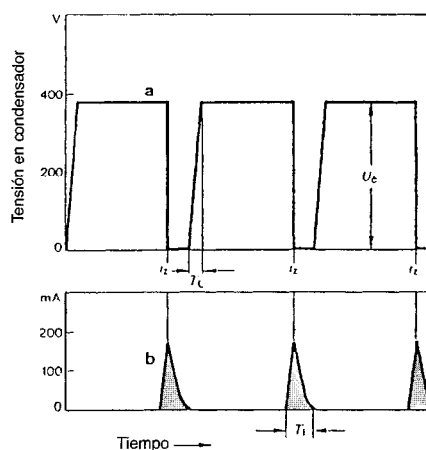
b.- Dispositivo de mando: Tiene la misión de pilotar a la puerta del tiristor haciéndolo conductor en un tiempo muy breve ($T_1 = 0,05$ msg).

c.- Conformador de impulsos: Es un circuito electrónico que transforma la tensión alterna del generador de impulsos en tensión rectangular positiva.

El transformador de encendido: Es un transformador de impulsos que convierte la corriente de carga rápida del condensador, a través de su bobinado primario en una alta tensión que aparecerá rápidamente en el bobinado secundario.

A pesar de que el transformador tiene el aspecto de una bobina tradicional, su concepción eléctrica es bien distinta ya que su inductancia primaria es muy inferior y por consiguiente el circuito de descarga del condensador tendrá una impedancia global pequeña, permitiendo una rápida subida de la tensión tal como se observa en la fig. 52.

fig. 52



Carga de un condensador por impulsión única (a).
Descarga por el tiristor, provocada por los impulsos de mando (b)

En resumen, las ventajas esenciales del encendido a descarga de condensador son las siguientes:

- a.- Alta tensión más elevada y constante en una gama de regímenes de funcionamiento más amplia.
- b.- Energía máxima en todos los regímenes.
- c.- Crecimiento de la tensión extremadamente rápida.

Como contrapartida la duración de las chispas son muy inferiores, del orden de 0,1 ó 0,2 msg demasiado breves para su utilización en vehículos utilitarios. Ésta es la razón por la que su uso está ceñido a los vehículos deportivos donde la distancia entre electrodos es mucho mayor y la longitud de la chispa compensa en parte la poca duración.

ENCENDIDO ELECTRÓNICO
INTEGRAL (A/E)

Hasta este capítulo, la electrónica aplicada a los sistemas de encendido nos ha permitido eliminar el ruptor mecánico a favor del estático. Sin embargo, el avance de encendido sigue siendo del tipo centrífugo y las correcciones por depresión mecánicas.

Trabajando en este principio es imposible tratar con precisión las informaciones de régimen y carga motor, teniendo en cuenta además otros parámetros físicos, tales como la temperatura o la presencia de eventuales picados.

Un segundo gran paso en la línea de la precisión, la seguridad y la fiabilidad del sistema de encendido se lleva a cabo con la sustitución del sistema mecánico de avance por un cálculo electrónico, utilizando un microprocesador o un circuito integrado específico.

La elaboración de la leyes de avance y el salto de la chispa pueden llegar a ser verdaderamente estáticas en los sistemas de encendido integrales, aunque en gran parte de los equipos la distribución de la chispa se realiza mediante el clásico distribuidor mecánico.

El principio de avance centrífugo mecánico se sustituye por el sistema representado en la fig. 53 que representa un captador fijado en el motor que lee el paso de un diente solidario al volante motor.

Si O es la posición correspondiente al PMS del cilindro 1, será necesario situar el captador antes del PMS, considerando el sentido de rotación del volante, y haciéndolo coincidir con el diente en C de manera que el ángulo A sea siempre superior al máximo avance de encendido posible. Si un sistema precisa un avance de encendido "a" será necesario disponer de un ángulo "r" de margen para que la central pueda realizar la carga de la bobina y salte la chispa en el punto E.

Régimen motor: El ángulo de avance estando en función del régimen motor obliga a la central electrónica a recibir y tratar esta información de régimen para que el avance de encendido se realice a partir de la coincidencia C, entre el diente y el captador.

En teoría, el paso repetido del diente en frente del captador, da a la central una información precisa del régimen de giro del motor.

En períodos donde el régimen de giro del motor es muy bajo, por ejemplo en la fase de arranque, este intervalo de tiempo es muy largo para ser explotado con precisión y seguridad. Es por esto que en la práctica se asocia un captador de régimen a una corona dentada solidaria al volante motor. Así pues el sensor que lee el diente único en la polea se llama sensor de posición, mientras que el que lee la información de la corona dentada se llama de régimen.

Es posible también utilizar un solo captador, llamado de posición-régimen.

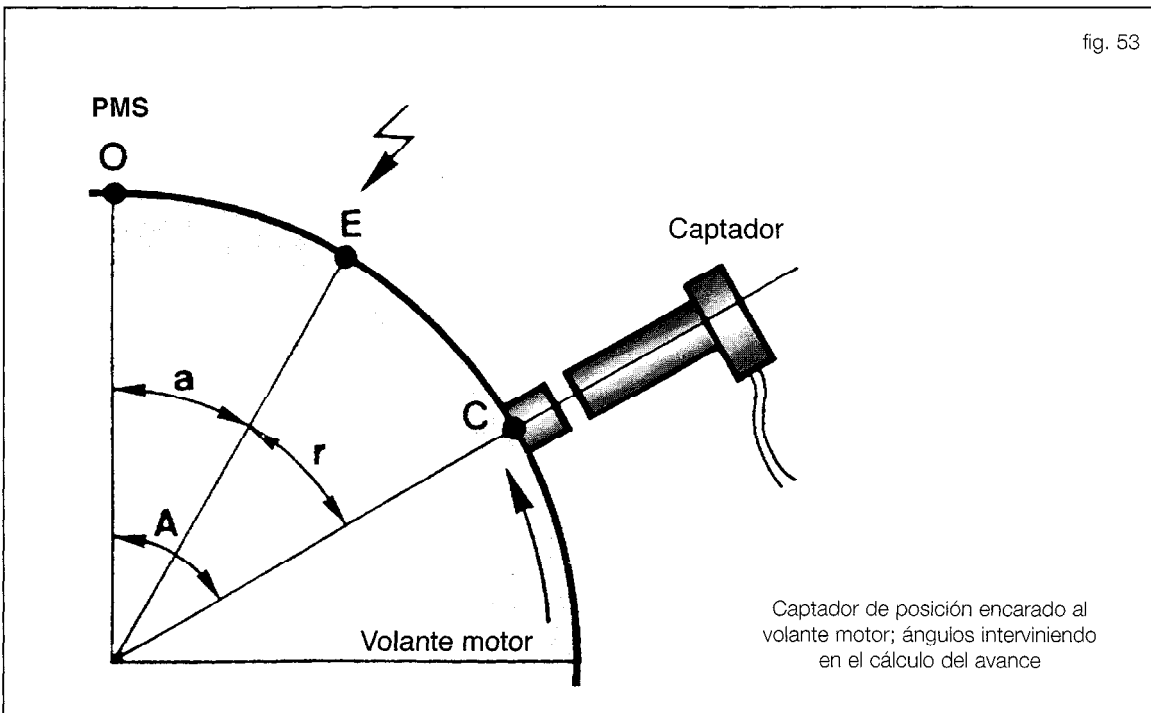


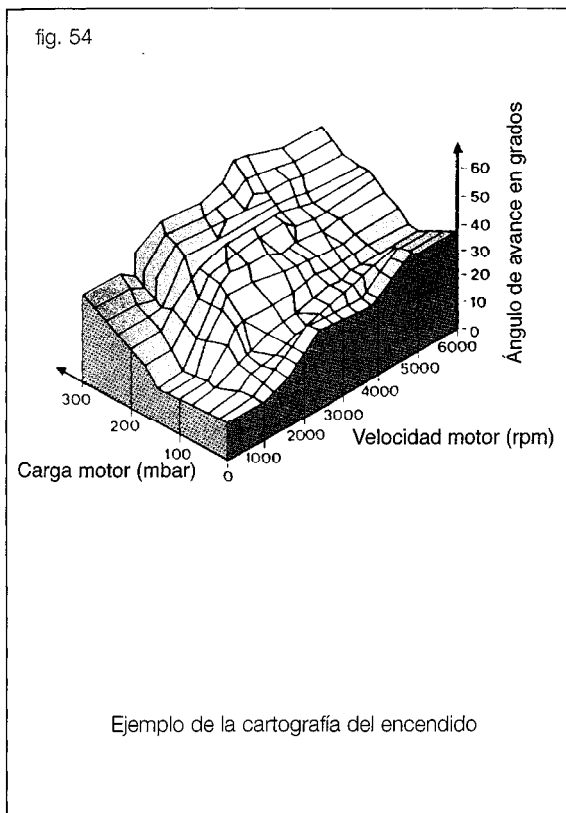
fig. 53



Si el captador de posición-régimen está situado dentro del distribuidor, lee la información de cuatro ventanas concéntricas con el eje del distribuidor que corresponden a cada uno de los cilindros (motores de cuatro cilindros).

En otros casos, donde las centrales utilizadas son más evolucionadas, un solo captador puede leer la información de posición y régimen en una corona dentada, con la ayuda de un sistema de referencia y conteo del número de dientes.

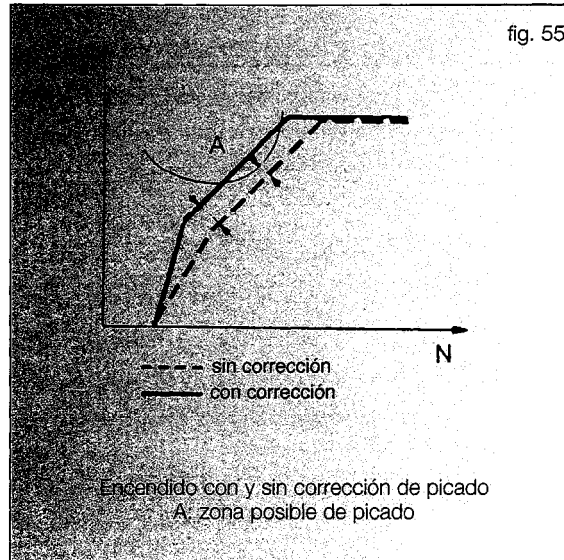
Carga motor: El segundo parámetro de base es la carga motor, la central electrónica recibe y trata las informaciones de base que son descompuestas en un cierto número de puntos en las memorias. Si se representan en modo tridimensional estos puntos se obtiene el gráfico de la fig. 54 donde tenemos los dos ejes de referencia, régimen de giro y carga motor, obteniéndose el ángulo de avance óptimo correspondiente a cada situación motor.



Otros parámetros a tener en cuenta son:

- Las temperaturas.
- La posición de la mariposa.
- El picado.

fig. 55



Para un motor determinado, cuando el par resistente es elevado y la velocidad motor es baja, un exceso de avance tiende a producir una detonación a destiempo denominada picado (ruido del cojinete de biela).

223

Las condiciones de conducción y la calidad del carburante pueden ser tales que el vehículo no soportará situaciones de picado. No obstante, es necesario reducir las prestaciones del motor adoptando una curva de avance inferior cuando se detecta el fenómeno del picado (fig. 55).

En la fig. 56 podemos observar un sensor de picado cuyo principio de funcionamiento se basa en los materiales piezoeléctricos que generan una pequeña tensión cuando sufren una deformación a

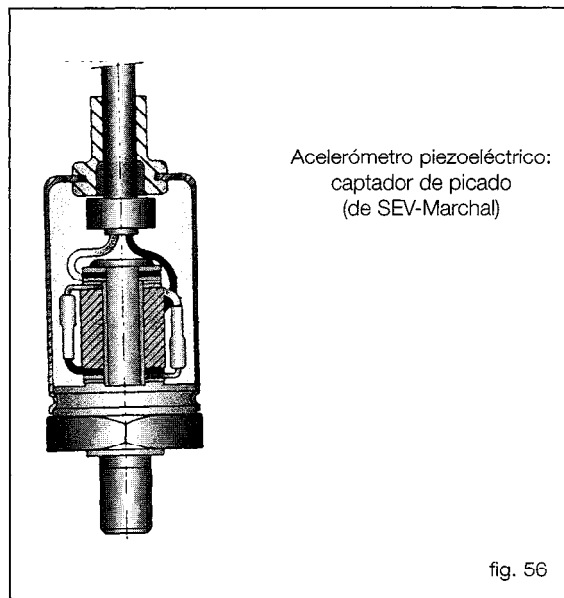
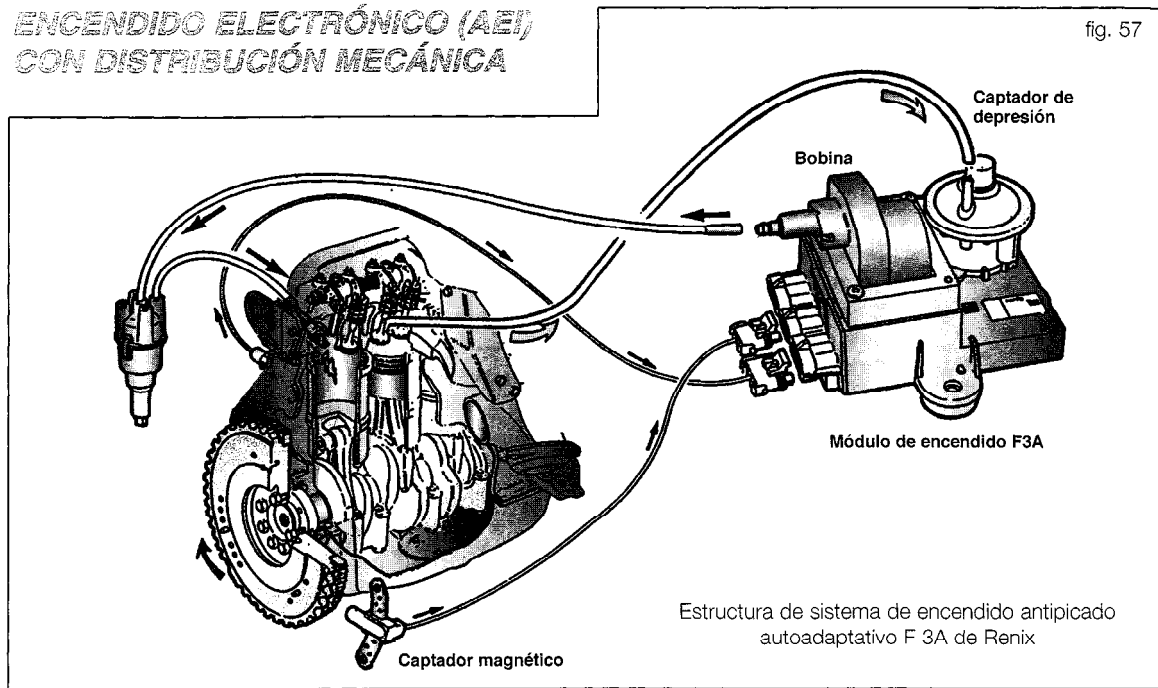


fig. 56

ENCENDIDO ELECTRÓNICO (AEI) CON DISTRIBUCIÓN MECÁNICA



224

El dispositivo que vamos a examinar a título de ejemplo de realización equipa ciertos motores de cuatro cilindros Renault.

Este tipo de encendido, tal como podemos apreciar en la fig. 57 está compuesto por:

a.- Un captador magnético de posición-régimen que detecta los impulsos generados por una corona dentada fijada en el volante motor.

Esta corona dentada está compuesta por 44 dientes regularmente espaciados donde dos de ellos han sido suprimidos, formando un ángulo de 180° permitiendo la detección del punto muerto superior e inferior (fig. 58).

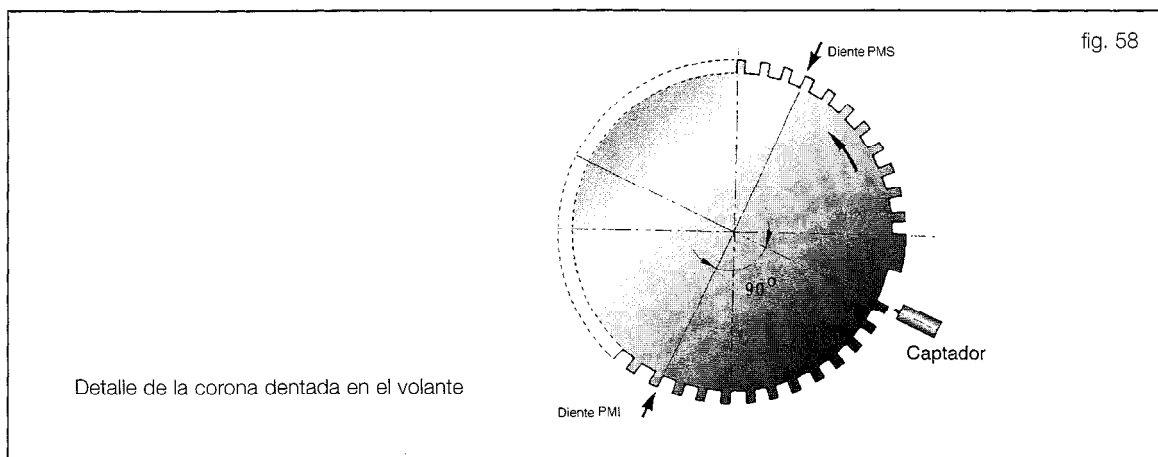
b.- Un captador de presión conectado al colector de admisión permitiendo la detección de la carga motor.

c.- Una centralita electrónica que recibe las informaciones de régimen y presión de los captadores generando los avances de encendido. Las señales de mando a la bobina para el salto de la chispa en el momento preciso son igualmente tratadas por la central.

Se pueden realizar correcciones suplementarias teniendo en cuenta otros parámetros: la temperatura del líquido de refrigeración motor, la temperatura del aire exterior y eventualmente el picado.

d.- Una bobina de alta tensión a circuito cerrado.

