



# **Mecánica para motores Diesel**

## **Teoría, mantenimiento y reparación**



629.331

M 466 m

# Mecánica para motores Diesel

## Teoría, mantenimiento y reparación

**Ed May**

**TOMO II**

**Traducción:**

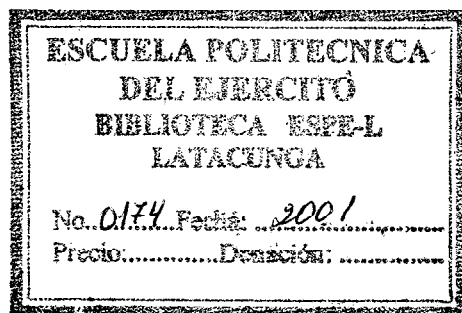
**Francisco G. Noriega**

Contador Público  
Perito Traductor

**Revisión técnica:**

**Enrique Toledo Corro**

Ingeniero Mecánico  
ESIME, IPN



**McGRAW-HILL**

MÉXICO • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA  
LISBOA • MADRID • NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN  
SANTAFÉ DE BOGOTÁ • SANTIAGO • SÃO PAULO  
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILÁN • MONTREAL  
NUEVA DELHI • PARÍS • SAN FRANCISCO • SINGAPUR  
ST. LOUIS • SIDNEY • TOKIO • TORONTO



**MECÁNICA PARA MOTORES DIESEL**  
**Teoría, mantenimiento y reparación**

**Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra,  
por cualquier medio, sin autorización escrita del editor.**

**DERECHOS RESERVADOS © 1988, respecto a la primera edición en español por  
McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V.**

**Atacomulco 499-501, Fracc. Industrial San Andrés Atoto  
53500 Naucalpan de Juárez, Edo. de México**

**Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial, Reg. Núm. 1890**

**ISBN 968-422-231-9 obra completa**

**ISBN 968-422-248-3 tomo II**

**Traducido de la primera edición en inglés de  
DIESEL MECHANICS**

**Copyright ©MCMLXXXIII, by McGraw-Hill, Inc., U. S. A.  
McGraw-Hill Book Company Australia, Pty. Ltd.**

**ISBN 0-07-4510126**

7890123456    BARS-A-87    9086543217

**Impreso en México**

**Printed in Mexico**

Esta obra se terminó de  
imprimir en Enero de 1997 en  
Impresora Publi-Mex, S.A. de C.V.  
Calz. San Lorenzo 279-32  
Delegación Iztapalapa  
C.P. 09850 México, D.F.

Se tiraron 1300 ejemplares

---

# Contenido

---

*Capítulo 17* Sistema de admisión de aire y de escape, **1**  
*Capítulo 18* Turbocargadores, **15**  
*Capítulo 19* Sistemas de combustible Diesel, **24**  
*Capítulo 20* Inyectores, **38**  
*Capítulo 21* Servicio a los inyectores, **43**  
*Capítulo 22* Bombas de inyección en línea, **51**  
*Capítulo 23* Servicio a las bombas de inyección en línea, **59**  
*Capítulo 24* Bombas de inyección tipo distribuidor, **67**  
*Capítulo 25* Servicio a las bombas tipo distribuidor, **76**

*Capítulo 26* Gobernadores y controles, **83**  
*Capítulo 27* Sistema de combustible Cummins PT, **107**  
*Capítulo 28* Sistemas de combustible Caterpillar, **124**  
*Capítulo 29* Sistema de combustible Detroit Diesel, **139**  
*Capítulo 30* Combustibles y lubricantes, **151**  
*Capítulo 31* Equipo auxiliar, **160**  
*Capítulo 32* Diagnóstico y mantenimiento, **162**  
  
El Sistema Métrico y el Sistema Internacional (SI), **169**  
Índice, **175**

---

## Lista de ilustraciones de motores

---

- Fig. 17.20* Corte transversal de motor Cummins turbocargado, **13**
- Fig. 18.10* Corte transversal de motor Detroit Diesel, **23**
- Fig. 19.20* Corte seccional de motor Bedford de 6 cilindros, **37**
- Fig. 24.16* Motor Permins de 6 cilindros, **75**
- Fig. 27.20* Motor Cummins de 6 cilindros, **123**
- Fig. 28.18* Motor Caterpillar de 6 cilindros para camión, **138**

- Fig. 29.12* Motor Detroit Diesel V-6, **150**

Las ilustraciones de los motores permiten relacionar las características y componentes de los diversos motores citados en el texto con el motor completo y las características externas e internas que se van a identificar. Estos motores representan sólo una pequeña parte de la gama de motores Diesel.

Las características pueden variar de un modelo a otro. Algunas características son exclusivas de una serie particular de motor; otras son comunes a muchos motores sin que importe su marca, aunque puedan diferir los detalles de diseño.

---

## Prefacio

---

El contenido de este libro se relaciona con los motores Diesel, que tienen muchas aplicaciones diferentes: en automóviles, vehículos pesados, transportes públicos, equipo para construcción, equipo industrial e instalaciones marinas.

*Mecánica para motores Diesel* ofrece el tipo de información acerca de motores Diesel y sus sistemas de combustible, adecuada para cursos en las escuelas técnicas, sean generales o para mecánicos. El contenido del libro es apropiado para quienes se esfuerzan por obtener mayores conocimientos acerca de los motores Diesel.

La utilidad de este libro no está confinada a los cursos. Es una valiosa obra para consulta general que incluye los principios básicos, construcción y operación de motores Diesel y sus diversos sistemas, así como los requisitos y características para servicio. En este aspecto este libro se relaciona con los métodos generales para servicio y reparación e incluye ejemplos de procedimientos y prácticas estándar. No sustituye a los manuales de taller, que se deben consultar para los procedimientos detallados en motores determinados, pero sí es un invaluable recurso para complementarlos.

Será apropiado cuando se requiera un texto acerca de motores Diesel para estudios normales, repaso o para referencia. Tiene numerosas ilustraciones y contiene información extensa en una amplia gama de temas relacionados con los motores diesel, lo cual no es fácil encontrar en otro volumen.

Deseo agradecer la valiosa ayuda otorgada en diversas formas por muchas personas durante la preparación del manuscrito y su publicación, quienes expresaron un gran interés y me brindaron su estímulo.

Estoy muy agradecido a las empresas enumeradas a continuación por su ayuda en diversas formas: suministro de información, suministro de ilustraciones y el permiso para reproducirlas. También aprecio mucho los esfuerzos personales de miembros de estas empresas que tan gustosamente brindaron su ayuda:

Robert Bosch (Australia) Pty. Ltd., Clae Detroit Diesel Allison, Cummins Diesel Australia, Caterpillar of Australia Ltd., Deutz Australia Pty. Ltd., Diesel Kiki Co. Ltd., Ford Sales Company of Australia Ltd., L. Gardner & Sons Ltd., General Motors-Holden's Limited (Bedford, Detroit Diesel e Isuzu), Hastings Deering (Queensland) Pty Ltd., Hawker Siddeley Engineering, Leyland Australia, Lucas Industries Australia Limited (CAV), M.A.N. Automotive (Australia) Pty. Limited, Mercedes-Benz (Australia) Pty. Ltd., Mount Isa Mines Limited, Mitsubishi Australia Ltd., Perkins Engines Australia Pty. Ltd., Pacific Industrial and Marine Engine Company, Repco Limited, Toyo Kogyo Co. Ltd (Mazda); Volkswagen Australia Pty. Limited, Westco Motors (Qld) (Mazda), Woodward Governor Company.

Por su ayuda e interés personal en mi proyecto, mis sinceros agradecimientos a Stuart Laurence, Robin Mexter, Ross Mursell, Ray Orr, Jim Pirie, Peter Talty y Keith Wilson.

Los créditos de las ilustraciones aparecen al final, al pie de las mismas.

ED MAY

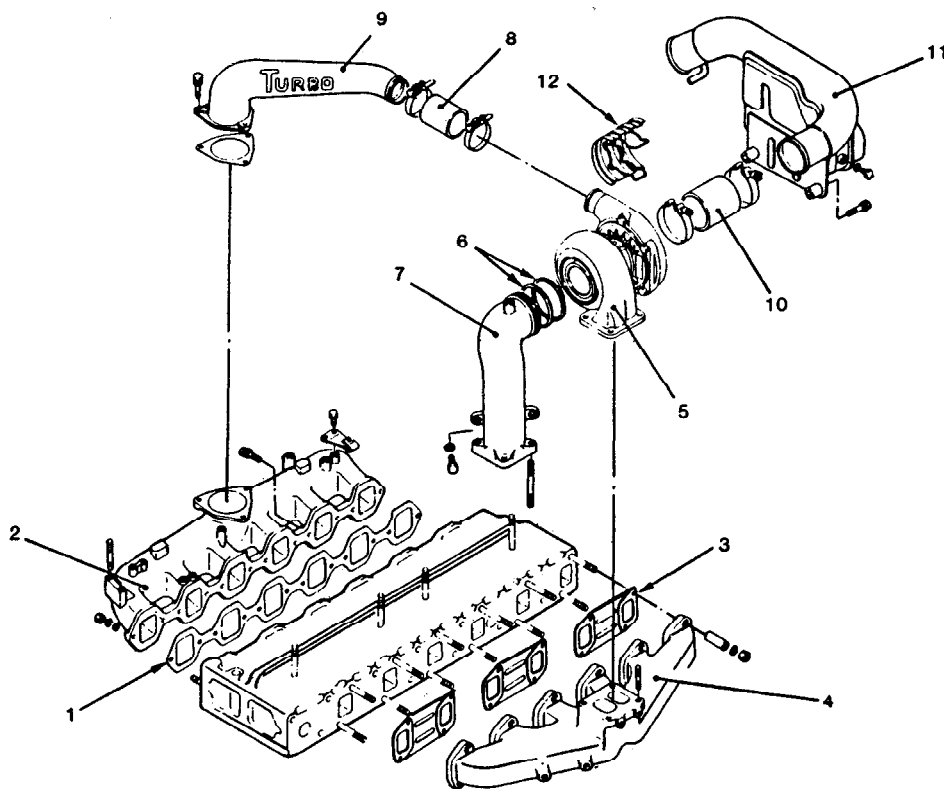


## Sistemas de admisión de aire y escape

# 17

El sistema de admisión tiene la función de suministrar grandes cantidades de aire limpio al motor. Los cilindros del motor se llenan por completo con aire durante la carrera de admisión y, por tanto, el

motor recibe grandes cantidades de aire incluso a bajas velocidades. Las diversas partes del sistema deben ser de tamaño suficiente para permitir el paso de aire sin restricciones hasta el motor.



**Fig. 17.1** Sistemas de admisión de aire y escape en un motor en línea: 1 junta del múltiple de admisión, 2 múltiple de admisión, 3 junta del múltiple de escape, 4 múltiple de escape, 5 turbocargador, 6 anillos selladores del gas, 7 adaptador para el escape, 8 manguera, 9 tubo de entrada, 10 manguera, 11 ducto para aire, 12 protector contra calor

ISUZU

El sistema de admisión consiste en el filtro ("purificador") de aire, ductos y el múltiple de admisión o de aire. En un motor de dos tiempos también incluye el soplador. Los turbocargadores, cuando se utilizan, también son parte del sistema de admisión y del sistema de escape.

El sistema de escape conduce los gases quemados del motor, pasan por un silenciador y se descargan a la atmósfera. Cuando se utiliza turbocargador, los gases del escape pasan por él luego de salir del motor.

## Sistemas para motores en línea

En la figura 17.1 se ilustran los componentes del sistema de admisión de aire y de escape para un motor en línea, equipado con turbocargador. El múltiple de escape tiene una brida que se atornilla en un lado de la culata de cilindros y el múltiple de admisión en el lado opuesto. El turbocargador se monta directamente encima del múltiple de escape.

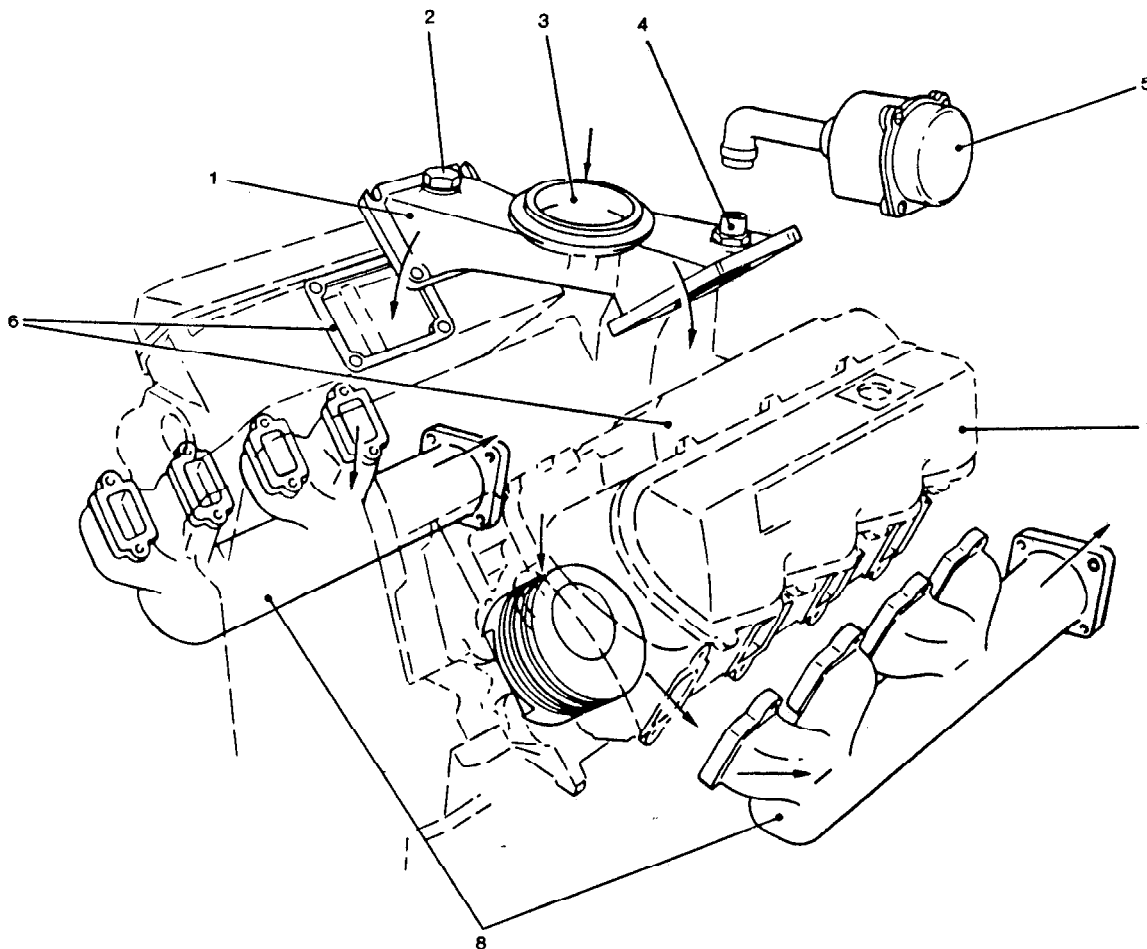
Con el motor en marcha, los gases que salen por los orificios de escape en la culata, entran al múltiple de escape 4) y se mueven hacia arriba hasta el lado de la turbina del turbocargador 5) y bajan por el adaptador 7), el cual está conectado con el tubo de salida que descarga los gases de escape a la atmósfera.

El aire que viene del filtro de aire (que no se ilustra) penetra en el lado del compresor del turbocargador por el ducto 11) para aire. El compresor envía el aire a presión por el tubo de admisión 9) hacia el múltiple de admisión 2) y por los orificios de admisión en la culata de cilindros.

Los anillos selladores 6) para gas y las juntas 3) del múltiple de escape impiden las fugas de gases. La junta 1) del múltiple de admisión y las conexiones 8) y 10) de las mangueras del ducto impiden las filtraciones de aire.

## Sistemas para motores en V

En la figura 17.2 se ilustra un sistema de admisión de aire y escape para un motor del tipo en V. El



**Fig. 17.2** Sistemas de admisión de aire y escape en un motor en V: 1 tubo de entrada de aire, 2 tapon, 3 conexión al filtro de aire, 4 conexión, 5 ventilación positiva del motor, 6 múltiples de admisión, 7 tapa de balancines, 8 múltiples de escape

CATERPILLAR

sistema de admisión está en la parte superior del motor. El tubo 1) de entrada de aire está colocado entre los dos bancos de cilindros; tiene una brida 3) de montaje en la cual se instala el filtro de aire. El tubo de entrada de aire lo lleva a ambas culatas de cilindros. En este motor particular, los múltiples 6) de admisión no son independientes, sino que son parte de las culatas.

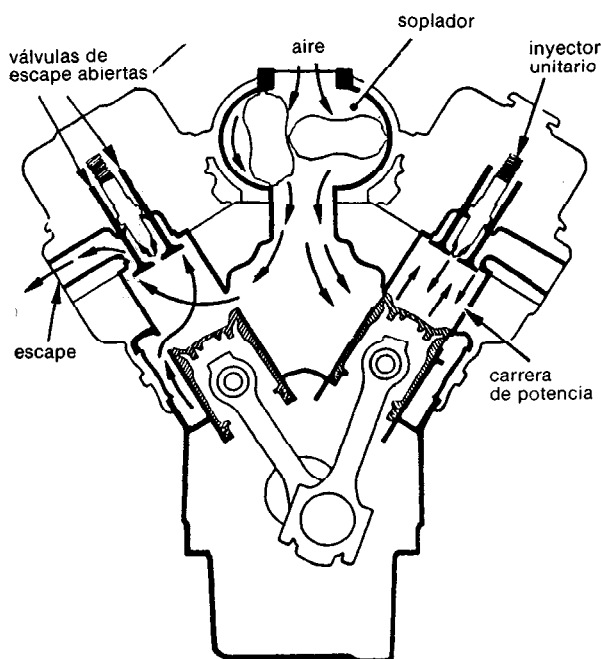
Los múltiples de escape 8) están montados en los lados de las culatas de cilindros. Los tubos de escape se conectan en las bridas que hay en el extremo de los múltiples. En algunos motores en V se utilizan dos sistemas de escape separados.

Se utiliza un sistema de ventilación positiva del carter 5) instalado entre la tapa de balancines 7) y una conexión 4) en el tubo de entrada de aire.

## Soplador para motores de dos tiempos

En la figura 17.3 se ilustra la instalación del soplador en un motor de dos tiempos del tipo en V. En este sistema, el soplador que está montado más arriba de los cilindros en la V del motor, envía aire para barrido a los cilindros. El aire que viene del filtro entra por la parte superior del soplador, luego pasa entre los lóbulos y la cubierta del soplador hasta el lado de salida en la parte inferior del soplador.

En la ilustración, el pistón izquierdo está en la parte inferior de su carrera y las lumbreras para barrido en el cilindro están descubiertas. El aire de



**Fig. 17.3** Flujo del aire desde el soplador a los cilindros en un motor de dos tiempos DETROIT DIESEL

barrido llena el cilindro y expulsa los gases de escape del mismo por las válvulas de escape hacia el orificio de escape. Después, un múltiple de escape normal lleva los gases al sistema de escape para descargarlos a la atmósfera.

En la figura 17.4 se ilustran las piezas principales del soplador. Uno de los rotores se impulsa con un eje desde los engranes auxiliares; el otro rotor se impulsa con engranes de conexión entre los rotores.

Los rotores tienen tres lóbulos en espiral, que son huecos, para reducirles la masa. Ajustan con precisión en la cubierta y producen un flujo continuo y uniforme de aire a los cilindros. La cámara que está debajo del flotador rodea los cilindros, y conduce el aire a presión del soplador a los cilindros, se llama caja de aire.

## Filtros de aire

Incluso en buenas condiciones de operación, hay una gran cantidad de polvo y arenilla mezclados con el aire que se utilizará en el motor. En lugares muy polvosos y para trabajo fuera de carretera, aumenta mucho la cantidad de polvo en el aire.

Hay que filtrar el aire antes de que entre al motor, pues el polvo actúa como abrasivo que producirá desgaste prematuro de los pistones, anillos y pared de los cilindros; también se dañarán las guías de válvulas. Cuando el motor trabaja en forma continua con aire sin filtrar, el polvo llegará hasta el aceite lubricante y producirá daños en los cojinetes y otras superficies lubricadas en el motor.

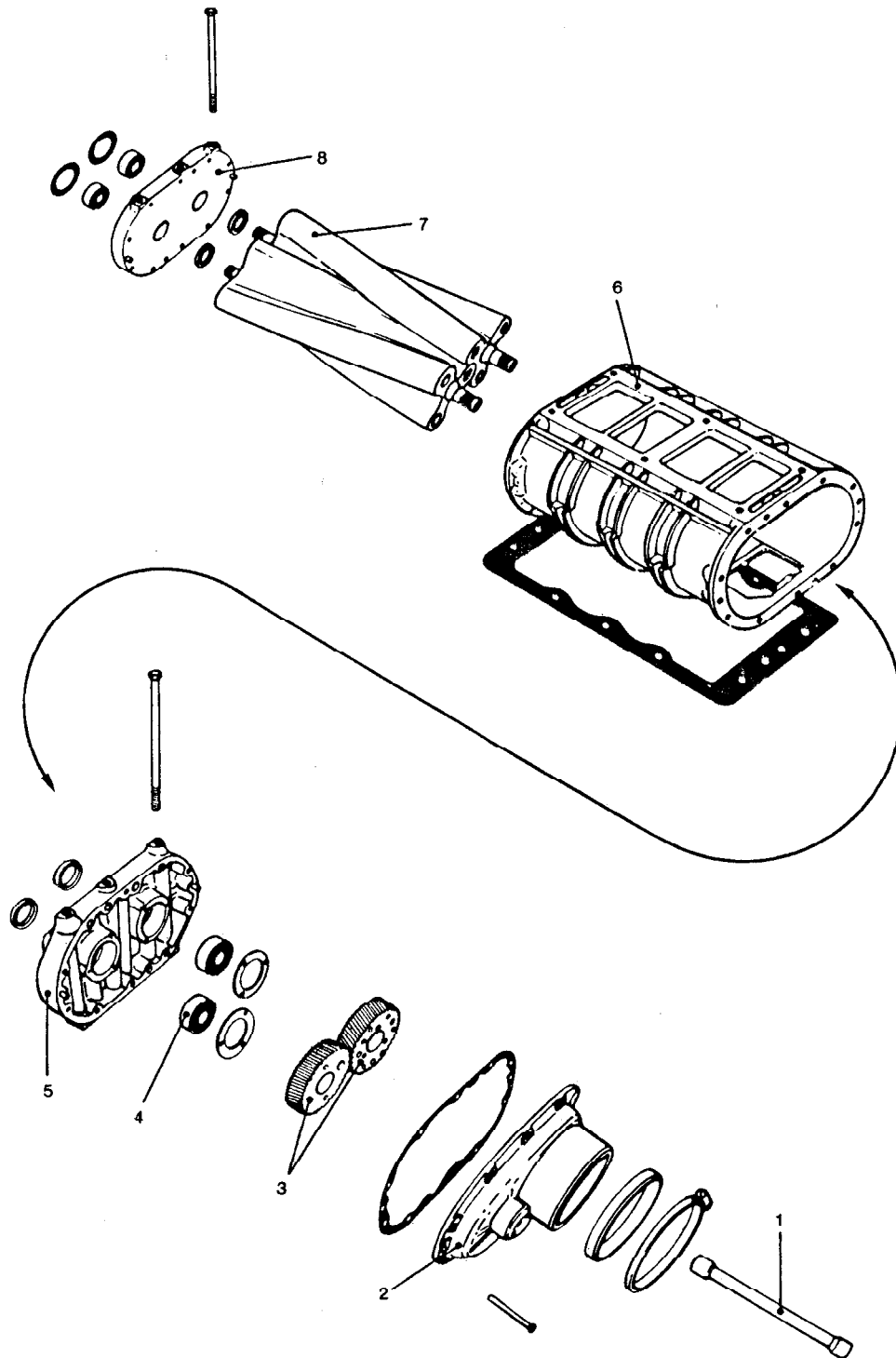
Los filtros de aire se instalan de modo que todo el aire se filtre antes de que entre al motor. Se utilizan diversos tipos de filtros de aire. Tienen un elemento para retener el polvo cuando el aire pasa a través de él; también sirven como silenciadores del ruido de admisión del aire.

### Filtro tipo baño de aceite

En la figura 17.5 se ilustra un filtro de aire pequeño, del tipo de baño de aceite. El aire que entra al filtro pasa sobre la superficie y a través del aceite en donde se retienen las partículas de polvo. El paso del aire por el filtro está proyectado de modo que cambie su sentido en forma abrupta cuando llega al aceite en el depósito en el fondo del filtro. Las partículas de polvo grandes, que son más densas que el aire no pueden hacer ese cambio rápido en su movimiento, sino que continúan en línea recta hacia el baño de aceite. Las partículas quedan atrapadas en el aceite y caen al fondo del depósito.

El aire se filtra, además, con el elemento de filtro humedecido con aceite en donde se retienen las partículas más pequeñas. El elemento retiene también el aceite en la corriente de aire, con lo cual sólo pasa aire limpio del filtro al motor. El aceite reteni-





**Fig. 17.4** Componentes principales del soplador para un motor de dos tiempos: 1 eje de impulsión, 2 tapa, 3 engranes, 4 cojinetes, 5 placa de extremo, 6 cubierta, 7 rotores, 8 placa de extremo

DETROIT DIESEL

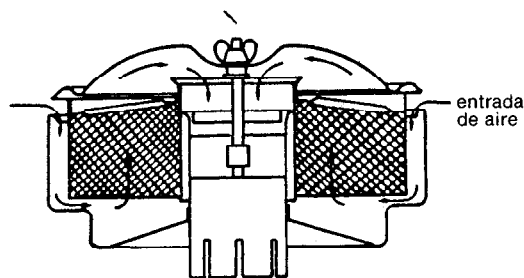


Fig. 17.5 Principios del filtro de aire de baño de aceite  
REPCO

do cae al fondo del depósito en donde se sedimenta el polvo.

En la figura 17.6 se muestra un corte de un filtro de aire de baño de aceite. El aire penetra por una entrada lateral. Se lo envía hacia abajo a la superficie y a través del aceite antes de subir por el elemento hasta la parte superior del filtro y su salida y hacia el motor. Al quitar la tuerca de mariposa en la tapa, se puede desarmar el filtro para sacar el elemento.

#### Filtro de aire con elemento seco (Fig. 17.7)

Tiene un elemento reemplazable hecho con un material poroso muy fino, que no necesita estar humedecido con aceite para retener las partículas finas de polvo. El material del elemento es lo bastante fino para retener las impurezas del aire, pero tiene suficiente porosidad para dejar pasar el aire limpio con muy poca restricción. En algunos filtros de aire, el elemento se puede lavar y volver a usar. En otros, hay que reemplazar el elemento. En el filtro que se ilustra, el filtrado depende de la eficiencia del elemento, que se obstruye en forma gradual con el polvo, que también se acumulará en el cuerpo del filtro. Esto se debe al movimiento rotatorio del aire en el cuerpo del filtro, ocasionado por placas desviadoras en el cuerpo y, en algunos casos, por placas en el propio elemento.

#### Filtro de aire tipo seco con recipiente para polvo (Fig. 17.8)

Se ilustra un filtro de aire desarmado y sus componentes. Es un filtro para trabajo pesado que tiene

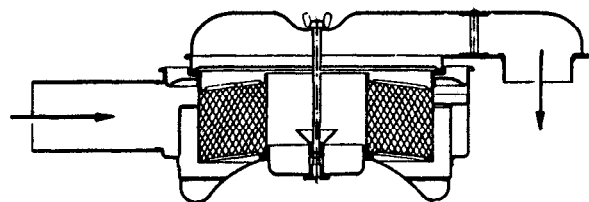


Fig. 17.6 Sección del filtro de aire en baño de aceite  
PERKINS

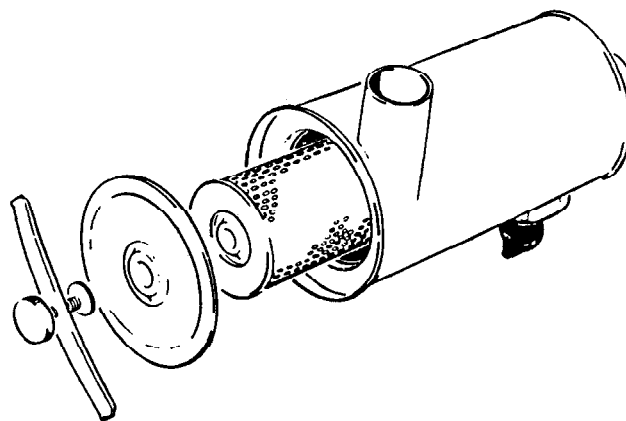


Fig. 17.7 Filtro de aire seco "de ciclón" PERKINS

recipiente para polvo y elemento de filtro. Puede ser de montaje vertical u horizontal como se ilustra.

En algunos filtros de este tipo se utiliza un elemento adicional, con lo cual son filtros de dos etapas. El elemento adicional, llamado elemento para seguridad, se instala dentro del elemento principal. El aire pasa primero por éste y, luego, por el elemento de seguridad. Si se daña el elemento primario, el de seguridad protege el motor; también protege el motor porque impide la entrada de cuerpos extraños cuando se da servicio al motor con el elemento principal fuera del filtro de aire. El elemento de seguridad no se puede limpiar; sólo se reemplaza a intervalos periódicos.

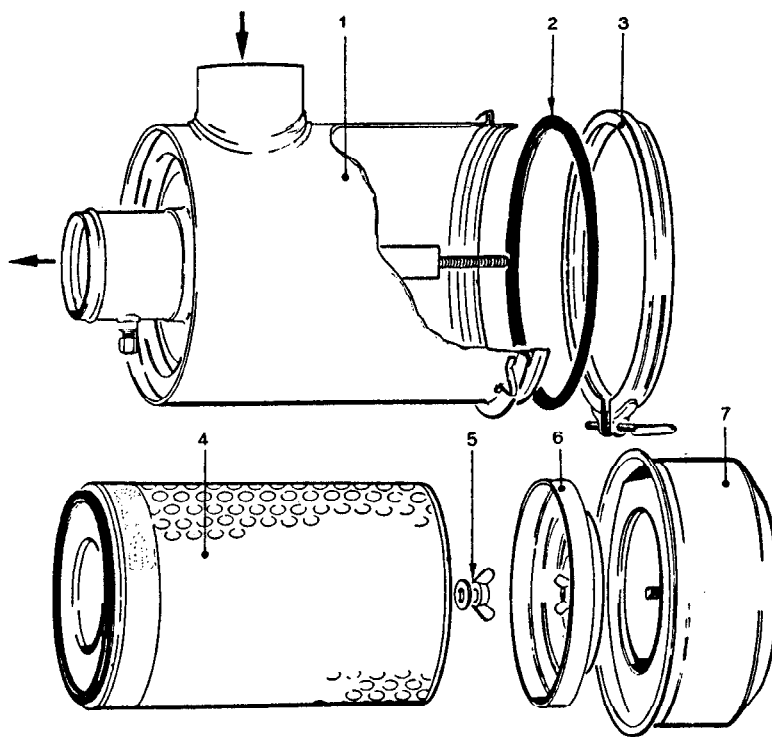
En la figura 17.9 se ilustra el filtrado del aire. El aire entra por el lado superior derecho del cuerpo del filtro. Las aspas prelimpiadoras en ángulo le dan movimiento de rotación al aire, con lo cual se expulsan por rotación las partículas de polvo que bajan por la pared del filtro hasta el recipiente para polvo en su parte inferior.