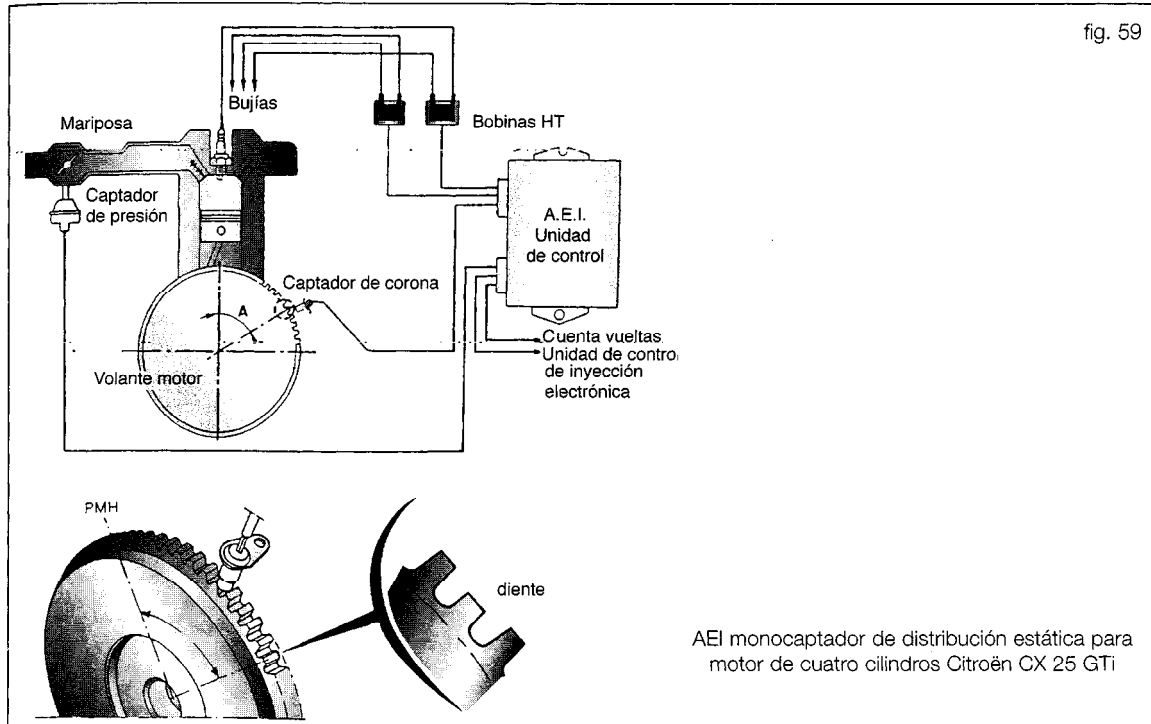
e.- Un distribuidor de alta tensión mecánico.





ENCENDIDO AEI CON DISTRIBUCIÓN ESTÁTICA

Un ejemplo de este tipo de encendido a distribución estática con dos bobinas dobles para motores a cuatro cilindros se representa en la fig. 59. Este AEI llamado monocaptador se monta en serie en los Citroën CX25 GTI a partir de julio de 1986, reemplazando la versión anterior que utilizaba dos captadores en el volante motor para detectar la posición y el régimen.



225

Este sistema dispone de una central electrónica que recibe las informaciones de:

a.- Régimen y posición motor por medio de un captador de reluctancia variable único situado de manera que lee los dientes de una corona solidaria al volante motor, formada por una serie de dientes uno de los cuales tiene una forma característica.

b.- Información de carga motor por medio de un captador de presión, distinto cuando funciona en motores atmosféricos o turboalimentados.

La centralita gobierna dos bobinas de alta tensión dobles, del tipo a circuito cerrado o secas, montadas en el motor, elaborando además las señales de régimen destinadas al indicador de revoluciones, y los instantes de sincronización relativo a la inyección electrónica.

La referencia angular se toma de un diente de la corona que se ha reducido su altura 1 mm. siendo el punto diferencial que permite calar el PMS del cilindro n.º 1.

La centralita electrónica realiza las siguientes funciones (fig. 61):

a.- Adquisición:

- Medida del régimen de giro motor
- Detección de la referencia.
- Medida de la carga motor

b.- Cálculo:

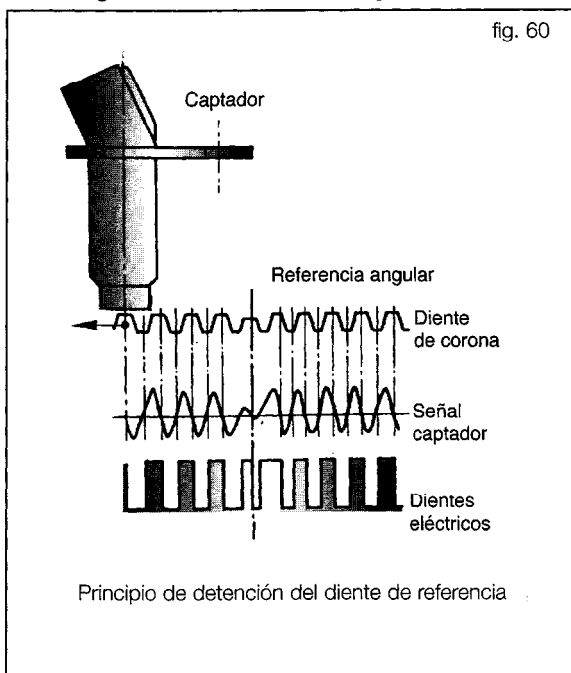
- Inicio de la carga de la bobina.
- Avance cartográfico.
- Pilotaje de la distribución estática.
- Elaboración de las señales para el indicador de régimen y el sistema de inyección.

c.- Salidas:

- Pilotaje de los transistores de potencia de las bobinas.
- Señal de indicador de régimen y mando de inyección.

El paso de los dientes delante del captador crea las variaciones de flujo magnético que se traducen en tensión en los bornes de la bobina del captador. El circuito integrado detecta los pasos por cero de esta tensión y verifica la diferencia de tensión

generada por el diente específico en la rueda fónica siendo la señal de referencia que permite a la centralita reconocer el PMS y dar mando a la bobinas cada 180° de giro de la rueda fónica (fig. 60).



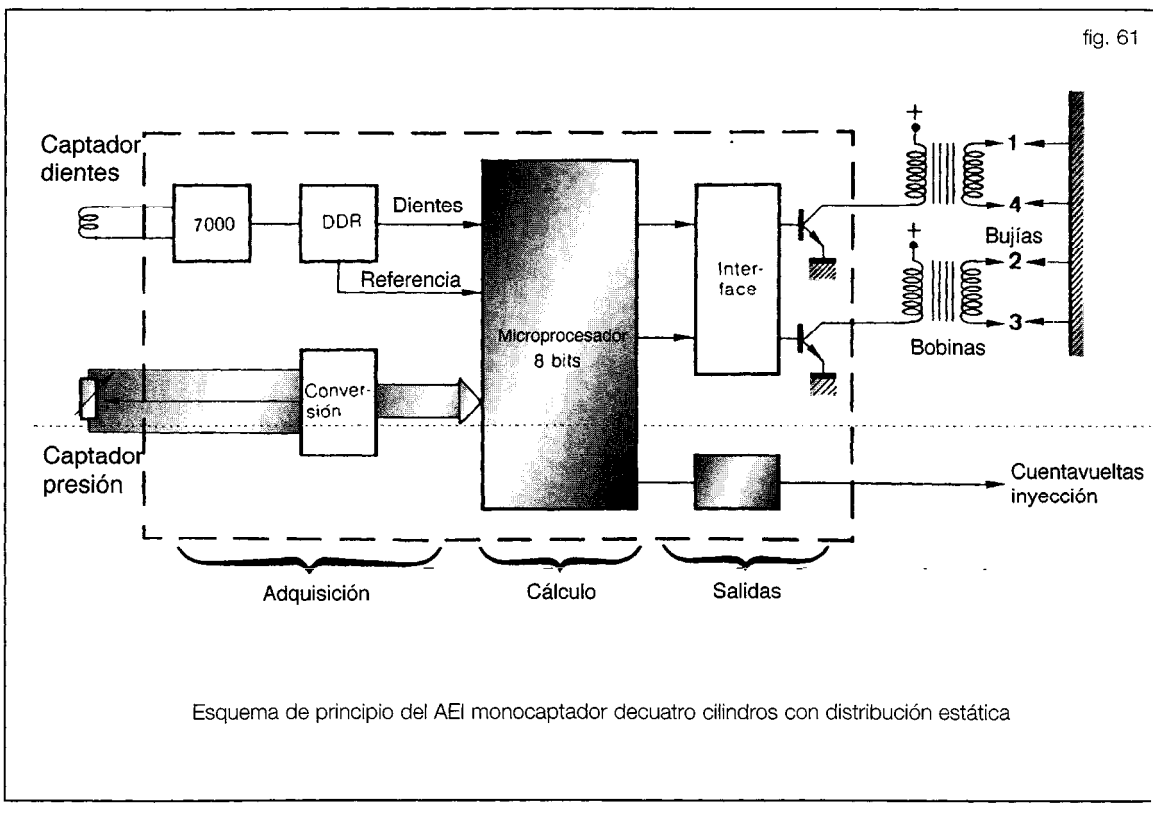
La bobina de encendido está compuesta por dos devanados primarios, conectados a la centralita que dará el mando por negativo y a la batería que dará el mando por positivo; la bobina está compuesta también por dos devanados secundarios de alta tensión cuyas salidas están conectadas directamente a las bujías de los cilindros 1-4 y 3-2.

Al par de bujías le llega la alta tensión cada vez que el módulo de potencia corta la circulación de corriente en el circuito primario.

La distribución estática de la alta tensión aprovecha las distintas condiciones de presiones existentes simultáneamente en las parejas de cilindros 1-4 y 3-2.

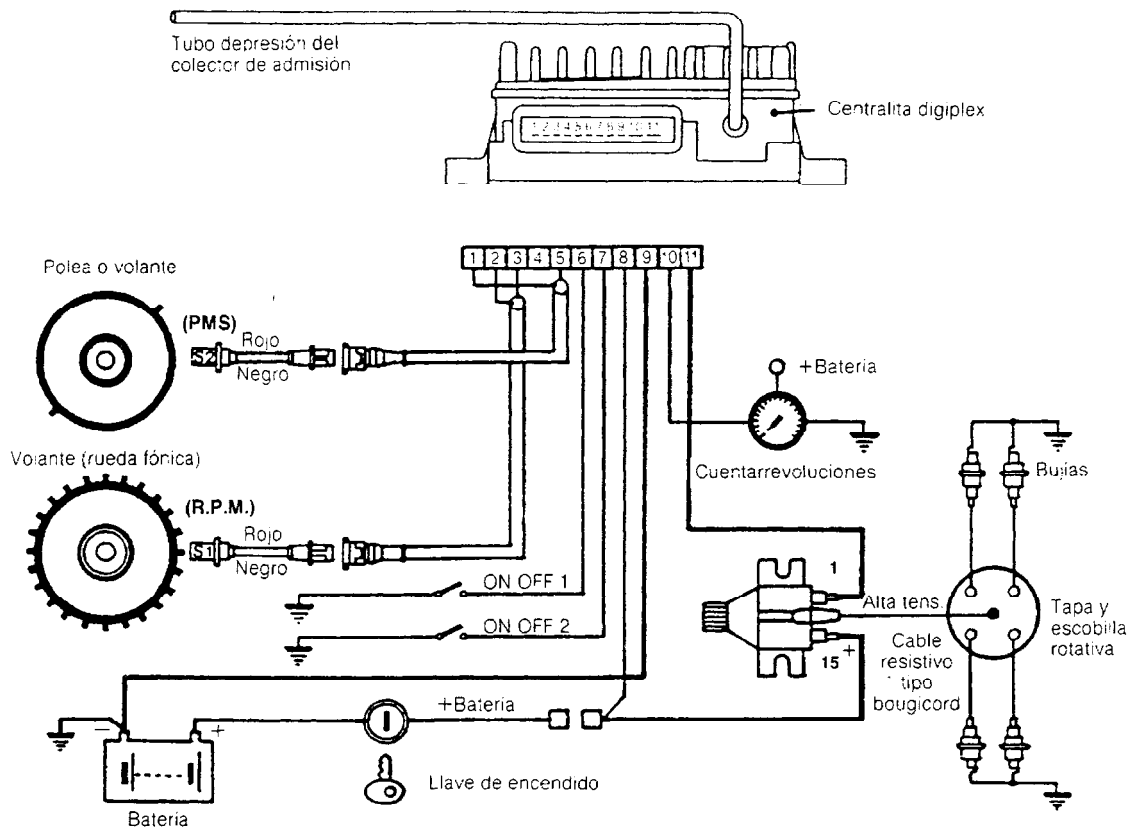
El circuito secundario de cada bobina está por tanto cerrado por dos chispas; una con aproximadamente 500 V, llamada chispa perdida ya que se verifica en el cilindro en fase de escape, y la otra alrededor de 20 KV que se produce en el cilindro que está en fase de compresión-explotación y es la apropiada para quemar la mezcla aire-gasolina presente en el cilindro.

La gestión completa del encendido comprende el cálculo del ángulo de avance y el cálculo del ángulo Dwell (tiempo de conducción).



SISTEMA DE ENCENDIDO DIGIPLEX

fig. 62



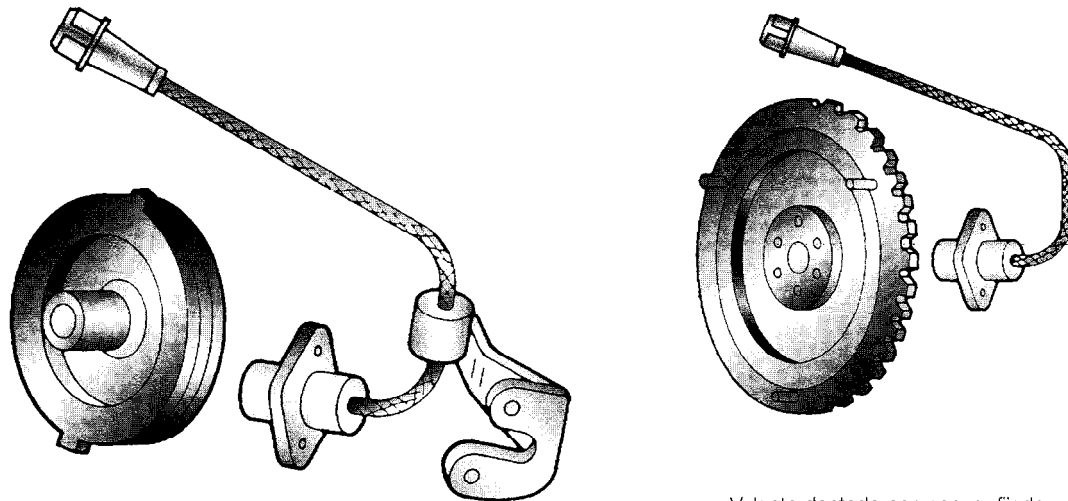
Esquema de cableado del sistema de encendido DIGIPLEX

En la fig. 62 se representa esquemáticamente un encendido con microprocesador Magneti Marelli. En este sistema de encendido para determinar la velocidad de giro del motor y la posición angular del cigüeñal se disponen dos ruedas; una con varios dientes para determinar la velocidad de giro del motor y otra con dos dientes diametralmente opuestos para determinar la posición angular del cigüeñal. Ambas ruedas van acopladas entre el cigüeñal y el volante de inercia y únicamente la segunda rueda

exige un calado respecto a la posición del cigüeñal, ya que la posición de uno de los dos dientes debe coincidir con el PMS del pistón del primer cilindro.

Dos captadores, formados por una bobina con núcleo de ferrita, se sitúan sobre los dientes de las ruedas; éstas al girar van encarando los dientes con el núcleo de la bobina correspondiente y hacen variar el flujo magnético de la bobina (fig. 63). Las variaciones de flujo se traducen en variaciones de tensión controladas por el módulo electrónico.

fig. 63



Sensor PMS con polea motor

Volante dentado con sensor fijado

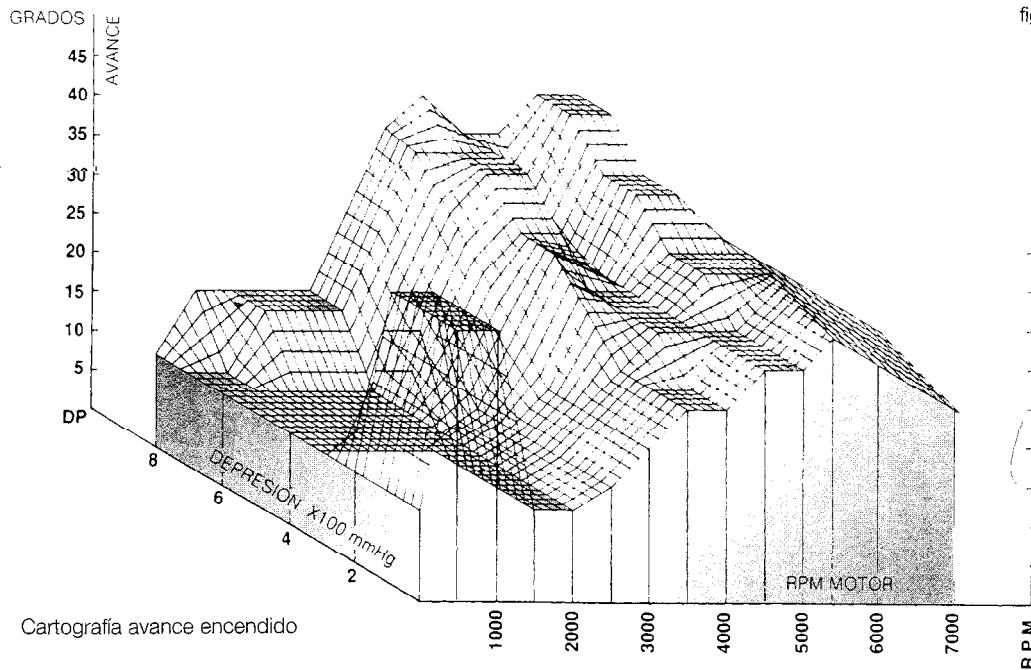
228

Según la cartografía almacenada en la memoria del módulo electrónico (fig. 64), las señales de entrada generan la respuesta del módulo con una señal de salida destinada a cortar la corriente del primario de la bobina de encendido.