El movimiento rotatorio del aire y su acción centrífuga para separar los contaminantes, hacen que este tipo de filtro se llamen de ciclón; también se da este nombre al filtro ilustrado en la figura 17.7.

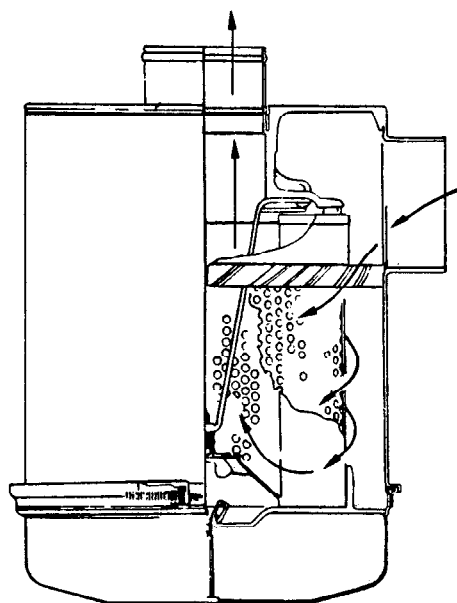
#### Filtro de aire de dos etapas

El filtro de aire de dos etapas que se ilustra en la figura 17.10 es del tipo tubular y tiene una sección superior y una inferior. Su fabricante lo llama "Duo-Dry". En la sección superior hay un elemento tipo seco reemplazable y en la sección inferior están los tubos "de ciclón". En el extremo inferior del filtro se emplea un recipiente para polvo.

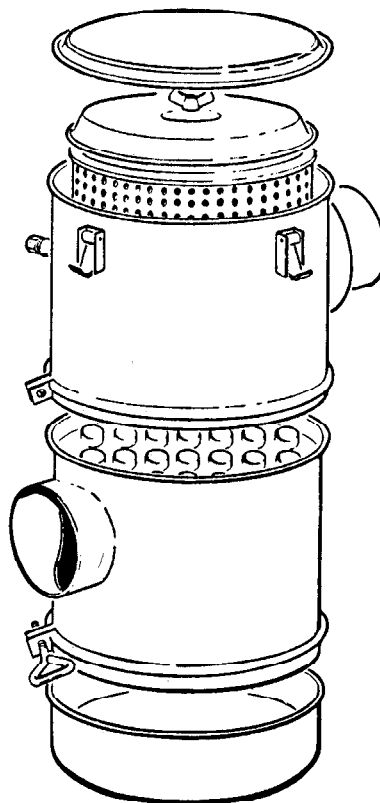
En la figura 17.11 se ilustra la configuración interna del filtro. El aire entra a la sección inferior del cuerpo del filtro y se envía hacia abajo por los tubos de ciclón, los cuales tienen aspas internas que hacen girar el aire en forma semejante a un ciclón. Con esto se lanzan las partículas de polvo hacia el exterior del tubo y caen al depósito de polvo. El aire



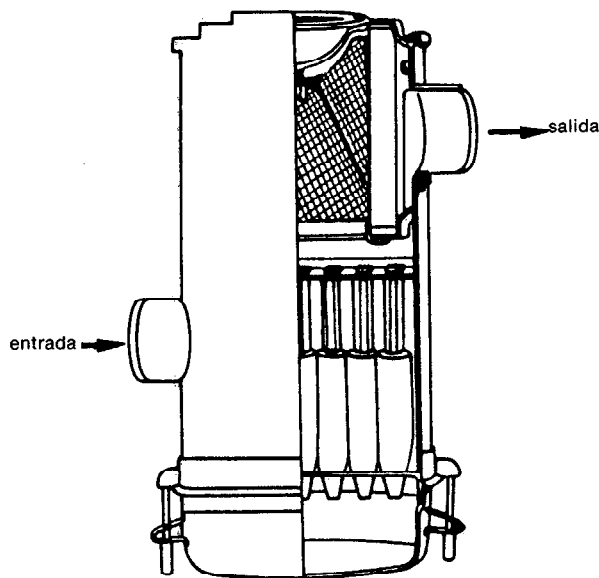
**Fig. 17.8** Componentes del filtro de aire del tipo de ciclón con recipiente para polvo: 1 cuerpo de filtro, 2 sello, 3 abrazadera, 4 elemento, 5 tuerca, 6 placa desviadora, 7 recipiente para polvo  
PERKINS



**Fig. 17.9** Acción de limpieza del aire en un filtro del tipo de ciclón  
GUMMINS



**Fig. 17.10** Filtro de aire "Duo-Dry" de dos etapas PERKINS



**Fig. 17.11** Disposición interna de un filtro de aire con tubos de ciclón  
CUMMINS

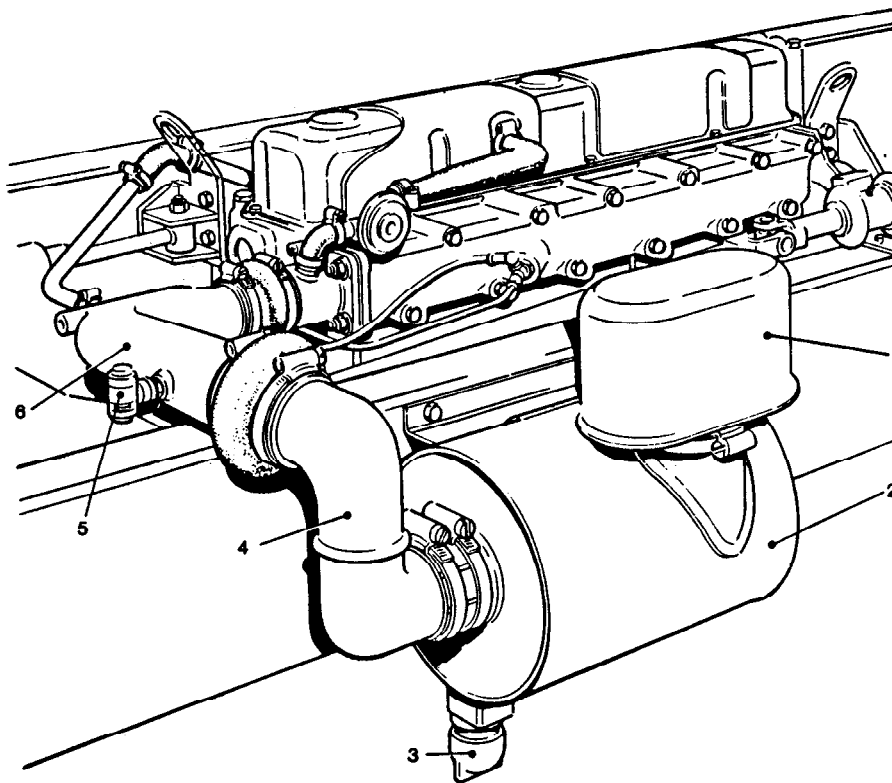
limpio en el centro del tubo cambia de sentido y se mueve hacia arriba al interior del elemento del filtro; éste retiene el polvo que pueda quedar en el aire que pasa a través de él hacia la salida del filtro y luego al motor.

Se debe tener en cuenta que, en este caso, el interior del elemento del filtro es el lado "sucio" y el exterior es el limpio, o sea lo opuesto o casi todos los otros elementos, en los cuales el aire pasa del exterior al interior.

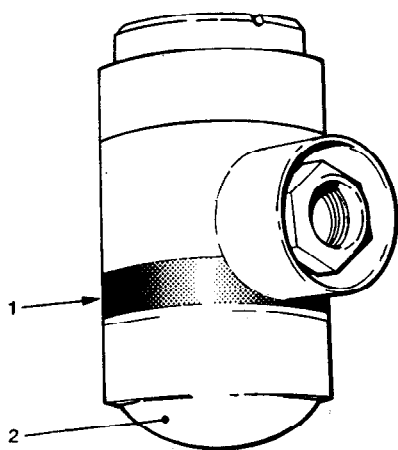
#### Válvula de descarga del filtro

Es una válvula de caucho moldeado que se utiliza con los filtros de aire tipo seco, llamada "Vacuator" por su fabricante. Se puede instalar en el recipiente para polvo o en la parte más baja del cuerpo del filtro. En la figura 17.12 se puede ver la colocación de la válvula de descarga en el filtro de aire.

La válvula expulsa en forma continua el polvo y la humedad conforme se acumulan y, por ello, impide en forma automática cualquier acumulación de polvo en el filtro de aire. Las pestañas de la válvula, hecha de caucho, están normalmente cerradas para impedir la entrada de polvo. Hay que mantener limpia la válvula e inspeccionarla con regularidad para comprobar que las pestañas se cierran pero no se queden pegadas.



**Fig. 17.12** Filtro de aire montado a un lado del motor: 1 sombrero para lluvia, 2 filtro de aire, 3 válvula de descarga, 4 codo, 5 indicador de restricción, 6 ductos  
BEDFORD



**Fig. 17.13** Indicador de restricción: 1 la señal roja indica restricción en el filtro, 2 oprimir el botón para restablecer PERKINS

### Indicador de restricción

En la figura 17.13 se ilustra un indicador de restricción, que está instalado en el lado "limpio" del filtro de aire o en los ductos entre el filtro y el motor para indicar cuándo se necesita limpiar o reemplazar el elemento del filtro.

El indicador funciona cuando hay diferencia en presión entre el filtro de aire y el motor. Cualquier restricción al paso de aire por el filtro produce cierta cantidad de vacío en los ductos entre el filtro y el motor. Cuando se llega a un valor predeterminado, el vacío hará funcionar el indicador y aparecerá una señal roja que se quedará fija, en posición visible, cuando se para el motor.

Cuando aparezca la señal roja, hay que sacar el elemento del filtro para limpiarlo o reemplazarlo; después, se oprime un botón de restablecimiento en el extremo del indicador para que desaparezca la señal roja.

### Filtros primarios

Se instalan antes del filtro principal de aire. Están destinados a retener las partículas sólidas que hay en el aire antes de que lleguen al elemento del filtro principal. Esto reduce la frecuencia del servicio al filtro principal.

La primera etapa del filtro de aire de dos etapas, ya descrito, es una de las formas de filtro primario. Otros filtros primarios se instalan en la toma de aire, separados del filtro principal. En un tipo se utiliza un recipiente transparente a fin de ver con facilidad la cantidad de polvo que se ha acumulado. En este filtro también se utilizan aspas para dar movimiento rotatorio al aire de admisión que lanza las partículas de polvo hacia el recipiente para polvo por acción centrífuga.

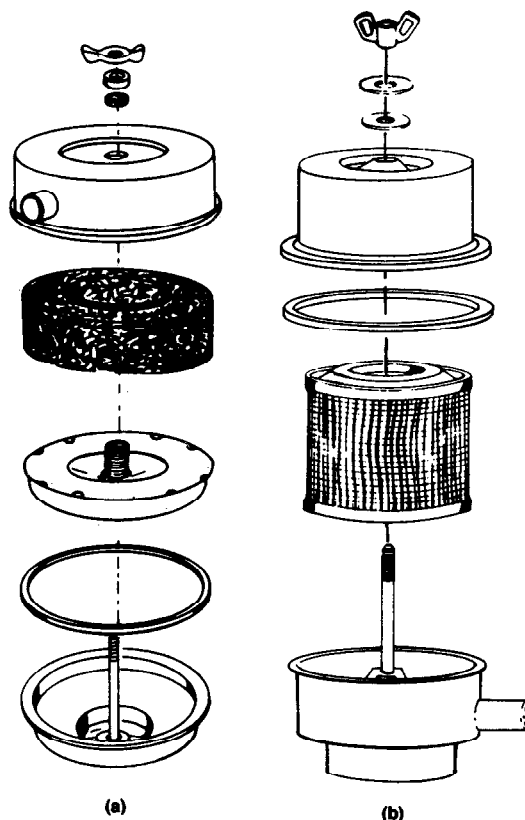
### Localización del filtro de aire

En los vehículos pequeños, el filtro de aire se monta directamente en el motor, sobre o cerca del múltiple de admisión. En motores grandes, donde la caja del filtro es de gran tamaño, pueden estar alejados del múltiple de admisión, con el cual se conectan mediante ductos o tubos, flexibles o rígidos. En las máquinas motrices, el filtro de aire suele estar montado detrás de la cabina del operador y el tubo de admisión llega hasta el techo de la cabina. El extremo del tubo de admisión tiene un protector o sombrero para impedir la entrada de agua.

En vehículos para trabajo en carretera, por ejemplo los autobuses, el filtro de aire está montado junto al motor (Fig. 17.12) y conectado al múltiple de admisión con un ducto. El filtro de aire que se ilustra tiene un sombrero contra la lluvia en el lado de admisión y una válvula de descarga en la base. También tiene un indicador de restricción instalado en el codo del ducto entre el filtro y el múltiple de admisión.

### Respiraderos del motor

Los respiraderos del motor desempeñan dos funciones: descargan la presión dentro del motor y el



**Fig. 17.14** Respiraderos del motor: a) elemento de malla, b) elemento seco de papel CUMMINS

depósito de aceite y sirven para filtrar el aire que entra al motor a fin de impedir la entrada de polvo. Algunos motores tienen un sistema de ventilación positiva en vez de respiraderos que descargan a la atmósfera. La ventilación del motor se describe en el capítulo 14.

Los respiraderos del motor, en realidad, son filtros de aire pequeños y funcionan de un modo similar. Se utilizan tres tipos de respiraderos: humedecidos con aceite que tienen un elemento de malla cubierto con aceite, como se ilustra en la figura 17.14a); respiraderos de baño de aceite, que tienen elemento de malla y baño de aceite y respiraderos tipo seco que tienen un elemento seco de papel (Fig. 17.14b)). Un tubo de respiración en el respiradero lleva los vapores de aceite fuera del motor.

### Servicio

Los respiraderos necesitan servicio periódico, similar al de los filtros de aire. Los elementos de malla de los filtros humedecidos con aceite y de baño de aceite se lavan con Keroseno (petróleo diáfano), se dejan secar y se les vuelve a poner aceite. Los elementos del tipo seco se reemplazan si están obstruidos o dañados.

### Servicio al filtro de aire

Se debe dar servicio al filtro de aire a los intervalos recomendados por el fabricante del motor. La frecuencia del servicio al filtro depende, en cierto grado, del tipo de filtro, pero en grado mucho más importante de las condiciones de operación del vehículo y el motor.

La finalidad del filtro de aire es suministrar grandes cantidades de aire limpio al motor. Si el elemento se obstruye con polvo, se restringirá el paso de aire. Si está dañado, el aire que entre al motor llevará mucho polvo y se dañará el motor.

El método para dar servicio al filtro de aire y su elemento depende de su tipo, como se describe a continuación.

#### Filtro de aire de baño de aceite

Se desarma el filtro y se saca el elemento. Se vacía el aceite del cuerpo y se limpia con todo cuidado el polvo y lodo que haya en el fondo.

Para limpiar el elemento del filtro se sumerge en Keroseno y se agita para eliminar el aceite y el polvo. Se deja escurrir, se sopletea con aire comprimido a baja presión y se vuelve a aplicar aceite para motor al elemento. No se debe utilizar gasolina para lavar el elemento, pues es un combustible muy volátil y si llega a entrar al motor ocasionará serios daños.

Se llena el recipiente con aceite hasta la marca de nivel y se arma el filtro. No hay que exceder de esa marca, porque el motor puede absorberlo y ello producirá velocidades excesivas y sin control.

#### Filtro primario

Los filtros de baño de aceite para trabajo pesado pueden tener un filtro primario centrífugo encima del filtro principal. Hay que desmontar el filtro primario para limpiarlo; luego, se le aplica aceite al elemento si es de ese tipo. Hay que vaciar el recipiente para aceite y volver a llenarlo con aceite limpio, si el filtro es de ese tipo. Se debe tener cuidado especial para limpiar el polvo que pueda estar adherido en la superficie interna de los ductos, pues puede ocasionar restricción al paso de aire.

#### Filtros pequeños tipo seco

Para limpiar el elemento de los filtros de aire pequeños, tipo seco, se saca de la caja del filtro. Hay que examinar el elemento contra una luz fuerte para ver si tiene perforaciones; si se pueden ver cualesquiera agujeros, hay que reemplazar el elemento. Si el elemento está mojado con aceite, también se debe reemplazar. Este tipo de elemento no se debe lavar con ninguna solución limpiadora, porque perderá su acción filtrante. Hay dos métodos para limpieza:

1. Désele unos golpecitos suaves y cuidadosos al elemento contra una superficie plana y limpia, para desalojar las partículas de polvo que contenga. Para ello, hay que mantener plano el elemento, para que todo el borde de sellamiento esté en contacto con la superficie plana. No se golpee el elemento en ninguna parte del borde o en forma tal en que se pueda deformar y dañar y no selle cuando está instalado.
2. El elemento se puede limpiar con aire comprimido a baja presión, como se ilustra en la figura 17.15. Hay que tener cuidado de no perforar el material del elemento con el aire, por lo que la boquilla de aire debe estar cuando menos a 100 mm del interior del elemento. Se aplica el aire con todo cuidado desde el centro hacia fuera del elemento para desprender las partículas de polvo que puedan estar adheridas en la superficie externa del elemento.

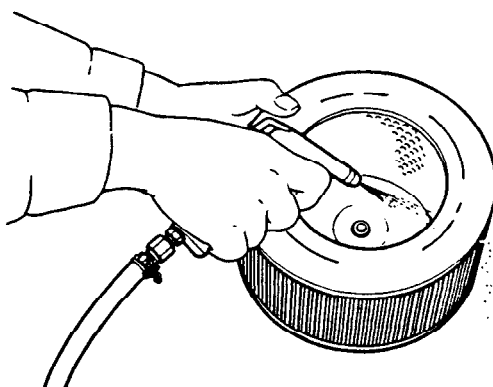


Fig. 17.15 Limpieza de un elemento tipo seco con aire a baja presión MAZDA

Aunque el elemento se puede limpiar como se describió, los poros del material filtrante se obstruyen en forma gradual; por ello, los fabricantes especifican que el elemento se debe reemplazar después de un periodo específico, por ejemplo, 30 000 km de recorrido o con mayor frecuencia en lugares polvosos o si se sospecha que el elemento está dañado.

Al instalar el elemento en el cuerpo del filtro, asegúrese que los sellos superior e inferior del elemento hacen contacto con el cuerpo y la tapa. Es importante un sellamiento correcto en estos lugares para impedir la entrada de aire sin filtrar al motor. En algunos filtros de aire, las partes del cuerpo se alinean por medio de una ranura y una lengüeta; si no quedan bien alineadas al armar, se puede deformar la tapa y permitir filtraciones de aire. No hay que apretar en exceso la tuerca de mariposa que sujeta la tapa porque se producirían deformaciones.

### **Filtros de aire tipo seco para trabajo pesado**

En un filtro de aire para trabajo pesado, como el de la figura 17.8, se desmonta el recipiente para polvo, se saca el polvo y se limpia el recipiente. Hay que desmontar el recipiente con frecuencia para impedir el exceso de polvo que podría obstruir el elemento del filtro.

Se saca el elemento del cuerpo del filtro y se limpia el interior del cuerpo con un trapo húmedo.

El elemento del filtro se puede limpiar como sigue:

1. Si el elemento sólo tiene polvo seco, se puede limpiar con un chorro de aire limpio a baja presión aplicado hacia arriba y abajo en los pliegues en el lado limpio del elemento. La boquilla de aire se debe mantener, cuando menos, a 100 mm del elemento para no dañarlo. Los elementos grandes no se pueden ni deben golpear para quitarles el polvo porque se dañarán o deformarán.
2. Si el elemento está contaminado con aceite o con hollín y el fabricante lo permite se puede lavar con una solución de agua templada y detergente que no haga espuma.

Sumerja el elemento en la solución de agua detergente por unos 15 minutos y luego agítelo suavemente para sacar la mugre suelta. Enjuáguese con agua limpia a baja presión por el lado limpio del elemento.

Hay que dejar secar el elemento antes de instalarlo. Si hay que emplearlo en seguida de lavarlo, se puede secar con aire como se indica en el paso 1.

Para inspeccionar el elemento, se coloca una bombilla (foco) dentro del elemento. Si hay cualesquiera puntos delgados, agujeros o señales de daño se debe reemplazar. Hay que reemplazar el elemento después de lavarlo seis veces, o bien una vez al año.

Ármese el filtro y compruébese que no hay filtración en ninguna de las uniones. Hay que comprobar que todas las conexiones en el cuerpo del filtro y en el ducto estén limpias y no tengan filtraciones.

## **Mantenimiento del sistema de admisión de aire**

Para tener la seguridad de que el motor recibe un suministro adecuado de aire limpio, además de darle servicio al filtro de aire también hay que inspeccionar el sistema de admisión a intervalos periódicos. Las inspecciones y pruebas del sistema son las siguientes.

### **Sombrero para lluvia**

El sombrero para lluvia en el lado de entrada de aire al filtro debe estar limpio en el exterior y en el interior. La acumulación de polvo en el interior del sombrero restringirá el paso de aire; en el exterior puede penetrar al sistema.

### **Entrada de aire**

El fabricante del equipo o del filtro determina la posición de la entrada al mismo. Cuando el motor trabaja en lugares muy polvosos, la entrada de aire debe estar en donde pueda penetrar aire que esté libre de hollín del escape y del polvo levantado por el vehículo o equipo en donde esté instalado el motor.

Esto se debe tener presente si se van a efectuar modificaciones a los sistemas de admisión o de escape. El hollín en el elemento del filtro indicará que hay un problema.

### **Filtro de aire**

El filtro o filtros de aire, si se emplea más de uno, deben recibir servicio periódico. Hay que tener cuidado, al armar el filtro después del servicio, de que todas las juntas y sellos estén en su lugar correcto y que no haya filtraciones.

### **Ductos**

Se debe inspeccionar si los ductos, mangueras de caucho y conexiones del sistema tienen daños o degradación. Esto se aplica a todos los sistemas, pero en particular a aquéllos en los que el filtro de aire está montado lejos del motor y se emplean ductos largos.

### **Filtraciones de aire**

El sistema debe estar libre de filtraciones de aire. Se debe prestar atención particular a las uniones y conexiones que puedan permitir la entrada de aire sin filtrar al lado para aire limpio en el sistema. Esta parte estará a una presión ligeramente inferior a la atmosférica y se succionará aire sin filtrar por una

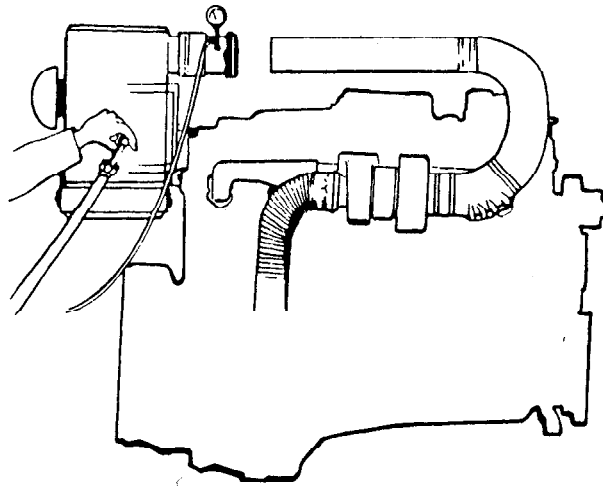


Fig. 17.16 Conexiones para probar si hay fugas por el filtro de aire en un motor turbocargado

CUMMINS

conexión floja o por cualquier pequeña abertura que pueda haber.

#### Prueba para filtraciones de aire

Si se sospecha que está entrando al motor aire sin filtrar, se puede probar si se producen por el filtro y el ducto, con la aplicación de aire a baja presión y con agua jabonosa para localizar las filtraciones.

Para esta prueba, hay que poner tapones en los extremos de entrada y salida de aire del sistema. Se pueden utilizar pedazos de caucho de una cámara vieja para neumático, bien sujetos en el extremo del ducto para que no haya filtraciones. El método y tipo de tapones dependerá del filtro y del sistema en particular. En la figura 17.16 se ilustra un método para probar un filtro de aire.

Se utiliza una bomba de mano o una manguera de aire del taller a muy baja presión para aplicar aire en la válvula. La presión dentro del filtro y el ducto no debe exceder de 14 kPa.

Se aplica agua jabonosa con una brocha en todas las conexiones y uniones del sistema. Cualquier abertura que permitiría la entrada de polvo se detectará por las burbujas en la solución jabonosa que produce el aire que escape. Cualesquiera filtraciones o fugas se deben corregir hasta que el sistema quede hermético.

#### Múltiple de admisión

Se utiliza una junta entre la brida de montaje del múltiple y la culata de cilindros. La junta debe estar en buenas condiciones y los tornillos de sujeción apretados a la torsión correcta para impedir filtraciones de aire. El orden para apretar los tornillos es comenzar en el centro del múltiple y avanzar, en forma alternada, hacia los extremos.

#### Sistema de escape

La función del sistema de escape es conducir los gases quemados desde los orificios de escape en la culata de cilindros y descargarlos en la atmósfera lejos del conductor y del motor. También tiene que disminuir el ruido de los gases de escape a un valor aceptable.

Los sistemas de escape se diseñan para que los gases tengan libre circulación y la contrapresión sea mínima.

En la figura 17.17 se ilustran los componentes de un sistema de escape, excepto el múltiple de escape. Los tres componentes son: 1) el tubo de escape que está conectado en el múltiple, el silenciador 3) y el tubo de salida o de cola 5). El silenciador está suspendido con las perchas 2) y 4) en el bastidor del vehículo. Un sistema de este tipo se podría utilizar en un vehículo comercial ligero o en un automóvil. Los gases de escape se descargan por la parte posterior o en un costado del vehículo.

En la figura 17.18 se ilustran los componentes de un sistema de escape en un camión, en el cual el tubo de salida 5) tiene una extensión vertical para que los gases descarguen encima de la cabina. Igual

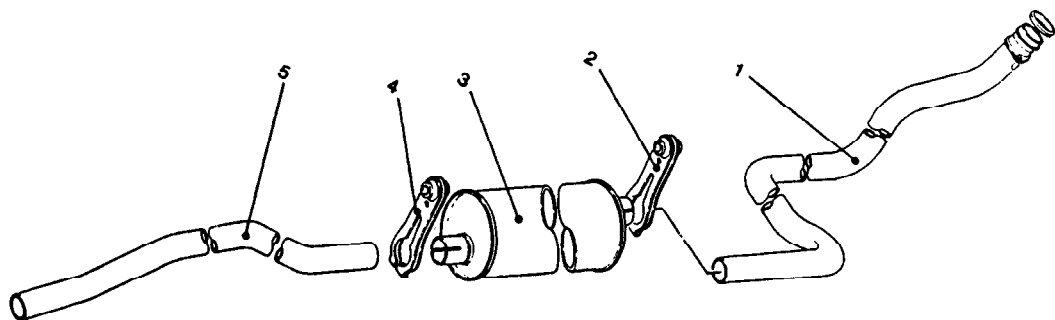
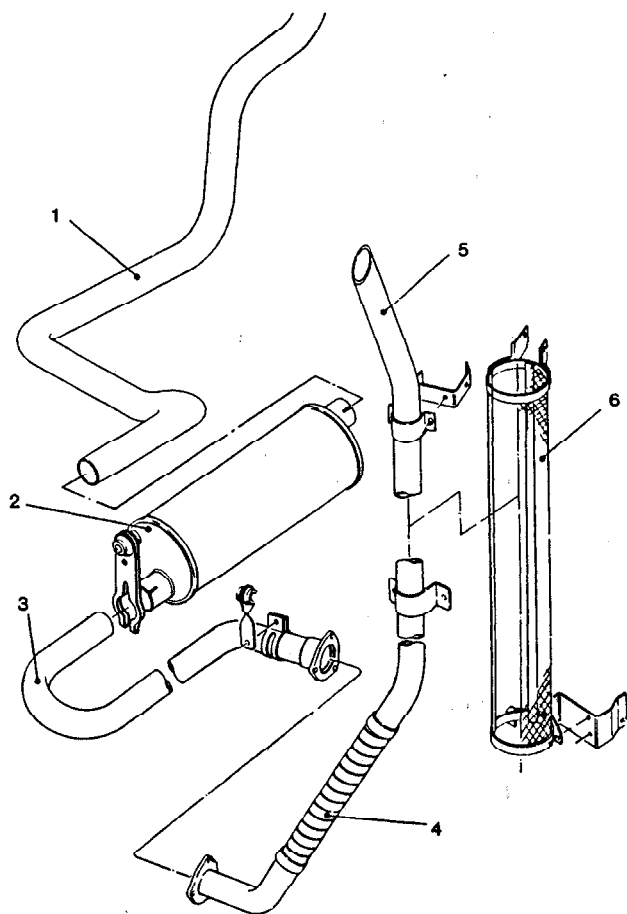


Fig. 17.17 Sistema de escape para un vehículo ligero: 1 tubo de escape, 2 percha del silenciador, 3 silenciador, 4 percha, 5 tubo de salida

ISUZU





**Fig. 17.18** Sistema de escape para un vehículo pesado. Tiene una extensión vertical del tubo de salida y un proyector; 1 tubo de escape, 2 silenciador, 3 tubo, 4 tubo flexible, 5 tubo de salida, 6 protector

ISUZU

que en el sistema que se acaba de describir, el silenciador 2) y sus tubos están suspendidos con perchas. Se utilizan bujes de caucho entre la parte superior de la percha y el bastidor o el bastidor secundario como aisladores para evitar que las vibraciones del sistema se transmitan a otras partes del vehículo.

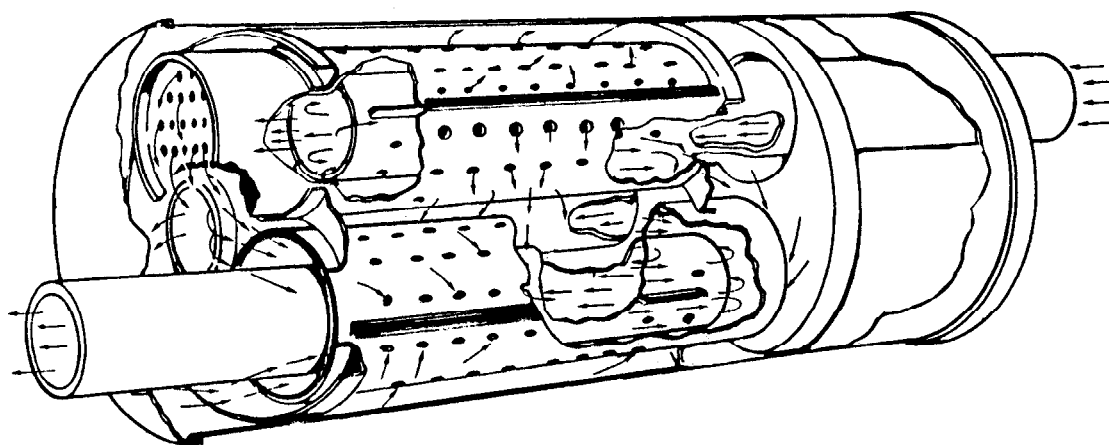
El tubo vertical de salida está sujeto con montantes y soportes en la parte posterior de la cabina. Esto permite movimiento entre el tubo y otras partes del sistema. Como esta parte del sistema está al descubierto, se utiliza un protector perforado, por lo general de acero inoxidable, para evitar el contacto accidental con el tubo de salida, que está muy caliente, por parte del conductor o de cualquier otra persona que se acerque al vehículo.