La corriente inducida en el secundario de la bobina la recibe el distribuidor para mandarla a la bujía correspondiente.

La central electrónica incorpora un sensor de presión formado por un cristal piezoeléctrico para

fig. 64



Cartografía avance encendido



determinar la carga del motor conectándose neumáticamente al colector de admisión.

El sensor está montado en un puente de resistencias llamado puente de Wheastone serigrafiadas sobre una placa de cerámica muy sutil de forma circular que desempeña funciones de soporte del amplificador electrónico de señal.

El avance se realiza en una gráfica tridimensional (RPM-depresión-avance) con 64 intervalos de régimen con 512 puntos de avance memorizados en una memoria ROM.

Es posible variar los valores de avance de la cartografía conectando en distintas combinaciones los terminales 6 y 7 a masa.

La bobina de encendido utilizada es del tipo con aislamiento en resina y circuito magnético cerrado. Con referencia a cada fase de PMS motor la corriente de pico suministrada en el primario por parte de la centralita es aproximadamente 6,5 A.

Para controlar la alineación de escobilla-muesca y diente-sensor de PMS será necesario proceder como sigue (fig. 65):

- Girar el cigüeñal y poner en el PMS la pareja de pistones 1-4 asegurándose que el pistón 4 está en la fase de explosión.

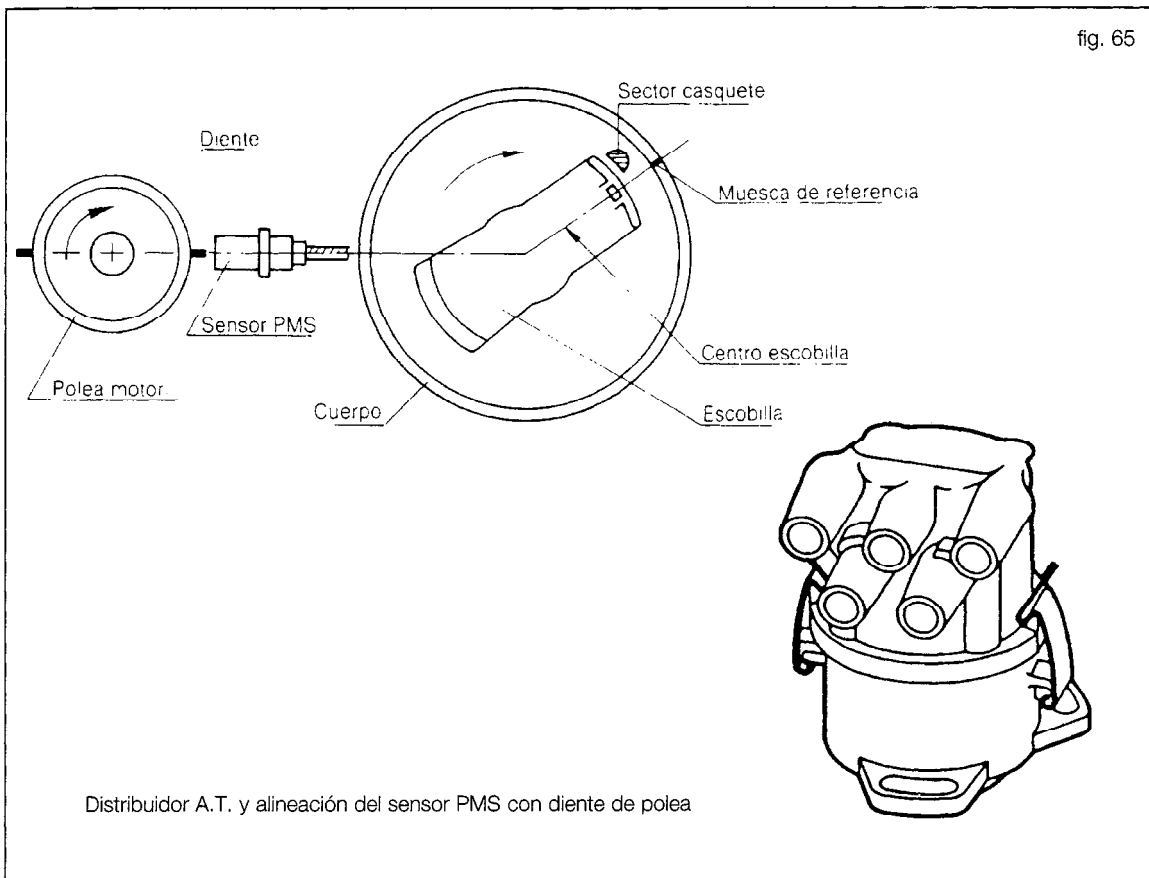
- Verificar la alineación del diente de referencia sobre la polea con el sensor de PMS (válido sólo si el sensor está calado a 0° respecto al PMS mecánico).

- Asegurarse que el centro de la escobilla está alineado con la muesca de referencia existente sobre el cuerpo del distribuidor y si es necesario, el alineamiento lo haremos girando el cuerpo del distribuidor

La exacta información de la carga motor permite seleccionar las curvas de avance óptimas.

La centralita digiplex puede realizar 8 curvas de avance en función de la depresión que se genere en el colector de admisión.

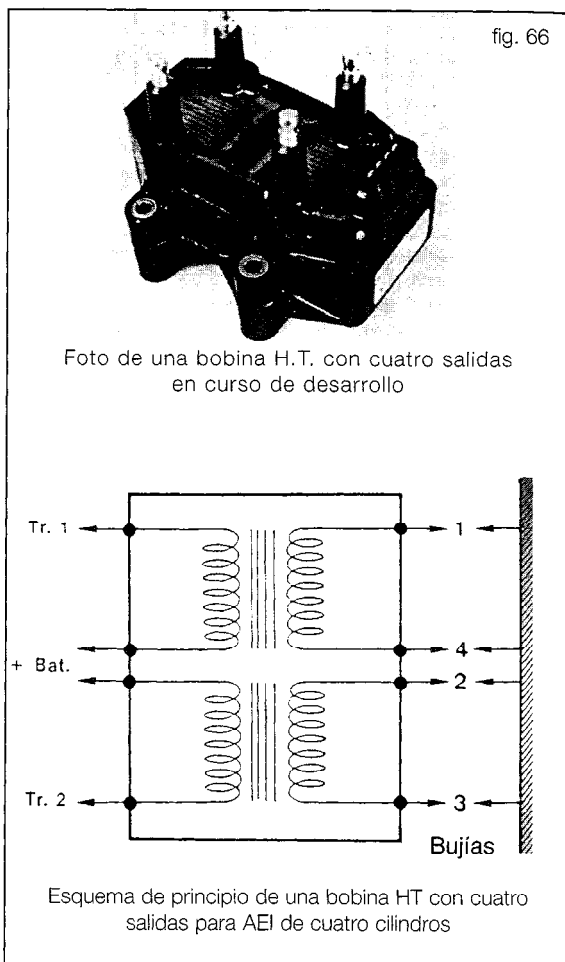
229



Las dos bobinas utilizadas actualmente en los dispositivos de encendido electrónico integral para motores de cuatro cilindros descritos en el párrafo precedente son montadas en los motores por las mencionadas ventajas de simplicidad y rendimiento comparándolas con los encendidos a distribuidor mecánico; pero el inconveniente de esta distribución estática es justamente tener que instalar dos bobinas en el motor.

Actualmente, los sistemas se realizan con bobinas de cuatro salidas, mucho más compactas que las dos bobinas precedentes.

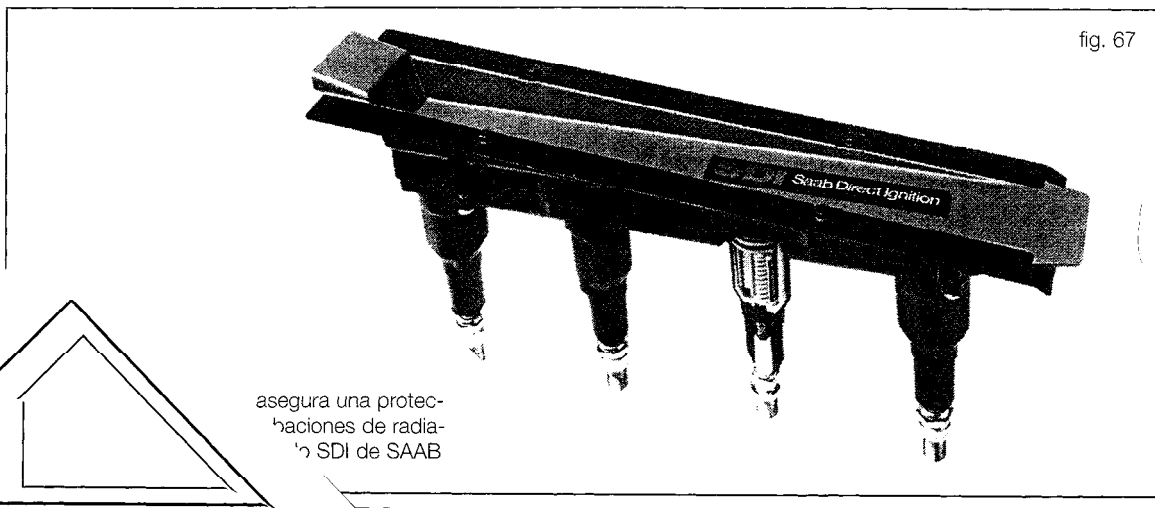
Están constituidas, de hecho, por dos bobinas dobles con circuitos cerrados; los dos bobinados primarios tienen un terminal común conectado a la alimentación de batería, como se indica en el esquema de la fig. 66.



El encendido SDI que equipa algunos motores Saab es a descarga capacitiva enteramente estático, con avance cartográfico y comando por microprocesador, con posicionamiento angular y régimen motor proporcionados por un sensor en el árbol de levas.

Toda la parte de alta tensión está contenida en un módulo metálico según la fig. 67 de concepción simplificada. Este módulo encaja en la tapa de la

culata, en medio de los dos árboles de levas del motor tal como se ve en la fig. 68. Esta organización basada en la utilización de una bobina por bujía permite suprimir, en relación a las dos bobinas dobles los cables de alta tensión ya que las bobinas están conec-



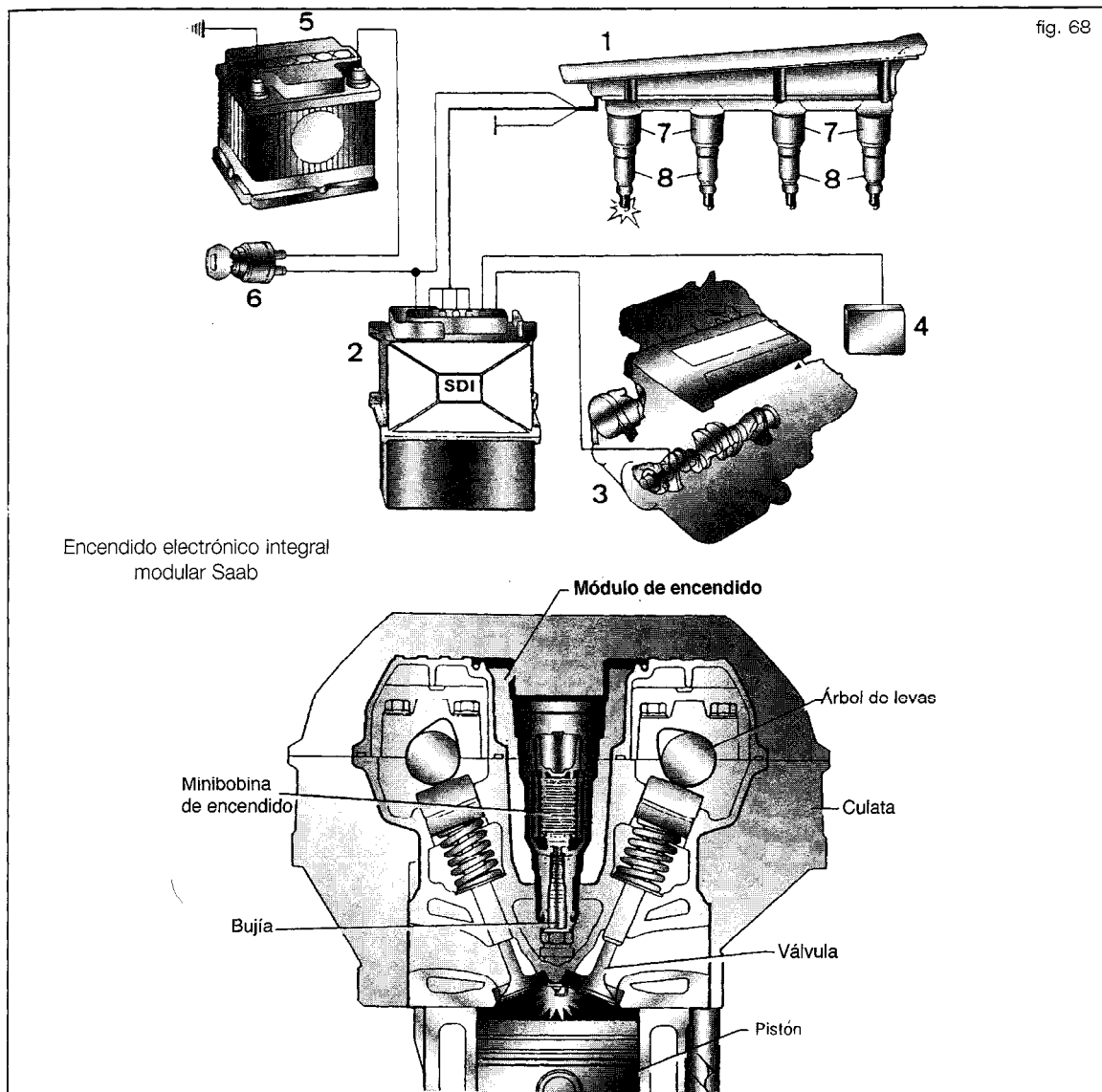
tadas directamente sobre las bujías; esta disposición elimina los parásitos generados por la alta tensión ya que todo el conjunto está cerrado en el bloque metálico formando un blindaje y estando conectado eléctricamente a la masa del motor. (fig. 68).







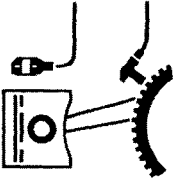
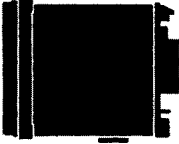

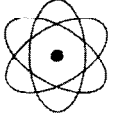
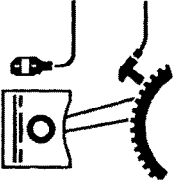

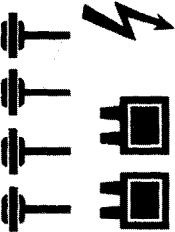
El sistema funciona bajo el principio de la descarga capacitiva obteniéndose tiempos de carga mucho más cortos y también tiempos de duración de la chispa más reducidos, obteniéndose un funcionamiento del motor menos satisfactorio a bajo y medio régimen observándose en la composición de los gases de la postcombustión. Con el encendido SDI la apertura de los electrodos de bujía se realiza alrededor de 1,5 mm, muy grande si lo comparamos con

un encendido de descarga capacitiva; de esta manera se intenta paliar los problemas de una descarga de tensión muy corta con una chispa más larga.

Naturalmente, el sistema está pilotado por una centralita electrónica que da mando directamente a las bobinas, en función de la información obtenida por el captador de posición-régimen y el captador de presión situado en el colector de admisión. Una posible avería del sistema de encendido y en particular de una bobina sólo afecta a un cilindro, contrariamente a lo que ocurre en un encendido clásico.

Debido a la elevada potencia obtenida por este sistema de encendido es posible la utilización de bujías frías.



	Distribución de alta tensión	Sensores (transmisor de revoluciones, sensor de picado)	Sistema electrónico	Bobina(s) de encendido
Encendido de bobina SZ Contacto mecánico				
Encendido transistorizado TZ sin contactos				
Encendido electrónico con regulación de picado EZ-K				
Encendido electrónico integral VZ				

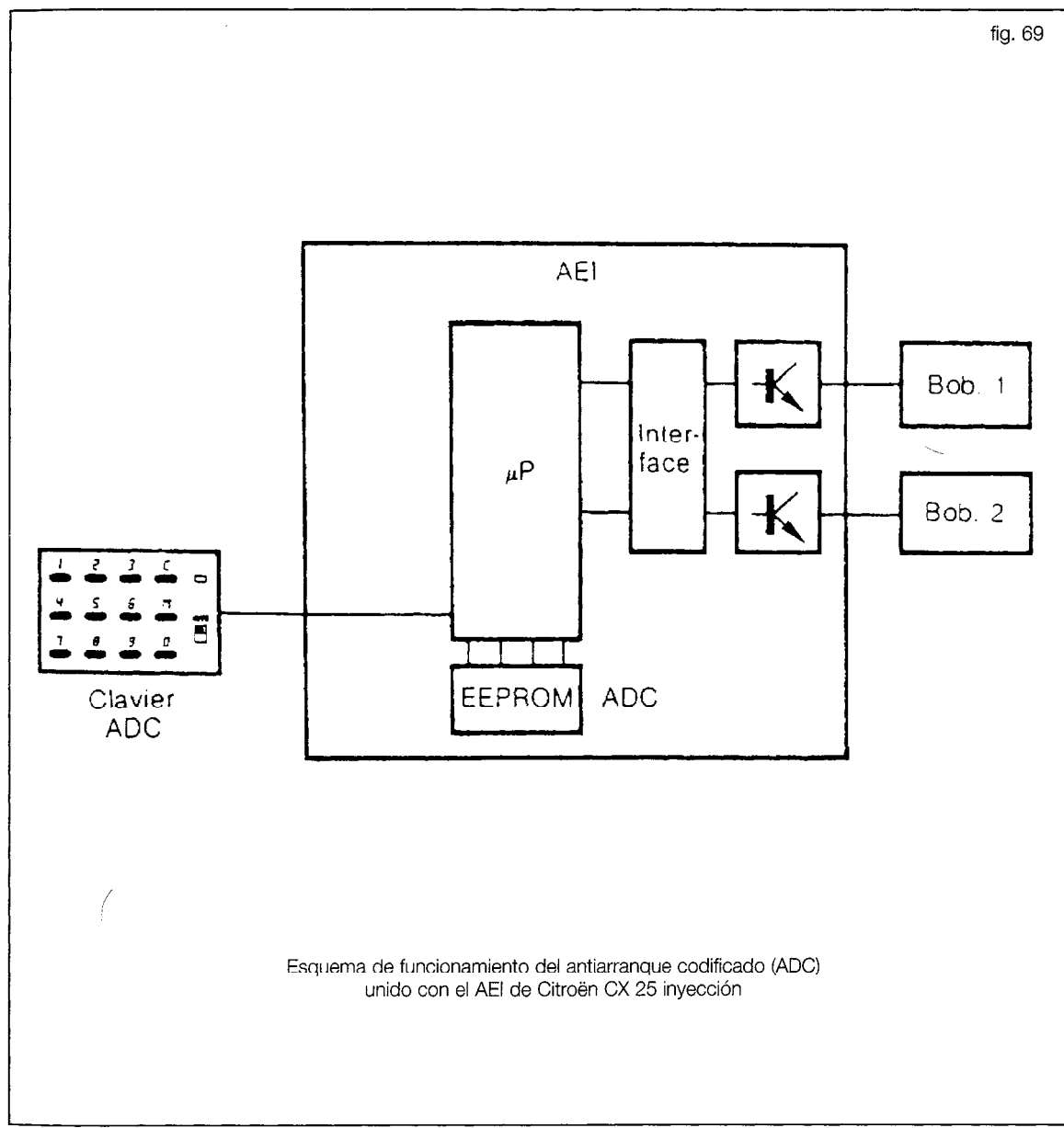
AEI CON ANTIARRANQUE CODIFICADO

El sistema de encendido AEI con distribución estática descrito anteriormente permite asociar un dispositivo llamado antiarranque codificado (ADC).

El dispositivo ADC está formado por un teclado específico conectado a la centralita que bloquea el sistema de puesta en marcha del vehículo siendo necesaria la introducción de un código para habilitar el sistema.

Este dispositivo mostrado en la fig. 69 está conectado al microprocesador de la centralita equipado con una memoria no volátil del tipo EPROM, donde se almacena el código secreto.

El código se puede modificar a partir del conocimiento del código original o incluso desactivar temporalmente el sistema.



ANOMALÍAS DEL ENCENDIDO CONVENCIONAL

SINTOMA VERIFICADO	ELEMENTO DEFECTUOSO	CAUSAS POSIBLES	REMEDIO
Encendido defectuoso y alta tensión débil en el cable central de la tapa del distribuidor.	Conmutador de encendido.	Contactos oxidados.	Limpieza y reglaje de los contactos o sustitución de los mismos.
	Condensador.	Aislamiento defectuoso. Capacidad insuficiente. Conexiones defectuosas. Deterioro de los contactos.	Sustituir el elemento defectuoso.
	Ruptor.	Apertura de los contactos inferior a la prevista (formación de punta y cráter). Excesiva apertura de los contactos. Contactos oxidados o ennegrecidos (condensador defectuoso, aceite o impurezas en las superficies de contacto).	Limpieza y reglaje de los contactos o sustitución de los mismos. Realizar la puesta a punto del encendido
	Bobina.	Conexiones oxidadas o flojas. Arrollamiento interno con espiras en cortocircuito. Pérdida de aislamiento de los arrollamientos (especialmente entre secundario y masa).	Reparación de la conexión o sustitución del elemento
Encendido defectuoso y alta tensión normal en el cable central de la tapa del distribuidor.	Bujías.	Excesiva distancia entre los electrodos. Una o más bujías con derivación a masa. Inapropiado grado térmico. Insuficiente estanqueidad entre la parte metálica y la porcelana. Suciedad.	Limpieza y reglaje o sustitución de las bujías.
	Tapa del distribuidor.	Humedad en el interior. Resquebrajaduras. Contacto central de carbono roto o trabado en su asiento	Limpieza o sustitución de la tapa del distribuidor.
	Dedo distribuidor rotativo.	Resquebrajaduras.	Reparar o sustituir el elemento defectuoso.
	Avance automático.	Muelles antagonistas debilitados o rotos. Cápsula de avance por vacío defectuosa.	Reparar o sustituir el elemento defectuoso.

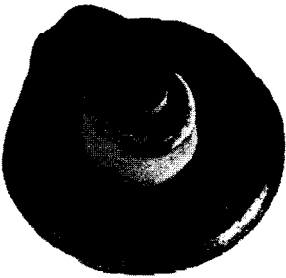
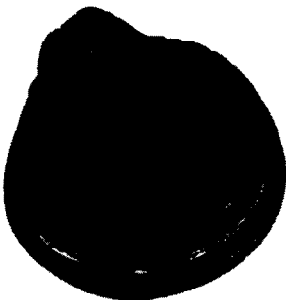


SINTOMA VERIFICADO	ELEMENTO DEFECTUOSO	CAUSAS POSIBLES	REMEDIO
Encendido insuficiente y baja tensión normal a la entrada de la bobina.	Bobina.	Arrollamiento interno con espiras en cortocircuito. Arrollamiento primario o secundario a masa. Arrollamiento primario o secundario interrumpido.	Sustitución de la bobina.
	Condensador.	En cortocircuito. Capacidad insuficiente (se deteriorarán los contactos del ruptor). Conexiones interrumpidas.	Sustituir el elemento defectuoso.
	Tapa del distribuidor.	Resquebrajaduras carbonizadas debido a descargas de alta tensión entre los contactos y masa. Contacto central de carbono roto o encastado en su asiento.	Limpieza o sustitución de la tapa del distribuidor.
	Ruptor.	Muelle del contacto móvil roto. Contactos ennegrecidos o fundidos (condensador en cortocircuito o interrumpido). Apertura de contacto nula. Conexiones eléctricas interrumpidas.	Limpieza y reglaje de los contactos o sustitución de los mismos. Realizar la puesta a punto del encendido.
	Dedo distribuidor rotativo.	Resquebrajaduras carbonizadas entre el contacto central y masa.	Reparar o sustituir el elemento defectuoso.
Encendido insuficiente y ausencia de baja tensión a la entrada de la bobina.	Conmutador de encendido.	Contactos internos del encendido oxidados o debilitados.	Reparar o sustituir el elemento defectuoso.
	Resistencia adicional.	Interrumpida.	Reparar o sustituir el elemento defectuoso.

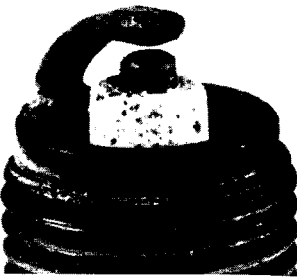


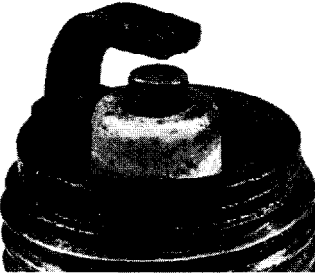
REQUISITOS DE TENSIÓN DEL ENCENDIDO

FACTOR	TENSIÓN REQUERIDA	
	MÁS ALTA	MÁS BAJA
Corriente primaria alta.	X	
Fallo en el circuito primario (alta resistencia).		X
Resistencia secundaria alta.	X	
Circuito secundario abierto.	X	
Resistencia baja en el circuito secundario.		X
Circuito secundario a tierra.		X
Bujía: a) Espacio grande. b) Espacio angosto o ningún espacio. Engrasada. c) Electrodo redondeado o gastado. d) Electrodo puntiagudo. e) Demasiado caliente. f) Demasiado frío.	X X X	 X X X
Polaridad de tensión de encendido *: a) Negativa. b) Positiva.	 X	 X
Sincronización de encendido: a) Retardo. b) Avance.	 X	 X
Mezcla de combustible: a) Pobre. b) Rica.	 X	 X
Turbulencia elevada en el cilindro.	X	
Compresión: a) Alta. b) Baja.	 X	 X
* Polaridad del electrodo central de la bujía con respecto a tierra.		



ANOMALIAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA BUJÍA

EFEECTO	CAUSA	ASPECTO
Bujía en condiciones normales.	Depósitos carbonosos de color negruzco o gris, indica un funcionamiento normal del motor y del sistema de encendido y un correcto grado térmico de las bujías.	
Bujía con depósitos carbonosos (blandos y fuliginosos).	<p>Si se observa en todas las bujías, puede ser indicio de una combustión incompleta principalmente por: una mezcla demasiado rica, un encendido débil, exceso de retardo o una baja compresión.</p> <p>Si sólo se presentan en una o dos bujías revisar el aislamiento de los respectivos cables de alta tensión o la tapa del distribuidor puede estar resquebrajada.</p> <p>En cualquier caso, verificar el grado térmico de las bujías.</p>	
Bujías manchadas de aceite.	Producido por una falta de estanqueidad de las guías de válvula o de los segmentos.	
Bujía consumida.	Condiciones normales, aunque se ha producido un excesivo desgaste $< 0,2$ mm por encima de lo normal.	

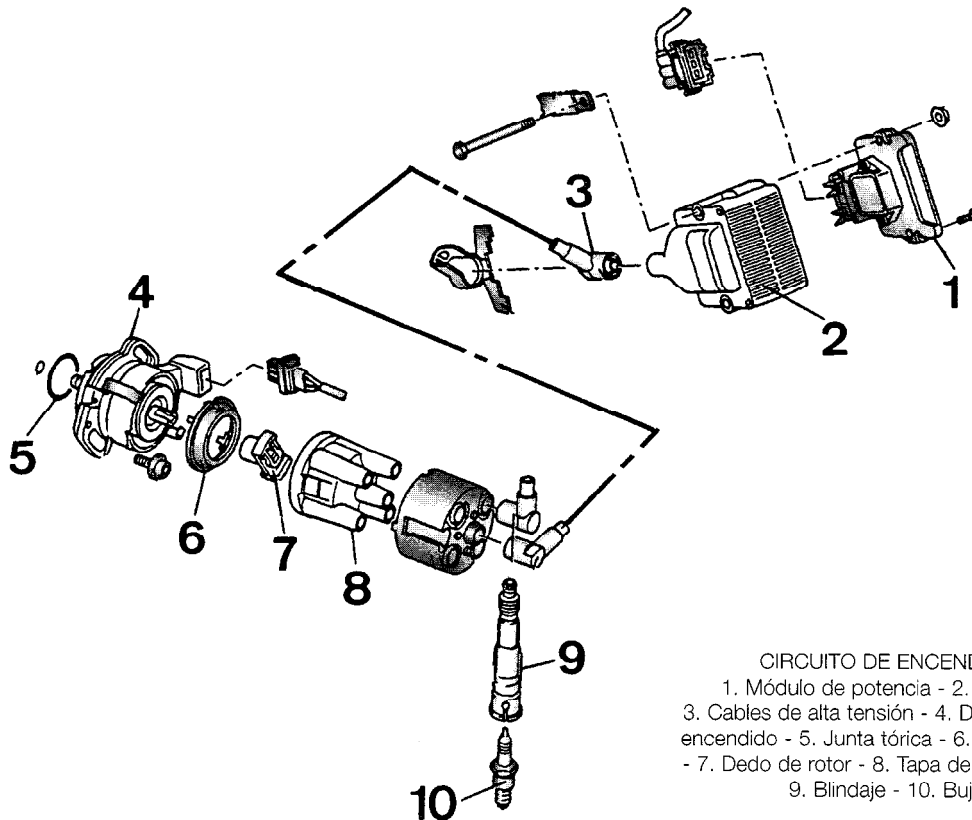
EFECTO	CAUSA	ASPECTO
Bujía recalentada.	Aislante de color blanco yeso o electrodo con excesiva corrosión.	
Bujía con el electrodo central fundido.	Debido principalmente a: grado térmico inapropiado, avance excesivo o mezcla pobre. Problemas de autoencendido. Si se constata esta última como la causa del problema, deberá investigarse antes de que el vehículo siga funcionando pues podría provocar serias averías	
Bujía o bujías con aislante roto.	Podemos pensar en que se produce detonación en el motor ya sea por utilizar carburante inapropiado, un avance incorrecto, etc.	
Bujía con incrustaciones de plomo (capa amarilla y opaca en el pie del aislante, que puede estar verificada).	Producidas principalmente por el exceso de aditivos detergentes del carburante. Son fácilmente desprendibles.	

En este apartado de prácticas, vamos a ver dos modelos de automóviles que utilizan sistemas de encendido electrónico de “efecto Hall” e inductivo. Se muestran los componentes que lo integran, así como la forma de realizar su control y puesta a punto.

Los automóviles que estudiaremos son:

- Volkswagen Polo.
- Citroën ZX.

ENCENDIDO Y ALIMENTACIÓN VW POLO



CIRCUITO DE ENCENDIDO
 1. Módulo de potencia - 2. Bobina -
 3. Cables de alta tensión - 4. Distribuidor de
 encendido - 5. Junta tórica - 6. Guardapolvo
 - 7. Dedo de rotor - 8. Tapa de distribuidor -
 9. Blindaje - 10. Bujía

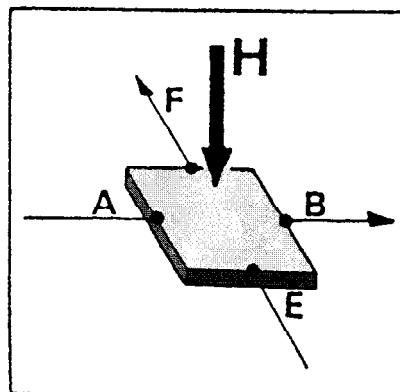
Los modelos Volkswagen Polo están equipados con un sistema de encendido electrónico acoplado a la inyección. Con la combinación de funciones mediante la técnica digital cartográfica se determina con precisión el punto de encendido y se mejora el comportamiento en ralentí y en aceleración, así como la regulación del picado y el arranque en frío.

En este aparato están integradas las funciones de emergencia que permiten al vehículo continuar en marcha incluso cuando faltan ciertas informaciones procedentes de los captadores. Por otra parte, si se detectan anomalías de funcionamiento, éstas no llegan a afectar al motor. Hay previstas unas funciones de emergencia de la información de carga de la sonda de temperatura del motor y del detector de picado.

Asimismo consta de un encendido transistorizado

de "efecto Hall" de energía constante que asegura una tensión elevada a las bujías a cualquier régimen.

El sistema incluye un distribuidor que contiene el generador de «efecto Hall», un módulo de potencia, una bobina especial y la unidad de control que gestiona el avance del encendido.



Principio de funcionamiento
 del generador de "efecto Hall"

fig. 1



Un semiconductor es atravesado por una corriente de mando a partir de los electrodos de conexión "A" y "B". Cuando un campo magnético "H" atraviesa perpendicularmente el semiconductor, aparece una diferencia de potencial entre los electrodos "E" y "F". Es el fenómeno que toma el nombre de efecto Hall (fig. 1).

El generador de Hall está incorporado al distribuidor. Está constituido por un elemento fijo (la barrera magnética) y un elemento móvil (la rueda polar).

La barrera magnética se compone de un imán permanente montado en el plato del detector de Hall, colocado frente al imán sobre un soporte de cerámica.

El generador Hall está incorporado al distribuidor. Está constituido por un elemento fijo (la barrera magnética) y un elemento móvil (la rueda polar).

La barrera magnética se compone de un imán permanente montado en el plato del detector de Hall, colocado frente al imán sobre un soporte de cerámica.

La rueda polar tiene cuatro lengüetas (o pantallas) que corresponden al número de cilindros del motor (figura 2): cuando gira, las lengüetas pasan por el entrehierro existente entre el imán y el detector de Hall. Cuando una lengüeta penetra en el entrehierro, tiene por efecto desviar el campo magnético e interrumpir el "efecto Hall" en el detector. En cuanto cesa el "efecto Hall", el transistor de desconexión se vuelve conductor y deja pasar la corriente primaria a la bobina. Cuando la lengüeta termina su paso por delante del imán, el campo magnético actúa de nuevo y se interrumpe la corriente primaria, lo que origina, como en la bobina clásica, una corriente de alta tensión dirigida hacia las bujías.

La anchura de las lengüetas corresponde al ángulo de levas, es decir, que se mantiene constante y no necesita ningún reglaje.

El transmisor de Hall proporciona la señal del régimen a la unidad de control.

La unidad de control procesa la información

del régimen y de la carga teniendo en cuenta el diagrama de ángulos de avance programados.

El módulo de potencia recibe esta información de la unidad de control.

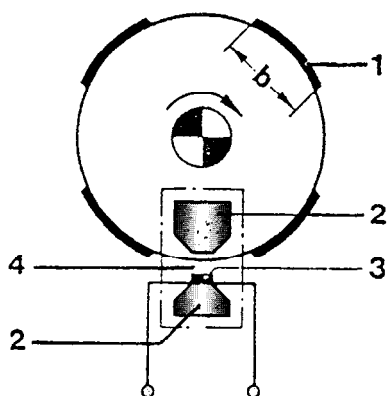
En fase de ralentí, el contactor de mariposa señala a la unidad de control la posición de la mariposa. Cuando ésta está cerrada, el ángulo de avance es determinado en función del régimen y en función de la curva característica con la carga mínima. Por contra, cuando el contactor está en posición abierta, el ángulo de avance se determina en función del régimen de conformidad con el estado de carga.