Se suele utilizar un sombrero para lluvia en la parte superior del tubo vertical de salida. El sombrero tiene bisagras y está contrabalanceado para que esté cerrado cuando se para el motor, pero los gases del escape lo abren con facilidad al momento de poner en marcha el motor. El sombrero impide la entrada de lluvia y otros cuerpos extraños al tubo de salida cuando está parado el motor.

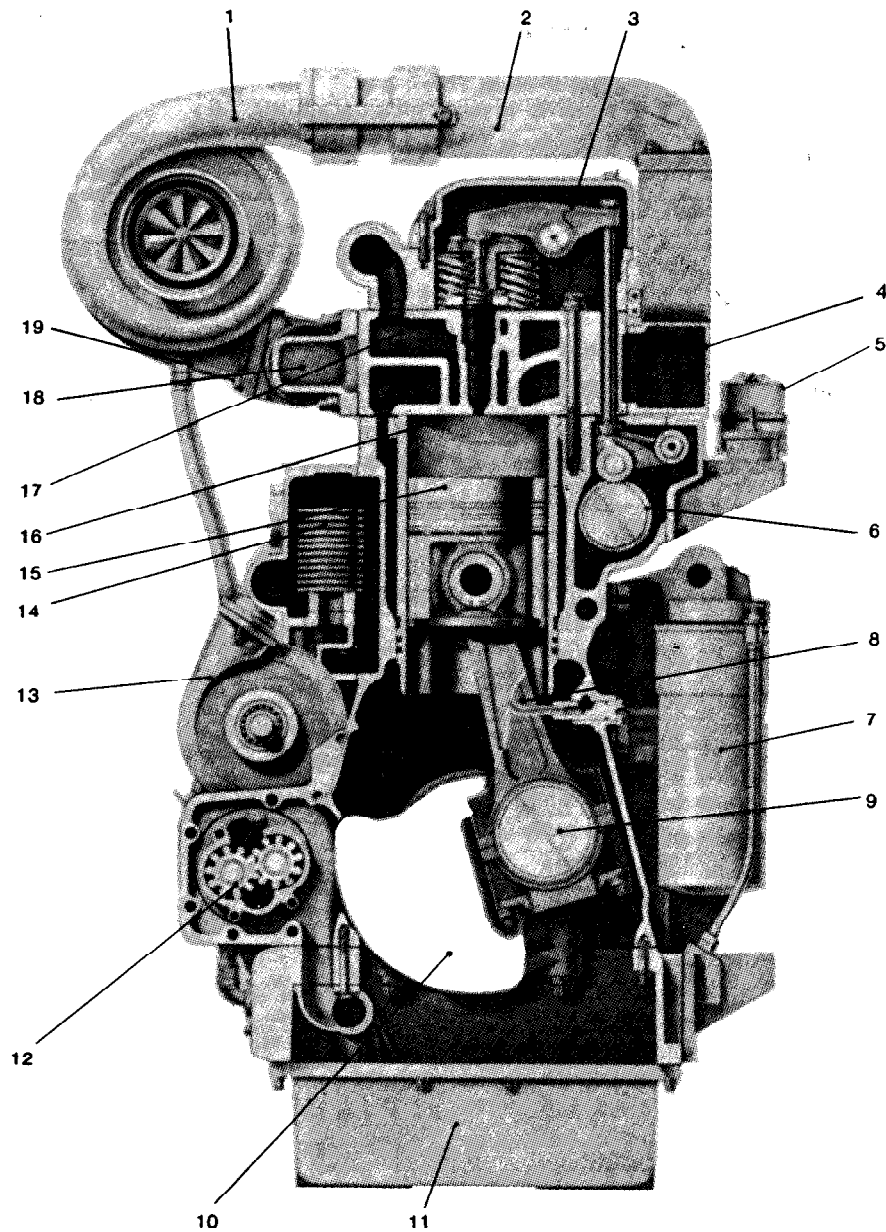
#### Silenciador (mofle)

El silenciador consiste en un cuerpo redondo u ovalado que contiene placas desviadoras y tubos perforados. Los gases del escape salen del motor en una serie de pulsaciones. La expansión del gas dentro del silenciador y el efecto de las placas desviadoras y tubos perforados sobre el gas, reduce el ruido de las pulsaciones.

En la figura 17.9 se ilustra un silenciador del tipo utilizado en vehículos pequeños. Los vehículos pesados suelen tener un silenciador más largo con mayor superficie de expansión y menos placas y tubos. El silenciador ilustrado es del tipo de flujo inverso, en el cual los gases cambian de dirección dentro del silenciador. Hay otros silenciadores del tipo de flujo en línea recta de un extremo a otro.



**Fig. 17.19** Flujo de gases en un silenciador de escape



**Fig. 17.20** Corte seccional de un motor Cummins turbocargado. Se pueden ver las piezas internas: 1 turbocargador, 2 tubo transversal de admisión de aire, 3 balancín del inyector, 4 múltiple de aire (admisión), 5 respiradero del motor, 6 árbol de levas, 7 filtro de aceite, 8 boquilla para enfriamiento de pistones, 9 muñón de biela, 10 contrapeso del cigüeñal, 11 depósito de aceite, 12 bomba del aceite tipo de engranes, 13 bomba del agua, 14 enfriador de aceite del tipo de placas, 15 pistón, 16 camisa de cilindro, 17 camisa de agua en la culata de cilindros, 18 múltiple de escape, 19 retorno de aceite del turbocargador.

CUMMINS

## ***Preguntas para repaso***

1. Enumérense las partes del sistema de admisión de aire.
2. ¿Qué piezas adicionales se utilizarían en un motor equipado con turbocargador?
3. ¿Qué función tiene el soplador en el sistema de admisión de aire de un motor de dos tiempos?
4. ¿Por qué se utilizan los filtros de aire?
5. ¿Cuáles son los posibles resultados de un filtro de aire deficiente?
6. Explíquese cómo funciona un filtro de aire de baño de aceite.
7. ¿Qué significa filtro de aire tipo seco?
8. Explíquese como funciona un filtro de aire del tipo de ciclón.
9. ¿Qué es la válvula de descarga del filtro? ¿Dónde se instala?
10. ¿Qué significa filtro primario de aire?
11. ¿Cómo funciona un indicador de restricción?
12. Menciónense los diferentes tipos de respiraderos del motor.
13. Describese como se le da servicio a un filtro de aire de baño de aceite.
14. Explíquese como se le da servicio a un filtro de aire tipo seco.
15. Enumérense las diversas partes del sistema de admisión de aire y las inspecciones y comprobaciones que se pueden hacer en ellas.
16. ¿Cuáles son las diferencias entre el sistema de escape de los camiones y el de los automóviles?
17. ¿Cuál sería el efecto de que la salida del escape y la entrada al filtro de aire estuvieran muy próximas entre sí?
18. ¿Cuál es la finalidad del silenciador?

## Turbocargadores

Los *turbocargadores* o sobrealimentadores se utilizan para obligar a entrar a los cilindros del motor una masa de aire mayor de la que es posible con la sola presión atmosférica. Esa masa mayor de aire suministra más oxígeno para la combustión, lo cual permite quemar más combustible en la cámara de combustión, con lo que el motor produce más potencia.

Los *sopladores* se utilizan para el suministro de aire para barrido en los motores Diesel de dos tiempos como ya se describió. El aire para barrido está a una presión ligeramente más alta que la atmosférica y no tiene efecto de sobrealimentación porque no aumenta la presión dentro de los cilindros. Se suelen utilizar sopladores del tipo Rootes, impulsados por el motor, similares al ilustrado en la figura 17.4 para suministrar un gran volumen de aire a baja presión para barrido.

Los términos “turbocargador” y “soplador” se han utilizado para designar dos componentes distintos utilizados para fines diferentes; sin embargo, se utilizan a veces, indistintamente, en relación con la sobrealimentación.

En los motores Diesel se utiliza un sobrealimentador impulsado por los gases del escape, llamado turbocargador (turboalimentador) y se ilustra en la figura 18.1

### Respiración del motor

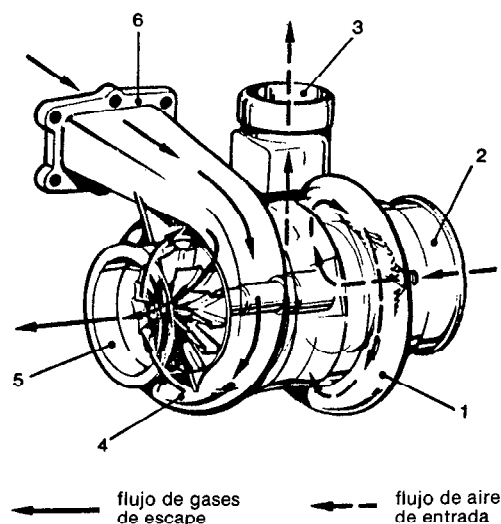
Los motores que no tienen turbocargador se llaman de *aspiración natural*. Es decir, aspiran el aire por la acción normal de bombeo de los pistones en los cilindros. Esta acción de los pistones reduce la presión dentro de los cilindros y el aire penetra en ellos debido a la presión atmosférica. Incluso en condiciones ideales, la presión del aire que entra a los cilindros no llega a ser la atmosférica y, en la práctica, es bastante menor.

El turbocargador incrementa el flujo de aire a las cámaras de combustión y aumenta la presión

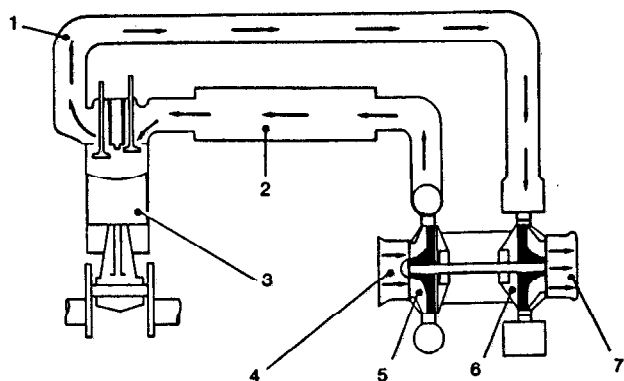
a más o menos el doble que la atmosférica. Esto puede aumentar la potencia y la torsión (par) del motor entre 25 y 40% según sea el diseño del turbocargador y del motor.

### Turbocargador

Consiste en un compresor centrífugo montado en el mismo eje que una turbina impulsada por los gases del escape. En esta forma, la energía de los gases del escape que, en otra forma se desperdiciaría, se emplea para impulsar el compresor y aumentar la masa de la carga de aire para los cilindros. En la figura 18.2 se ilustra una instalación básica del turbocargador.



**Fig. 18.1** Turbocargador: 1 compresor, 2 entrada de aire, 3 aire al motor, 4 turbina, 5 salida de gases, 6 brida de montaje y entrada de gases del escape a la turbina  
CUMMINS



**Fig. 18.2** Instalación del turbocargador: 1 múltiple de escape, 2 postenfriador, 3 pistón, 4 entrada de aire, 5 compresor, 6 turbina, 7 salida de gases  
CATERPILLAR

El turbocargador tiene un rotor que se compone de un eje con una rueda de turbina en un extremo y una rueda de compresor o impulsor en el otro. El rotor está montado dentro de una cubierta para formar la turbina impulsada por los gases del escape en un extremo y el compresor en el otro. Los gases de escape enviados a la turbina hacen que el rotor gire a altas velocidades y accione el compresor. El aire entra al compresor en el centro y se comprime cuando lo lanza hacia afuera la fuerza centrífuga debida a la alta velocidad de rotación de

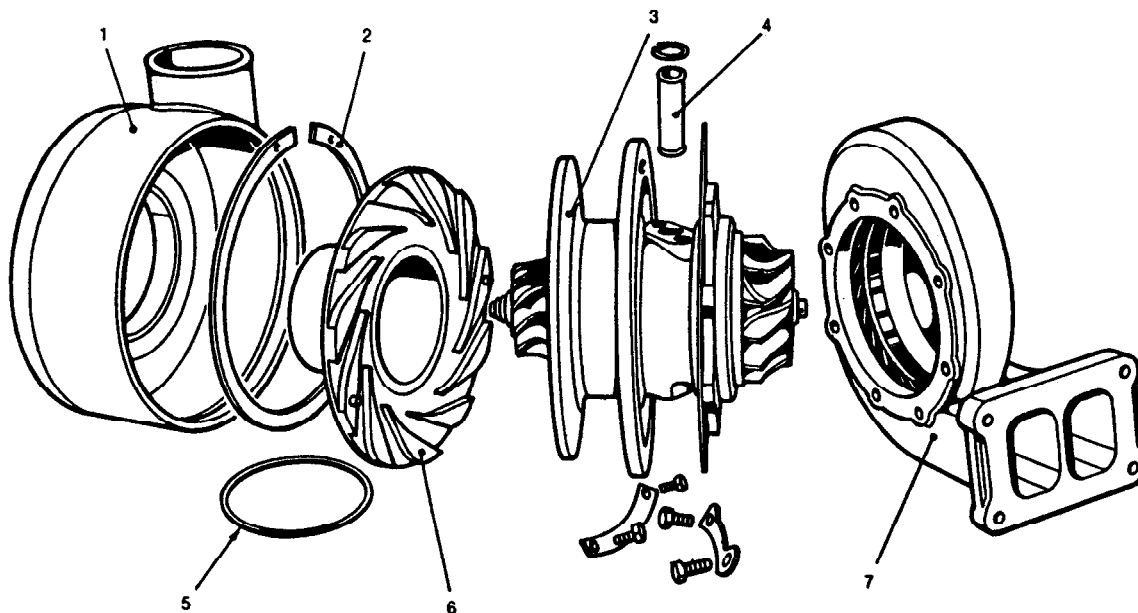
la rueda del compresor. En esta forma, se hace entrar una mayor masa de aire en los cilindros.

Los turbocargadores, además de aprovechar la energía de los gases de escape, también, responde, en gran parte, a las demandas del motor. Si se inyecta más combustible en los cilindros, aumentará tanto la energía de los gases del escape como la velocidad del turbocargador. Esto aumentará la masa de la carga de aire para satisfacer las necesidades del motor.

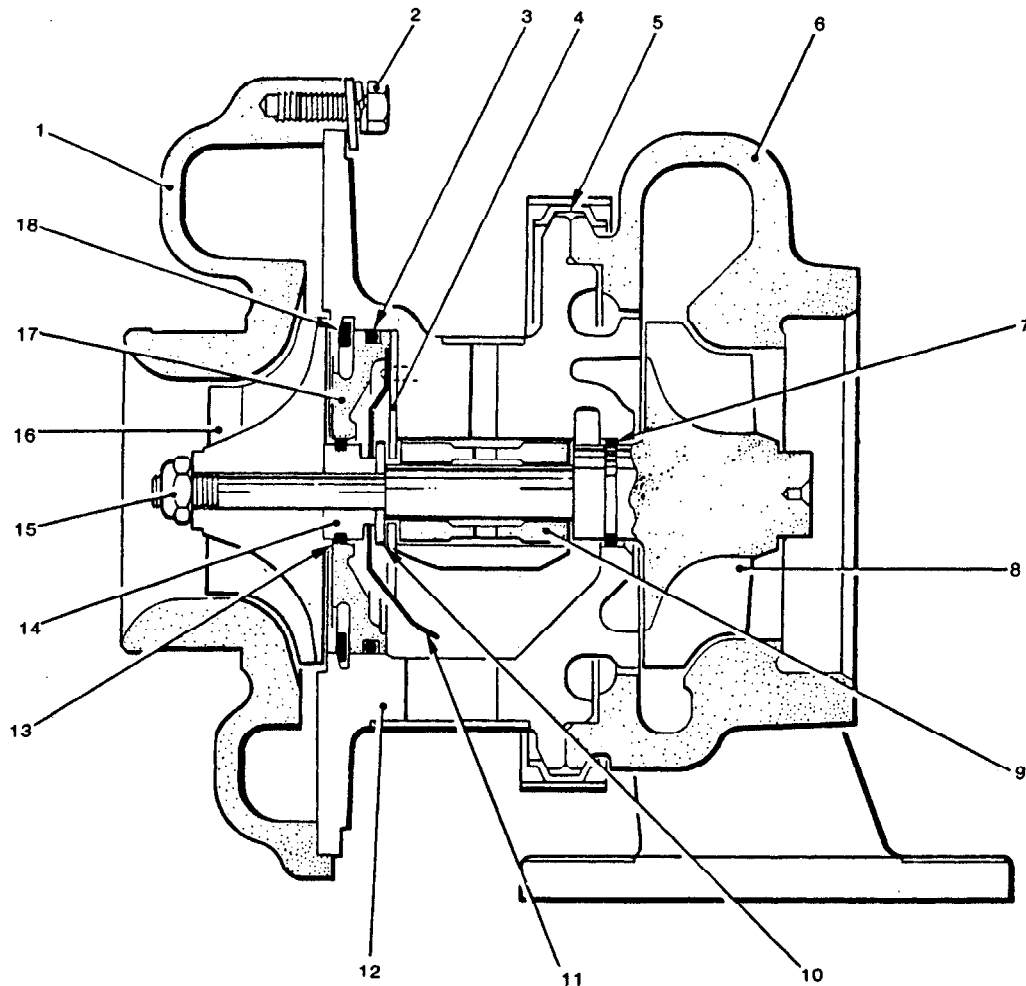
#### Componentes del turbocargador

En la figura 18.3 se ilustran los principales componentes del turbocargador. Se muestra la turbina en el lado derecho y el compresor en el lado izquierdo. El rotor, en el centro, incluye la rueda de la turbina y la del compresor. El rotor tiene una cámara central en la cual se circula el aceite del motor para lubricar y enfriar el eje y los cojinetes. La cubierta de la turbina tiene aspas que forman un anillo de toberas. Los gases de escape del motor circulan alrededor de la cubierta de la turbina y las aspas los envían hacia dentro, con lo cual llegan a la turbina a alta velocidad.

En la figura 18.4 aparece un corte seccional de un turbocargador y sus componentes. El núcleo central incluye los cojinetes y el eje en donde están montados la rueda de turbina 8) y la rueda del compresor 16). La cubierta 6) de la turbina está montada en el núcleo con una abrazadera en V 5); la cubierta 1) del compresor está sujeta con tornillos en el núcleo.



**Fig. 18.3** Componentes del turbocargador: 1 tapa del compresor, 2 arillo seguro, 3 rotor, 4 colador de aceite, 5 sello, 6 placa del compresor, 7 cubierta de la turbina  
LUCAS CAV



**Fig. 18.4** Componentes del turbocargador: 1 cubierta del compresor, 2 tornillo, 3 sello anular, 4 placa de empuje de cojinete, 5 abrazadera en V, 6 cubierta de la turbina, 7 anillo de pistón, 8 rueda de la turbina, 9 cojinete, 10 arillo de empuje, 11 desviador de aceite, 12 cubierta del cojinete, 13 anillo de pistón, 14 manguito, 15 tuerca, 16 rueda del compresor, 17 inserto, 18 arillo de sujeción

PERKINS

El cojinete 9) es de aleación de aluminio. Es del tipo semiflotante y tiene una pequeña holgura entre su parte interior y el eje y también entre su parte exterior y la cubierta. El aceite lubricante del motor se envía al cojinete y al espacio anular entre las superficies del cojinete para lubricación y enfriamiento.

Se utilizan anillos de pistón 7), 13) para sellar en cada extremo del eje y un sello anular 3) entre el inserto 17) y la cubierta. El turbocargador se monta en el múltiple de escape con una base con brida que también es la entrada para los gases de escape.

#### Características de diseño de los turbocargadores

Hay tres tipos de turbocargadores. Todos funcionan en forma similar, pero tienen distintos sistemas para dirigir el flujo de gases de escape del motor hasta la turbina. Los tres tipos son: de espiral, o de voluta, de anillo de toberas y de impulsos.

#### Turbocargador de espiral o de voluta

Tiene un solo conducto para llevar los gases del escape hasta la rueda de la turbina. La voluta es un pasaje en espiral en la cubierta de la turbina, que reduce su tamaño. El cambio en tamaño se requiere para mantener la velocidad de los gases en toda la espiral o voluta. El gas pasa en forma continua de la espiral a la rueda de la turbina por una abertura en torno al interior de la espiral. Los gases chocan contra la rueda de la turbina para hacerla girar y salen de ella por el tubo de escape.

La rueda del compresor está montada en un eje común con la rueda de la turbina. La rueda del compresor tiene aspas curvas que toman el aire y lo comprimen por la fuerza centrífuga. El aire sale de la punta de las aspas del compresor a alta velocidad y baja presión. Luego pasa por la placa o difusor hacia la voluta en la cubierta del compresor. Esto



reduce la velocidad del aire y le aumenta la presión antes de enviarlo a las cámaras de combustión.

#### **Turbocargador de anillo de tobera**

En este tipo se utilizan una espiral y un anillo de tobera y, en otros, dos espirales y anillos de tobera separados. La turbina de la figura 18.3 es de este tipo. Los gases del múltiple de escape entran a la voluta, pero en vez de ir directamente a la rueda de la turbina pasan primero por las aspás de los anillos de tobera, que dirigen el gas hacia las aspás de la turbina a alta velocidad y toman más energía de los gases del escape.

El lado del compresor de estos turbocargadores funciona igual que en los del tipo de voluta.

#### **Turbocargador de impulsos**

Se utiliza un múltiple de escape del tipo de impulsos para aprovechar los impulsos que ocurren en los gases del escape cuando salen de los cilindros. Con esto se emplean mejor los gases del escape para aumentar la velocidad del turbocargador.

En la figura 18.5 se ilustra un múltiple del tipo de impulsos. Tiene conductos individuales para cada cilindro, y se juntan formando dos ramas del múltiple, que están conectadas con una cubierta de turbina dividida. El múltiple tiene sección transversal pequeña para aprovechar el efecto de los impulsos, que se disiparían en un múltiple de mayor tamaño. La configuración del múltiple está proyectada para permitir libre flujo de gases y utilizar los impulsos. Durante la aceleración, esto permite que la energía de los gases del escape llegue con rapidez a la turbina y se mejore la aceleración del motor.

Para aprovechar mejor los impulsos de los gases de escape, se hace que cilindros alternados en el orden de encendido del motor descarguen en la misma rama del múltiple. Por ejemplo, un motor de seis cilindros con orden de encendido de 1-5-3-6-2-4 tiene los cilindros 1, 2 y 3 conectados con una rama y los cilindros 4, 5 y 6 conectados con la otra rama del múltiple. Esto produce mayor separación de los impulsos de escape y ocasiona cierto efecto de barrido como resultado del paso de los gases de escape en el múltiple.

#### **Turbocargador para motores de dos tiempos**

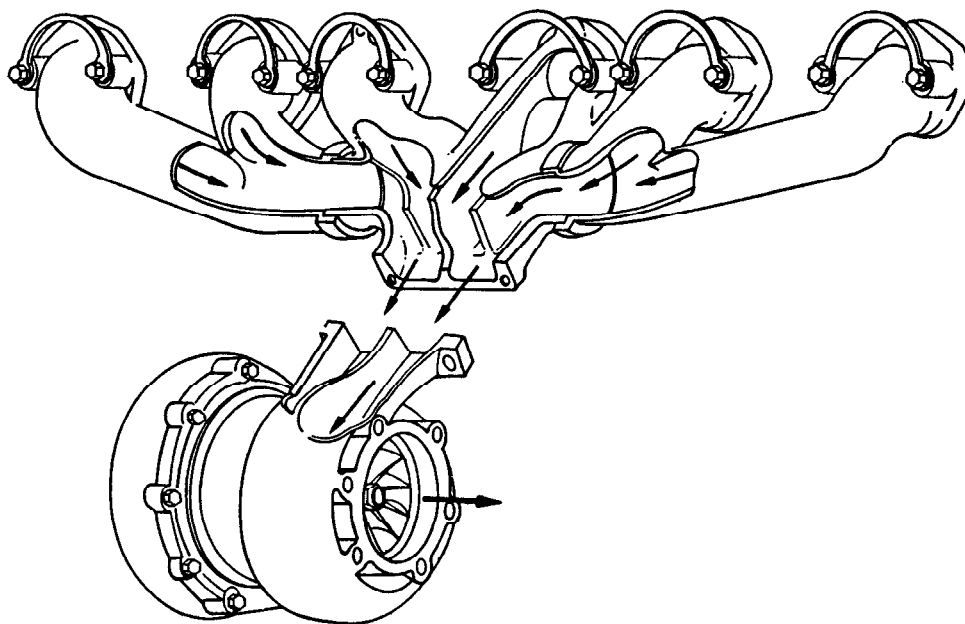
En la figura 18.10 se ilustra un motor de dos tiempos, tipo en V con turbocargador. En este motor se utilizan tanto el turbocargador como el soplador. Los gases que salen de los cilindros pasan por los múltiples y tubos de escape hasta la turbina del turbocargador, que está montado sobre la cubierta del soplador.

La rueda del compresor del turbocargador comprime el aire de admisión y se envía al soplador en donde se mantiene su velocidad. El aire, luego, pasa por el postenfriador situado debajo del soplador, antes de llegar a la caja de aire y a los cilindros.

El motor impulsa al soplador, que funciona del mismo modo que en los motores sin turbocargador.

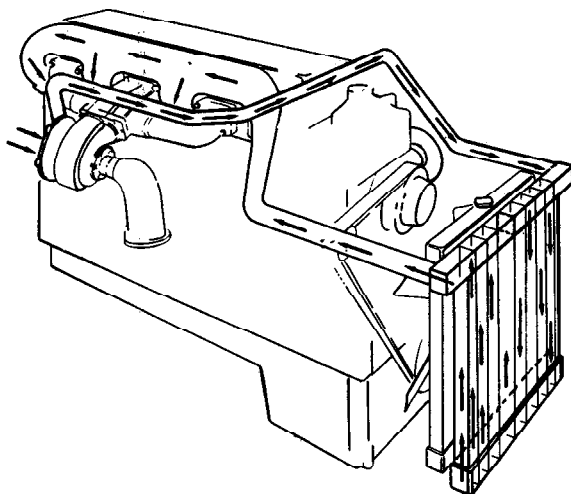
#### **Enfriamiento de la carga de aire**

Cuando se comprime el aire en el turbocargador, aumenta su temperatura. El enfriamiento de la car-



**Fig. 18.5** Múltiple de escape por impulsos y se muestra el paso de gases de escape al turbocargador

CUMMINS



**Fig. 18.6** Diagrama de instalación de un intercambiador de calor aire-aire y del paso de aire de admisión  
PERKINS

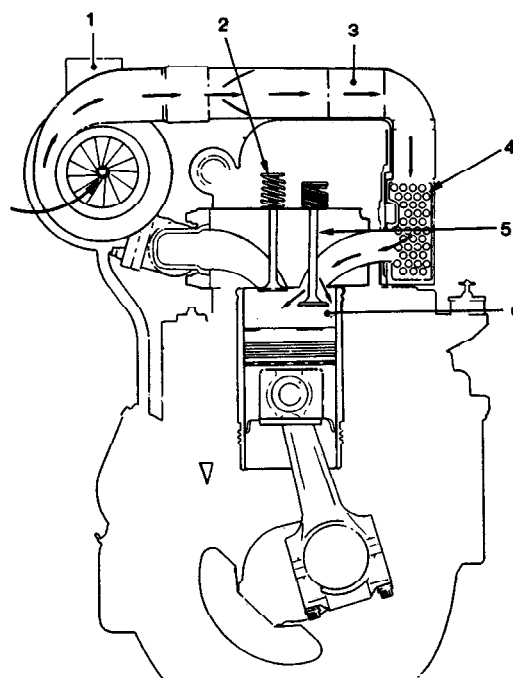
ga de aire después de que sale del turbocargador y antes de que entre al motor, se hace con un sistema llamado postenfriador o interenfriador. Un intercambiador de calor, colocado entre el turbocargador y el múltiple de admisión, extrae el calor del aire y esto aumenta su densidad. Con ello, llega una mayor masa de aire a las cámaras de combustión.

La densidad del aire varía según su temperatura. Cuando el aire se calienta, se expande y se vuelve menos denso; cuando se enfría, se contrae y se vuelve más denso. El postenfriador mantiene la carga de aire a una temperatura casi uniforme para tener mejor combustión.

En la figura 18.6 se ilustra el principio de funcionamiento de un intercambiador de calor aire-aire. Está montado en la corriente de aire de enfriamiento en el frente del radiador del sistema de enfriamiento del motor. El aire del turbocargador pasa por el intercambiador de calor para reducirle la temperatura antes de que llegue al múltiple de admisión.

En la figura 18.7 se ilustra un postenfriador que es un intercambiador de calor de aire a líquido enfriador y forma parte del múltiple de admisión. El postenfriador consta de una cubierta con un núcleo interno con cierto número de tubos por los cuales circula el líquido enfriador. El aire que viene del turbocargador pasa por el postenfriador y se enfría al pasar sobre el núcleo tubular antes de entrar al motor.

Aunque la característica más importante del postenfriador es que extrae el calor del aire que sale del turbocargador, también le agrega calor para aumentar la temperatura de la carga, cuando el motor trabaja en lugares a temperaturas muy bajas. Por tanto, el postenfriador le da una temperatura

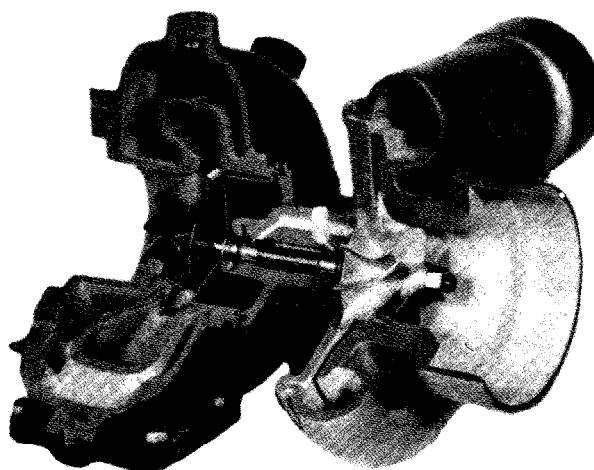


**Fig. 18.7** Ilustración de turbocargador y postenfriador y del paso de aire de admisión: 1 turbocargador, 2 válvula de escape, 3 ductos, 4 postenfriador, 5 válvula de admisión, 6 cilindro  
CUMMINS

más estable a la carga de aire, aun en condiciones variables.

#### Turbocargador enfriado por líquido

En la figura 18.8 se muestra una vista seccional de un turbocargador para motor marino enfriado por agua. La sección de la turbina tiene una camisa de agua formada en la cubierta para eliminar el exceso



**Fig. 18.8** Turbocargador enfriado por líquido para motor marino. Una camisa de agua rodea la cubierta de la turbina  
CATERPILLAR



de calor. En los motores automotrices, el ventilador y el movimiento del vehículo producen flujo de aire alrededor del motor para disipar el calor de los componentes, cosa que no ocurre con los motores marinos. El enfriamiento por líquido de la sección de la turbina protege a los componentes contiguos contra el calor concentrado.