PRECAUCIONES A TOMAR ANTES DE INTERVENIR

A fin de evitar el deterioro del sistema de encendido y principalmente de la unidad de encendido es necesario seguir ciertas reglas de seguridad:

- Desconectar y conectar los cables del sistema de encendido y de inyección sólo con el contacto quitado;
- Al controlar las presiones de compresión, desconectar el cable de alta tensión de la bobina y conectarlo a masa;
- Desconectar completamente la batería para efectuar las operaciones de soldadura;
- En caso de remolcado, desenchufar el conector del módulo de potencia;
- Utilizar únicamente cables de bujías de 1 k Ω y conectores de bujías de 5 k Ω ;
- Efectuar el lavado sólo con el contacto de encendido quitado;
- No cambiar el rotor de encendido de 1 k Ω por otro modelo, incluso en caso de interferencias con el autorradio.

fig. 2



Control de efecto Hall
1. Lengüeta del rotor - 2. Barrera magnética -
3. Detector de Hall - 4. Entrehierro "b": anchura
de las lengüetas del rotor correspondiente al
valor del ángulo de levas de un distribuidor de
encendido clásico

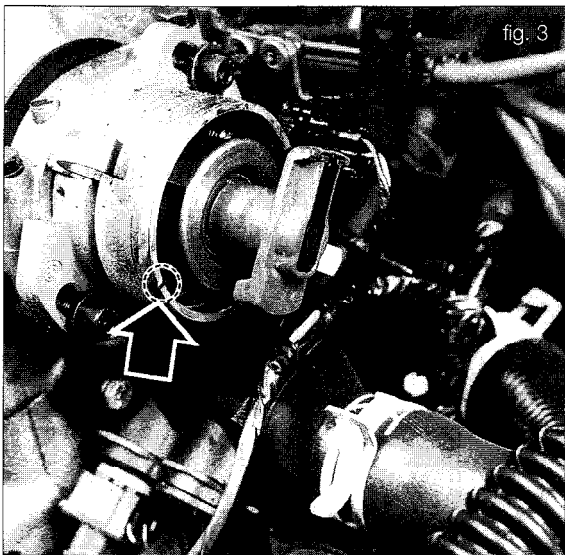
REPARACIÓN Y MONTAJE DEL DISTRIBUIDOR

Desmontaje

- Desconectar la batería.
- Poner el cilindro n.º 1 en el punto de encendido (marca en la polea de cigüeñal frente al índice).
- Desenchufar el conector del transmisor de Hall.
- Desmontar la tapa del distribuidor.
- Aflojar los dos tornillos de fijación del distribuidor a la culata y sacarlo.

Montaje

- Comprobar la posición correcta del cigüeñal en el punto de encendido.
- Colocar la pata de sujeción del eje de bomba de aceite de forma que quede alineada con el orificio del tornillo de fijación de la brida del distribuidor.
- Orientar el rotor de distribución hacia la muesca del cuerpo de distribuidor (fig. 3) y colocar el distribuidor.
- Montar la brida de fijación.
- Montar el distribuidor en la culata sin apretar.
- Orientar el rotor de distribución hacia la muesca del cuerpo de distribuidor.
- Apretar los tornillos de fijación del distribuidor.
- Montar la tapa de distribuidor.
- Conectar los cables de bujías, de la bobina y del transmisor de Hall.
- Comprobar el calado del distribuidor (fig. 4).



Montaje del distribuidor de encendido.
Flecha: muesca a alinear con el dedo del rotor

CALADO DEL DISTRIBUIDOR CON UNIDAD DE LA HERRAMIENTA VAG 1551

- Poner el motor a su temperatura de funcionamiento normal (mín. 80 °C).
- Conectar la herramienta 1551 y seguir las instrucciones del fabricante.
- Aflojar los dos tornillos de fijación del distribuidor a la culata.
- Poner el motor en marcha y hacerlo funcionar a su régimen de ralentí normal.
- Dirigir la lámpara estroboscópica sobre la polea de cigüeñal. Fijarse en que la marca fija no se puede ver desde arriba, hay que inclinarse para verla.
- Dar vuelta al cuerpo del distribuidor para obtener la alineación de las marcas.
- Apretar la brida o los tornillos de fijación del distribuidor.
- Después de apretar la fijación del distribuidor, comprobar de nuevo el reglaje.

Marca de calado
del distribuidor de
encendido.

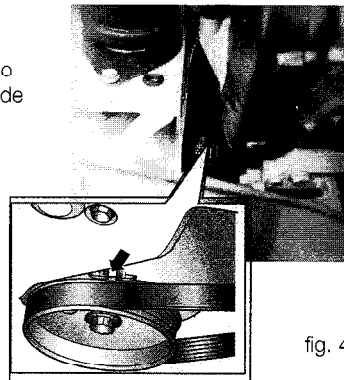


fig. 4

REGLAJE DEL PUNTO DE AVANCE DEL MOTOR

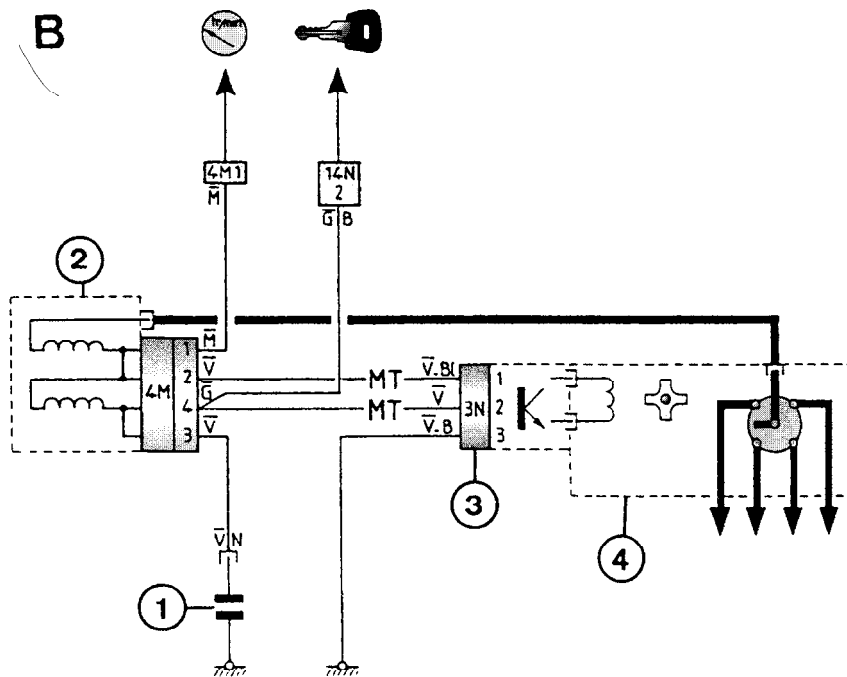
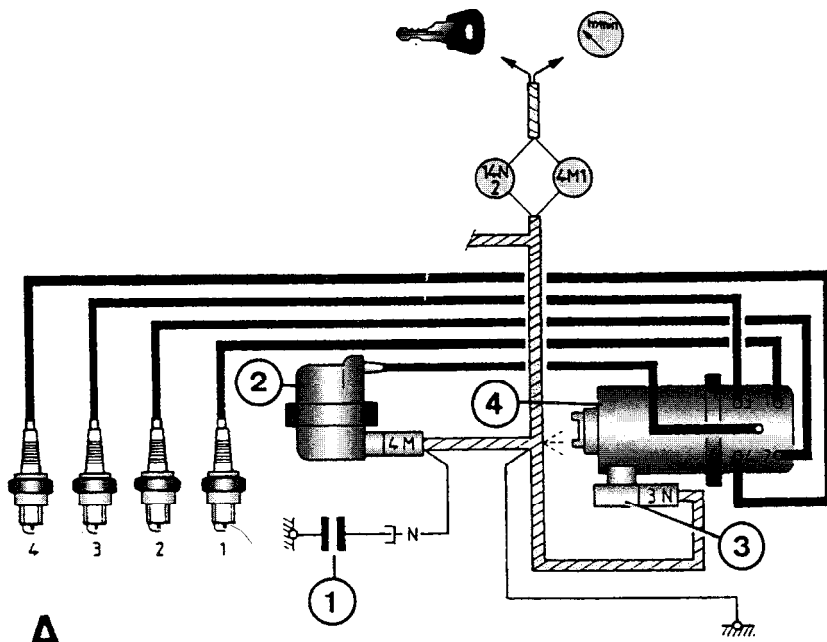
La temperatura del aceite del motor debe ser como mínimo de 80 °C y la sonda de temperatura debe estar en orden de funcionamiento.

- Conectar el aparato de control del punto de encendido y del régimen 1551.
- Arrancar el motor y dejarlo girar al ralentí.
- Comprobar el punto de avance.
- Poner el motor a 3.000 rpm y medir el valor del avance.
- El valor del avance debe ser de $36^\circ \pm 3^\circ$ (motor ADX) o de $33^\circ \pm 3^\circ$ (motor AEA).

En caso contrario, revisar las conexiones; si están bien, cambiar la unidad de control.



ENCENDIDO Y ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL CITROËN ZX



A. Esquema de realización del encendido -

B. Esquema de principio del encendido.

1. Batería - 2. Bobina - 3. Módulo amplificador - 4. Distribuidor de encendido

CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL ENCENDIDO TRANSISTORIZADO

Constitución

El sistema consta de un distribuidor con captador magnético, un módulo electrónico y una bobina de alto rendimiento.

Al igual que un distribuidor clásico, el distribuidor magnético tiene un sistema de avance centrífugo y un sistema de avance de depresión por cápsula: la depresión actúa por desplazamiento del conjunto de imán y el disco de patillas.

El módulo está fijado al distribuidor de encendido, que asegura su refrigeración.

Su función es la de transformar la señal del generador de impulsos en una señal de mando.

Tiene una célula de rectificado de la señal del distribuidor de encendido (el "trigger"), una unidad de control de energía constante, un amplificador de salida que contiene un transistor Darlington y una temporización.

La bobina, especial del sistema está colocada al lado del módulo debajo del protector de plástico.

Funcionamiento

La parte magnética del distribuidor, llamada generador de impulsos, se compone de un imán circular fijado por tres remaches al disco de cuatro patillas (una por cilindro) del que sobresale una bobina inductiva; otro disco con cuatro patillas está fijado al eje del distribuidor.

El flujo magnético en la bobina varía en función del paso de las pastillas del disco giratorio frente a las del disco fijo.

Esta variación engendra una fuerza electromotriz que es máxima en el momento en que decrece el flujo más rápidamente y que cambia de sentido en el instante en que las patillas están exactamente una frente a otra.

La unidad de control del módulo tiene en cuenta la velocidad de rotación del distribuidor, la tensión de la batería y la impedancia de la bobina a fin de proporcionar la energía constante en todos los casos.

Cuando el generador de impulsos deja de emitir el impulso positivo, el transistor del amplificador se bloquea e interrumpe el paso de la corriente por el bobinado primario de la bobina.

La interrupción de la corriente primaria provocada por el módulo comporta una brusca variación de flujo en la bobina y engendra una corriente de alta tensión en el bobinado secundario.

El montaje de la temporización tiene por finalidad evitar el calentamiento de la bobina en el paro del motor; cuando el distribuidor deja de girar durante 1,5 segundos, un circuito especial corta progresivamente la alimentación de la bobina.

CONTROL

Control de las tensiones

Utilizar un voltímetro y comprobar sucesivamente la tensión en cuatro puntos:

- "U": Con el contacto dado, la tensión "U" de la batería debe ser de mínimo 11 voltios;

- "U1": La tensión en el borne positivo de la bobina debe ser igual a la tensión "U". Si "U1" es igual a 0, está cortada la alimentación de la bobina;

- "U2": La tensión entre los bornes positivo y negativo de la bobina debe ser igual a 0. Si "U2" es distinta de 0, el módulo amplificador o el cable 3 que va de la bobina al primer borne del módulo están cortocircuitados con la masa;

- "U3": La tensión en el borne 3 del módulo debe ser igual a la tensión "U". Si "U3" es igual a 0, el cable que une la bobina está cortado.

Control de la bobina

Con un ohmímetro, comprobar las resistencias del circuito primario, del secundario y el aislamiento respecto a la masa del vehículo.

Control del generador de impulsos

- Utilizar un ohmímetro.

- Desenchufar el conector entre el distribuidor de encendido y la unidad de control.

- Enchufar el ohmímetro.

Valores correctos:

- 300 Ω entre los bornes de la conexión del generador en el módulo;

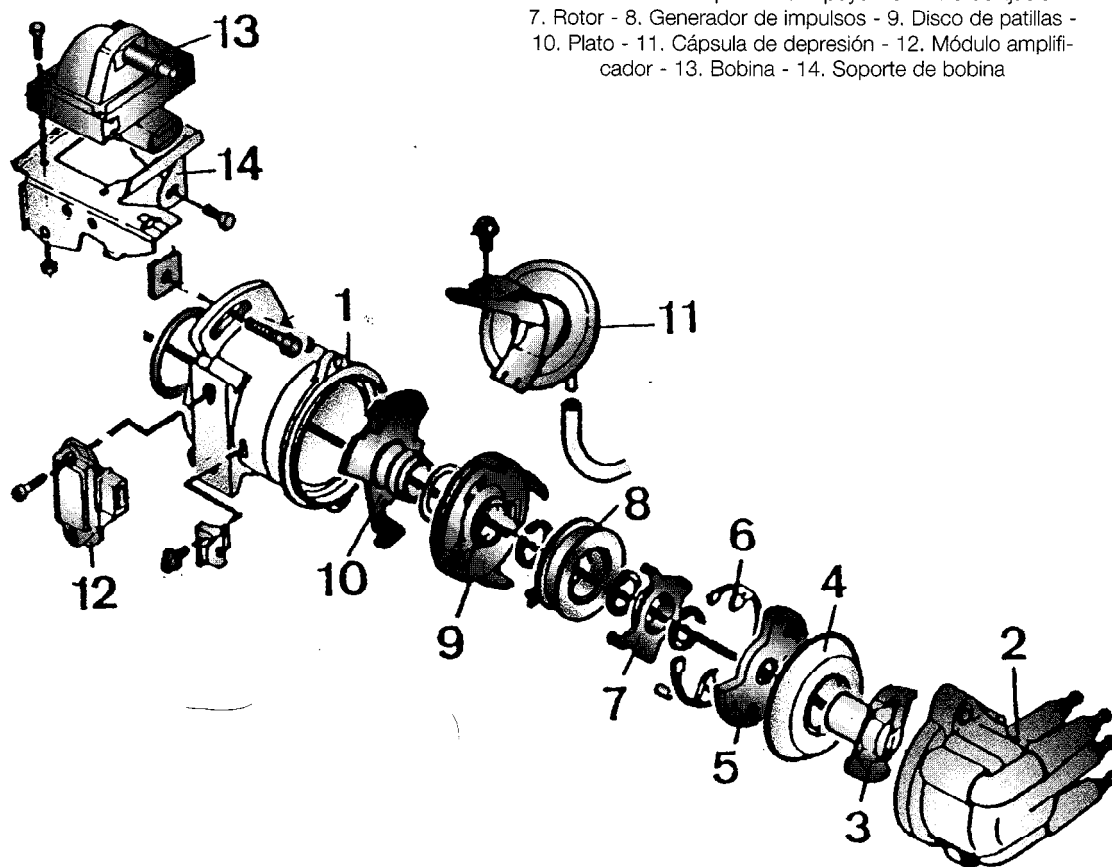
- Resistencia infinita entre las conexiones del generador y masa.



DESMONTAJE Y MONTAJE DEL DISTRIBUIDOR DE ENCENDIDO

DISTRIBUIDOR DE ENCENDIDO

1. Cuerpo de distribuidor - 2. Tapa de distribuidor - 3. Dedo de rotor - 4. Guardapolvo - 5. Apoyo - 6. Anillo de fijación - 7. Rotor - 8. Generador de impulsos - 9. Disco de patillas - 10. Plato - 11. Cápsula de depresión - 12. Módulo amplificador - 13. Bobina - 14. Soporte de bobina



245

Desmontaje

- Aflojar las fijaciones de la tapa de distribuidor y sacarla.
- Desempalmar el tubo de avance por depresión y el conector que va a parar a la bobina.
- Desmontar las fijaciones del distribuidor y sacarlo.

Montaje (fig. 5)

- Comprobar y cambiar en su caso la junta tóri-

ca del extremo del distribuidor.

- Entrar el distribuidor girando el dedo de rotor para orientar correctamente la pata de arrastre (una sola posición).
- Colocar los tornillos de distribuidor.
- Montar el dedo de rotor.
- Colocar y enganchar la tapa de distribuidor.
- Enchufar el haz de cables.
- Ajustar el punto de avance (véase más adelante).



Montaje del distribuidor de encendido

1. Módulo amplificador - 2. Bobina - 3. Abertura de reglaje del distribuidor - 4. Marca de reglaje básico (encendido del primer cilindro)

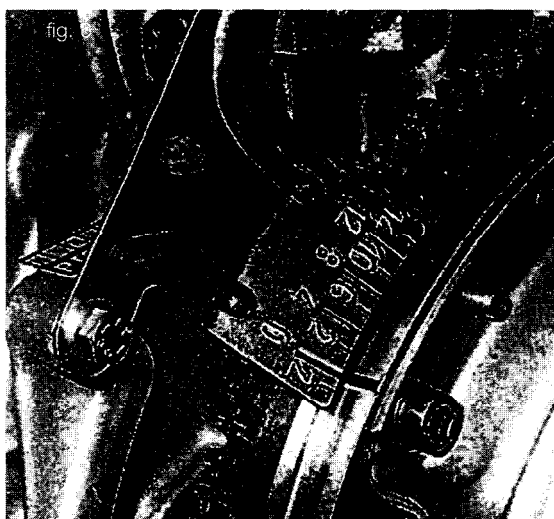
246

REGLAJE DEL PLATIN TECHNICAL

- Utilizar una lámpara estroboscópica.
- Conectar la lámpara estroboscópica en el cable de alta tensión del cilindro n.º 1.
- Desempalmar el tubo de la cápsula de depresión.
- Comprobar el régimen (750 rpm).
- Dirigir la lámpara hacia la mirilla del bloque motor: la marca en el volante debe quedar frente a la marca 8 de la plaquita (fig. 6).