### **Ventajas del turbocargador**

#### *Mayor potencia*

El turbocargador aumenta la potencia del motor. Se puede lograr un incremento de alrededor de 40 a 50% en relación con un motor de aspiración natural del mismo tipo. La potencia adicional se logra al hacer entrar una masa adicional de aire a presión a los cilindros para realizar la combustión del combustible adicional. Se aumenta la relación peso-potencia con muy poco incremento en el peso y el tamaño del motor.

#### *Menor consumo de combustible*

El turbocargador responde a cualquier cambio en la cantidad de combustible. Su velocidad aumenta cuando se incrementa la cantidad de combustible y se tiene una relación aire-combustible más exacta que produce mejor combustión y menor consumo.

#### *Reducción del humo*

Debido a que el turbocargador envía suficiente aire (y oxígeno) para la combustión completa del combustible, se reduce mucho el humo negro. Si no hay suficiente aire, el combustible no arderá por completo y se producirá humo negro.

#### *Compensación de altitud*

Los turbocargadores pueden compensar el cambio de altitud y mantienen una potencia casi constante del motor a grandes altitudes, en las cuales, como el aire es menos denso, hay menor resistencia al aire en la turbina, con lo cual puede girar con más libertad y hacer que el compresor gire con más velocidad. Éste, por tanto, produce mayor presión. Entre más aire al compresor y se mantiene la relación aire-combustible.

Por comparación, los motores de aspiración natural resienten la menor densidad del aire a grandes altitudes; el aire no tiene suficiente oxígeno para quemar todo el combustible y se produce humo negro. Hay que despotenciar (reducir el combustible) en estos motores si trabajan constantemente a grandes altitudes.

#### *Ruido de la combustión*

El turbocargador ayuda a reducir los ruidos de la combustión. El ruido característico de los motores Diesel, que se suele llamar "cascabeleo", ocurre por el aumento en la presión en las cámaras de combustión. La carga más densa y la alta temperatura de

compresión en un motor turbocargado producen mejor combustión y un aumento más paulatino en la presión de combustión para disminuir el ruido.

### **Operación de un motor turbocargado**

Cuando se pone en marcha en frío un motor con turbocargador, hay que dejarlo en marcha mínima ("ralentí") más o menos un minuto para que el turbocargador reciba lubricación. Antes de parar el motor, hay que dejarlo en marcha mínima uno o dos minutos. Esto permite que el aceite lubricante disipe el calor de los cojinetes del turbocargador y que éste funcione a baja velocidad cuando se para el motor y ya no hay lubricación. Si se hace el paro del motor cuando está a alta velocidad, el turbocargador continuará su rotación y no tendrá lubricación ni enfriamiento adecuados.

La velocidad del turbocargador no depende de la del motor. Cuando el motor funciona a alta velocidad con plena carga, la velocidad del turbocargador puede ser entre 80 000 y 90 000 rpm. En estas condiciones los cojinetes necesitan lubricación y enfriamiento adecuados.

### **Servicio al turbocargador**

El turbocargador en sí no requiere servicio rutinario, pero sí debe recibir aire limpio y tener lubricación adecuada en todo momento. Por ello, son esenciales las comprobaciones periódicas de los sistemas de admisión y de escape y de los tubos de aceite lubricante. Se deben tener en cuenta los siguientes factores:

#### *Sistema de aire*

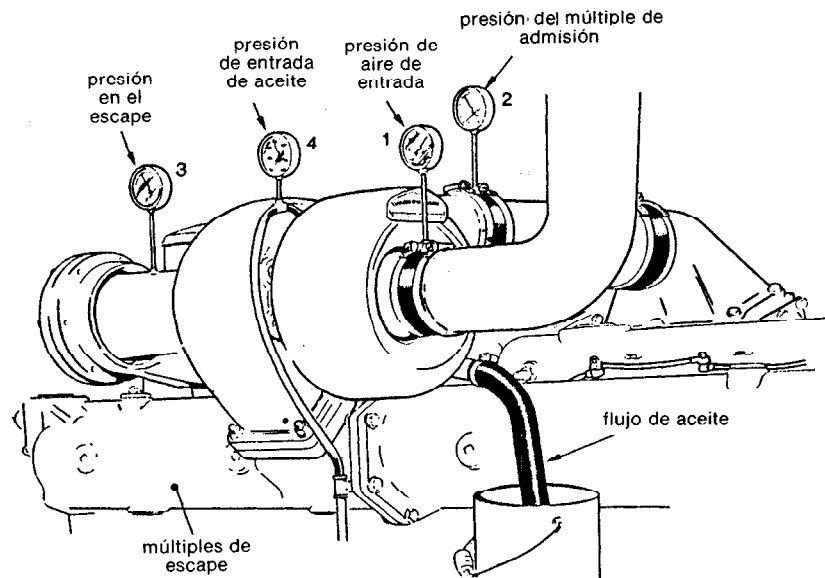
Las filtraciones pequeñas en el lado de aire limpio del sistema influirán en el funcionamiento del motor y ocasionarán sobrecalentamiento del turbocargador. Se succionará polvo al sistema que se depositará en el rotor del turbocargador y otras partes del sistema, en menoscabo del funcionamiento del turbocargador y se restringirá el paso de aire en el sistema.

#### *Sistema de escape*

Las fugas en el sistema de escape reducirán la velocidad de la turbina y la potencia del motor.

#### *Suministro de aceite*

Debe ser adecuado para la lubricación y el enfriamiento a fin de evitar fallas de los cojinetes. La cubierta de un turbocargador nuevo o reacondicionado se debe llenar con aceite antes del arranque inicial, para tener lubricación adecuada de los cojinetes. Si se hace girar el cigüeñal con el motor de arranque con el tubo de retorno de aceite desconectado, se enviará aceite a la cubierta del turbocargador. Cuando la cubierta esté llena, empezará a salir aceite por el tubo de retorno.



**Fig. 18.9** Empleo de manómetros y vacuómetros en diversos lugares para comprobar los sistemas de admisión y escape y la presión del aceite

LUCAS-CAV

### Diagnóstico de fallas

Si se sospecha mal funcionamiento del turbocargador, hay que comprobar toda la instalación antes de decidir que hay un problema en el compresor. Hay que comprobar las presiones en diversas partes de los sistemas de admisión y escape así como la presión y caudal del aceite. En la figura 18.9 se ilustran los lugares en que se efectúan las siguientes comprobaciones:

#### *Vacío en la entrada de aire (manómetro 1)*

Se debe comprobar el vacío o baja presión en el ducto en la entrada al compresor, que se medirá con el manómetro (vacuómetro 1). Por ejemplo, el vacío no debe exceder de 300 mm de agua, o sea alrededor de -3 kPa.

El vacío excesivo indicado por el vacuómetro puede ser por una restricción en el lado de entrada de aire al sistema o en el elemento del filtro, que reducirán el paso de aire al turbocargador.

#### *Presión de entrada de aire (manómetro 2)*

Se comprueba la presión del aire entregado por el turbocargador en el múltiple de admisión, que debe ser la especificada para la carga y velocidad del motor.

La baja presión puede deberse a que el compresor esté sucio o por filtraciones en las juntas del múltiple de admisión. También puede ser por inyección deficiente, que reduce la potencia del motor.

La alta presión puede ser por la formación de carbón en la turbina, ocasionada por inyección deficiente. Esto podría restringir el paso de los gases por la turbina.

#### *Restricción en el escape (vacuómetro 3)*

Cualquier restricción a los gases de escape que salen del turbocargador producirá contrapresión y reducirá la potencia del motor. Por ejemplo, si se utiliza un vacuómetro o un manómetro de agua cuya lectura sea mayor de 500 mm de agua (alrededor de 5 kPa) es que hay restricción. Examínese si hay obstrucciones en el sistema de escape; si no se encuentra la causa hay que desmontar el turbocargador para hacer pruebas adicionales. Las lecturas de columna de agua se basan en las obtenidas con un manómetro de agua, aunque también se puede emplear un vacuómetro con carátula. (Véase Manómetro de agua, más adelante).

#### *Presión y caudal de aceite (manómetro 4)*

Un manómetro instalado en el tubo de entrada de aceite a presión al turbocargador señalará si la presión es suficiente. Un ejemplo, serían 100 kPa en marcha mínima y 200 kPa a la velocidad normal de operación. Es posible que la baja presión de aceite sea por un problema en el motor y no en el turbocargador; por ello, hay que examinar el sistema de lubricación.

El caudal o volumen de aceite se mide, desconectando y midiendo el caudal en el tubo de retorno. Por ejemplo, a 200 kPa el caudal debe ser de 2.25 litros por minuto a una temperatura de 80°C.

#### **Manómetro de agua o de mercurio**

Este manómetro consiste en un tubo de vidrio en forma de U montado en una placa que tiene una escala en milímetros.

El tubo en U, cuando está lleno parcialmente con agua o con mercurio, se utiliza para medir presión o vacío mediante la diferencia en altura entre las dos columnas de líquido. Es útil cuando se trata de valores pequeños.

El manómetro se conecta por un extremo con una fuente de presión o de vacío y el otro extremo del tubo se deja abierto a la atmósfera. Al comprobar la presión, por ejemplo, con un manómetro de agua, el número de milímetros que sube el agua en una columna se suma al número de milímetros que baja en la otra columna. El total representa la presión de la columna, llamada también presión de manómetro de agua, en milímetros. El manómetro de mercurio se utiliza en forma similar pero para lecturas más altas. El mercurio es mucho más denso que el agua y no sube a la misma altura que ella en el tubo.

Para uso en los talleres, las lecturas del manómetro se pueden convertir a kilopascales, en forma aproximada como sigue:

$$\begin{aligned} 100 \text{ mm de agua} &= 1 \text{ kPa} \\ 100 \text{ mm de mercurio} &= 14 \text{ kPa} \end{aligned}$$

### Inspección del turbocargador

Si las comprobaciones anteriores indican que el turbocargador tiene alguna deficiencia, se puede demostrar, hacer una inspección en busca de desgaste o daños y determinar si se puede seguir utilizando. Con el turbocargador colocado en el banco en posición horizontal, se puede probar si el rotor gira con libertad. Si hay señales de trabazón o si el rotor tiene juego longitudinal excesivo, hay que seguir desarmando. El juego longitudinal se puede comprobar con un micrómetro de carátula colocado contra el extremo del eje.

En algunos casos, se puede limpiar el turbocargador sin desarmarlo. Según sea el tipo, se puede quitar la tapa del compresor para tener acceso al impulsor y las partes internas del compresor.

Las piezas se pueden lavar con un líquido limpiador que no sea cáustico. El polvo se puede quitar con una brocha de cerdas o con una rasqueta de plástico. Hay que limpiar el polvo de todas las aspas del compresor; si no se limpian todas, se producirán desbalanceo y daños al turbocargador.

Lo anterior es un método general para probar el turbocargador. Hay que consultar el manual de

taller del fabricante para una marca o modelo particulares.

### Instalación del turbocargador

La turbina puede fallar por instalación incorrecta del turbocargador en el motor, en el múltiple de admisión, así como de los ductos, mangueras y piezas correlativas. A continuación aparece una lista general de comprobación de la instalación y los factores que se deben vigilar.

La limpieza es de máxima importancia. El turbocargador se puede dañar por fragmentos de cuerpos extraños que pasan por el compresor y la turbina. Al armar el motor, se debe tener cuidado especial de que no penetren cuerpos extraños a los sistemas de admisión o de escape.

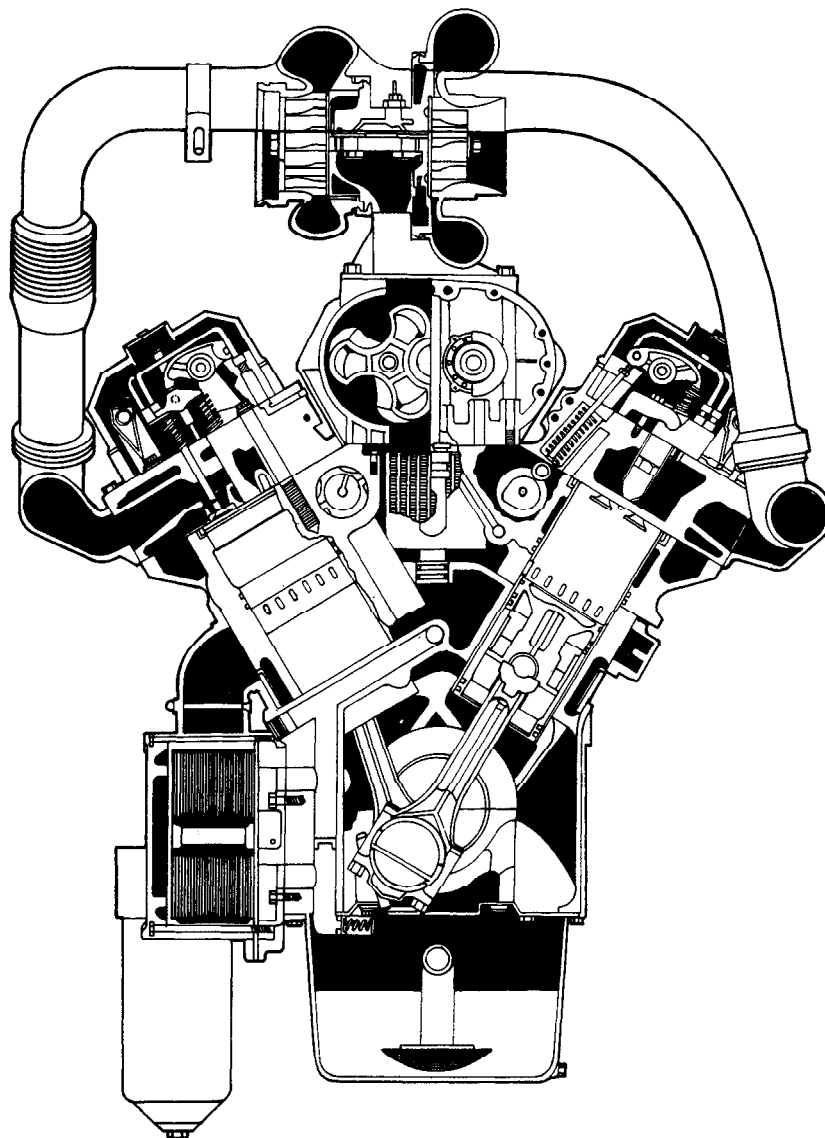
#### Lista de comprobación de instalación

1. Inspecciónese si el sistema de admisión de aire está limpio o si tiene cuerpos extraños.
2. Inspecciónese si hay cuerpos extraños en el múltiple de escape.
3. Compruébese que el tubo de retorno de aceite no está obstruido.
4. Inspecciónese si el tubo de suministro de aceite está limpio, tiene desperfectos o hay posibilidad de fugas bajo presión.
5. Inspecciónese la cara de montaje del turbocargador en el múltiple de escape. Límpiense todos los restos de juntas viejas.
6. Instálese junta nueva entre el turbocargador y el múltiple. Compruébese que la junta no sobresalga en la abertura en el múltiple. De preferencia, el borde de la junta debe estar unos 2 mm adentro del borde de la abertura.
7. Instálese el turbocargador y apriétense los tornillos de montaje a la torsión especificada.
8. Conéctese el tubo de suministro de aceite al turbocargador; déjese desconectado el tubo de retorno de aceite.
9. Conéctese los ductos de entrada y salida del compresor. Examínese si hay posibilidad de fugas por las uniones.
10. Hágase funcionar el motor de arranque hasta que salga un chorro continuo de aceite por el tubo de retorno, lo cual indicará que la cubierta del turbocargador está llena con aceite.
11. Conéctese el tubo de retorno de aceite.

## Preguntas de repaso

1. ¿Cuál es la finalidad del turbocargador en un motor?
2. Menciónense las tres partes más importantes de un turbocargador.
3. ¿Cómo se impulsa el turbocargador?
4. ¿Cuáles son los diferentes diseños básicos de los turbocargadores?
5. ¿Cuál es la ventaja de tener un sistema de escape por impulsos?
6. ¿Qué es un postenfriador?

7. Enumérense algunas ventajas del turbocargador.
8. Menciónense algunos aspectos relacionados con el servicio al turbocargador.
9. ¿Por qué es tan importante el suministro de aceite para el turbocargador?
10. ¿Cómo se pueden localizar las deficiencias en los sistemas de admisión y de escape?
11. ¿Por qué es importante la limpieza?
12. Estúdiese la lista de comprobación de instalación en el texto y explíquese por qué se ha incluido cada concepto.



**Fig. 18.10** Corte seccional de un motor Detroit Diesel serie V-92. Tiene el soplador instalado entre los bancos de cilindros y el turbocargador montado encima del soplador. Debajo del soplador se encuentra el postenfriador. Otras características que se pueden ver son el inyector unitario y su mecanismo de accionamiento en la culata derecha y una sección del tubo y la palanca de control de combustible en la culata izquierda. También se muestran una cruceta y balancín de válvulas.

Se utilizan dos árboles de levas, uno en cada banco de cilindros, montados en la parte superior del bloque e impulsados por los engranes de sincronización que están en el lado del volante del motor.

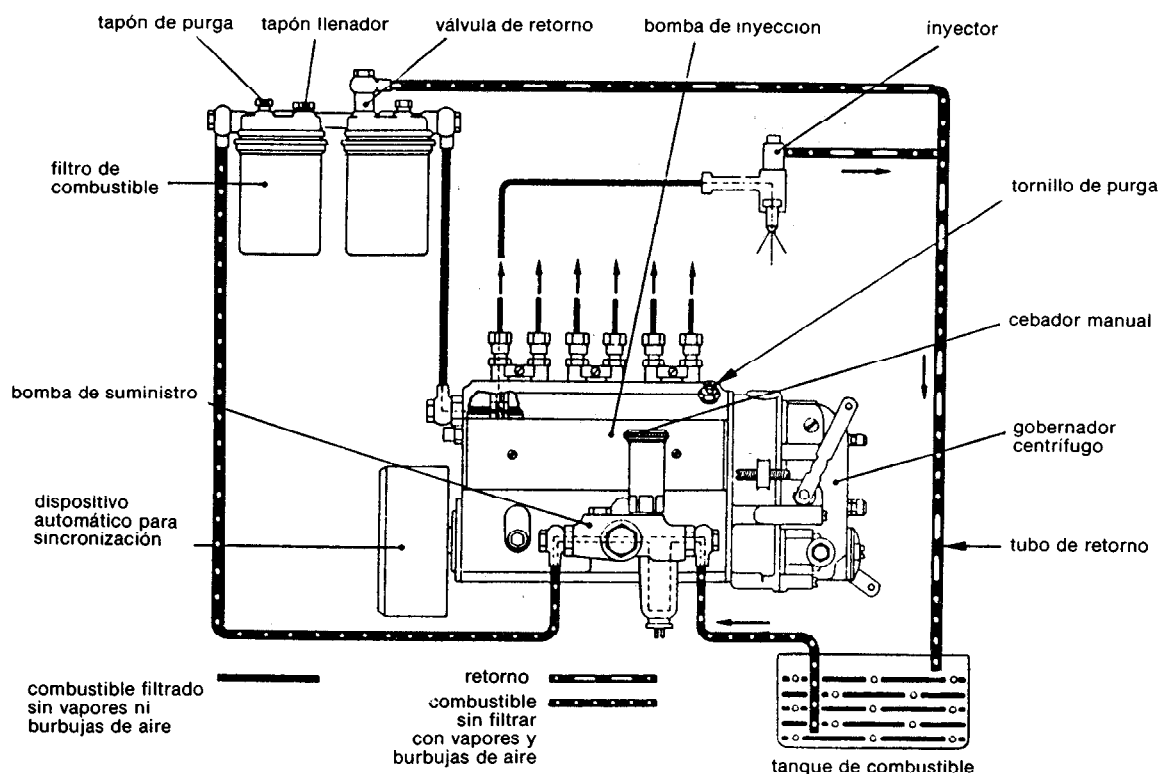
DETROIT DIESEL

# 19

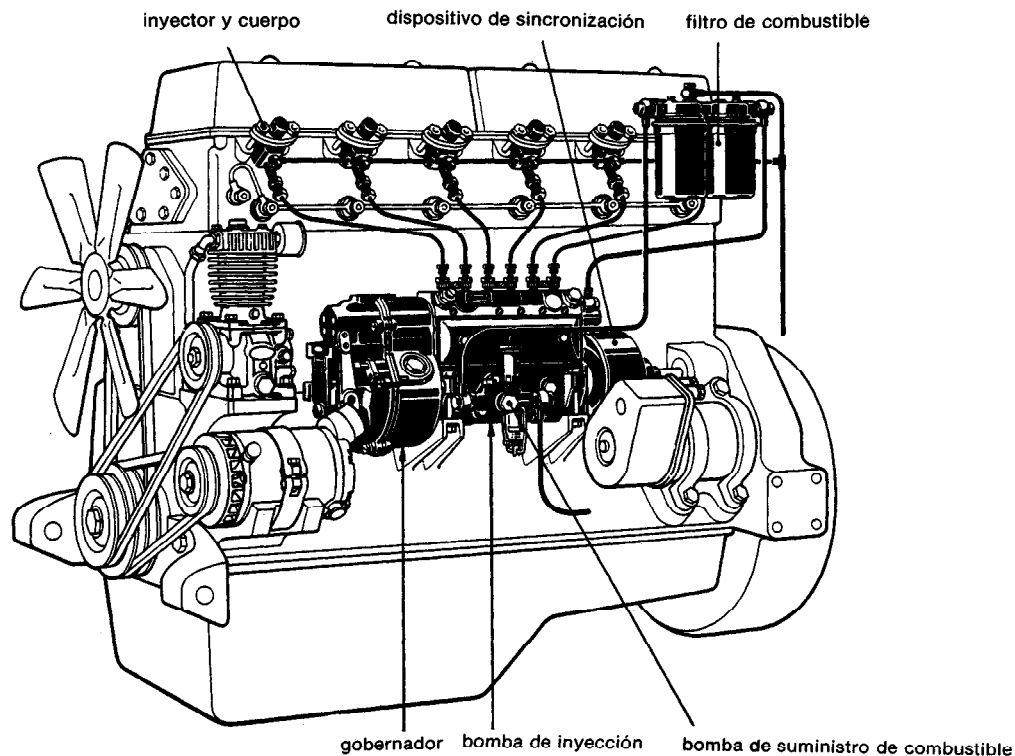
## Sistemas de combustible Diesel

En la figura 19.1 se ilustra un diagrama de un sistema básico de combustible para motores Diesel. Consta de los siguientes componentes:

1. Un tanque para el combustible Diesel.
2. Una bomba elevadora o de suministro de combustible, para abastecer el sistema desde el tanque.
3. Filtros de combustible, que retienen partículas diminutas en el combustible.
4. Bomba de inyección, que entrega una cantidad exacta de combustible a alta presión en cada inyector en el momento preciso.
5. Inyectores, uno para cada cilindro, que atomizan combustible en las cámaras de combustión.
6. Mecanismo automático que permite controlar la cantidad de combustible entregado a los inyectores y de esta manera controlar el motor. El mecanismo, conectado con el gobernador, no aparece en la ilustración.
7. Gobernador (regulador) para controlar la velocidad del motor de acuerdo con las condiciones de carga.
8. Tubos de retorno para el exceso de combustible



**Fig. 19.1** Diagrama del sistema de combustible BOSCH



**Fig. 19.2** Motor con los componentes del sistema de inyección que incluye bomba de inyección en línea

BOSCH

desde la bomba de inyección y los inyectores al tanque y para ayudar a cebar y purgar el sistema.

El sistema de inyección que se ilustra tiene bomba de inyección con seis elementos de bombeo individuales y cada elemento envía combustible a un inyector. En los motores automotrices los elementos de bombeo están dentro de un solo cuerpo de bomba y en línea; por ello, se llama bomba de inyección en línea. En motores Diesel muy grandes, en especial en los marinos, se emplea una bomba separada para cada cilindro.

En la figura 19.2 se ilustra el mismo sistema de combustible pero con los componentes instalados en el motor. No se ilustran el tanque de combustible y los tubos que lo conectan con el motor.

En el sistema ilustrado, la bomba elevadora o de suministro, montada en un lado de la bomba de inyección, succiona el combustible del tanque y lo envía a través de los filtros a la bomba de inyección. La bomba de inyección dosifica (mide) el combustible y lo envía a alta presión a cada inyector en el momento preciso. Los tubos de retorno de inyectores devuelven el exceso de combustible al tanque y también sirven para mantener el sistema libre de aire.

La bomba de inyección se impulsa desde el motor y está sincronizada (puesta a tiempo) para entregar el combustible en cada inyector en el momento preciso. Algunas bombas de inyección tienen un

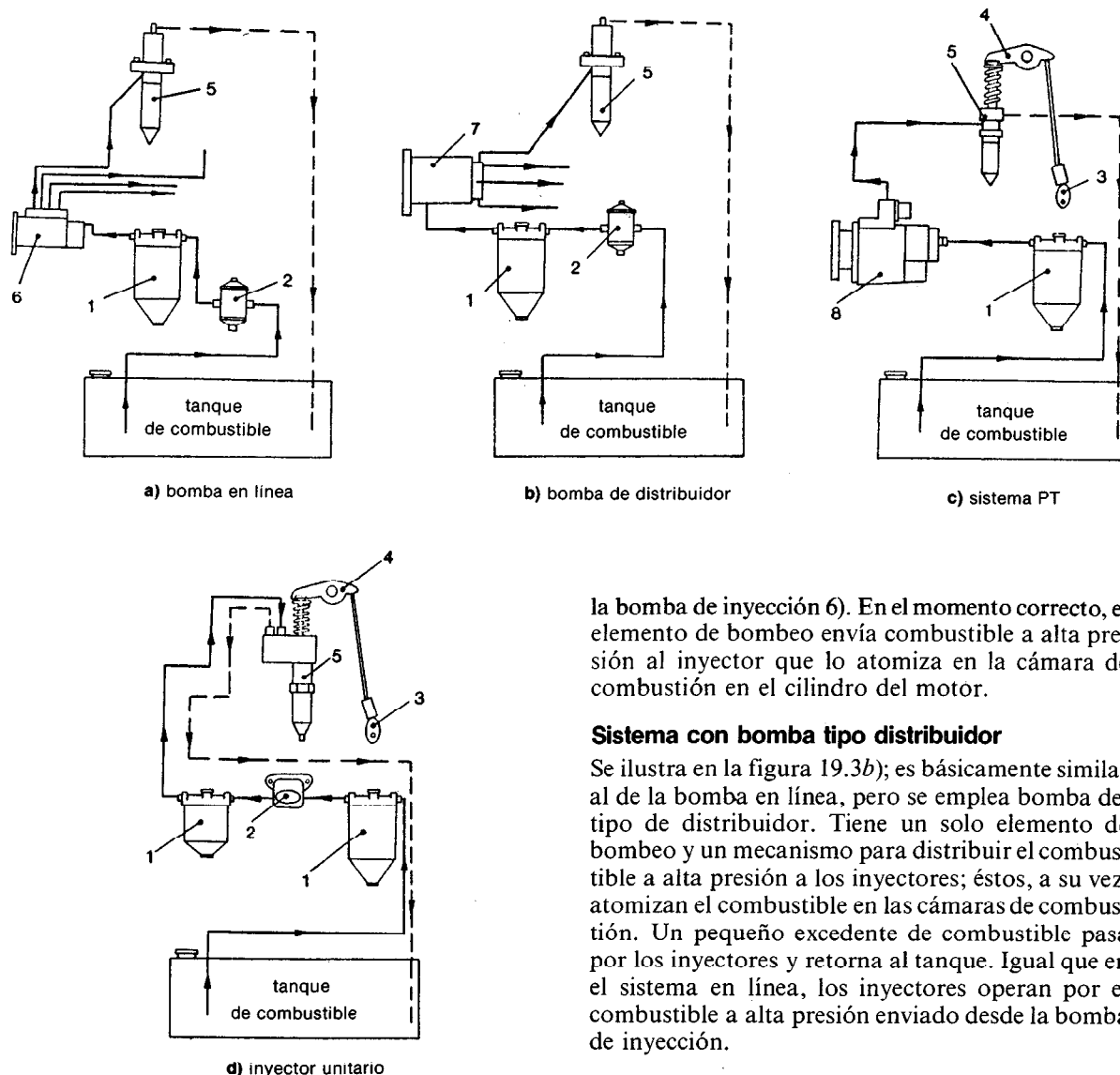
mecanismo de sincronización automática para adelantar el tiempo de la inyección cuando aumenta la velocidad del motor.

Un gobernador (regulador) instalado en la parte trasera de la bomba de inyección controla la velocidad del motor. Es necesario tener un gobernador en los motores Diesel para controlar la marcha mínima e impedir que alcance velocidades excesivamente altas.

Se utilizan muchos sistemas diferentes para combustible, pero en una forma u otra, todos tienen los componentes citados. Los componentes son de tipo diferente: por ejemplo, se puede utilizar una bomba del tipo de distribuidor en vez de una en línea. También se pueden combinar las funciones de dos componentes, por ejemplo la de bomba e inyector, en la que el bombeo y la inyección se efectúan en un inyector unitario. Cualquiera que sea su diseño, la función del sistema de combustible es rociar finamente con combustible limpio las cámaras de combustión con la cantidad *correcta* de combustible y con la atomización *correcta* en el momento *preciso*.

## Tipos de sistemas de combustible

En la figura 19.3 se ilustran los componentes de cuatro diferentes sistemas de combustible. En cada diagrama se muestran las partes básicas de cada sistema, con un inyector y un cilindro. Las caracte-



**Fig. 19.3** Disposiciones de los sistemas de combustible: 1 filtro o filtros, 2 bomba elevadora, 3 árbol de levas, 4 balancín, 5 inyector, 6 bomba de inyección en línea, 7 bomba de distribuidor, 8 bomba de combustible PT. La línea continua señala el suministro de combustible; la línea discontinua el retorno al tanque

rísticas principales de estos sistemas son las siguientes.

#### Sistema con bomba en línea

Como se describió, en este sistema se emplea una bomba de unidades múltiples con un elemento de bombeo para cada inyector. El combustible a alta presión que viene de la bomba hace que la aguja del inyector se levante de su asiento para inyectar el combustible en la cámara de combustión. En el diagrama (Fig. 19.3a)), la bomba elevadora 2) succiona el combustible del tanque y lo envía a través del filtro 1) hasta

la bomba de inyección 6). En el momento correcto, el elemento de bombeo envía combustible a alta presión al inyector que lo atomiza en la cámara de combustión en el cilindro del motor.

#### Sistema con bomba tipo distribuidor

Se ilustra en la figura 19.3b); es básicamente similar al de la bomba en línea, pero se emplea bomba del tipo de distribuidor. Tiene un solo elemento de bombeo y un mecanismo para distribuir el combustible a alta presión a los inyectores; éstos, a su vez, atomizan el combustible en las cámaras de combustión. Un pequeño excedente de combustible pasa por los inyectores y retorna al tanque. Igual que en el sistema en línea, los inyectores operan por el combustible a alta presión enviado desde la bomba de inyección.

#### Sistema PT

Este sistema se emplea en los motores Cummins y las iniciales PT son la abreviatura de presión-tiempo. Se le ha dado ese nombre porque en este sistema la cantidad de combustible que se inyecta en las cámaras de combustión está en relación directa con la presión y con el periodo de tiempo durante el cual el combustible entra al inyector, como se describirá con más detalle en el capítulo 27.

Con referencia a la figura 19.3c) se verá que el árbol de levas acciona el inyector mediante una varilla de empuje y un balancín. Este sistema, a veces, se llama inyección mecánica para diferenciarlo de los sistemas con bomba de inyección en línea y de tipo distribuidor en los que sólo hay inyección a presión. En el sistema PT (que es también una forma de sistema con inyectores unitarios), se acciona un émbolo con un impulsor dentro del inyector para introducir el combustible en la cámara de combustión. Según el diagrama, una

bomba de engranes que es parte de la bomba de combustible PT 8) succiona el combustible del tanque a través del filtro 1; después se entrega al inyector a una presión baja y se inyecta por acción mecánica en la cámara de combustión a una presión mucho más alta. El exceso de combustible en los inyectores retorna al tanque.

### Sistema con inyectores unitarios

En este sistema, que se emplea en los motores Detroit Diesel se combinan las funciones del elemento de la bomba de inyección y del inyector dentro de éste. El inyector se acciona desde el árbol de levas por medio de una varilla de empuje y un balancín.

Con referencia a la figura 19.3d) la bomba elevadora 2) succiona el combustible del tanque. Pasa por el filtro primario, luego por la bomba, el filtro secundario y llega al inyector 5). En el momento preciso se acciona el inyector desde el árbol de levas para aumentar la presión del combustible y entregarlo en la cantidad correcta a las cámaras de combustión. En ese sistema, el combustible circula en forma continua por los conductos en la culata de cilindros, para llegar a los inyectores y retornar el excedente al tanque.

## Componentes del sistema de combustible

Ya se han mencionado diversos componentes de los sistemas de combustible y los más comunes se describirán en las siguientes secciones de este capítulo. Las bombas de inyección, los inyectores y los sistemas particulares y sus componentes se describen en capítulos posteriores.

### Tanque de combustible

En la figura 19.4 se ilustra el tanque de combustible para un camión, que está sujeto a un larguero del

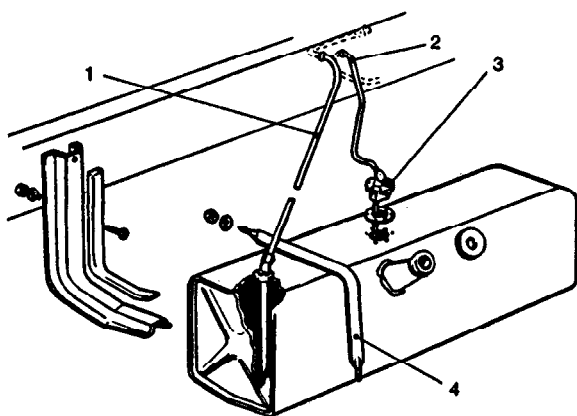


Fig. 19.4 Instalación del tanque de combustible: 1 tubo de suministro, 2 tubo de retorno, 3 unidad emisora de nivel, 4 cincho

FORD

bastidor con soportes y tiene un tubo de suministro y otro de retorno de combustible.

En la mayor parte de los tanques de combustible se utiliza lámina de acero negra; en algunos vehículos grandes son de aluminio, para reducir el peso. No se deben utilizar tanques de acero galvanizado para el combustible Diesel, pues se produce una reacción química con el zinc del galvanizado y se forman polvo y escamas que obstruirán con rapidez los filtros y dañarán la bomba de inyección y los inyectores.

Es recomendable llenar el tanque de combustible al final de la jornada de trabajo. Si el tanque está lleno, no habrá condensación en las superficies del tanque, que contaminará el combustible.

### Bomba elevadora de combustible

Se la conoce como bomba elevadora, de alimentación, de suministro o de transferencia. Su función es transferir el combustible del tanque a través de los filtros hasta la bomba de inyección. La bomba elevadora puede estar montada en el bloque de cilindros y es accionada por una leva adicional en el árbol de levas, o bien puede estar montada en la bomba de inyección y accionada por una leva del árbol de levas de la bomba. Las bombas elevadoras tienen una palanca de accionamiento manual para cebar la bomba, lo cual permite expulsar el aire del sistema con el motor parado. Los cuatro tipos de bombas elevadoras son: diafragma, aspas, engranes y émbolo.

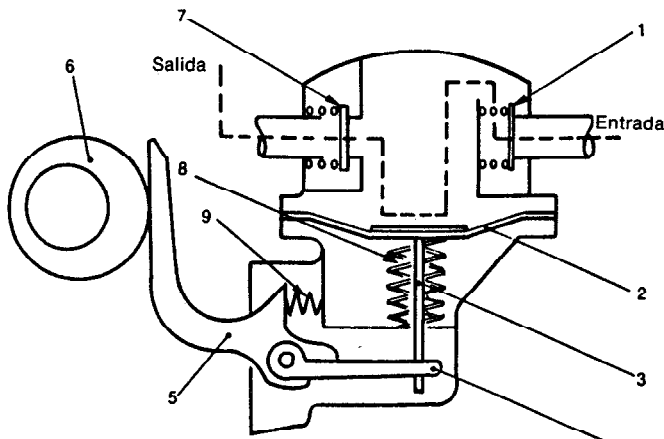
### Bombas de diafragma

Estas bombas, que se montan en el bloque de cilindros, son similares a las de los motores de gasolina, excepto que tienen una palanca de cebado. Las bombas de diafragma montadas en el cuerpo de la bomba de inyección son algo más compactas pero funcionan en la misma forma. Puede tener o no un filtro integral con la bomba. En la figura 19.5 se muestra un esquema simplificado de la bomba. Consiste en un diafragma flexible 2) conectado con una varilla de tracción 3) que a su vez está sujeta a la palanca o balancín 5). La leva hace girar el balancín en torno a un pasador, el diafragma se flexiona hacia arriba y abajo, con lo cual cambia el volumen de la cámara encima del diafragma.

La bomba funciona como sigue: La presión atmosférica en el tanque actúa sobre la superficie del combustible. Cuando el diafragma se mueve hacia abajo por la acción de la leva y el balancín, se produce baja presión encima del diafragma y el combustible circula desde el tanque, por la válvula de entrada 1) hacia la cámara de la bomba. Cuando el diafragma llega a la parte inferior de su carrera y el balancín se separa de la leva, el diafragma se mueve hacia arriba por la acción del resorte 8) que quedó comprimido durante la carrera descendente. Ahora se expulsa el combustible de la cámara de







**Fig. 19.5** Bomba de diafragma sencilla: 1 válvula de entrada, 2 diafragma, 3 varilla de tracción, 4 articulación, 5 balancín (palanca) de accionamiento, 6 leva, 7 válvula de salida, 8 resorte de retorno del diafragma, 9 resorte de retorno del balancín

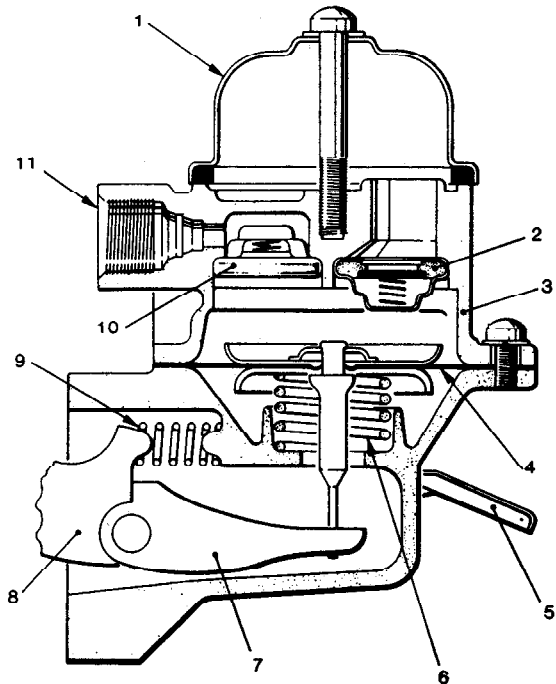
bombeo por la válvula de salida y hacia el filtro de combustible. La válvula de entrada se cerrará por la presión del combustible, lo cual impide el retorno del combustible al tanque. La rotación de la leva hace entrar y salir el combustible de la bomba.

La presión de combustible que puede producir la bomba se determina por la carga del resorte comprimido, que empuja el diafragma hacia arriba para bombear el combustible.

En la figura 19.6 se muestra una vista seccional de una bomba completa. Consta de un cuerpo superior y uno inferior sujetos entre sí por tornillos. En la mitad superior de la bomba hay dos válvulas con jaula: la de entrada en el lado derecho y la de salida en el izquierdo. La bomba tiene una tapa superior en forma de bóveda. En la mitad inferior de la bomba se encuentran el diafragma, el varillaje de accionamiento y el resorte del diafragma. Se utiliza una palanca manual de cebado para cebar y purgar el sistema de combustible.

Durante el funcionamiento, el combustible entra por el orificio de entrada (que no se ilustra) y pasa por el espacio en la parte superior de la bomba encerrado por la tapa de bóveda. Se utilizan trampas para sedimentos y un filtro de malla en la parte superior de la bomba (aunque no en todas) para retener los cuerpos extraños en el combustible. El combustible baja después por la válvula de admisión hacia la cámara de la bomba y la acción del diafragma lo descarga por la válvula de salida.

La bomba elevadora tiene mayor capacidad de la necesaria en el sistema y produce presión en el mismo. En estas condiciones, la presión impide que el resorte del diafragma empuje a éste por completo hacia arriba, por lo cual el diafragma funciona cerca del extremo o final de su carrera. El conjunto está arreglado para que el diafragma no siga a la



**Fig. 19.6** Corte de una bomba elevadora del tipo de diafragma: 1 cubierta, 2 válvula de entrada, 3 cuerpo superior, 4 diafragma, 5 palanca manual de cebado, 6 resorte del diafragma, 7 palanca del diafragma, 8 balancín (sólo se ilustra una parte), 9 resorte de retorno, 10 válvula de salida, 11 salida de combustible

PERKINS

punta de la palanca que la toca, por lo que la palanca puede seguir la leva sin mover el diafragma.

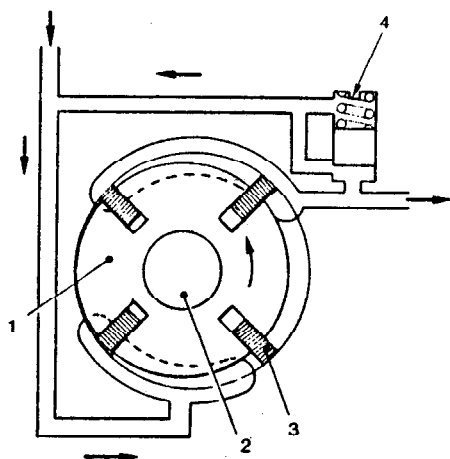
### Bomba de aspas

Esta bomba es rotatoria y suele ser parte de una bomba de inyección tipo distribuidor. El rotor, en el cual las aspas están colocadas en ranuras, está montado descentrado en el cuerpo de la bomba. Cuando gira la bomba, las aspas se mueven hacia dentro y afuera en sus ranuras y pueden seguir la configuración del cilindro en que giran. Cuando giran las aspas, aumentan el tamaño de la cavidad cerca del orificio de entrada, lo cual ocasiona baja presión y succión del combustible a la bomba. La rotación adicional reduce el tamaño de la cavidad cerca del orificio de salida y se expulsa el combustible por ese orificio. En esta forma, las aspas mueven el combustible. En la figura 19.7 se ilustra una bomba de aspas.

Como se dijo, estas bombas suelen ser parte de la bomba de inyección tipo distribuidor y están dentro de la cubierta de ésta.

### Bomba de engranes

También es rotatoria y consta de dos engranes en una cubierta: de mando y uno impulsado. El combustible entra por el orificio de admisión y se mueve



**Fig. 19.7** Componentes de una bomba del tipo de espas: 1 rotor, 2 eje de impulsión, 3 aspa, 4 válvula reguladora

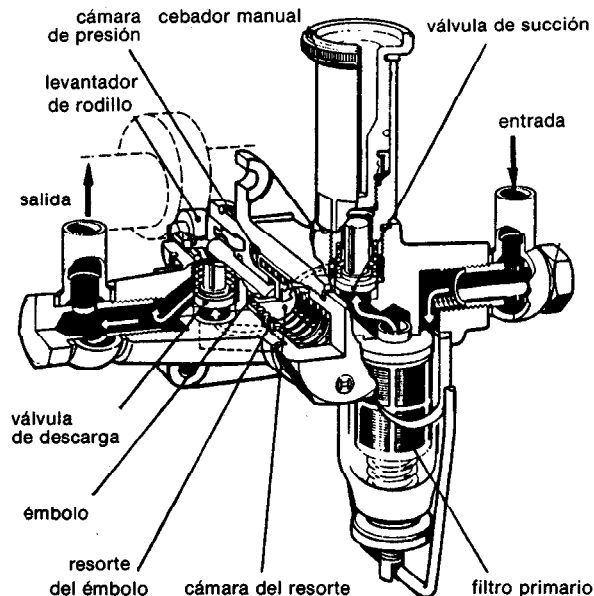
DIESEL KIKI

en la bomba en el espacio entre los dientes de los engranes y el cuerpo de la bomba. En los motores Detroit Diesel se utiliza bomba elevadora o de transferencia del tipo de engranes; en los motores Cummins, la bomba de combustible PT tiene bomba de engranes integral.

### Bomba de émbolo

En algunos sistemas de combustible se utiliza una bomba de émbolo, que puede ser la bomba elevadora o bomba manual para cebar y purgar el sistema.

En la figura 19.8 se ilustra una bomba de émbolo que incluye una bomba manual para cebado. La



**Fig. 19.8** Bomba elevadora del tipo de émbolo BOSCH

bomba elevadora está montada en un lado de la cubierta de la bomba de inyección y la acciona una leva o un excéntrico en el árbol de levas de la bomba de inyección.

El cebador manual está en el lado de entrada de la bomba elevadora. Para accionarlo, se desatornilla el émbolo y se mueve hacia arriba y abajo con la mano.

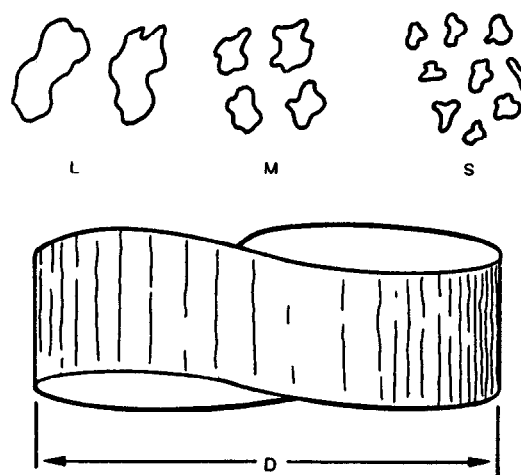
Durante el funcionamiento, el excéntrico en el árbol de levas de la bomba de inyección actúa contra un levantador de rodillo para mover el émbolo hacia un lado y otro en contra de la carga de su resorte. El combustible se succiona por la admisión en el lado derecho y se descarga por la salida en el lado izquierdo. La trayectoria del combustible en la bomba se señala con las flechas.

## Filtros de combustible

Debido a las holguras tan pequeñas que hay en la bomba de inyección y en los inyectores, el combustible para los motores Diesel debe estar limpio. Se deben tomar precauciones para que el combustible que se pone en el tanque esté libre de cuerpos extraños, incluso agua. El sistema de combustible tiene una serie de filtros que, a veces, empiezan con una tela metálica en el llenador del tanque y, el último, es otro filtro pequeño de malla en el inyector. Los filtros se deben considerar como una protección para los componentes para inyección de combustible y no sólo como un medio para eliminar los contaminantes en el mismo.

### Filtrado

La necesidad de utilizar filtros muy finos se apreciará al tener en cuenta las holguras entre las piezas móviles del equipo para inyección de combustible.



**Fig. 19.9** Tamaño de las partículas de polvo comparadas con un cabello humano: D diámetro del cabello, partículas de polvo L grandes, M medianas y S pequeñas

La holgura entre los barriles y émbolos de la bomba de inyección es entre 2 y 4 micras; una micra es una milésima de milímetro (0.001 mm). En la figura 19.9 se muestra el tamaño de las partículas de polvo en relación con el diámetro de un cabello humano, lo que recalca la importancia de filtros muy finos en el sistema. Una partícula de tamaño mediano que se pueda ver flotando en el aire tiene un diámetro de la décima parte del cabello.

La eficiencia del filtro va en relación con el tamaño de sus aberturas y con la cantidad de partículas que retiene. El tamaño de aberturas en el tamaño máximo de partículas que pueden pasar por el elemento; las partículas de un tamaño mayor quedan retenidas. Los diferentes materiales para filtro tienen distintas aberturas.

Además de retener las partículas sólidas, los filtros también impiden el paso de agua por el sistema. El agua no se puede desintegrar en partículas diminutas y por ello queda retenida en el filtro.

### Tipos de filtros

Los filtros de combustible se pueden dividir en dos tipos generales: los que producen filtrado profundo y los que trabajan por filtrado en los bordes. Para el filtrado profundo se utiliza algún tipo de elemento que permite la acumulación de partículas sin que se obstruya el elemento. En los filtros de bordes se acumula una capa de partículas que puede restringir el paso del combustible por el filtro.

Las denominaciones anteriores se relacionan con el método de filtrado y los filtros de tipo profundo se denominan por el material que se emplea en el elemento.

#### *Papel plegado*

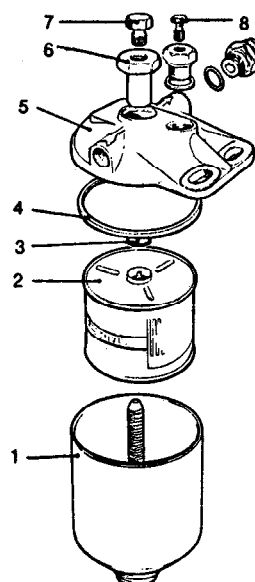
El elemento hecho con un papel con tratamiento especial es muy eficaz y de una gran superficie. Puede retener partículas de un tamaño de unas 5 micras. El elemento no se puede limpiar y se reemplaza a intervalos periódicos. El filtro de papel es, quizá, el más común y se ilustra en la figura 19.10.

#### *Algodón y fieltro*

Estos materiales se utilizaban mucho, pero han sido sustituidos casi por completo por elementos de papel que son más eficientes. El filtro de tela retiene partículas de unas 25 micras; el de fieltro, de alrededor de 17 micras. Por lo general, estos elementos se pueden lavar.

#### *Metal sinterizado*

Son elementos porosos de aleaciones metálicas sinterizadas, por ejemplo el bronce. Se sinteriza el metal en polvo para formar un material poroso que deja pasar el combustible pero retiene partículas de 10 a 20 micras. Una variante de este elemento es una malla metálica comprimida.



**Fig. 19.10** Filtro de combustible: 1 caja, 2 elemento, 3 sello, 4 sello de la tapa, 5 tapa, 6 tuerca del filtro, 7 tapón de respiración, 8 conexión de retorno  
LEYLAND

### *Filtros de borde*

Estos filtros tienen discos laminados de metal o compuestos. Los bordes de los discos, aunque tienen una ligera separación entre sí para dejar pasar el combustible, están lo bastante cercanos para actuar como filtro.

En algunos inyectores se utiliza un filtro de borde; es para alta presión y está montado dentro del inyector. Consta de una barra metálica pequeña que se instala en una cavidad en su caja; la barra tiene muy poca holgura en la cavidad. Los extremos de las barras son circulares y el resto es de sección cuadrada; ésta forma cuatro bordes en la barra que, debido a su ajuste muy preciso en la cavidad, forman un filtro de borde. El combustible que entra por el orificio del filtro tiene que circular a través del borde del filtro (entre el borde de la barra y su cavidad) antes de que pueda pasar al inyector.

### Diseños de filtros

Hay diversos diseños de filtros, para retener partículas de cuerpos extraños y pequeñas cantidades de agua. Los filtros instalados en el sistema antes de la bomba elevadora se llaman filtros primarios; los instalados después de la bomba se conocen como filtros secundarios o, a veces, principales y pueden ser filtros de succión y de presión. El sellado deficiente de los filtros en el lado de succión de la bomba elevadora permitirá la entrada de aire al sistema; el sellado deficiente en los filtros de presión permitirá fugas de combustible.

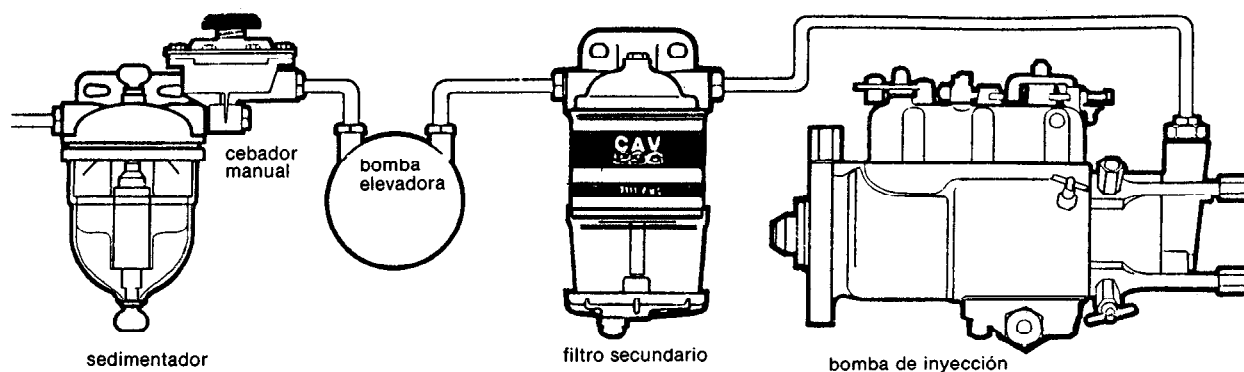


Fig. 19.11 Instalación de filtros de combustible LUCAS-CAV

En la figura 19.11 se ilustran los componentes de abastecimiento de combustible. Incluyen un filtro primario (sedimentador) para separar el agua y los sólidos del combustible, un cebador manual para purgar (expulsar) el aire del sistema después de darles servicio a los filtros, una bomba elevadora que funciona cuando el motor está en marcha para enviar combustible a la bomba de inyección. Además, hay un filtro secundario para el combustible antes de que llegue a la bomba de inyección y una bomba de inyección tipo distribuidor. La función de los filtros es como sigue.

#### Sedimentador

Es un separador o filtro primario diseñado para eliminar el agua y las partículas de sólidos del combustible. Su nombre proviene de su acción, que ocasiona que el agua y partículas de sólidos caigan en el fondo del vaso o cámara para sedimentos, el sedimento es materia que cae o se asienta en el fondo del líquido; en el sedimentador ocurre porque el agua y las partículas de sólidos son más pesadas que el combustible.

En la figura 19.12 se ilustra un corte seccional de un sedimentador. Consta de tres partes: la cabeza

del filtro, el elemento del sedimentador y una cámara o vaso transparente para sedimentos. Un tapón de drenaje en la parte inferior del vaso se saca para vaciar el agua y sedimentos acumulados. Las tres partes están unidas por medio de un tornillo central en la cabeza del filtro. Se utilizan anillos selladores entre las tres partes, que impiden las fugas.

El paso de combustible por el sedimentador se señala con las flechas. El combustible ingresa por la conexión de entrada y pasa sobre y alrededor de la sección cónica del elemento que actúa como difusor para diseminar el combustible. Después, el combustible baja por la abertura estrecha entre el borde externo de la sección cónica y su caja hacia la cámara de sedimentación en donde fluye en sentido radial de retorno al centro del sedimentador y sale por la conexión correspondiente.

Durante el tiempo en que el combustible se mueve en sentido radial, el agua o cualesquiera partículas de sólidos (que son más pesadas que el combustible) se separan del combustible y caen al fondo de la cámara de sedimentación. Los sedimentos y el agua se pueden vaciar por el tapón de drenaje o bien se puede sacar el tornillo central para desarmar el sedimentador y limpiarlo.

#### Alarma de agua en el sedimentador

Los sedimentadores pueden incluir un sistema que produce una alarma cuando el nivel del agua en el vaso se eleva al grado de que pueda dejar de funcionar. El vaso tiene una sonda para detectar el nivel del agua, cuando se necesita vaciar el sedimentador, la sonda produce una señal eléctrica que hace que se encienda una luz de alarma o suene un zumbador en el compartimiento para el conductor.

Además, algunos sedimentadores tienen un flotador y válvula en el vaso. El flotador sube conforme se acumula agua en el vaso hasta que la punta cónica en la parte superior de la válvula penetra en su asiento y corta el paso del combustible; a este sedimentador se le da el nombre de corte por agua. También puede incluir una alarma antes de que el agua llegue al nivel al cual se cortará el paso de combustible.

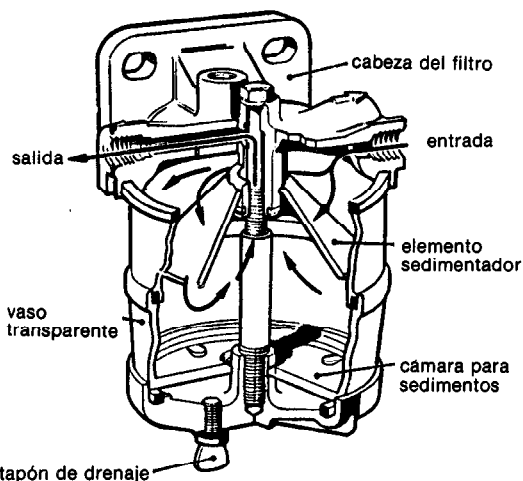


Fig. 19.12 Filtro y sedimentador LUCAS-CAV

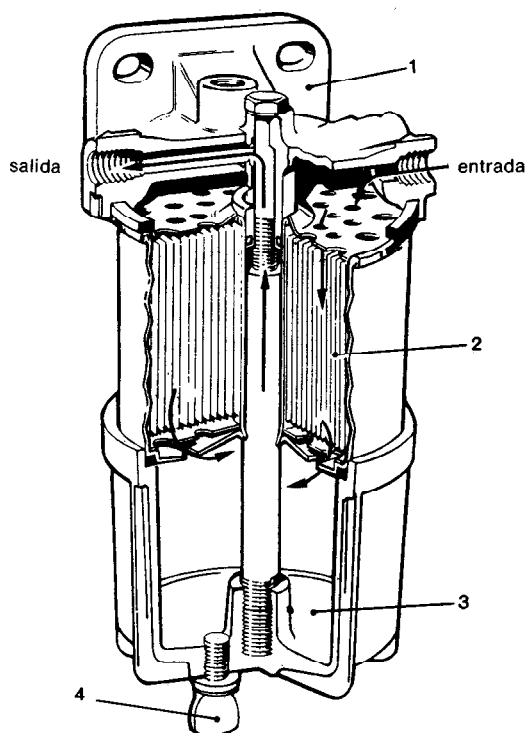
### Filtro secundario

El fabricante del filtro que se ilustra en la figura 19.11 instalado entre la bomba elevadora y la bomba de inyección, lo llama "aglomerador". Tiene elemento de papel y un vaso o cámara de sedimentos profundo para retener el agua; este tipo de filtro se ilustra con mayor detalle en la figura 19.13. El flujo de combustible indicado por las flechas entra por la conexión de admisión y desciende a través del elemento y está diseñado para retener los sólidos y el agua. El elemento retiene los sólidos, pero las gotitas de agua que están obligadas a pasar por los poros del elemento se aglomeran o coagulan, es decir, se combinan para formar gotas más grandes que se sedimentan en la cámara inferior. El combustible filtrado, libre de agua, sube por el tubo central del elemento y sale por la conexión de salida.

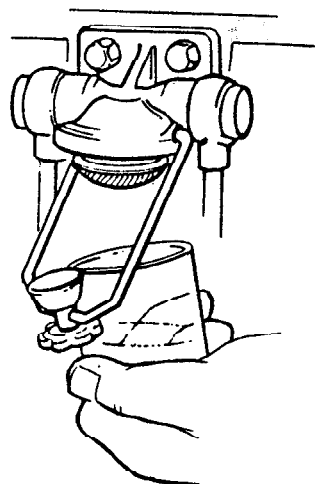
Se verá que en este tipo de filtro no se utiliza un recipiente o vaso para cubrir el elemento; éste se sujeta con el tornillo central entre la cabeza en la parte superior y el fondo de la cámara de sedimentación. En otros tipos, como el ilustrado en la figura 19.10, se emplea un vaso que aloja al elemento.

### Filtro primario

Se da este nombre a los filtros que están antes de la bomba elevadora de combustible. El sedimentador, ya descrito, es un filtro primario grande; en la bomba elevadora de la figura 19.2 se emplea filtro pri-



**Fig. 19.13** Filtro aglomerador: 1 cabeza del filtro, 2 elemento, 3 cámara para sedimentos, 4 tapón de drenaje  
LUCAS-CAV



**Fig. 19.14** El filtro primario consiste en un vaso de vidrio para sedimentos y una malla filtrante  
PERKINS

mario. En la figura 19.14 se ilustra otro tipo de filtro primario, que consta de un vaso pequeño de vidrio o de metal; para quitarlo se afloja la abrazadera y se mueve a un lado. La cabeza del filtro tiene un elemento de malla.

El filtro primario, además de filtrar el combustible antes de que entre a la bomba elevadora, auxilia al filtro secundario o principal porque retiene el agua y partículas grandes de sólidos que se podrían acumular en el filtro secundario. Es mucho más fácil retener el agua en el filtro primario en el lado de succión de la bomba elevadora, porque serán gotas grandes. Cualquier agua que pase por la bomba elevadora formará una emulsión con el combustible y será mucho más difícil separarla.

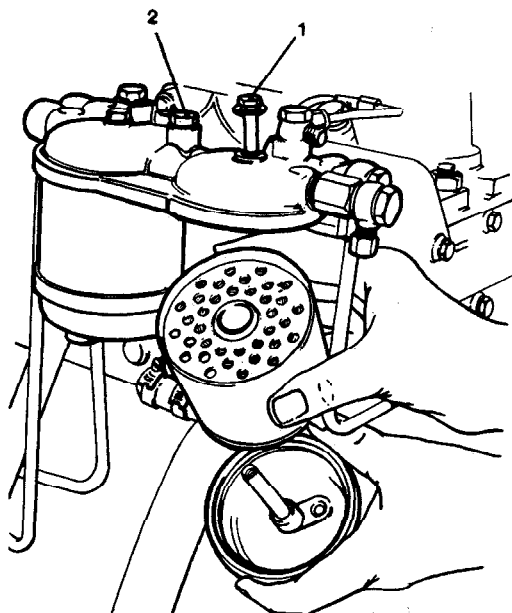
### Filtros dobles

En ocasiones se utilizan dos o más filtros secundarios (principales). Se pueden instalar dos filtros en serie o en paralelo. Cuando están en serie, todo el combustible pasa primero por un filtro y luego por el otro. Cuando están en paralelo se divide el flujo de combustible y pasa la mitad por cada filtro. Este método es adecuado para motores grandes en los que fluye mucho combustible en el sistema.

En la figura 19.15 se ilustran dos filtros en serie; uno de ellos está desmontado para darle servicio. Con este sistema, el primer filtro puede ser del tipo aglomerador con vaso para sedimentos en la base para ayudar a eliminar el agua del combustible.