- Ajustar en su caso girando el distribuidor una vez aflojadas sus fijaciones.
- Apretar las fijaciones del distribuidor.
- Sacar la lámpara estroboscópica. Empalmar el tubo de cápsula de depresión.
- Comprobar el ralentí.

- Comprobar el reglaje del distribuidor de encendido (avance inicial).
- Desempalmar el tubo de la cápsula de depresión.
- Conectar una lámpara estroboscópica de desfase en el cilindro n.º 1 y un cuentarrevoluciones.
- Tomando como referencia el punto 0 de la plaquita de reglaje, comprobar el avance en grados.
- Si los valores son incorrectos, llevar el distribuidor al banco de pruebas.



Plaquita de reglaje del encendido



ENCENDIDO NISSAN PRIMERA 1.6 GASOLINA

ENCENDIDO (motor sin catalizador) (fig. 7)

Constitución

El sistema de encendido del tipo de activación magnética se compone de un distribuidor de encendido en el que se integra el sistema de activación y el módulo electrónico, así como una bobina de alto rendimiento. Al igual que un distribuidor clásico, el distribuidor magnético tiene un mecanismo de avance centrífugo y un corrector por depresión con cápsula. El sistema de activación propiamente dicho está compuesto por un rotor metálico de 4 patas fijado al eje del distribuidor y un captador que forma parte del módulo electrónico fijado al plato oscilante. Este plato está unido a la cápsula del corrector de avance.

Funcionamiento

El ruptor clásico es reemplazado en este caso por un captador constituido por una bobina que rodea el núcleo magnético. Cuando una de las patas del rotor pasa por delante del cubo del captador, varía la reluctancia de éste, induciendo por consiguiente una débil corriente que recorre la bobina del captador. El módulo electrónico amplifica la señal y activa el primario de la bobina para producir la chispa de la bujía correspondiente. Las 4 patas del rotor juegan pues el mismo papel que las cuatro levas de un distribuidor clásico. Además, el módulo electrónico asegura un tiempo de carga constante de la bobina a cualquier régimen.

Control del entrehierro del captador

- Hacer girar el motor a mano a fin de poner las patas del rotor frente al núcleo del captador.
- Con un juego de galgas, comprobar que el entrehierro esté comprendido entre 0,3 y 0,5 mm (fig. 8).

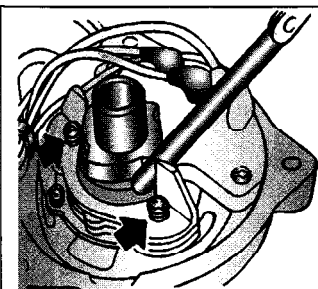


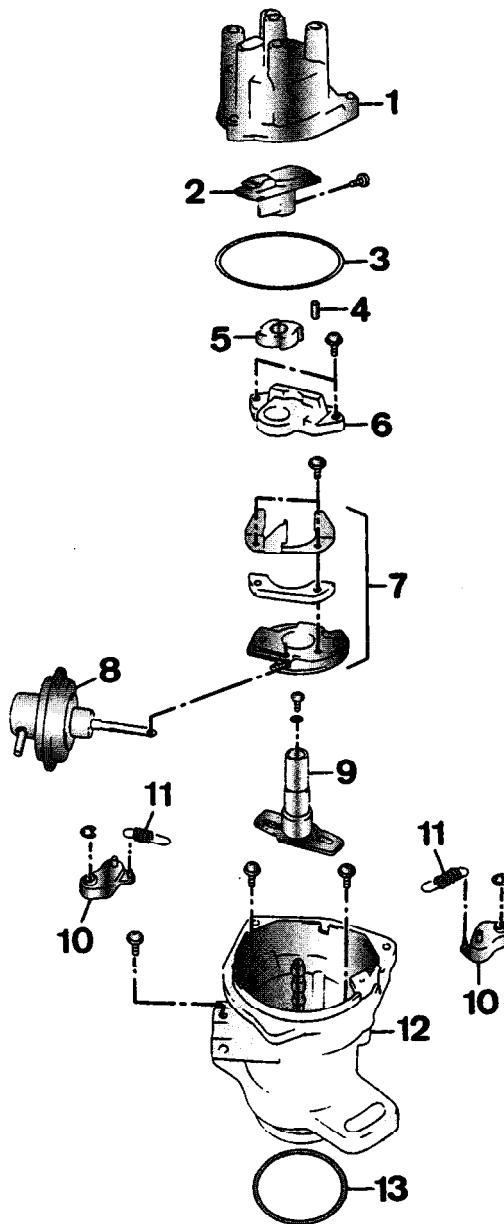
fig. 8

Reglaje del entrehierro del captador.
Las flechas indican los tornillos de fijación del captador.

fig. 7

DISTRIBUIDOR (motor sin catalizador)

1. Tapa - 2. Dedo de rotor - 3. Junta - 4. Pasador - 5. Rueda polar - 6. Generador de impulsos - 7. Soporte generador - 8. Cápsula manométrica de corrección de avance - 9. Eje - 10. Masa - 11. Muelles - 12. Cuerpo de distribuidor - 13. Junta tórica.



Control del aislamiento de la tapa del distribuidor

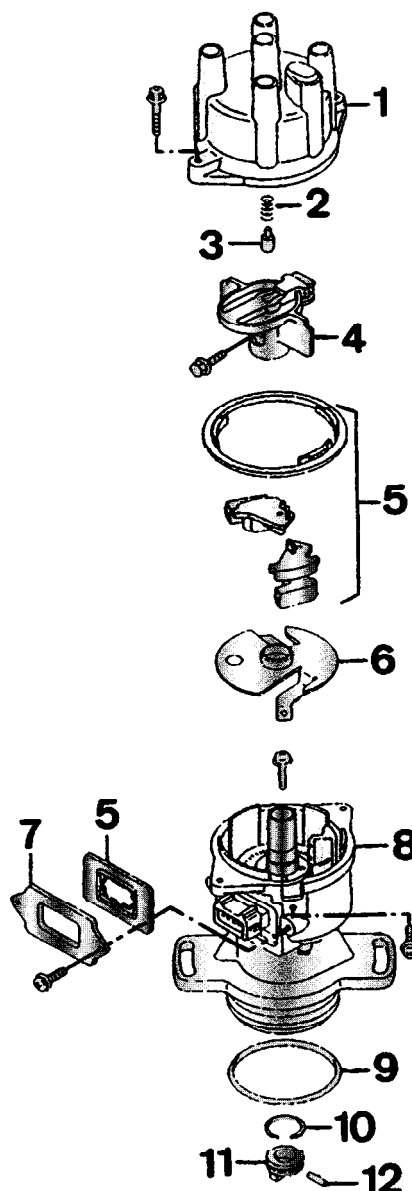
- Sacar la tapa del distribuidor.
- Conectar un ohmímetro sucesivamente entre los diferentes bornes de la tapa.
- Comprobar que la resistencia no sea nunca inferior a 50 MΩ.

Control de la bobina

- Con un ohmímetro, comprobar el valor de las resistencias de los circuitos primario y secundario.
- Comprobar también el buen aislamiento de los circuitos respecto a la masa.

ENCENDIDO (motor con catalizador) (fig. 9)

fig. 9



DISTRIBUIDOR (motor con catalizador)

1. Tapa - 2. Muelle - 3. Carbón - 4. Rotor -
5. Juntas - 6. Protección - 7. Brida - 8. Cuerpo de
distribuidor - 9. Junta tórica - 10. Anillo de sujeción
11. Plata de arrastre - 12. Pasador.

Desmontaje

- Desconectar los cables de alta tensión de la tapa.
- Desempalmar el tubo de depresión de la cápsula.
- Desenchufar el conector del captador.
- Con una punta trazadora, marcar la posición del distribuidor respecto a la culata.
- Quitar las dos tuercas de fijación y sacar el distribuidor de encendido.

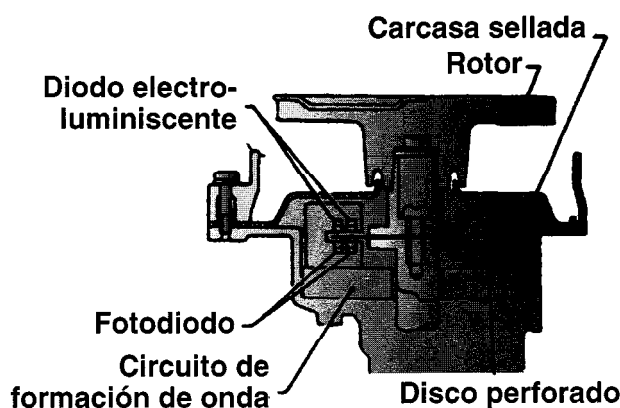
Montaje y calado

- Presentar el distribuidor teniendo cuidado con la posición de la pata de arrastre.
- Orientar el distribuidor a fin de hacer coincidir las marcas hechas al desmontar.
- Aproximar las tuercas de fijación.
- Enchufar el conector del captador.
- Conectar los cables de alta tensión.
- Conectar una lámpara estroboscópica en el cable de alta tensión del cilindro nº1 (lado distribución).
- Poner en marcha el motor y ajustar el avance a $2^\circ \pm 2^\circ$ antes del PMS en ralentí. La marca de PMS se encuentra en la polea de cigüeñal (trazo amarillo).
- Empalmar el tubo de depresión y comprobar que el avance sea $10^\circ \pm 5^\circ$ antes de PMS en ralentí.
- Apretar definitivamente las tuercas de fijación.



fig. 10

Corte esquemático del distribuidor de encendido optoelectrónico.



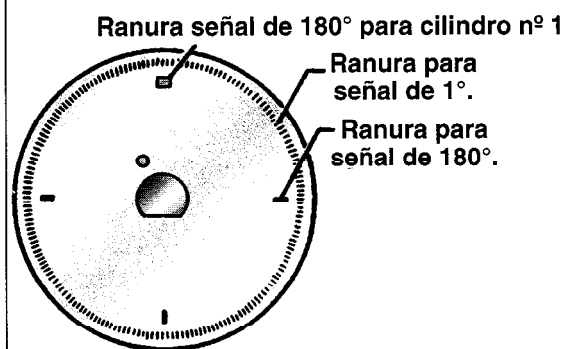
Constitución

El sistema de encendido, del tipo optoelectrónico (fig. 10), se compone de un distribuidor de encendido en el que se integra el sistema de activación óptico, una bobina, un módulo amplificador y una unidad de control electrónica que gestiona el avance del encendido así como la riqueza de la mezcla del carburador.

Funcionamiento

El ruptor clásico es sustituido por un disco perforado (fig. 11) solidario del eje del distribuidor y que gira por la hendidura del captador. En un lado de la hendidura se encuentran dos diodos luminosos (LED) y en otro, dos fotodiodos sensibles a la luz. el disco tiene 360 perforaciones y, en un diámetro inferior, cuatro perforaciones más, una de ellas mayor, para la señalización del cilindro nº1. Cuando el

fig. 11



Construcción del disco perforado del distribuidor de encendido.

motor gira, el disco es iluminado por los diodos LED y las hendiduras dejan pasar sucesivamente la luz hacia los fotodiodos, produciendo así una serie de señales. Las señales generadas por las 360 hendiduras proporcionan al ser procesadas por la unidad de control el régimen de giro del motor. Las otras cuatro señales permiten determinar el orden de encendido. Gracias a estas informaciones, la unidad de control determina el punto de avance óptimo y gobierna el módulo de potencia a fin de alimentar el primario de la bobina de encendido.

CONTROLES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

Control del captador

- Desmontar la tapa del distribuidor de encendido.
- Sacar el distribuidor de encendido sin desenchufar el conector.
- Dar el contacto.
- Conectar las puntillas de un voltímetro entre el borne (1) del conector y la masa (ver fig. 12).
- Hacer girar lentamente con la mano el eje del distribuidor; el voltímetro debe oscilar entre 0 y 5 V.
- Repetir esta operación conectando en voltímetro entre el borne 2 y masa; el resultado debe ser idéntico, pero la frecuencia de variación más elevada.
- Si no se obtiene ninguno de estos resultados, cambiar el distribuidor.

Nota: los demás controles del sistema de encendido son idénticos a los descritos anteriormente para las versiones sin catalizador.

Desmontaje

- Desconectar los cables de alta tensión de la tapa.
- Desenchufar el conector del captador.
- Con una punta trazadora, marcar la posición del distribuidor respecto a la culata.
- Quitar las dos tuercas de fijación y sacar el distribuidor.

Montaje y calado

- Presentar el distribuidor teniendo cuidado con la posición de la pata de arrastre.
- Orientar el distribuidor de forma que se haga coincidir las marcas hechas al desmontar.

- Aproximar las tuercas de fijación y conectar los cables de alta tensión.

- Enchufar el conector del captador.

- Conectar una lámpara estroboscópica al cable de alta tensión del cilindro nº1 (lado distribución).

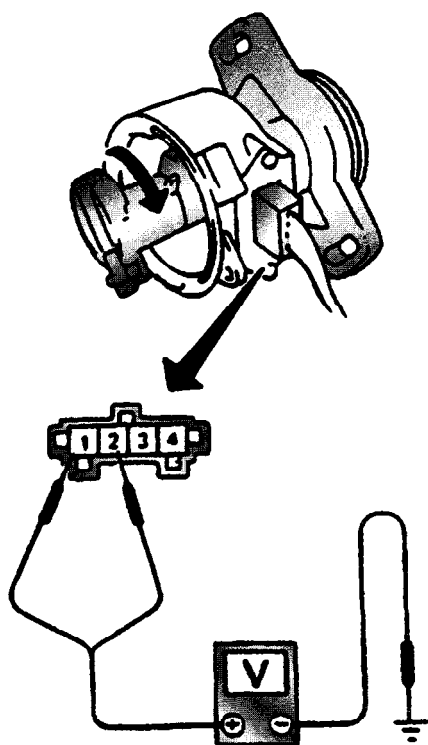
- Poner en marcha el motor y ajustar el avance a $10^\circ \pm 2^\circ$ antes del PMS en ralentí. La marca de PMS se encuentra en la polea del cigüeñal (trazo amarillo).

- Desempalmar el tubo del captador de depresión situado sobre la torreta Mac Pherson y taponarlo.

- Comprobar que el avance sea de $2^\circ \pm 2^\circ$ antes de PMS.

- Apretar definitivamente las tuercas de fijación.

fig. 12



Conexión del voltímetro para el control del captador del distribuidor de encendido.



ENCENDIDO SUZUKI VITARA

ENCENDIDO DE DESCONEXIÓN SUZUKI VITARA (motor de 8 válvulas)

Constitución

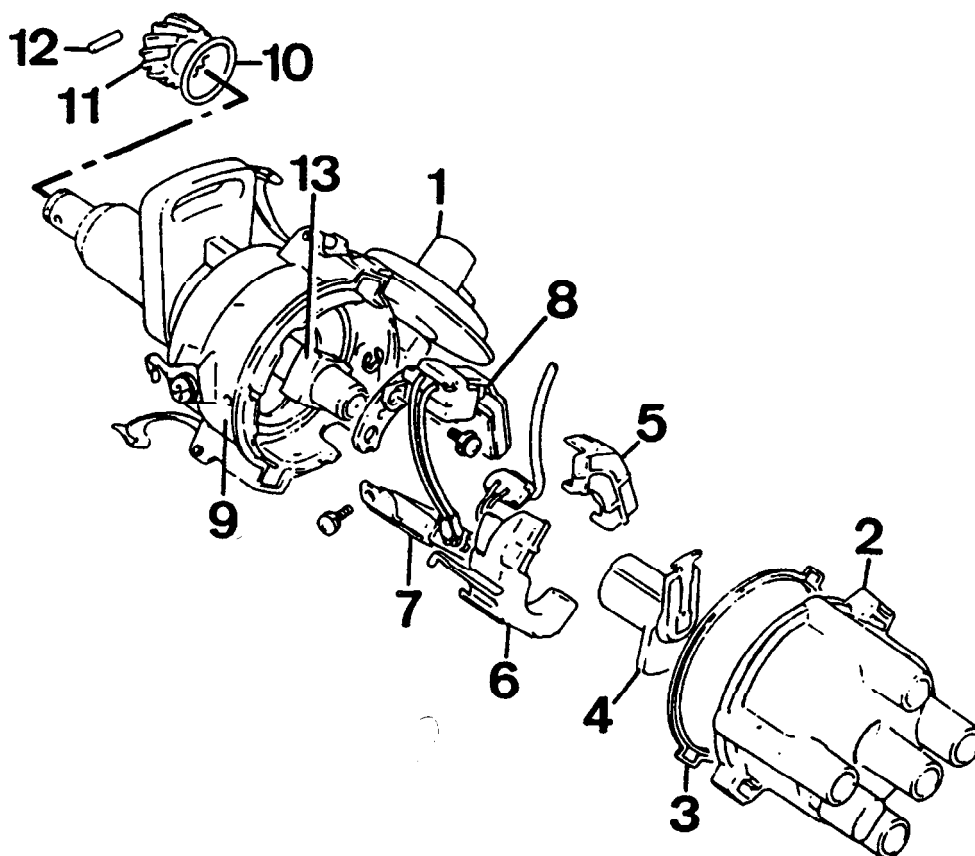
El sistema incluye un distribuidor de encendido (fig. 13) con captador magnético, un módulo electrónico de amplificación y una bobina de alto rendimiento.

Al igual que un distribuidor clásico, el distribui-

dor magnético incluye un sistema de avance centrífugo y una corrección por depresión de cápsula. El módulo está fijado cerca de la bobina. Su función consiste en amplificar la señal procedente del distribuidor a fin de provocar la ruptura de la corriente primaria.

La bobina, de tipo seco, está fijada al salpicadero arriba y a la izquierda del compartimento del motor.

fig. 13



DISTRIBUIDOR DE ENCENDIDO
(Motor con carburador)

1. Cápsula de depresión - 2. Tapa - 3. Junta - 4. Rotor -
5 y 6. Protectores - 7. Generador de impulsos - 8.
Amplificador - 9. Cuerpo de distribuidor - 10. Junta tórica - 11. Piñón - 12. Pasador - 13. Eje.

Funcionamiento

La parte magnética del distribuidor está constituida por una bobina cuyo núcleo es un imán. Uno de los extremos del núcleo está enfrente del eje del distribuidor, el cual tiene 4 salientes que corresponden a los 4 cilindros.

Cuando uno de los salientes se encuentra frente al núcleo, hay una variación de flujo magnético en este último y se induce una corriente en la bobina que lo rodea.

Esta corriente va a parar al módulo amplificador que, gracias a un circuito transistorizado, corta bruscamente la corriente en el primario de la bobina de alta tensión.

El módulo amplificador incluye además un dispositivo que permite asegurar un tiempo de carga constante del primario a cualquier régimen del motor y un circuito que interrumpe la alimentación de la bobina si el motor se para con el contacto dado. Esto evita que la bobina se recaliente.

- Introducir una galga de 0,2 mm entre el captador y el resalte.
- El voltímetro debe indicar una variación de 0,5 a 1 V al introducir la galga.
- En caso contrario, cambiar el captador.

Control de la bobina

- Con el contacto quitado, desenchufar las conexiones eléctricas de la bobina.
- Comprobar con un ohmímetro la resistencia de los bobinados primario (1,35 a 1,65 Ω) y secundario (11 a 14,5 K Ω).
- Comparar las mediciones.

DESMONTAJE Y MONTAJE DEL DISTRIBUIDOR DE ENCENDIDO

Desmontaje

- Desconectar los cables de alta tensión.
- Desenchufar el conector del módulo amplificador.
- Quitar el tornillo de fijación del distribuidor y sacar éste.

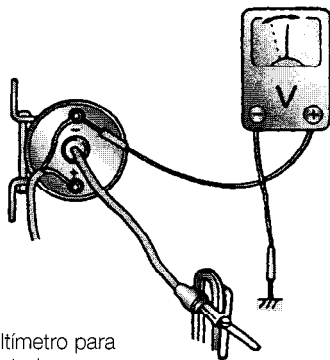
Montaje y puesta a punto

- Sacar la tapa de culata.
- Girar el cigüeñal para llevar el pistón nº1 (lado distribución) al PMS de encendido (válvulas cerradas).
- Volver atrás para alinear la marca de la polea de cigüeñal con la graduación de 8° del sector graduado (fig. 15).

Control del captador

- Sacar la tapa del distribuidor y el rotor.
- Desconectar de la tapa el cable de alta tensión procedente de la bobina.
- Conectar el cable a masa.
- Conectar un voltímetro entre el borne negativo de la bobina y masa (fig. 14).

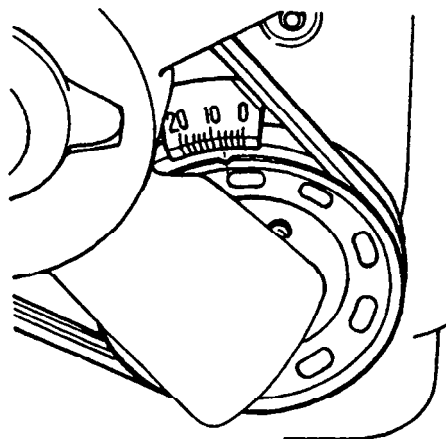
fig. 14



Conexión del voltímetro para el control del captador.

- Girar el cigüeñal hasta llevar uno de los bosajes del eje del distribuidor frente al captador magnético.
- Dar el contacto y comprobar que el voltímetro indica la tensión de batería.

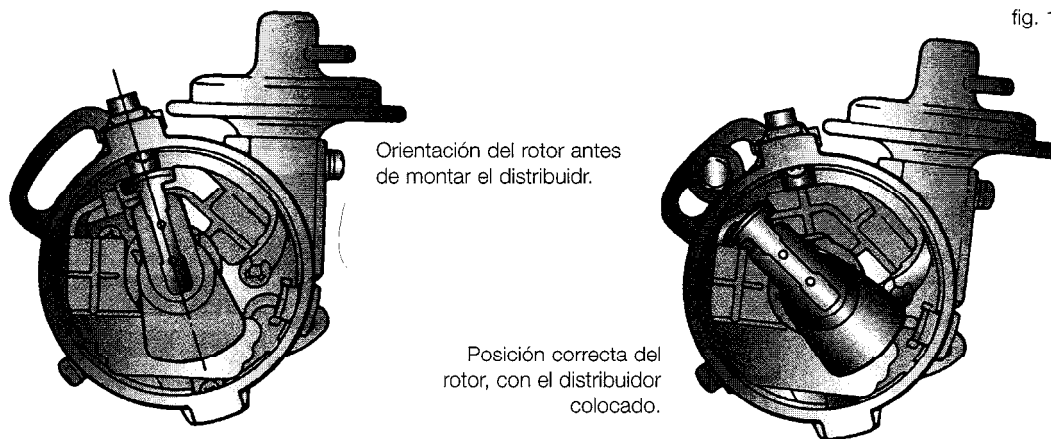
fig. 15



Alineación de la marca de la polea de cigüeñal con la graduación de 8° antes del PMS.



fig. 16



- Presentar el distribuidor después de orientar el rotor como se indica en la figura.
- Montar el distribuidor.
- Comprobar que el rotor se encuentre en la posición indicada en la figura 16.
- Colocar la tapa de distribuidor y conectar los cables de alta tensión.
- Enchufar el conector del módulo amplificador.
- Colocar la tapa de culata.
- Conectar una lámpara estroboscópica siguiendo las indicaciones de su fabricante.
- Comprobar el valor del avance en ralentí.
- Si es preciso, hacer girar el distribuidor en el sentido requerido.

- Apretar definitivamente la fijación del distribuidor y desconectar la lámpara.
- Empalmar el tubo en la cápsula de depresión.

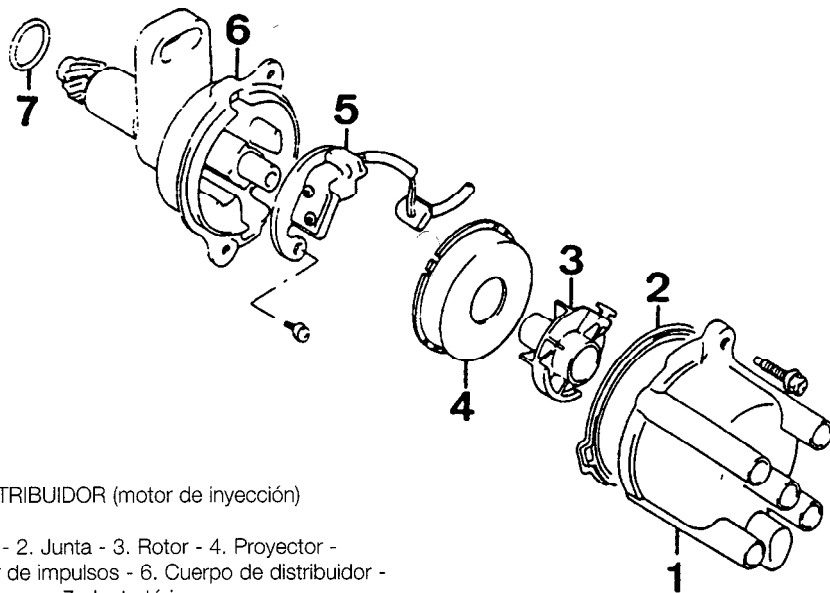
ENCENDIDO ELECTRÓNICO INTEGRAL (motor de 16 válvulas)

253

Constitución

El sistema consta de un distribuidor de captador magnético (fig. 17), una unidad de control electrónica común con el sistema de inyección, un módulo electrónico de amplificación y una bobina de alto rendimiento.

fig. 17



DISTRIBUIDOR (motor de inyección)

- El distribuidor no tiene dispositivo de variación del avance y, por consiguiente, solo realiza las funciones de distribución de la alta tensión y de emisión de la señal de encendido.

- La unidad de control recibe del distribuidor los impulsos del captador magnético (2 por cada vuelta del motor), que informan a la vez de la señal de encendido y del régimen motor. Mediante una programación cartográfica, la UC determina el punto de avance óptimo en función de estos parámetros y de la posición de la mariposa. La UC está fijada bajo el salpicadero, a la izquierda.

- El módulo fijado cerca de la bobina recibe la señal de encendido de la UC y la amplifica a fin de provocar la ruptura de la corriente en el primario de la bobina.

- La bobina de tipo seco está fijada al salpicadero en la parte superior izquierda del compartimento del motor.

Funcionamiento

La parte magnética del distribuidor está constituida por una bobina cuyo núcleo es un imán. Uno de los extremos del núcleo está frente al eje del distribuidor, que tiene 4 resaltes correspondientes a los cuatro cilindros.

Cuando uno de los resaltes se encuentra frente al núcleo, se produce una variación del flujo magnético en éste y la inducción de una corriente en la bobina que lo rodea.

Esta corriente llega a la UC que, en función del régimen del motor, de la posición de la mariposa y de la temperatura del aire de admisión, envía una señal al módulo amplificador en el punto de avance óptimo.

El módulo, por medio de un circuito transistorizado, corta bruscamente la corriente del primario de la bobina de alta tensión.

Este módulo incluye además un dispositivo que permite asegurar un tiempo de carga constante del primario con independencia del régimen de motor y un circuito que interrumpe la alimentación de la bobina si el motor se para con el contacto dado. Esto evita que se recaliente la bobina.

Control del captador

- Con un ohmímetro, comprobar que la resistencia de la bobina del captador esté comprendida entre 140 y 180 Ω .

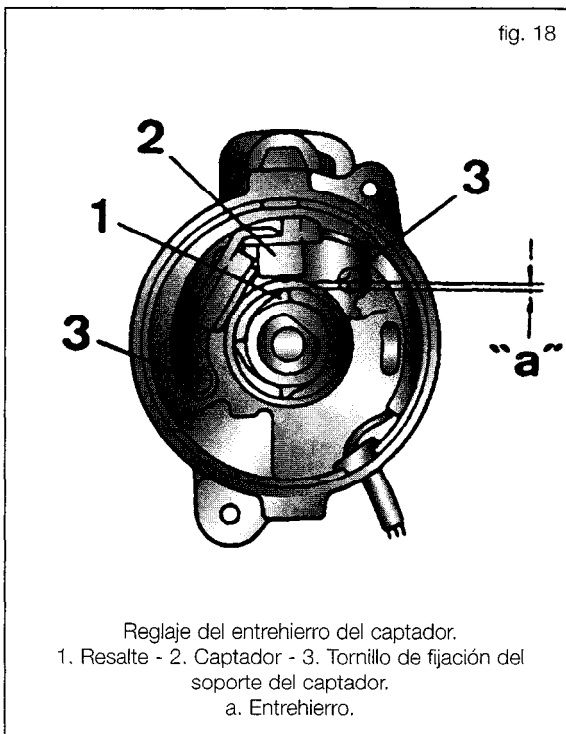
Si no es así, cambiar el captador.

Control de la bobina

Consultar el método descrito anteriormente.

Reglaje del entrehierro

- Desmontar la tapa del distribuidor y el rotor.
- Girar el cigüeñal hasta que uno de los resaltes del eje se encuentre frente al núcleo del captador.
- Con un juego de galgas, medir el entrehierro (fig. 18).



- Si el valor es incorrecto, aflojar los tornillos de fijación del soporte del captador y ajustar el entrehierro (0,2 a 0,4 mm).

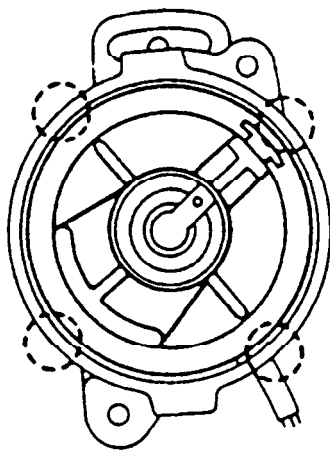
- Reapretar los tornillos, colocar el rotor y la tapa.

Desmontaje

- Desconectar los cables de alta tensión.
- Desenchufar el conector del captador.
- Girar el cigüeñal para llevar el rotor frente al contacto nº1 de la tapa (fig. 19).
- Quitar el tornillo de fijación del distribuidor y sacarlo.



fig. 19



Posición del rotor antes de colocar el distribuidor de encendido.

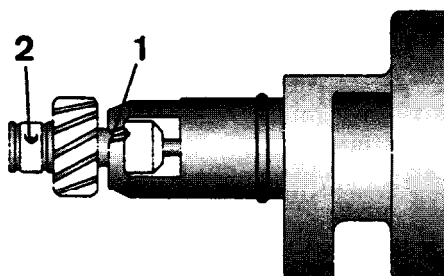
Montaje y calado

- Comprobar que el cigüeñal esté en posición de PMS de encendido del cilindro nº1.

Si es preciso, sacar la tapa de culata para comprobarlo.

- Alinear el orificio del piñón de encendido con la muesca en "V" del cuerpo (fig. 20).

fig. 20



Alineación del orificio de pasador (2) con la marca del cuerpo (1).

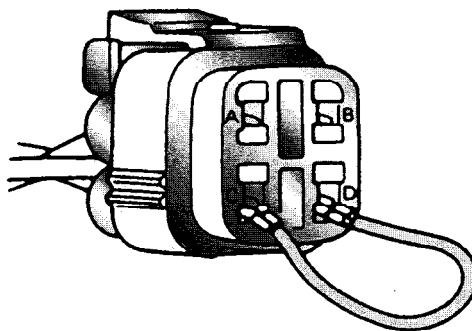
- Montar el distribuidor en el motor de forma que el tornillo de fijación se encuentre en el centro del coliso del cuerpo.

- Colocar el tornillo y apretarlo.

- Montar el rotor y la tapa y conectar los cables.

- En el conector de diagnóstico, puentear los bornes C y D. Esto permite bloquear el sistema electrónico de avance (fig. 21).

fig. 21



Puente a efectuar en el conector de diagnóstico antes de la puesta a punto del encendido.

- Conectar una lámpara estroboscópica siguiendo las instrucciones de su fabricante.

- Comprobar el valor del avance en ralentí.

- Si es preciso, girar el distribuidor en el sentido requerido.

- Apretar definitivamente la fijación del distribuidor, desconectar la lámpara y el cable del conector de diagnóstico.

- Proceder a una prueba en ruta.

ÍNDICE

SUMARIO	4
---------------	---

TEÓRICA

ALIMENTACIÓN DIESEL	5
El motor de encendido por compresión (Diesel)	6
Características del motor	6
Comparación de la alimentación gasolina y Diesel	7
– Ventajas	8
– Inconvenientes	8
– La Combustión	8
– El sistema de alimentación de combustible	12
• Circuito de baja presión	13
• Circuito de alta presión	13
El depósito de combustible	13
La bomba de alimentación	13
– Válvula de retención	13
– Válvula de descarga	13
– Válvula de rebose	13
– Decantadores de agua	13
– Las bombas de membrana	14
– La bomba aspirante-impelente de pistón	14
– Las bombas de engranajes	14
Elementos filtrantes	15
– Filtros simples de papel o cartón	16
– Filtros de tamiz metálico	16
– Filtrado en tándem o por etapas	16
La bomba de inyección	17
La bomba de inyección en línea	18
– Principio de funcionamiento	18
• La bomba de inyección	18
• El regulador mecánico	18
• El variador de avance	18
• La bomba de alimentación mecánica	18
Los elementos de la bomba	18
– Fases	18
Dosificación del combustible	19
Válvula de presión	20
Regulación del número de revoluciones	20
Variadores de avance	21
La bomba rotativa	22
– Principio de funcionamiento	22
– Funcionamiento	23
• El elemento de bombeo	23

• El rotor o émbolo distribuidor	23
• El cuerpo o la cabeza del distribuidor	23
Bomba de inyección rotativa DPA	24
Componentes de la bomba de inyección rotativa DPA	25
Funcionamiento de la bomba de inyección DPA	26
– Dosificación del combustible	26
– Bombeo y distribución	27
– Válvula reguladora	27
– Avance automático	28
Funcionamiento del regulador	29
Regulador hidráulico	30
Bombas de inyección rotativas CAV tipo DPC	31
– El reglaje del caudal máximo	32
– Dispositivo de sobrecarga	32
– Regulador del número de revoluciones	32
– Electroválvula de paro	32
Sistema DP 200 de Lucas	33
Control del caudal	34
– Control de par	35
Control del inicio de inyección	35
– El avance de carga ligera progresivo	35
– Avance en frío	35
– Preajuste de calado de la bomba	35
– Mayor presión de inyección	35
Sistema EUI (Unidad Inyector-Bomba Electrónica)	36
Sistema de inyección por acumulador y rampa común “Common-Rail”	37
Sistema de inyección “Common-Rail”	38
Bomba rotativa Bosch (Evolución histórica)	39
Sistema EDC de Bosch	41
La era de los TDI	42
Entrada	42
– Salidas	43
– Unidad central de proceso	43
Descripción del sistema	44
– Régimen del motor	44
– Caudal inyectado	44
– Avance de la inyección	44
– Arranque	44
– Control de la presión del tubo	44
– Recirculación de los gases de escape	44
– Funcionamiento en emergencia	44
– Estrategia de desconexión del aire acondicionado	44
– Calentadores adicionales del agua del motor	44
– Velocidad de cruce del vehículo	45
– Función de seguridad	45
Sistema EPIC de inyección electrónica (Lucas)	47
Bomba de inyección Lucas	48
Gestión del motor	48