### Agua en el combustible

Aunque haya cantidades diminutas de agua disueltas en el combustible, que producirán muy pocos perjuicios, las gotas de agua pueden ocasionar daños por corrosión, desgaste y picadura de las superficies muy pulimentadas.



**Fig. 19.15** Filtros dobles, con uno desmontado para darle servicio: 1 tornillo central de sujeción del filtro, 2 tapón para purga

PERKINS

El agua puede entrar en forma accidental al tanque del vehículo o se puede condensar en ese tanque o en el tanque grande para almacenamiento por precipitación debida a los cambios de temperatura. Se ha calculado que en un tanque de almacenamiento de 5000 litros, se pueden condensar en un año hasta 20 litros de agua provenientes de la humedad del aire. Normalmente, se saca esa agua por los tapones de drenaje. Hay otras precauciones recomendadas para el manejo de combustible, tales como poner los tambores en ángulo y sacar el combustible de la parte más alta del tambor. Los requisitos de instalación para tanques subterráneos y elevados incluyen algún sistema para extraer el agua y los sólidos que se puedan acumular en el fondo del tanque.

## Servicio a los filtros

Los filtros pueden ser del tipo desechable, y se cambian completos, o del tipo de elemento reemplazable.

El filtro desechable se desenrosca de su montaje y se desecha. Se limpia la superficie de montaje y se instalan junta y filtro nuevos. Después de instalarlo, hay que cebar y purgar el sistema, poner en marcha el motor y examinar si hay fugas.

El procedimiento para cambiar el elemento reemplazable es como sigue (Fig. 19.15):

1. Límpiase toda la mugre de la caja del filtro. Si tiene grifo de drenaje hay que vaciar el cuerpo.

2. Detenga o sostenga la base del filtro para que no gire y sáquese el tornillo central (1).
3. Quítense la base o el vaso del filtro junto con el elemento.
4. Deséchese el elemento. Límpiense la base o el vaso con trapos y enjuáguese con combustible limpio.
5. Límpiase el interior de la cabeza del filtro con un trapo que no deje pelusa o con una brocha y combustible limpios. Hay que tener cuidado especial con la ranura en que se aloja el anillo sellador.
6. Inspecciónense los anillos selladores y reemplácese si tienen daños o imperfecciones.
7. Instálase el elemento en la base o en el vaso, según el tipo del filtro.
8. Instálense la base o el vaso en la cabeza del filtro; compruébese que los anillos selladores están en su lugar correcto.
9. Apriétese el tornillo central a la torsión especificada; no hay que apretar en exceso porque ocurrirán daños. Se suele especificar una torsión de 8 a 10 N · m, o sea apretado con firmeza con la mano.
10. Púrguese el sistema, póngase en marcha el motor y examínese si hay fugas por el filtro.

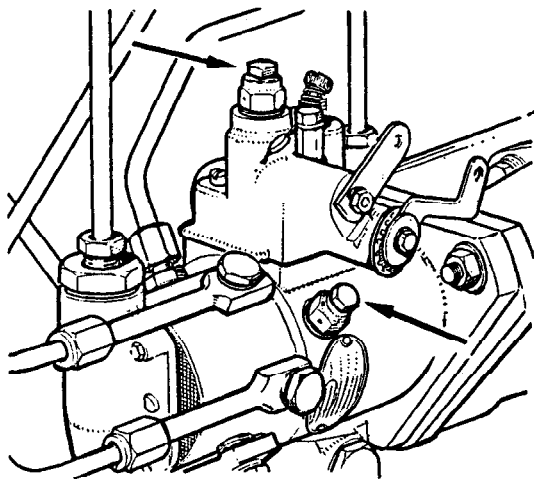
## Limpieza

Es poco lo que se diga acerca de la importancia de la limpieza en el sistema de inyección de combustible. El combustible que se recibe en los carros tanque (o que se compra en los puestos de combustible) suele estar limpio. Hay que tener cuidado de que un manejo y almacenamiento deficientes no contaminen el combustible antes de que llegue al motor. La limpieza es necesaria con todos los combustibles líquidos pero es muy importante con el Diesel. La contaminación dañará los componentes de inyección y se necesitarán costosas reparaciones. Sólo se deben utilizar trapos que no dejen pelusa para limpiar las piezas del sistema de combustible; nunca se debe emplear estopa.

## Purga del sistema de combustible

El sistema no funcionará correctamente si hay aire en alguna parte del mismo. Sólo se debe inyectar combustible en las cámaras de combustión, no una mezcla de aire y combustible. El aire entrará al sistema si hay alguna filtración o si se desmonta cualquier componente o se abre una conexión. Entrará aire, por ejemplo, cuando se reemplaza un filtro o elemento. El procedimiento para purgar el sistema es:

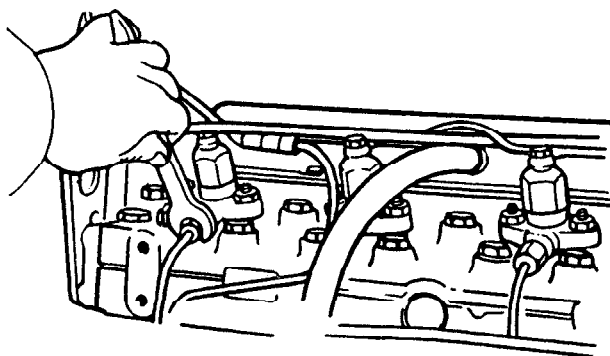
1. Aflójese el tapón de purga (sangrado) en la parte superior del filtro en el lado de presión de la bomba elevadora. Acciónese la palanca cebadora manual en dicha bomba hasta que el combustible salga por el tapón de purga libre de burbuja; apriétese el tapón de purga. (Si hay



**Fig. 19.16** Bomba de inyección tipo distribuidor. Las flechas señalan la válvula para purga de aire

- un filtro entre el tanque de combustible y la bomba elevadora, se purgará al mismo tiempo.)
2. Aflojense el tapón o tapones para purga en la bomba de inyección (Fig. 19.16). Acciónese la palanca cebadora manual hasta que salga combustible sin burbujas; apriétese el tapón.
  3. Póngase en marcha el motor; si es necesario, púrguese cada tubo para inyector en orden (Fig. 19.17). Para ello, se afloja la tuerca de unión en el inyector lo suficiente para que escurra combustible por las roscas de la unión. Cuando salga combustible sin burbujas, apriétese la tuerca de unión.

Para purgar (expulsar) el aire del sistema, se afloja alguno de los tapones de respiración o una unión en los tubos para combustible. El aire atrapado en el sistema subirá al punto más alto. La purga se debe efectuar con la palanca cebadora manual y comenzar en el punto más cercano a la bomba elevadora, por ejemplo, el filtro primario y, luego, se continúa con los inyectores. El aire que haya en los inyectores se inyectará en las cámaras de com-



**Fig. 19.17** Aflojar la tuerca de unión en el inyector para purgar el tubo del inyector PERKINS

bustión o pasará por la válvula de aguja hacia los tubos de retorno en la parte superior de los inyectores.

En algunos sistemas con inyectores unitarios, el aire se expulsa en forma constante con un tubo de retorno desde los inyectores y no se necesita purga manual.

## Dispositivos auxiliares para arranque

Se utilizan dispositivos auxiliares para arranque de los motores Diesel a bajas temperaturas. Algunos suministran un exceso de combustible para arranque; otros, proveen aire caliente para ayudar a la combustión. A continuación se presentan algunos ejemplos.

### Dispositivo de exceso de combustible

Las bombas de inyección en línea tienen un tope para máximo combustible que limita el movimiento de la varilla de control de combustible y, por tanto, la cantidad máxima de combustible que puede entregar la bomba.

Para el arranque del motor, se puede cancelar el tope de máximo combustible para suministrar exceso de combustible. Cuando funciona el control de exceso de combustible durante el arranque, la varilla de control tiene más recorrido para enviar más combustible a los inyectores, y ayudar al arranque del motor. Cuando el motor arranca, el dispositivo para exceso deja de funcionar.

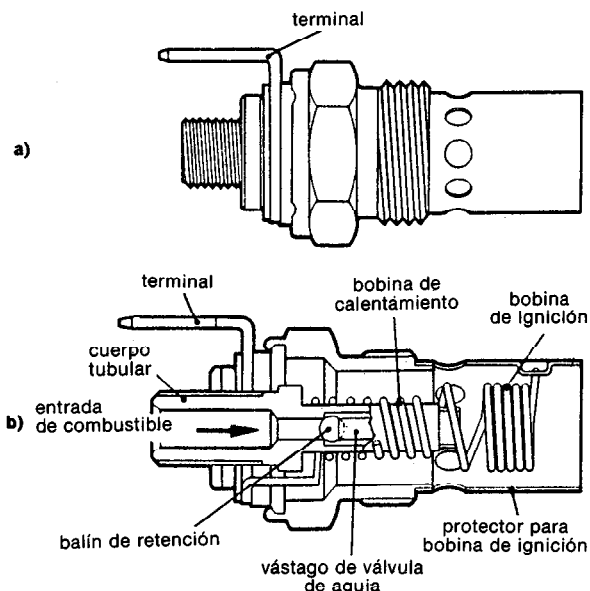
### "Thermostart"

El dispositivo "Thermostart" para arranque está roscado en el múltiple de admisión y quema combustible en el múltiple para suministrar aire caliente a los cilindros.

En la figura 19.18 se ilustra la construcción del *Thermostart*. Consta de un cuerpo de válvula central que suministra el combustible, rodeado por una bobina de calentamiento que tiene una prolongación para formar una bobina de ignición. Una válvula de aguja mantiene un balín de retención contra su asiento. Todas las piezas tienen un protector metálico.

Cuando se conecta el dispositivo, la bobina calienta el cuerpo de la válvula, que se expande para abrir la válvula de retención de balín. Esto permite la entrada de combustible vaporizado al múltiple cuando se hace funcionar el motor de arranque. La bobina de ignición inflama el combustible y calienta el aire de admisión.

Cuando se desconecta la bobina, el paso del aire por el múltiple enfría el cuerpo de la válvula y ésta se cierra para cortar el paso al combustible.



**Fig. 19.18** Dispositivo "Thermostart" para arranque en frío: a) unidad completa, b) piezas internas  
LUCAS-CAV

### Bujías incandescentes

Son calentadores eléctricos, pequeños, tipo bujía roscados en las cámaras de combustión de inyección indirecta. Se ponen al rojo durante el arranque en frío y aumenta la temperatura del aire que se comprime en el cilindro. Esto ayuda a la combustión inicial del combustible atomizado en su cámara. En las figuras 4.6 y 4.8 se ilustran las bujías incandescentes en las cámaras de combustión.

### Descompresor

Algunos motores tienen descompresores del tipo de palancas o de levas que mantienen parcialmente abiertas las válvulas de admisión o de escape. Eso reduce la presión de compresión y permite que el motor de arranque haga girar el cigüeñal con mayor facilidad. Antes de que "encienda" el motor, se suelta la palanca del descompresor para que haya compresión completa en los cilindros. El empleo del descompresor facilita hacer girar el cigüeñal durante los ajustes.

### Arranque y paro del motor

Se utilizan diversos tipos de mecanismos de arranque en los motores Diesel. Pueden ser desde una manivela ("cran") para motores pequeños hasta motores de arranque por aire comprimido en los muy grandes. En casi todos los motores Diesel tipo automotriz se utiliza motor de arranque (marcha) eléctrico. A continuación se describen los métodos generales para arranque y paro del motor.

Si se tiene motor de arranque eléctrico, se utiliza un interruptor de arranque. Se oprime y sostiene a

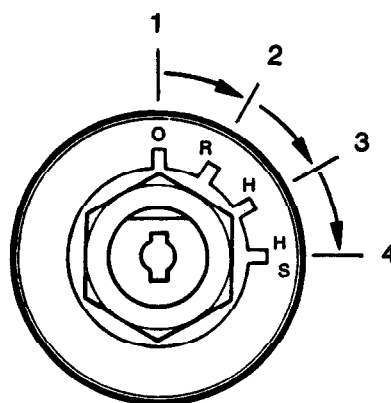
fondo el pedal del acelerador (o se pone la palanca de control en la posición para alta velocidad) y se gira el interruptor de arranque a la posición de arranque ("START") para que funcione el motor de arranque. Cuando el motor ya está en marcha y funciona con uniformidad, se suelta el pedal para reducir la velocidad. Si se tiene el pedal oprimido se entrega la cantidad máxima de combustible y, en algunos casos, exceso de combustible a los inyectores.

Para efectuar el paro del motor, hay que cortar todo el combustible a los inyectores. Para ello, se suelta el pedal del acelerador y se tira (jala) del botón de paro, cuando se utiliza. Se gira el interruptor a la posición desconectada ("OFF") para apagar todos los instrumentos y accesorios. En muchos motores, se utiliza un solenoide en vez del botón de paro para cortar el combustible. El solenoide se controla con el interruptor de arranque y no se suele emplear botón de paro manual.

En los motores turbocargados no hay que acelerar y desacelerar con rapidez inmediatamente después del arranque. Se necesita un periodo de calentamiento para que el motor funcione con suavidad y el turbocargador reciba lubricación.

### Motor con dispositivo para arranque en frío

Para arrancar el motor a temperaturas muy bajas, primero se gira el interruptor de calentamiento y arranque (Fig. 19.19) a la posición "H" (Calor) durante unos 15 segundos. Puede haber una luz en el tablero de instrumentos para avisar cuándo el aire está lo suficientemente caliente. Después, se gira el interruptor a la posición "HS" (Calor y arranque) para accionar el arranque y poner en marcha el motor. Se mantiene el pedal del acelerador oprimido a fondo para tener máximo combustible durante el arranque y después se suelta cuando arranca el motor. Después, se pone el interruptor en la posición "R" (Marcha normal).



**Fig. 19.19** Interruptor tipo rotatorio para calentamiento y arranque  
PERKINS



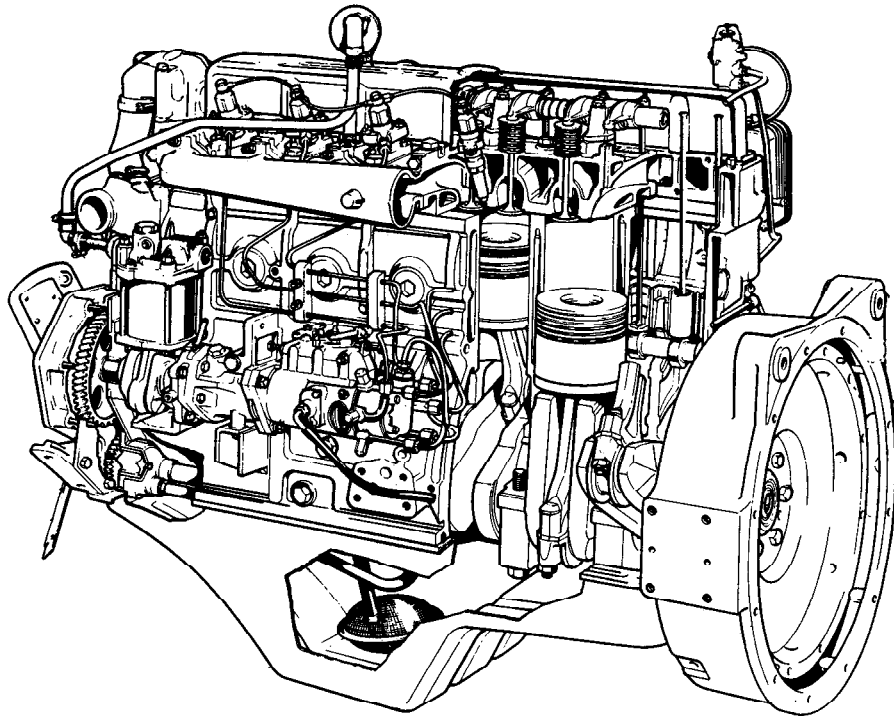
Para efectuar el paro del motor, se mueve el interruptor a la posición "O" (Apagado), con esto funciona el solenoide de corte de combustible y se para el motor. Si se utiliza perilla de paro manual,

hay que accionarla.

En la ilustración se muestra un solo interruptor para calentamiento y arranque, aunque hay otros tipos y sistemas.

## ***Preguntas para repaso***

1. Enumérense los componentes básicos de un sistema de combustible Diesel.
2. ¿Cuál es la finalidad del tubo de retorno en este sistema?
3. ¿Qué es una bomba de inyección en línea?
4. Menciónense tres tipos diferentes de sistemas de combustible Diesel
5. ¿Qué es un inyector unitario?
6. Explíquese como funciona una bomba elevadora del tipo de diafragma.
7. ¿Qué es una bomba de aspas?
8. ¿Para qué se utiliza la bomba con cebado manual?
9. ¿Por qué son tan importantes los filtros en el sistema de combustible?
10. Menciónense tres tipos de filtros de combustible.
11. ¿Cómo funciona un sedimentador?
12. ¿Por qué se utilizaría un sistema de alarma de agua en un filtro?
13. ¿Qué significa filtro secundario? ¿Y filtro primario?
14. Si hay un sello deficiente, uno de los filtros citados podría permitir fugas de combustible con el motor en marcha y el otro succionaría aire. ¿Qué filtro haría qué?
15. ¿Qué efecto tendría el agua en las piezas del sistema de combustible.
16. Descríbase cómo se le da servicio a un filtro de combustible.
17. ¿Por qué hay que purgar el sistema de combustible?
18. Descríbase la forma de purgar el sistema.
19. ¿Por qué se utilizan dispositivos auxiliares para arranque?
20. ¿En qué parte del motor se encuentran esos dispositivos?



**Fig. 19.20** Corte de un motor Bedford de seis cilindros. Se muestra el lado izquierdo en corte parcial. Se muestran los componentes del sistema de combustible que están en el lado izquierdo y también las partes internas. Se utiliza una bomba de inyección del tipo de distribuidor, impulsada por un eje auxiliar desde el cigüeñal del compresor de aire. Los tubos de entrega de la bomba llevan el combustible hasta los inyectores, que están montados con brida en la culata de cilindros.

La bomba del aceite tipo rotor se encuentra en la parte delantera del depósito de aceite y se impulsa con un engrane intermedio entre el engrane de impulsión de la bomba y el engrane del cigüeñal

BEDFORD



# 20

## Inyectores

Los inyectores se llaman también toberas en forma genérica. En algunos casos, el cuerpo del inyector se llama también portatobera, en donde va colocada la tobera o copa por la cual se atomiza el combustible. Se utilizarán los términos portatobera y tobera.

Los inyectores funcionan, ya sea con el combustible a presión dentro de ellos, o por impulsión

mecánica desde el árbol de levas del motor. Este capítulo se relaciona principalmente con los inyectores CAV y Bosch, que funcionan por presión. Los inyectores unitarios y los inyectores PT, que son de accionamiento mecánico se describen en capítulos separados más adelante. Los inyectores Caterpillar también se describen en otro capítulo.

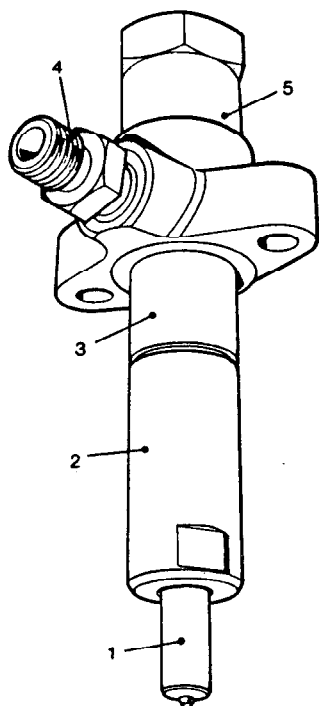
### Construcción de los inyectores

En la figura 20.1 se ilustra un inyector típico. Se monta en la culata (cabeza) de cilindros por medio de su brida, que se fija con dos tornillos o espárragos (birlos) en sus agujeros. Otros inyectores se instalan a rosca en la culata o se sujetan con una grapa.

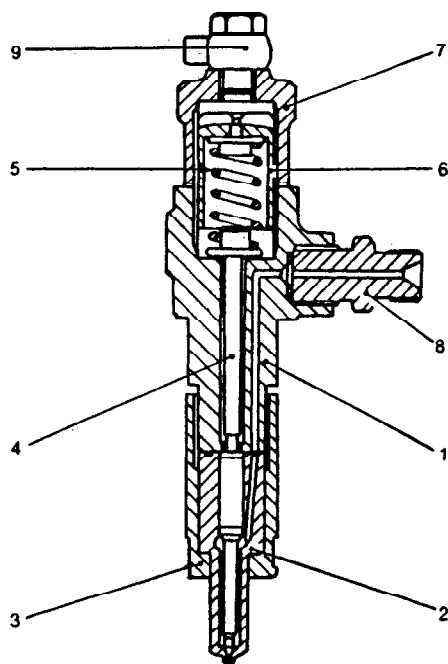
El extremo inferior o tobera del inyector sobresale en la cámara de combustión y en el momento preciso inyecta combustible atomizado en ella. El inyector debe funcionar 150 veces por minuto en marcha mínima o *ralenti* y hasta unas 1500 veces por minuto a velocidad máxima.

En la ilustración se muestran las principales piezas externas del inyector, el cual consta de dos partes principales: la tobera 1) y el portatobera 3). La tobera está sujeta en el portatobera con una tuerca 2) larga para tobera. Cuando se instala el inyector en la culata, se coloca en la parte inferior de la tuerca de tobera una arandela (rondana) de cobre que sella contra la culata.

El portatobera 3) se emplea para montar el inyector en la culata incluye el adaptador 4) de entrada de combustible en el cual se conecta el tubo que viene de la bomba. La tuerca superior 5) del portatobera cubre la tuerca de ajuste del resorte y también tiene un agujero roscado en su parte superior en el cual se conecta el tubo de retorno de combustible.



**Fig. 20.1** Conjunto de inyector: 1 tobera, 2 tuerca de tobera, 3 portatobera, 4 entrada de combustible, 5 tuerca superior



**Fig. 20.2** Piezas del inyector: 1 portatobera, 2 tobera, 3 tuerca de tobera, 4 vástago, 5 resorte, 6 tuerca de ajuste del resorte, 7 tuerca de tapa, 8 entrada de combustible, 9 conexión para retorno

LUCAS-CAV

### Funcionamiento del inyector

En la figura 20.2 aparece una vista en corte del inyector y de sus piezas internas. Las piezas funcionales son la tobera 2) con su válvula de aguja en la parte inferior del inyector y el resorte 5) y su tuerca de ajuste en la parte superior. La fuerza del resorte

se transfiere a la válvula de aguja con una varilla pequeña llamada vástago 4). La presión a la cual el inyector empieza a atomizar se ajusta por medio de la tuerca 6) de ajuste del resorte, la cual también sirve de asiento para el resorte (Fig. 20.3)

La carga de combustible que viene de la bomba de inyección penetra por la entrada 8) de combustible y baja por el conducto perforado en el portatobera 1) y la tobera 2) hasta la galería. La punta de la válvula de aguja que asienta contra la parte inferior de la tobera, impide el paso por los orificios de la tobera. Cuando hay combustible a presión en los conductos y galería del inyector, se levanta la aguja de su asiento y se atomiza el combustible en la cámara de combustión.

Una pequeña cantidad del combustible escapa hacia arriba a lo largo de la aguja, actúa como lubricante entre la aguja y la tobera y también lubrica las otras piezas del inyector antes de salir por la conexión para el tubo de retorno en la parte superior y retornar al tanque.

### Acción de la aguja

La galería es una ranura anular pequeña en la tobera que sirve como depósito para el combustible antes de la inyección. Cuando la carga de combustible a alta presión que viene de la bomba llega a la galería, actúa contra los rebordes de la guía de la válvula de aguja y produce fuerza ascendente contra el resorte. Cuando la presión dentro del inyector es suficientemente alta, vence la carga del resorte contra la aguja y ésta se levanta de su asiento y permite la atomización del combustible a alta presión que hay en la galería.

Cuando cesa la acción de bombeo del émbolo respectivo en la bomba de inyección, se reduce la presión en el inyector y el resorte del inyector empuja a la válvula de aguja contra su asiento.

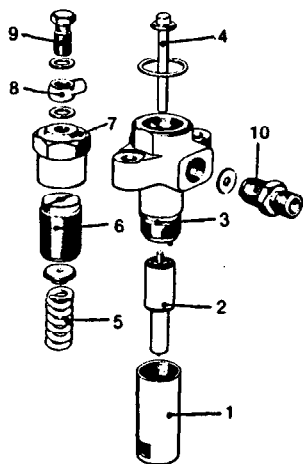
La rapidez con la cual ocurre la caída de presión en el inyector hace que la válvula de aguja tenga un cierre rápido. Con esto hay un corte de la inyección y se impide el escurrimiento. La acción de la válvula de entrega en la bomba en línea y la forma de los lóbulos de la leva en la bomba de distribuidor producen una caída brusca en la presión al final del periodo de inyección, lo cual ayuda a la válvula de aguja a cerrar con rapidez. El combustible se debe inyectar con una atomización muy fina. Cualquier combustible sin atomizar que escurra a la cámara de combustión no arderá en la forma correcta y producirá carbón y humo negro.

### Piezas del inyector

En la figura 20.3 aparece una vista desplegada de las piezas componentes del inyector.

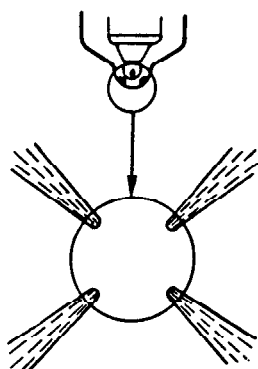
### Patrón de atomización

La forma de la descarga en los orificios de la tobera del inyector se llama patrón de atomización. El



**Fig. 20.3** Componentes del inyector: 1 tuerca de tobera, 2 tobera, 3 portatobera, 4 vástago, 5 resorte, 6 tuerca de ajuste del resorte, 7 tuerca de tapa, 8 conexión para retorno, 9 tornillo ensanchado, 10 adaptador de entrada

LUCAS CAV



**Fig. 20.4** Patrón de atomización de una tobera de cuatro orificios

diseño de la cámara de combustión determina el patrón de atomización requerido. En la figura 20.4 se muestra el patrón de atomización de una tobera de cuatro orificios, en la cual se descarga el combustible por cuatro orificios pequeños, del mismo tamaño, en la punta de la tobera para producir cuatro atomizaciones de tamaño uniforme.

El patrón de atomización de la tobera se determina por características como el número, tamaño, longitud y ángulo de los orificios y también por la presión del combustible dentro del inyector. Todos estos factores influyen en la forma y longitud de la atomización.

### Tobera de inyector

La función de la tobera es inyectar una carga de combustible en la cámara de combustión en una forma en que pueda arder por completo. Para ello, hay diversos tipos de toberas, con variaciones en la longitud, número de orificios y ángulo de atomización. El tipo de tobera que se utilice en un motor depende de los requisitos particulares de sus cámaras de combustión. En la figura 20.5 se ilustran los principales tipos de toberas.

#### Toberas de un solo orificio

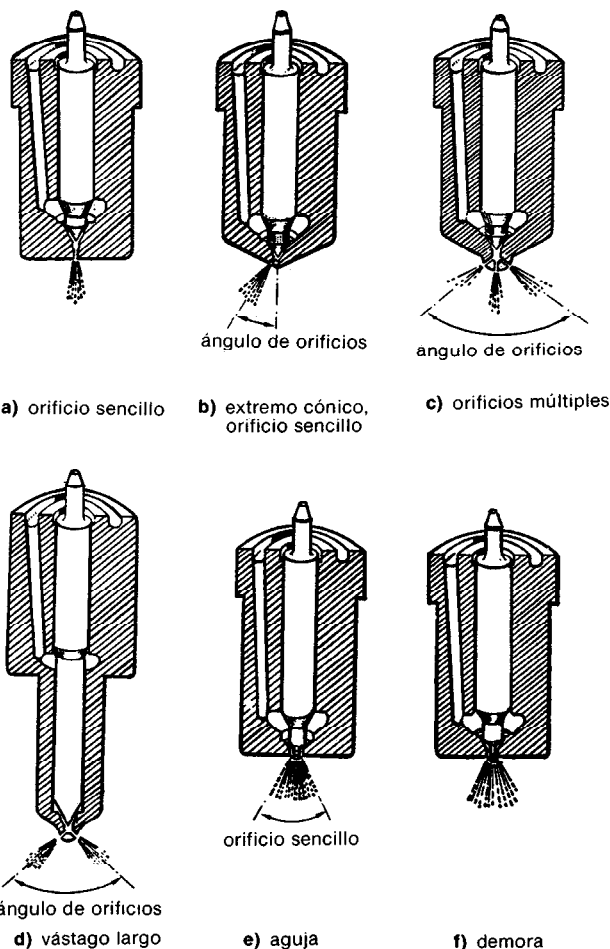
Estas toberas, *a)*, tienen un solo orificio taladrado en su extremo, cuyo diámetro puede ser de 0.2 mm o mayor. La tobera *b)* con punta cónica y un solo orificio tiene éste taladrado en ángulo de acuerdo con el motor en que se instalará.

#### Toberas de orificios múltiples

Estas toberas *c)* tienen dos o más orificios taladrados en el extremo. El número, tamaño y posición de los orificios dependen de los requerimientos del motor.

#### Toberas de vástago largo

Estas toberas, *d)* tienen un vástago largo que es una prolongación de la parte inferior de la tobera. Los



**Fig. 20.5** Tipos de toberas de inyectores

LUCAS-CAV

orificios normales y el asiento de la válvula están en el extremo del vástago largo, que permite que la parte de la tobera que tiene holguras muy precisas, entre la aguja y la tobera, quede separada de la cámara de combustión a fin de que puedan funcionar en una parte de la culata que está algo más fría.

#### Toberas de aguja

Estas toberas *e)* tienen un orificio mucho más grande y la punta de la aguja está reducida para formar una especie de alfiler que sobresale en el orificio. Con la modificación de la forma y el tamaño de la aguja, se pueden tener inyectores con diversos patrones de atomización, que puede variar desde un cono hueco pequeño hasta un cono hueco con un ángulo de 60°. Las toberas de aguja se emplean en motores de inyección indirecta, es decir los que tienen cámaras de combustión tipo celda de aire, de turbulencia o de precombustión.

#### Toberas de demora

Son toberas *f)* de aguja modificadas, en las que se ha cambiado la forma de la aguja para disminuir la

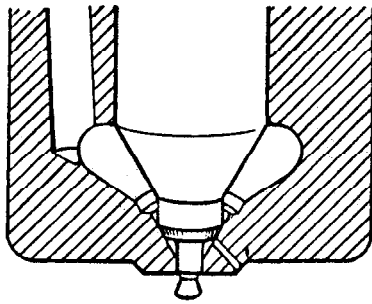


Fig. 20.6 Tobera Pintaux

LUCAS CAV

cantidad de inyección al principio de la entrega. Esto reduce la cantidad de combustible en la cámara cuando empieza la combustión y también reduce el “cascabeleo”.