Los inyectores	49
– Principio de funcionamiento	49
– Tipos de inyectores	50
Dispositivos de arranque en frío	51
La bujía de incandescencia	51
– Bujías de incandescencia de una sola resistencia	52
– Bujías de incandescencia de resistencia doble	52
– Bujías de incandescencia de postcalentamiento	52
– Bujías de incandescencia en motores de inyección indirecta	52
– Bujías de incandescencia en motores de inyección directa	53
Requerimientos específicos de refrigeración y lubricación	53
Mantenimiento del motor y de su equipo	54
– 1. Lubricación	54
– 2. Calidad y limpieza del gas-oil	54
– 3. Filtración del aire de admisión dentro de los cilindros	55
– Generalidades	55
– Control del circuito bajo presión	55
– Control de la válvula de tarado del tapón	55
– Control del conjunto	56
Control de las presiones de compresión	56
– Método de control	56
Control de la presión de aceite	56
Control del circuito de alimentación	57
– Control de la estanqueidad (motor parado)	57
– Control de la estanqueidad (motor en marcha)	57
– Control del cartucho filtrante	57
– Circuito de alimentación (bombas en línea)	58
– Sustitución del cartucho filtrante	58
– Purga del circuito a baja presión “con bomba de cebado”	58
– Purga del circuito a alta presión	58
– Purga del circuito a alta y baja presión “sin bomba de cebado”	58
– Purga del agua dentro del filtro con decantador	58
Control de los inyectores	59
– Control	59
– Desarmado	59
– Limpieza de las piezas	59
– Limpieza de los inyectores de taladros	60
– Limpieza y control	60
– Ensamblado	60
– Método	60
– Presión de abertura “tarado”	61
– Control del chorro y de la pulverización	61
– Estanqueidad del asiento de la aguja	61
Bomba de distribución rotativa	62
– Calado estático por marca exterior	62
– Calado estático por pasador	62
Calado de una bomba de distribución rotativa “Bosch”	63
– Método de calado	63
– Control del calado	63
Calado de una bomba de distribución rotativa Lucas	64

– Calado estático con comparador	64
– Preparación	64
– Control del calado	64
– Calado estático con comparador	65
– Preparación	65
– Control del calado	65
Calado de una bomba en línea	66
– Control y reglaje del calado estático	66
– Calado por medio de marcas	66
– Calado por el método de la gota	66
– Calado por control de alzada de leva	67
– Control del calado con captador de posición	67
– Método de control	67
Control del calado dinámico de una bomba	68
– Introducción	68
– Método	68
Circuito de precalentamiento	69
– Control de las bujías de precalentamiento	69
– Control del circuito de precalentamiento	69
Análisis de los gases de escape	70

DIAGNOSIS

Diagnosis del motor diesel y sus sistemas	72
Diagnóstico en bujías de incandescencia	75
Vainas fundidas o rotas	75
– Causas posibles	75
– Acción correctora	75
Vaina corroída	75
– Causas posibles	75
– Acción correctiva	75
Circuito abierto con vaina aparentemente no dañada	75
– Causas posibles	75
– Acción correctora	75

PRÁCTICAS

Contenido de la parte práctica	77
Calado de la bomba de inyección Bosch y Lucas en un automóvil Peugeot	78
Calado de la bomba de inyección Bosch	78
Control del calado	79
Reglaje del régimen de ralentí	79
Calado de la bomba de inyección Lucas Diesel	79
Control del calado	80
Reglaje del régimen anticalado	80
Reglaje del régimen de ralentí	80
Prácticas en el circuito de alimentación de un Peugeot 406	81

– Cambio del filtro de combustible	81
– Desmontaje, montaje y calado de la bomba de inyección	81
– Desmontaje	81
– Montaje y calado	82
– Control del calado	83
Desmontaje y montaje de un inyector	83
– Desmontaje	83
– Montaje	83
– Revisión de un inyector	84
– Examen visual	84
– Ensayo de deslizamiento de la aguja	84
– Control de la presión de tarado	84
– Control del hermetismo	84
Purga del circuito de combustible	84
– Purga del agua	84
– Purga del aire	85
Reglajes de la bomba de inyección	85
– Cable del acelerador	85
– Régimen de ralentí	85
– Régimen de anticalado (caudal residual)	85
– Régimen de ralentí acelerado (motor X UD 9 BTF/L)	85
• Con el motor frío	85
• Con el motor caliente	85
– Régimen de ralentí acelerado (motor X UD 9 BTF/L3)	86
– Control y reglaje del contactor de palanca de carga (motor X UD 9 TF/L)	86
– Reglaje del amortiguador neumático	86
Control de la electroválvula de paro	86
Sobrealimentación	87
Desmontaje y montaje del turbocompresor	87
– Desmontaje	87
– Montaje	87
Gestión del motor (motor X UD 9 BTF/L3)	88
Alimentación eléctrica	88
Sondas y captadores	88
– Captador de régimen del motor	88
– Captador de posición de la palanca de carga	88
– Captador de alzada de aguja de inyector	88
– Sonda de temperatura de líquido refrigerante	88
Actuadores	92
– Electroválvula de avance	92
– Electroválvula de ralentí acelerado	92
– Electroválvula de recirculación de los gases de escape	92
Procedimiento de diagnóstico	92
Controles preliminares	92
Prácticas en el sistema de alimentación de un Audi A4	95
Alimentación eléctrica	95
Alimentación de combustible	95
Alimentación de aire	95
Gestión del motor	95

Sondas y captadores	95
– Captador de régimen de motor y posición de PMS	95
– Caudalímetro	95
– Sonda de temperatura de líquido refrigerante	96
– Sonda de temperatura de aire de admisión	96
– Sonda de temperatura de combustible	96
– Captador de presión absoluta	96
– Transmisor de alzada de aguja	96
– Contactor de pedal de acelerador	96
– Transmisor de la carrera del distribuidor de regulación	96
Mando de los órganos	97
– Regulador del ralentí	98
– Válvula de principio de inyección	98
– Electroválvula de sobrealimentación	98
– Electroválvula de mando de recirculación de los gases de escape	98
Controles, intervenciones y reglajes	99
– Desmontaje y montaje de la bomba de inyección	99
– Calado de la bomba de inyección	100
– Desmontaje y montaje de un inyector	100
– Control de la presión de inyección	100
– Control del hermetismo	100
– Revisión de un inyector	100
– Examen visual del inyector	101
– Purga del agua	101
– Purga del aire	101
– Diagnóstico de la gestión de motor	101
– Utilización del procedimiento de diagnóstico	101
– Controles preliminares	102
Cuadro de control cronológico de los órganos que fallan en función de los síntomas	102
– Alimentación eléctrica general	103
– Control de tensiones de sondas, electroválvulas y captadores a partir de la UC	103
– Control de las sondas, captadores y sus cableados	104
Trabajo en inyectores tipo lápiz (Stanadyne)	105
– Desmontaje	105
– Control de la presión de abertura (tarado)	105
– Sustitución de la junta del inyector	105
– Montaje	105
Trabajo en inyectores de doble muelle	106
– Introducción	106
– Composición	106
– Funcionamiento	106
• 1.ª Etapa	106
• 2.ª Etapa	106
Comprobación y ajuste de las bombas de inyección en banco de pruebas	107

TEÓRICA

SOBREALIMENTACIÓN	109
La sobrealimentación	110
– Objetivo	110

La sobrealimentación en los motores de gasolina	110
– Particularidades según el sistema de alimentación	112
La sobrealimentación en los motores Diesel	112
Los compresores	112
Los compresores de accionamiento mecánico (volumétricos)	112
Los turbocompresores (centrífugos)	113
– Regulación de la presión de admisión	114
– La refrigeración del aire de admisión	115

DIAGNOSIS

Diagnosis del sistema de sobrealimentación	117
---	-----

PRÁCTICAS

Contenido de la parte práctica	119
Turbocompresor	120
– Introducción	120
– Mantenimiento (consejos importantes)	120
– Control de la presión de sobrealimentación	120

263

TEÓRICA

LUBRICACIÓN	121
Lubricantes y lubricación	122
Finalidad	122
Lubricantes	123
• <i>Parafínicos</i>	123
• <i>Nafténicos</i>	123
• <i>Aromáticos</i>	123
El aceite de motor	123
Propiedades de los lubricantes	123
– a) Propiedades físicas	123
• <i>Color y fluorescencia</i>	123
• <i>Densidad</i>	123
• <i>Viscosidad</i>	123
• <i>Fluidez</i>	123
– b) Propiedades térmicas	124
• <i>Índice de viscosidad</i>	124
• <i>Punto de inflamación</i>	124
• <i>Punto de congelación</i>	124
• <i>Punto de enturbiamiento</i>	124
• <i>Punto de anilina</i>	124
– c) Propiedades químicas	124
• <i>Formación de espumas</i>	124
• <i>Emulsibilidad</i>	124
• <i>Aeromulsión</i>	124
• <i>Número de neutralización (acidez-alcalinidad)</i>	124
• <i>Corrosión del cobre</i>	124

Aditivos	124
• <i>Antioxidantes</i>	125
• <i>De viscosidad</i>	125
• <i>Antiespumantes</i>	125
• <i>Detergentes</i>	125
• <i>Dispersantes</i>	125
• <i>Anticorrosivos</i>	125
• <i>Antiherrumbre</i>	125
• <i>Antidesgaste</i>	125
Clasificación de los aceites	126
– Clasificación SAE	126
Clasificación de aceites para cárter	126
– Clasificación de calidad según API	127
• <i>La clasificación API para vehículos Diesel</i>	127
– Clasificación de calidad europea CCMC	128
• <i>Aceites para motores de gasolina</i>	128
• <i>Aceites para motores Diesel</i>	128
– Clasificación de calidad europea ACEA	129
• <i>Aceites para motores de gasolina</i>	129
• <i>Aceites para motores Diesel</i>	129
• <i>Aceites para motores Diesel en vehículos de pasajeros</i>	129
Aceites sintéticos	130
Sistemas de lubricación	131
– Sistema de engrase a presión	132
– Sistema de engrase mixto	133
– Sistema de engrase por mezcla de lubricante con el combustible	133
– Sistema de lubricación por cárter seco	133
Elementos de la lubricación	134
– El cárter	134
– Bombas	135
• <i>a) La bomba de engranajes</i>	135
• <i>b) Bomba de émbolo</i>	135
• <i>c) La bomba de paletas</i>	136
• <i>d) Bomba de lóbulos</i>	136
• <i>e) Bomba trocoidal</i>	137
– El circuito	138
– Elementos filtrantes	140
– Sistemas de seguridad	141
– Elementos de refrigeración	142
– La ventilación de los vapores del cárter	142
Verificación y control del sistema de lubricación	143
Exigencias particulares de lubricación	144
– Motores de gasolina y Diesel	144
– Motores de dos tiempos	144
– Motores sobrealimentados	144
– Empujadores hidráulicos	145
¿Qué aceite usar?	145

DIAGNOSIS

Control de la presión de aceite	146
--	-----

Cuadro de averías en el control de la presión de aceite	146
Verificación de la bomba de engrase	147
Consumo excesivo de aceite	147

PRÁCTICAS

Contenido de la parte práctica	149
Lubricación VW Polo	150
Desmontaje y montaje de la bomba de aceite	151
– Desmontaje	151
– Control	151
– Montaje	151
– Control de la presión de aceite	151
Lubricación BMW 525 tds	152
Desmontaje y montaje de la bomba de aceite	152
– Desmontaje	152
– Control de la bomba de aceite	152
– Montaje	153
– Control de la presión de aceite	153
Lubricación Ford Transit	154
Lubricación	154
Bomba de aceite	154
– Desmontaje	154
– Desarmado de la bomba	155
– Ensamblado de la bomba	155
– Montaje de la bomba	156
Válvula de descarga	156
Filtro de aceite	156
Lubricación Seat Alhambra	157
Desmontaje y montaje de la bomba de aceite	158
– Desmontaje	158
– Control y montaje	158
Control de la presión de aceite	158
Lubricación Rover 420	159
Desmontaje y montaje de la bomba de aceite	159
– Desmontaje	159
– Montaje	159
Control de la bomba de aceite	160
Control de la presión de aceite	160

265

TEÓRICA

REFRIGERACIÓN	161
La refrigeración en el automóvil	162
Consideraciones sobre la refrigeración	162
Sistemas de refrigeración	163

Elementos del sistema de refrigeración	164
– Las cámaras de refrigeración	164
– El radiador	165
• Tapón de llenado	165
• Conducto o entrada del agua caliente	165
• Conducto o salida del agua refrigerada	165
• Elementos refrigerantes	165
• Orificio o conducto de desagüe	165
• Recipientes de agua	166
– Tipos de radiadores	166
– El ventilador	167
– Funcionamiento del sistema	169
– La bomba de agua	169
– El termostato	171
– Tipos de termostatos	171
– El circuito de refrigeración	172
– El líquido de refrigeración	173

DIAGNOSIS

Verificación y control del sistema de refrigeración	175
Síntomas	175
• a) Pérdidas de líquido del circuito	175
• b) Calentamiento excesivo del sistema	175
• c) El motor tarda mucho en alcanzar su temperatura normal de funcionamiento	175
Cuadro de averías más comunes en el sistema de refrigeración. Verificación y control de los elementos del circuito	176
Otras incidencias	177

PRÁCTICAS

Contenido de la parte práctica	179
Refrigeración VW Polo	180
Vaciado y purga del circuito de refrigeración	180
Llenado y purga del circuito de refrigeración	180
Control del sistema de refrigeración	181
– Comprobación del circuito de refrigeración	181
– Comprobación del circuito del vaso de expansión	181
Desmontaje y montaje de la bomba de agua	181
– Desmontaje	181
– Montaje	181
Refrigeración BMW 525 tds	182
Vaciado del circuito de refrigeración	182
Llenado y purga del circuito de refrigeración	183
Desmontaje y montaje de la bomba de agua	183
– Desmontaje	183
– Montaje	183
Refrigeración Seat Alhambra	184

Vaciado, llenado y purga del circuito de refrigeración	184
– Vaciado	184
– Llenado y purga	184
Comprobación del hermetismo	185
– Comprobación del circuito refrigerante	185
Comprobación del tapón de cierre del vaso de expansión	185
Desmontaje y montaje de la bomba de agua	185
– Desmontaje	185
– Montaje	185
Cambio del termostato	185
Refrigeración Rover 420	186
Vaciado y llenado del circuito de refrigeración	186
– Vaciado	186
– Llenado	186
Desmontaje y montaje de la bomba de agua	187
– Desmontaje	187
– Montaje	187
Desmontaje y montaje de la caja de termostato	187
– Montaje	187
– Montaje	187

267

TEÓRICA

SISTEMAS DE ENCENDIDO	189
Sistemas de encendido	190
Introducción	190
Principio de encendido por batería	191
Funciones del sistema de encendido	192
Clasificación de los sistemas de encendido	192
Sistemas de encendido clásico a ruptor	193
Encendido clásico a ruptor	194
Descripción de un encendido clásico	196
• 1. Distribuidor de encendido	196
• 2. Bobina de alta tensión	196
• 3. Bujías de encendido	196
Avance de encendido	199
Avance y potencia	200
Avance y picado	200
Avance y contaminación	201
Principios de reglajes de las curvas de avance	201
Dispositivos centrífugos de avance	202
Dispositivos de avance por depresión	203
Principio de corrección de avance a depresión	204
Distribución de la alta tensión	205
Bobina de encendido	205
• Diferentes tipos de bobinas	206

Bujía de encendido	208
• <i>Construcción</i>	208
Encendido con ruptor transistorizado	210
Encendido sin ruptor y sensor magnético	211
Encendido sin ruptor y sensor Hall	217
• 1. <i>Limitación de la corriente</i>	218
• 2. <i>Regulación del tiempo de conducción</i>	218
Encendido a descarga de condensador	220
• 1. <i>La batería</i>	220
• 2. <i>El contacto de encendido</i>	220
• 3. <i>El conjunto electrónico</i>	220
• 4. <i>El transformador de encendido con sus bobinados primarios y secundarios</i>	220
• 5. <i>El generador de impulsos inductivo</i>	220
• 6. <i>El distribuidor</i>	220
• 7. <i>Las bujías</i>	220
Encendido electrónico integral (AEI)	222
Encendido electrónico (AEI) con distribución mecánica	224
Encendido AEI con distribución estática	225
Sistema de encendido digiplex	227
Encendido AEI con distribución estática y bobina de cuatro salidas	230
Encendido AEI con distribución estática y bobina por cilindro	230
Cuadro esquemático de los diferentes sistemas de encendido Bosch	232
AEI con antiarranque codificado	233

DIAGNOSIS

Anomalías del encendido convencional	234
Requisitos de tensión del encendido	236
Anomalías en el funcionamiento de la bujía	237

PRÁCTICAS

Contenido de la parte práctica	239
Encendido y alimentación VW Polo	240
Constitución y funcionamiento	240
Precauciones a tomar antes de intervenir	241
Desmontaje y montaje del distribuidor	242
– Desmontaje	242
– Montaje	242
Calado del distribuidor con ayuda de la herramienta VAG 1551	242
Control del funcionamiento del avance	242
Encendido y alimentación eléctrica del Citroën ZX	243
Constitución y funcionamiento del encendido transistorizado	244
– Constitución	244
– Funcionamiento	244

Controles	244
– Control de las tensiones	244
– Control de la bobina	244
– Control del generador de impulsos	244
Desmontaje y montaje del distribuidor de encendido	245
– Desmontaje	245
– Montaje	245
Reglaje del punto de avance inicial	246
Control del avance centrífugo sobre vehículo	246
Encendido NISSAN PRIMERA 1.6 gasolina	247
Encendido (motor sin catalizador)	247
– Constitución	247
– Funcionamiento	247
Controles del sistema de encendido	247
– Control del entrehierro del captador	247
– Control del aislamiento de la tapa del distribuidor	248
– Control de la bobina	248
Desmontaje y montaje del distribuidor de encendido	248
– Montaje y calado	248
Encendido (motor con catalizador)	248
– Constitución	249
– Funcionamiento	249
Controles del sistema de encendido	249
– Control del captador	249
Desmontaje y montaje del distribuidor de encendido	250
– Montaje y calado	250
Encendido SUZUKI VITARA	251
Encendido de desconexión magnéticos (motor de 8 válvulas)	251
– Constitución	251
– Funcionamiento	252
Controles y reglajes	252
– Control del captador	252
– Control de la bobina	252
Desmontaje y montaje del distribuidor de encendido	252
– Desmontaje	252
– Montaje y puesta a punto	252
Encendido electrónico integral (motor de 16 válvulas)	253
– Funcionamiento	254
Control del reglaje	254
– Control del captador	254
Desmontaje y montaje del distribuidor	254
– Desmontaje	254
– Montaje y calado	255