#### Tobera Pintaux

Es una modificación (Fig. 20.6) de la tobera de aguja. Tiene un agujero auxiliar para atomización en la tobera, a fin de facilitar el arranque con el motor frío. A las rpm de arranque del motor, la válvula de aguja no se levanta lo suficiente para que el agujero para la aguja descargue combustible, sino que el agujero auxiliar produce una atomización más fina que se requiere para el arranque del motor en frío. A velocidades normales de funcionamiento, las presiones en el sistema de combustible son más altas y la válvula de aguja se eleva más para que se despeje su barrenado, que descarga la mayor parte del combustible.

#### Características de diseño de los inyectores

Aunque todos los inyectores accionados por presión tienen los mismos principios de funcionamiento, hay muchas variaciones en ellos. Incluyen su longitud y diámetro y el método para sujetarlos en la culata de cilindros. Algunos son de montaje vertical y hay que desmontar la tapa de balancines para tener acceso a ellos. Hay otros, montados en ángulo y más cerca del costado de la culata que son más accesibles.

#### Inyectores del tipo de lápiz

Es de tipo largo y delgado, por comparación con la mayor parte de los otros inyectores. Recibe el nombre de inyector tipo lápiz porque tiene más o menos esa forma; su marca de fábrica es Roosa Master. Este inyector largo permite que sus piezas funcionales estén lejos del calor de la cámara de combustión.

En la figura 20.7 b) se ilustra un inyector tipo lápiz; su construcción y funcionamiento se describen en el capítulo 28, Sistema de Combustible Caterpillar.

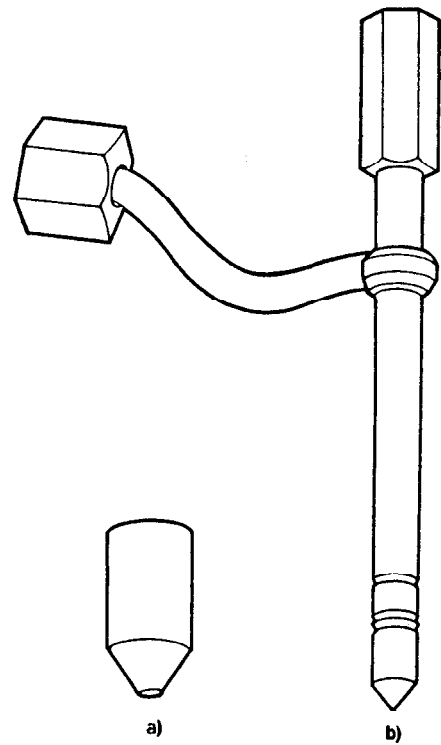


Fig. 20.7 a) Inyector con tobera tipo cápsula. b) Inyector tipo lápiz

CATERPILLAR

#### Inyectores tipo cápsula

Los inyectores tipo cápsula (Fig. 20.7 a)) se utilizan en algunos motores Caterpillar. La tobera tiene la forma de una cápsula que incluye el resorte y la válvula. No se puede desarmar ni ajustar. En el capítulo 28 se describe con mayor detalle.

#### Inyectores unitarios

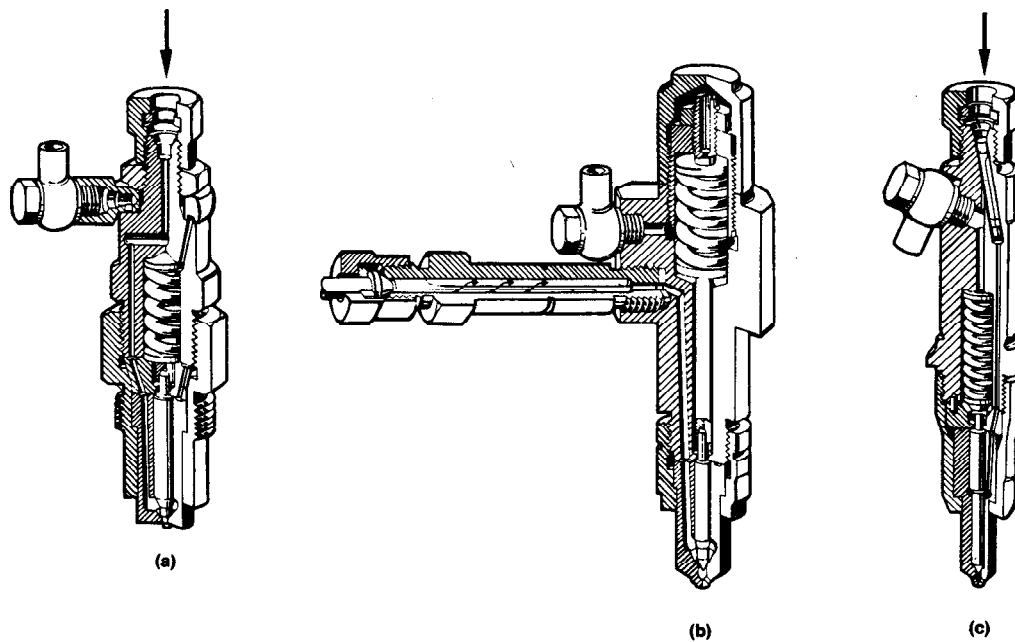
En ellos se combinan las funciones de bombeo e inyección. Consúltense los capítulos 27 y 29 en donde se describen los sistemas de combustible respectivos.

#### Variaciones en el diseño

Hay muchas variaciones en el diseño de los inyectores y se ilustran tres de ellas en la figura 20.8. Son similares a los inyectores ya descritos, pero tienen sus propias características. También están disponibles en diferentes diámetros.

El inyector a) tiene la conexión para el tubo en la parte superior y una conexión de retorno en un lado. Tiene rosca para poder instalarlo en la culata. El ajuste de la presión es por medio de suplementos (lainas) colocados contra el extremo del resorte.

El inyector b) tiene una brida para sujetarlo con tornillos en la culata y tiene un filtro del tipo de



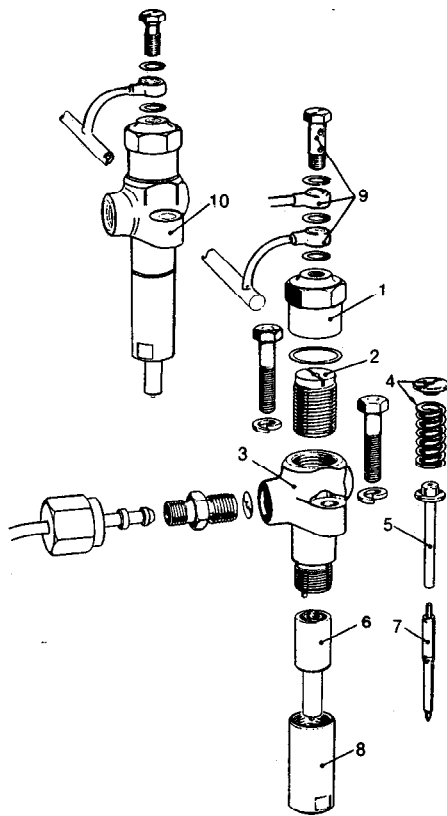
**Fig. 20.8** Tres diferentes diseños de inyectores: a) inyector con montaje a rosca, b) inyector con montaje de brida, c) inyector con montaje de grapa BOSCH

borde en la conexión de entrada, que protege al inyector porque retiene partículas que se pudieran desprender del tubo del inyector durante el servicio o por la vibración. La graduación de presión se ajusta con un tornillo prisionero contra la parte superior del resorte.

El inyector c) se sujeta en la culata con una grapa. Tiene la conexión de entrada en la parte superior y la de retorno en un lado. Igual que el inyector a) se ajusta con laines y para desarmarlo, se saca la tuerca en su extremo inferior. El inyector b) se desarma por ambos extremos.

## Preguntas de repaso

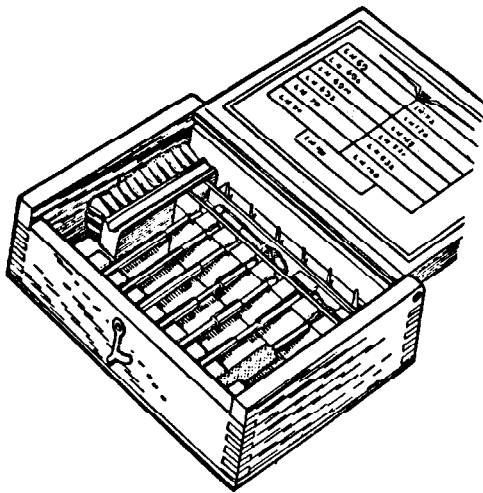
1. ¿Cuál es la función del inyector?
2. Enumérense las partes principales de un inyector.
3. ¿Cómo se sujetan los inyectores en la culata de cilindros?
4. Explíquese cómo funciona un inyector accionado por presión
5. ¿Por qué se utiliza un tubo de retorno instalado en la parte superior del inyector?
6. ¿Qué es el patrón de atomización?
7. ¿Por qué se utilizan diferentes patrones de atomización?
8. Menciónense los diversos tipos de toberas
9. ¿Qué ocasiona que el inyector atomice el combustible en la cámara de combustión?
10. ¿Cuál es el posible efecto de una válvula de aguja con ajuste incorrecto en su asiento?
11. Consúltense las ilustraciones de los motores en los otros capítulos para ver los diferentes tipos de inyectores.



**Fig. 21.3** Componentes del inyector: 1 tuerca de tapa, 2 tuerca de ajuste, 3 portatobera, 4 resorte y asiento, 5 vástago, 6 tobera, 7 válvula de aguja, 8 tuerca de tobera, 9 conexión de retorno, 10 inyector armado

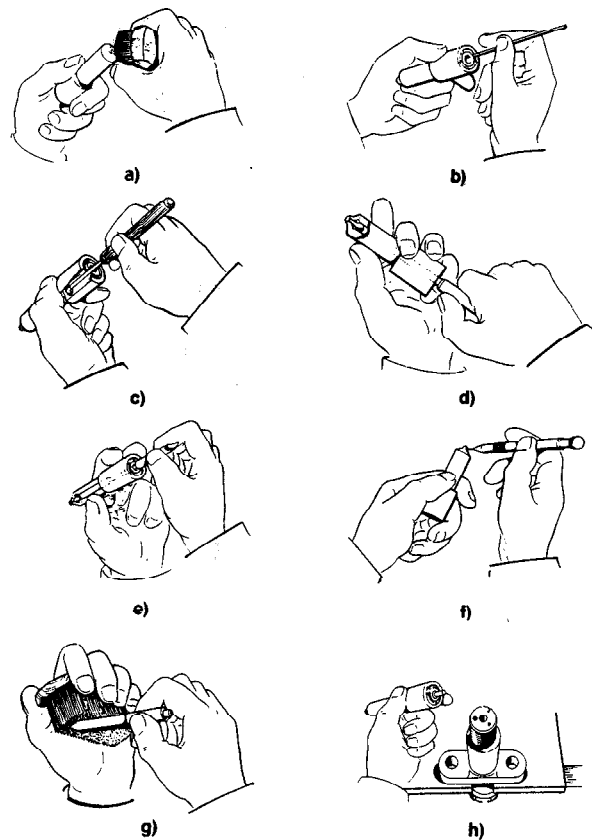
LEYLAND

- b) Límpiense los canales pequeños de alimentación en la tobera con un tramo de alambre o con una broca, que se debe girar en el orificio.



**Fig. 21.4** Equipo para limpieza de toberas

LEYLAND

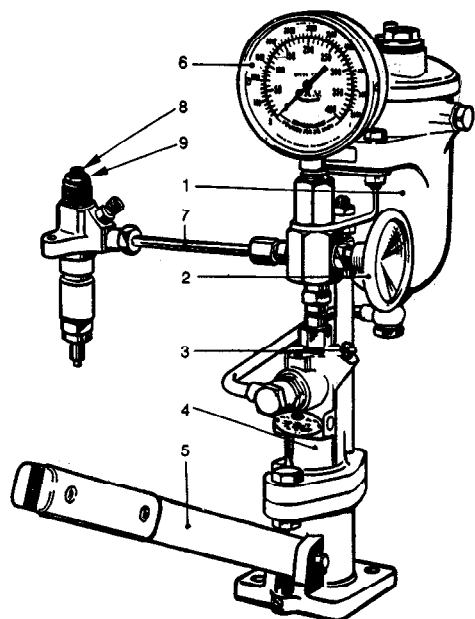


**Fig. 21.5** Limpieza de la tobera y la aguja; a) punta de la tobera, b) conducto para combustible, c) galería, d) extremo del rebajo, e) asiento de la aguja, f) orificios de atomización, g) aguja, h) instalación de la tobera en el portatobera

LUCASCAV

- c) Para limpiar la galería de combustible, introdúzcase la rasqueta especial para la ranura hasta que su "nariz" entre en la galería. Oprímase la rasqueta con fuerza contra la galería y hágase la girar para sacar el carbón.
- d) Límpiase el carbón del lado de bóveda de la tobera con la rasqueta adecuada; también hágase presión y gírese la rasqueta contra los lados de la cavidad.
- e) Límpiase el asiento de la aguja con la rasqueta de configuración especial en la misma forma. Esta rasqueta es cónica, como la válvula de aguja, pero tiene un lado plano para poder raspar.
- f) Límpiense los agujeros de atomización con el alambre delgado del tamaño correcto, sujeto en la herramienta. El alambre sólo debe sobresalir alrededor de 2 mm del extremo de la herramienta para que no se doble ni se rompa en un orificio de la tobera. Hay que introducir el alambre en el orificio con un ligero empuje y rotación hasta que el orificio esté limpio y el alambre pueda penetrar con libertad.





**Fig. 21.6** Probador de inyectores: 1 recipiente y filtro para combustible, 2 válvula de retención, 3 tornillo de purga de aire, 4 bomba de inyección, 5 palanca manual, 6 manómetro, 7 tubo, 8 tornillo de ajuste de presión de inyector, 9 contratuerca

LUCASCAV

- g) Límpiase el carbón de la punta de la válvula de aguja con el cepillo de alambre.

Después de limpiar el carbón de la tobera, se debe lavar con combustible Diesel u otro líquido limpiador aprobado y, después, de preferencia, se debe lavar a la inversa para eliminar cualesquiera partículas que queden en las cavidades de la tobera. Para ello, se coloca ésta en un adaptador y se monta en el probador de inyectores (Fig. 21.6). Se acciona con rapidez varias veces la palanca del probador para hacer pasar combustible a presión por la tobera en sentido inverso al normal.

La válvula de aguja se instala en la tobera con ésta sumergida en un recipiente con combustible limpio. La válvula debe tener suficiente holgura en la cavidad para que caiga a su lugar al levantarla de su asiento, con la tobera en posición vertical.

#### **Limpieza del portatobera**

Todas las piezas se deben lavar con Kerosene o combustible limpios y examinar si tienen daños. Los conductos y rebajos deben estar limpios. Se debe tener cuidado con la cara de presión que debe alinear con la cara de presión en la tobera para formar una unión hermética.

#### **Para armar**

Se hace a la inversa de como se desarmó y se debe tener especial cuidado con la limpieza. Se monta el

portatobera en el dispositivo (Fig. 21.2) y se instala la tobera y la aguja y se sujeta con la tuerca de la tobera, esto se hace antes de colocar el resorte y comprimirlo contra la aguja, pues en otra forma será difícil determinar si las caras de presión están bien alineadas, porque en algunos portatoberas se utilizan espigas de guía.

Una vez instalada la tobera, se arman vástago, resorte, asiento, tuerca de ajuste y tuerca de tapa en la parte superior del inyector. Sin embargo habrá que quitar la tuerca de tapa durante el ajuste.

#### **Pruebas de los inyectores**

En la figura 21.6 se ilustra un probador de inyectores. Para las pruebas y ajustes, se conecta el inyector en el tubo del probador y se comprueba el patrón de atomización. El probador consiste en una bomba que se acciona con una palanca manual y un manómetro que se puede desconectar con un volante y una válvula de retención. También tiene un depósito para combustible y un filtro. En este probador se utilizan el combustible o un líquido especial para pruebas.

Antes de hacer la prueba, se cierra la válvula de retención para aislar y proteger el manómetro; después, se acciona la palanca manual con rapidez varias veces para expulsar el aire del sistema.

*Nota para seguridad:* Hay que apuntar la tobera lejos del operario cuando se acciona el probador; por ningún motivo el chorro de atomización debe llegar a las manos o el cuerpo, pues tiene gran fuerza de penetración y puede ocasionar lesiones serias.

Se realizan las siguientes pruebas.

#### **Graduación de la presión**

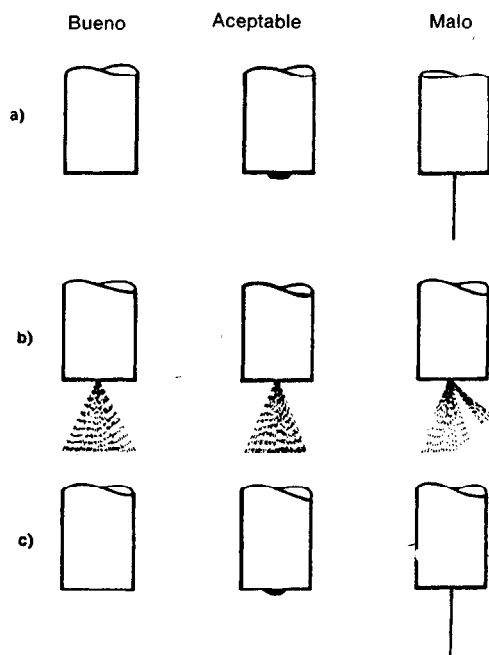
Se quita la tuerca de tapa de la parte superior del inyector y se gira la tuerca de ajuste del resorte para dar la presión especificada de apertura o disparo, por ejemplo, entre 160 y 170 atmósferas. Para ello se mueve la palanca del probador con lentitud hacia abajo y se observa el momento en que oscila la aguja del manómetro para indicar la apertura de la válvula de aguja.

Para ajustar la presión se aprieta la tuerca de ajuste del resorte para aumentarla o se afloja para disminuirla. Esto aumenta o reduce la fuerza del resorte que mantiene a la aguja contra su asiento.

Algunos inyectores tienen ajuste de presión con suplementos (lainas) en vez de la tuerca. Para graduar la presión, se modifica el espesor de los suplementos encima del resorte. Si se agregan suplementos se aumentan la fuerza del resorte y la graduación de la presión; si se quitan, se reduce la graduación de la presión del inyector.

#### **Caída de presión**

Se aumenta la presión casi hasta la de inyección y se deja de accionar la palanca. Se observa el tiempo



**Fig. 21.7** Atomización de una tobera de un solo orificio, que indica atomización buena, aceptable y mala en los periodos: a) antes de que comience la inyección, b) durante la inyección, c) después de que termine la inyección

requerido para que caiga la presión. Por ejemplo, una caída de 150 a 100 atmósferas puede requerir 6 segundos. Si la caída ocurre en menos tiempo, indica holgura excesiva entre la aguja y la tobera o una posible fuga entre la tobera y el portatobera.

#### Hermeticidad del sello

La punta de la tobera debe permanecer casi seca con una presión de unas 10 atmósferas; no existirá tendencia a la formación de una gota en la punta.

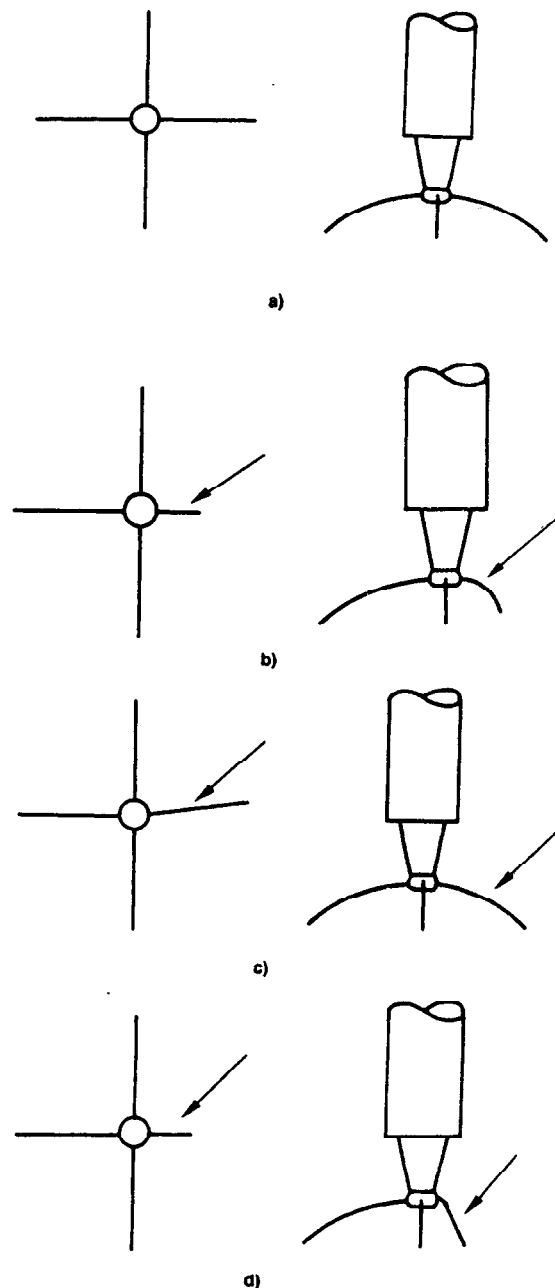
#### Patrón de atomización

Con la válvula de retención cerrada, se acciona con rapidez la palanca manual y se observa la atomización o pulverización. Se debe producir una atomización fina y uniforme. En la figura 21.7 se ilustran los patrones de atomización bueno, aceptable y malo en una tobera de un orificio.

Los diagramas del patrón de atomización de una tobera de cuatro orificios de la figura 21.8 señalan el modo en que una tobera en buenas condiciones produce un patrón uniforme. También se muestra la deformación debida a un orificio obstruido en forma total o parcial.

#### Lecturas del manómetro

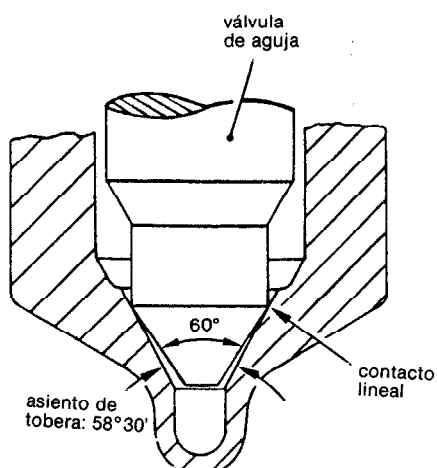
Las lecturas del manómetro se han expresado en atmósferas; una atmósfera es equivalente a la presión atmosférica al nivel del mar. También se puede



**Fig. 21.8** Diagramas del patrón de atomización de una tobera de cuatro orificios. Las flechas señalan la deformación: a) tobera buena, b) un orificio restringido, c) un orificio con restricción parcial produce deformación horizontal, d) deformación vertical CATERPILLAR

utilizar el término bar, que es también para medir presión atmosférica y tiene casi el mismo valor.

Cuando los manómetros están graduados en libras por pulgada cuadrada (psi); una atmósfera o un bar es equivalente a unas 14.7 psi. En el sistema internacional (SI) equivale a 100 kPa.



**Fig. 21.9** Diferencia angular entre la aguja y el asiento en una tobera de orificios múltiples

LUCAS-CAV

Si las lecturas se van a expresar en atmósferas, éstas equivalen a unas 30 pulgadas o 750 mm de mercurio (Hg)

### Pruebas de inyectores unitarios

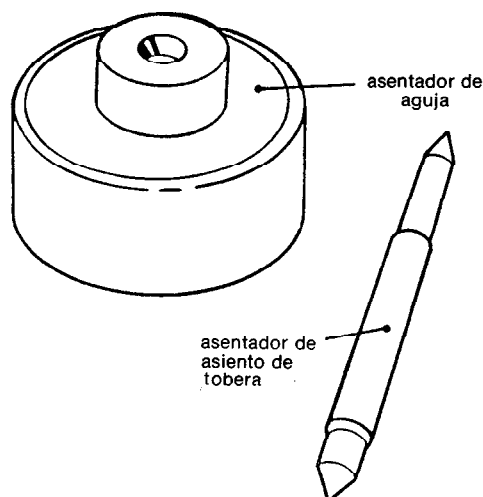
Los inyectores unitarios se pueden limpiar casi en la misma forma que la descrita para los inyectores CAV y Bosh, pero se necesitan herramientas diferentes, como se describe en capítulos posteriores. Los métodos y aparatos para prueba son diferentes, pues en los inyectores unitarios hay que comprobar la función de bombeo (volumen) y la cantidad y presión de inyección.

## Reacondicionamiento de inyectores

La aguja y su asiento en la tobera son las dos piezas del inyector que sufren mayor desgaste durante el funcionamiento, pues se empuja la aguja en forma continua contra su asiento. Además, la aguja y la tobera están sometidas al calor de la cámara de combustión. Se desgastan y pican en forma gradual y pueden permitir fugas después de cierto tiempo de trabajo.

La tobera y su asiento en las toberas de orificios múltiples tienen diferentes ángulos (Fig. 21.9). Esto produce contacto lineal entre la aguja y su asiento. La zona de contacto entre las dos piezas aumenta en forma gradual con el desgaste y se pierde el contacto lineal conforme se ensancha el asiento.

El reacondicionamiento de la tobera restaura los ángulos correctos en la punta de la aguja y en el asiento. Incluye asentar la aguja y el asiento con asentadores separados con los ángulos correctos. No hay que asentarlos al mismo tiempo, porque se



**Fig. 21.10** Asentadores para válvula de aguja y asiento de tobera

LUCAS-CAV

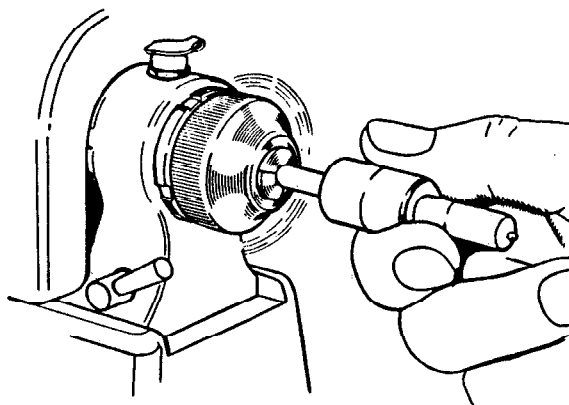
anularía el ajuste de interferencia y sólo se tendría un asiento más ancho.

### Asentamiento de la tobera

Las herramientas asentadoras se ilustran en la figura 21.10. El asentador para el asiento de la tobera es de acero con punta de hierro fundido. El asentador se monta en el collar de la máquina asentadora y se sostiene la tobera contra el asentador como se ilustra en la figura 21.11.

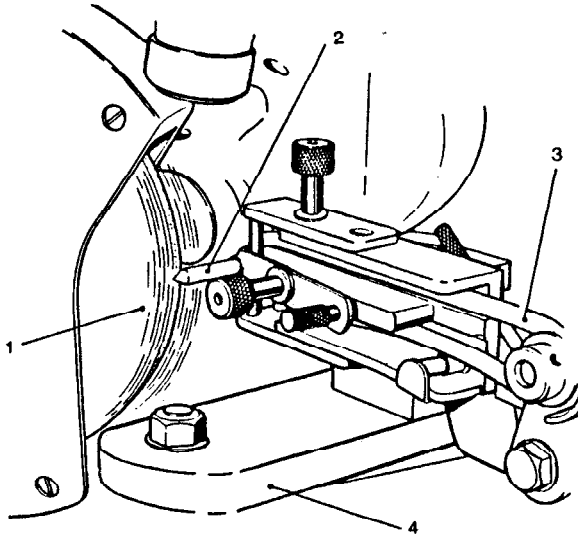
Durante el asentamiento, se aplica una pequeña cantidad de compuesto asentador en la punta de la herramienta. Se mueve la boquilla con rapidez hacia el frente y atrás en el asentador, de modo que la punta de éste haga contacto con el asiento de la tobera, pero sólo unos cuantos segundos cada vez.

Se efectúan uno o dos asentamientos que duren unos 30 segundos cada uno; después, se limpia la



**Fig. 21.11** Pulimento para restaurar el asiento en el extremo de la tobera

LUCAS-CAV



**Fig. 21.12** Rectificación del asentador de asiento de tobera a su ángulo correcto: 1 rueda abrasiva, 2 asentador de tobera, 3 bandas de impulsión de la rectificadora, 4 base del dispositivo al ángulo correcto

LUCAS-CAV

tobera y se la lava a la inversa. Luego, se examina con el microscopio iluminador especial, de la marca "Nozzle Scope", que ilumina y amplifica la superficie del asiento. Si el acabado del asiento está correcto su superficie se verá limpia y continua.

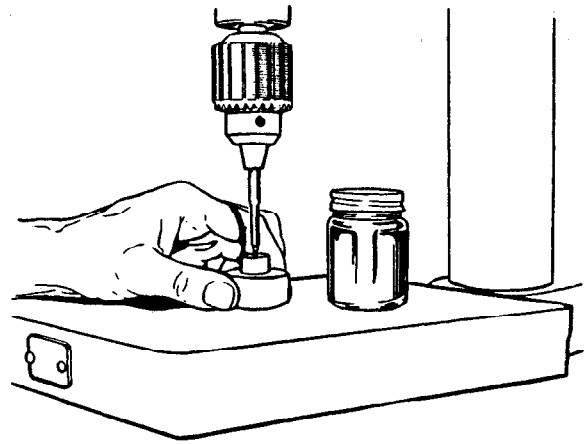
#### **Rectificación del asentador de asientos**

Si el asentador de asientos de tobera está gastado, se puede rectificar en la máquina especial. En la figura 21.12 se ilustra el asentador instalado en la máquina. Se sujeta con un dispositivo y se hace girar contra la rueda abrasiva. El ángulo del dispositivo se puede ajustar para rectificar al ángulo deseado.

#### **Asentamiento de la aguja**

El asentador de la aguja es de hierro fundido (Fig. 21.10). Hay asentadores de cobre para el acabado o para agujas en buenas condiciones. El ángulo del agujero cónico en el centro del asentador se puede rectificar por medio de una cuchilla especial.

Para asentar la aguja, se monta en el portabrocas de un taladro de banco con el asentador en la placa de base del taladro (Fig. 21.13). Se aplica una pequeña cantidad de compuesto asentador en el extremo de la aguja. Se hace funcionar el taladro a unas 450 rpm y se mueve la aguja hacia arriba y abajo con rapidez de modo que haga contacto con el asentador unos 5 segundos cada vez. Se examina la aguja después de unos 30 segundos de asentar, luego de los cuales el extremo de la aguja debe estar libre de picaduras y desgaste.



**Fig. 21.13** Asentamiento para restaurar el ángulo en el extremo de la aguja

LUCAS-CAV

#### **Asentamiento de las toberas de aguja**

Estas toberas y sus agujas se asientan en la misma forma que las toberas de orificios múltiples. Sin embargo, debido a su construcción, sólo se debe efectuar un asentamiento mínimo, porque puede alterar la posición de la aguja y su alzada en la tobera.

#### **Caras de la tobera**

Las superficies planas de la tobera y el portatobera se pueden asentar a mano en una placa asentadora plana que tenga ranuras cruzadas delgadas para retener el compuesto asentador.

Se oprime con firmeza la superficie de la tobera o el portatobera contra la placa y se la mueve en forma de un "8". Hay que asentar la superficie antes de asentar el asiento de la tobera.

#### **Alzada de la aguja**

La alzada de la aguja es importante porque se refleja en el funcionamiento del inyector. El asentamiento de la aguja y la tobera hará que la aguja quede a mayor profundidad y tenga más alzada.

La alzada de la aguja se puede comprobar con un micrómetro de carátula montado en un adaptador especial. Si es excesiva, se corrige con el asentamiento de las caras planas de la tobera o el portatobera como se describió.

#### **Limpieza y almacenamiento**

Después del asentamiento, hay que lavar todas las piezas con mucho cuidado y lavar la tobera a la inversa, para eliminar todos los residuos del compuesto asentador. Ya se puede armar para efectuar las pruebas y ajustes.

**Tabla 21.1** Diagnóstico de dificultades con los inyectores

| Dificultad  | Causa probable   | Corrección   |
|---|--|--|
| La válvula de aguja no zumba durante la inyección               | Válvula de aguja está muy apretada o hay fugas por el asiento de la válvula  | Limpiar la tobera; si es necesario, reemplazar la tobera y la válvula  |
| Presión de apertura (disparo) de la tobera, muy alta o muy baja | Tornillo de ajuste<br>Válvula de aguja pegada o corroída<br>Válvula de aguja pegada o sucia<br>Orificios en la tobera, obstruidos  | Ajustar a la presión especificada<br>Reemplazar tobera y válvula<br>Limpiar la tobera<br>Limpiar la tobera                 |
| Presión en la tobera muy baja                                   | Resorte de presión roto  | Reemplazar el resorte y ajustar la presión   |
| Escurrecimiento en la tobera                                    | Fuga por la tobera por depósitos de carbón o válvula de aguja pegajosa.  | Limpiar la tobera. Si persiste la deficiencia, reemplazar la tobera y la válvula   |
| Atomización deformada   | Exceso de carbón en la punta de la válvula de aguja<br>Orificios de tobera parcialmente obstruidos                                 | Limpiar la tobera y la válvula<br>Limpia la tobera y la válvula  |
| Caída excesiva de presión                                       | Válvula de aguja floja<br>Cuerpos extraños entre las caras de la tobera y el portatobera.<br>Tuerca de tapa de tobera muy apretada | Reemplazar tobera y válvula<br>Limpiar tobera y portatobera<br>Inspeccionar las caras de unión y apretar la tuerca de tapa |
| Decoloración de la tobera                                       | Instalación, torsión de apriete o enfriamiento deficientes.  | Reemplazar la tobera y la válvula.<br>Examinar el sistema de enfriamiento  |

Si se va a almacenar un inyector, hay que protegerlo en forma adecuada. Se deben poner los tapones especiales en todas las aberturas y todo el inyector se debe proteger contra el polvo y la humedad.

## Diagnóstico de fallas de inyectores

En la tabla 21.1 se presentan las fallas, causa probable y corrección de fallas de los inyectores.

## Preguntas para repaso

- ¿Cómo se puede localizar un inyector deficiente en el motor?
- Describase cómo se desmonta un inyector del motor.
- ¿Qué precauciones se deben tomar con los tubos al desmontar o instalar un inyector?
- ¿Qué equipo es necesario para el servicio a los inyectores.
- Explíquese cómo se puede limpiar un inyector.
- ¿Para qué se utiliza un probador de inyectores?
- Explíquese cómo se puede ajustar la graduación de presión de un inyector.
- ¿Qué significan atmósfera y bar?
- ¿Cuál es la finalidad del reacondicionamiento de las toberas?
- Explíquese cómo se reacondiciona una válvula de aguja.
- ¿Cómo se limpian los orificios en una tobera de orificios múltiples?
- ¿Por qué se debe tener mucho cuidado de mantener las manos y otras partes del cuerpo alejadas de la atomización del inyector?

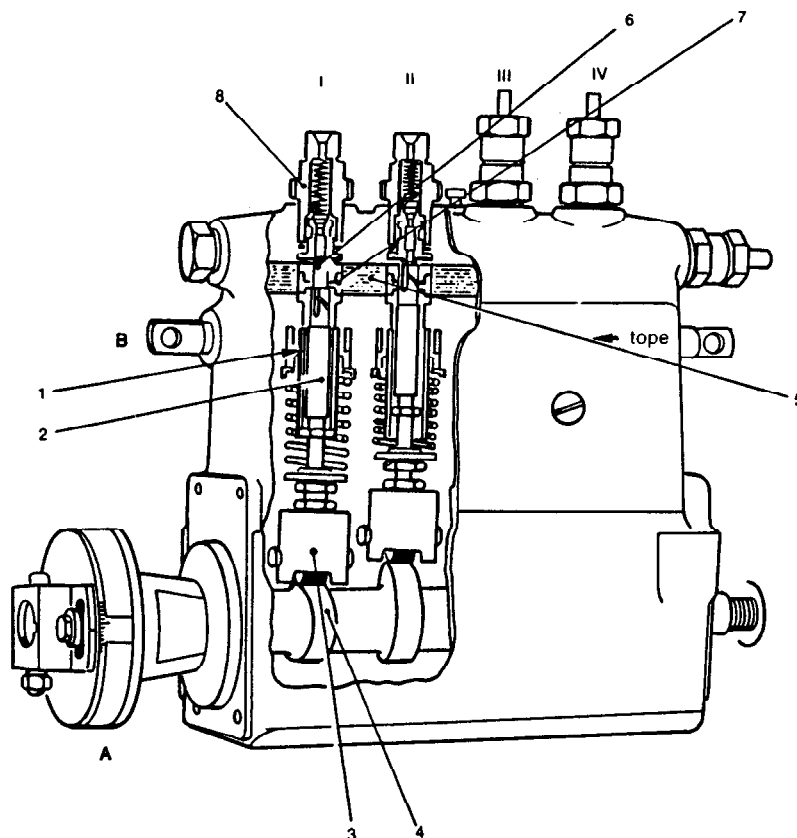
# 22

## Bombas de inyección en línea

Las bombas de inyección en línea tienen cierto número de elementos de bombeo montados en línea dentro del cuerpo de la bomba. Se utiliza un elemento de bombeo para cada cilindro del motor. A veces, a esta bomba se le llama de *descarga*. En un

motor de un solo cilindro, se utiliza un elemento de bombeo y no se llama bomba en línea (Fig. 22.11).

En la figura 22.1 se ilustra un ejemplo de una bomba en línea básica. Consta de cuatro elementos de bombeo, uno para cada cilindro, accionados por



**Fig. 22.1** Bomba básica de inyección en línea: 1 barril, 2 émbolo, 3 levantador, 4 leva, 5 galería para combustible, 6 cámara para el émbolo, 7 orificio de entrada, 8 válvula de entrada, A acoplamiento de impulsión, B varilla de control

levas del árbol de levas de la bomba. La bomba envía el combustible a los inyectores con una serie de descargas; por ello a veces se le llama así. Con el motor en marcha, la bomba funciona como sigue:

1. El árbol de levas 4) de la bomba está conectado a un eje que sale de los engranes de sincronización mediante un acoplamiento A) que permite sincronizar (poner a tiempo) la bomba con el motor. En un motor de cuatro tiempos, la bomba girará a la mitad de la velocidad del motor.
2. Cuando gira el árbol de levas, una de las levas 4) eleva el seguidor de leva 3) que, a su vez, eleva el émbolo 2) en el barril 1) de la bomba.
3. El combustible enviado por la bomba elevadora llega a la galería 5). El émbolo está en la parte inferior de su carrera y ha dejado abierto el orificio 7) de entrada y el combustible de la galería entra a la cámara de bombeo 6) encima del émbolo.
4. La rotación del árbol de levas hace subir el émbolo en su barril. Esto, primero, cierra el orificio de entrada en un lado del barril y luego envía el combustible por la válvula de entrega 8) en la parte superior de la bomba hasta el inyector, que lo atomiza en la cámara de combustión.
5. Según continúa la rotación del árbol de levas, el émbolo termina su carrera ascendente y luego baja por la acción de su resorte que mantiene al seguidor de leva o levantador de rodillo contra la leva.
6. Las piezas de la bomba descritas se relacionan con el cilindro No. 1. Los otros tres elementos funcionan de un modo similar y están "faseados" de modo que un elemento funcione cada 90° de rotación del árbol de levas en una bomba de cuatro elementos.
7. La cantidad de combustible que entrega la bomba se puede variar mediante la varilla de control B), la cual se puede mover hacia dentro y fuera para tal propósito. Con el control de la cantidad de combustible se regulan la velocidad y potencia del motor. Cuando la varilla está totalmente hacia dentro, se entrega máximo combustible para producir máxima potencia. Cuando se mueve la varilla del todo hacia fuera, se corta el combustible a los inyectores y se para el motor.

### Acción de la bomba e inyectores

Se ha mencionado que la bomba elevadora envía combustible a baja presión a la bomba de inyección y ésta, a su vez, entrega una pequeña cantidad de combustible a alta presión a cada inyector en el orden de encendido del motor, lo cual se realiza debido a que la rotación del árbol de levas de la bomba empuja al émbolo hacia arriba en su barril. Sin embargo, antes de describir con más detalle el funcionamiento de la bomba de inyección, se hará

un breve comentario de la acción del inyector con relación a la bomba.

El inyector se monta en la culata de cilindros y la punta de la tobera sobresale en la cámara de combustión. La tobera tiene uno o más orificios pequeños por los cuales pasa a presión la carga de combustible hacia la cámara de combustión. Esto ocurre cada vez que el émbolo de la bomba se mueve hacia arriba. El inyector tiene una válvula de aguja bajo carga de resorte, que es accionada por el combustible que viene del émbolo de la bomba. Cuando la presión dentro del inyector es suficientemente alta, la válvula recibe la presión y abre y se atomiza la carga de combustible por los orificios de la tobera.

Por tanto, cuando el émbolo de la bomba se mueve hacia arriba, ocasiona un aumento inicial en la presión en el tubo de combustible y en el inyector. Cuando se llega a la presión de inyección y se abre la válvula de aguja del inyector, se atomiza la carga de combustible a alta presión por los orificios de la tobera hacia la cámara de combustión.

### Control del combustible para el motor

La velocidad y la potencia del motor se controlan sólo con la cantidad de combustible inyectado en la cámara de combustión. Por tanto, es necesario controlar la cantidad de combustible que entrega el émbolo de la bomba al inyector.

El émbolo tiene carrera de longitud constante, o sea que se mueve la misma distancia cada vez que lo hace subir la leva. Además, siempre inicia su carrera en el mismo lugar, lo cual, también, se determina con la leva. Entonces, un elemento de bomba sin ningún control entregaría la misma cantidad de combustible con cada carrera del émbolo.

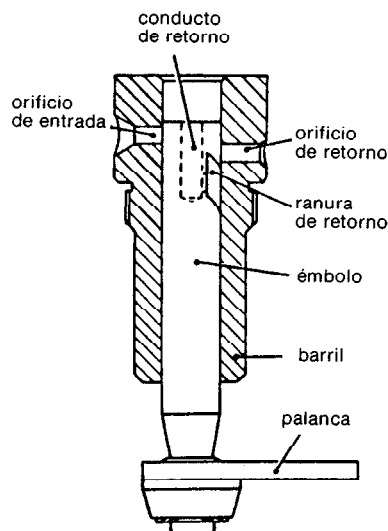


Fig. 22.2 Elemento, barril y émbolo de bomba

LUCAS-CAV

Para controlar la cantidad de combustible entregada por la bomba, se giran los émbolos en sus barriles para modificar su carrera efectiva. En la figura 22.2 se ilustran un barril y su émbolo; éste tiene un ajuste muy preciso en el barril, con holguras de alrededor de 0.002 a 0.003 mm (2 a 3 micras). Esto pone de relieve la necesidad de combustible limpio y de filtros adecuados. El combustible en el cual funcionan las piezas sirve para lubricarlas.

El barril se monta en el cuerpo de la bomba de modo que los dos orificios opuestos en la parte superior del barril reciban combustible desde un conducto o galería en la bomba. Uno de los orificios es el de entrada y el otro de retorno o derrama. El extremo superior del émbolo tiene una ranura inclinada o hélice (la ranura de retorno, Fig. 22.2) conectada con la parte superior del émbolo por un orificio (orificio de retorno) o, en algunos casos, por una ranura. El extremo inferior del émbolo tiene una palanca para poder girarlo en su barril.

Se mencionó que el émbolo tiene carrera de longitud constante. El bombeo empieza siempre en el mismo lugar en la carrera, que es aquél en el cual el émbolo cierra el orificio de entrada. Estos dos factores no se pueden variar, pero sí el lugar en que cesa la inyección, mediante la rotación del émbolo en su barril.

El bombeo empieza cuando la parte superior del émbolo cubre los orificios de entrada y retorno y cesa cuando el borde superior de la ranura o hélice de retorno descubre el orificio de retorno. Esto permite que el combustible a alta presión que está encima del émbolo baje por el orificio (o en algunos casos por una ranura) en la hélice, salga por el orificio de retorno y vuelva a la galería de la bomba. Esto ocurre porque el combustible en la galería está a una presión mucho más baja que el que está encima del émbolo.

### Carrera efectiva de la bomba

En la figura 22.3 se ilustra el émbolo de la bomba en diversas posiciones para entrega.

- El émbolo está en la parte inferior de su carrera y la palanca está en la posición para entrega de máximo combustible; éste penetra por ambos orificios en el barril.
- El émbolo ha subido ligeramente y su parte superior cierra ambos orificios en el barril. La inyección está a punto de comenzar. Conforme sigue subiendo el émbolo, aplica presión al combustible que hay encima de él para descargarlo por la válvula de entrega y el tubo hasta el inyector.
- El émbolo está en la parte más alta de su carrera efectiva y ha concluido la inyección. El borde superior de la hélice acaba de descubrir el orificio de retorno para que el combustible que hay encima del émbolo retorne a la galería.
- El émbolo ha girado hacia la derecha con respecto a su posición en a), b) y c); con ello se ha reducido la longitud de su carrera efectiva. Esto se debe a la forma de la hélice que ha descubierto el orificio de retorno más pronto que en la posición anterior, con lo que se reduce la cantidad de combustible enviada por el émbolo al inyector. La posición d) es más o menos para media carga.
- La palanca del émbolo ha girado todavía más a la derecha a la posición de marcha mínima (marcha en vacío o "ralentí"). Ahora el émbolo bombeará muy poco combustible porque la hélice descubrirá el orificio de retorno después de un movimiento muy corto del émbolo.
- Para efectuar el paro del motor se corta el combustible para el inyector. Esto se logra al girar la palanca todavía más hacia la derecha, a una posición en la cual la parte superior del émbolo cierra ambos orificios y la hélice descubre el orificio de retorno. Con esto todo el combustible retorna a la galería y, al no haber bombeo, no hay inyección.

Se debe recordar que en todas las posiciones a) hasta f) el émbolo se mueve a toda la longitud de su carrera y que la carrera *efectiva* es la que solamente se puede modificar al girar el émbolo en su barril

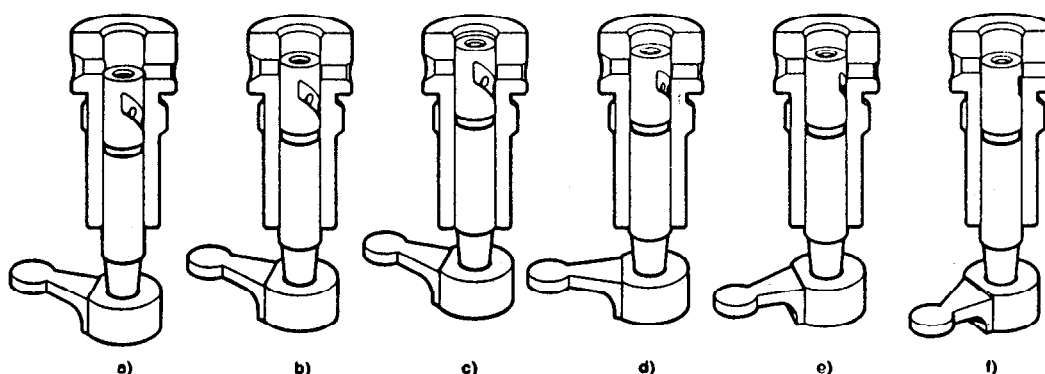
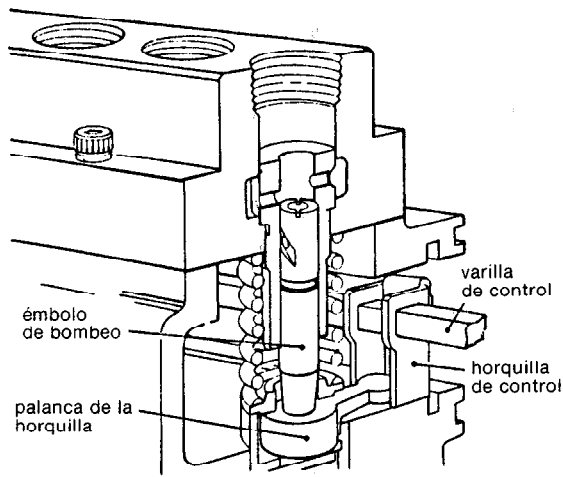


Fig. 22.3 Barril y émbolo de bomba. Se ilustra cómo se puede girar el émbolo para variar la longitud efectiva de la carrera desde máxima entrega de combustible a) pasando por b) y c) hasta llegar a corte de combustible f)

LUCAS-CAV





**Fig. 22.4** Sección de la bomba de inyección. Se muestra la forma en que la varilla y la horquilla de control accionan la palanca de la horquilla para girar los émbolos de bombeo y controlar la entrega de combustible  
LUCAS-CAV

para cambiar la posición de la hélice en relación con el orificio de retorno.

#### Varilla de control

La varilla de control hace girar los émbolos para variar la cantidad de combustible inyectado. Las horquillas de control, montadas en la varilla, acoplan con las palancas en el extremo inferior de los émbolos (Fig. 22.4). La varilla de control se puede deslizar dentro de la cubierta de la bomba y al moverla a derecha o izquierda hará girar los émbolos para variar la cantidad de combustible para los inyectores.

#### Cremallera de control

En algunas bombas de inyección, una varilla de control dentada, llamada cremallera, acopla con un

sector de engrane en cada elemento de bombeo. El movimiento de la cremallera hace girar el émbolo en su barril para modificar la carrera efectiva de bombeo como se ilustra en la figura 22.5. Se muestra el émbolo en la posición de cero entrega (corte de combustible), entrega parcial y entrega máxima.

El sector o segmento de engrane no está montado en el émbolo sino sujeto por una abrazadera en un manguito que hace girar el sector cuando se mueve la cremallera. La rotación del manguito se transfiere al émbolo por medio de ranuras en el manguito que coinciden con caras planas en el extremo inferior del émbolo. En la figura 22.6 se ilustra un elemento de bombeo de este tipo. El tornillo de la abrazadera del sector se puede aflojar para cambiar de lugar los sectores durante los ajustes de la bomba. Los sectores se ajustan en sus manguitos de modo que cada elemento entregue la misma cantidad de combustible en cada carrera.

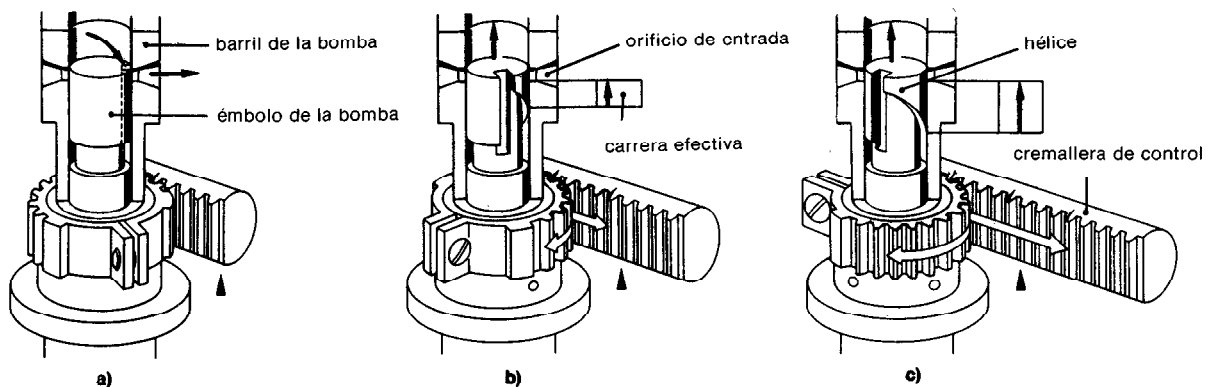
#### Válvula de entrega

Ya se describió la válvula de entrega que está en la parte superior de la bomba encima del elemento de bombeo. El tubo para el inyector se conecta con éste en un extremo y con la válvula de entrega en el otro. El combustible que sale del elemento pasa por la válvula de entrega y el tubo hacia el inyector.

En la figura 22.7 se ilustra la válvula de entrega, que está montada en una guía. Tiene una cara cónica que sella contra un asiento en la guía. La válvula también tiene una sección paralela que actúa como un pistón pequeño en la cavidad en la guía. Antes de que el combustible pueda pasar por la válvula de entrega, hay que levantarla lo suficiente de su asiento para que el pistón salga de la cavidad en la guía. La parte inferior ranurada de la válvula permanece en la guía para conservar su posición.

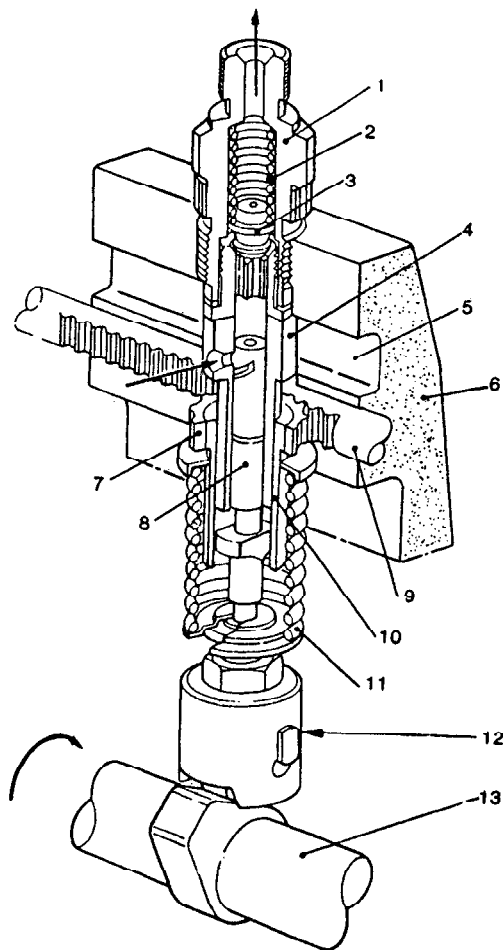
#### Funciones de la válvula de entrega

1. Actúa como válvula de retención (antirretorno) cuando el émbolo se mueve hacia abajo en



**Fig. 22.5** Cremallera de control de la entrega de combustible: a) cero entrega, b) entrega parcial, c) entrega máxima

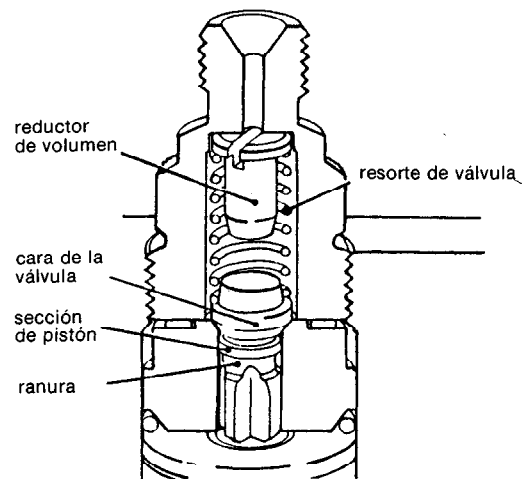
BOSCH



**Fig. 22.6** Sección de una bomba de inyección con cremallera y sector de engrane de control: 1 retén de válvula de entrega, 2 resorte de válvula de entrega, 3 válvula de entrega, 4 barril, 5 galería de combustible, 6 cubierta de la bomba, 7 sector de engrane, 8 émbolo, 9 cremallera de control, 10 manguito de control, 11 resorte, 12 levantador, 13 árbol de levas de la bomba. DIESELKIK

la carrera de admisión. El combustible que hay en el tubo y en el inyector no puede retornar al espacio para bombeo encima del émbolo.

2. Retiene el combustible en el tubo y en el inyector a baja presión. Esto ayuda al aumento rápido de la presión en los mismos cuando el émbolo está en su carrera ascendente, con lo que se tiene mejor funcionamiento de inyección.
3. Produce una caída brusca en la presión del combustible en el inyector al final del periodo de inyección. Esta caída brusca hace que la válvula de aguja del inyector se cierre con rapidez y corte al instante el paso de combustible a la tobera, de manera que se corta la inyección sin que haya escurrimiento.



**Fig. 22.7** Válvula de entrega

LUCAS-CAV

### Caída de presión

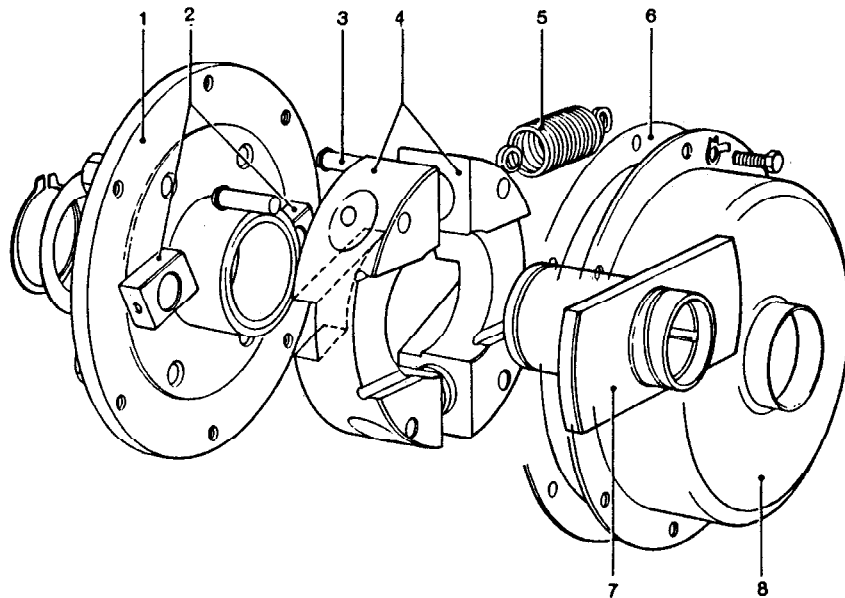
La presión del combustible cae al final de la carrera efectiva del émbolo. Por tanto, la válvula de entrega cierra con rapidez por la acción de su resorte y de la alta presión que todavía hay en el inyector y en el tubo. La acción de la válvula al cerrar hace que su pistón pequeño se mueva hacia abajo en su cavidad. Con ello aumenta el volumen en el tubo, en el inyector y en la válvula de entrega. El aumento en el volumen produce una caída correspondiente en la presión que hace que la válvula de aguja cierre con rapidez y corte por completo la atomización.

### Sincronización (tiempo) de la inyección

La mayor parte de las bombas de inyección tienen sincronización fija; la inyección comienza en el mismo momento sin que importe la velocidad del motor. Esta es una característica de los elementos de las bombas en línea, en las cuales la carrera de bombeo empieza en un punto constante y termina en otro variable del ciclo.

Cuando aumenta la velocidad del motor hay una demora en el encendido o inflamación. Se requiere más o menos el mismo tiempo para inyectar la carga y que se inflame en alta que en baja velocidad, pero a alta velocidad el cigüeñal girará a más revoluciones y el pistón se moverá con mucha más rapidez en el cilindro. Por tanto, es deseable que la inyección comience antes (adelanto) a alta velocidad para contrarrestar el efecto de la demora.

En los motores de baja velocidad o en los que trabajan a velocidad casi constante, la inyección en un punto fijo es satisfactoria. El fabricante especifica una sincronización particular para el motor (cierto número de grados antes del PMS), adecuada para alta y baja velocidad, pero que quizá no sea óptima para ninguna de ellas. Esta sincronización (tiempo) es un término medio; si la inyección ocurre dema-



**Fig. 22.8** Acoplamiento para avance automático: 1 cubo de impulsión, 2 correderas, 3 pasador, 4 contrapesos, 5 resorte, 6 sello, 7 brida impulsada, 8 tapa  
LUCAS-CAV

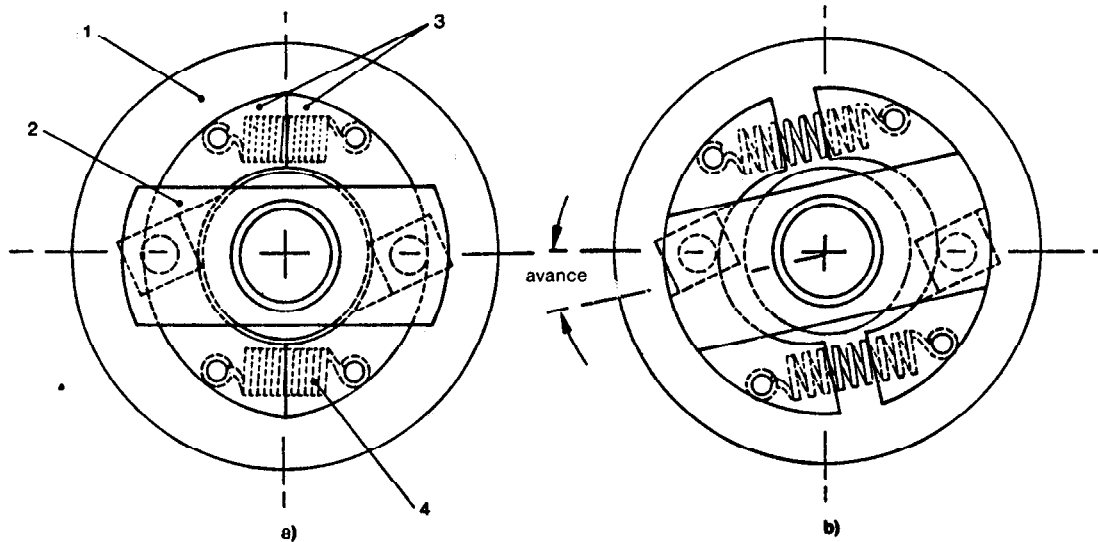
siado pronto (adelanto) será difícil el arranque del motor y estará ruidoso en baja velocidad. Si la inyección ocurre demasiado tarde (retardada) a alta velocidad, no se logra un buen rendimiento del motor.

Para lograr un mejor rendimiento, en los motores Diesel de mediana velocidad se requiere un avance de la sincronización (tiempo) de la inyección de unos  $6^\circ$ , mientras que en los motores pequeños de alta velocidad se pueden requerir  $12^\circ$  de avance,

lo cual se puede lograr con un mecanismo para avance automático.

#### Acoplamiento para avance automático

En las bombas de inyección en línea se puede instalar un acoplamiento para avance automático en el extremo delantero del árbol de levas de la misma, en lugar del acoplamiento normal para impulsión. Además de transmitir la impulsión a la bomba, sirve



**Fig. 22.9** Mecanismo de avance centrífugo: a) parado, b) alta velocidad, 1 cubo de impulsión, 2 brida impulsada, 3 contrapesos, 4 resorte

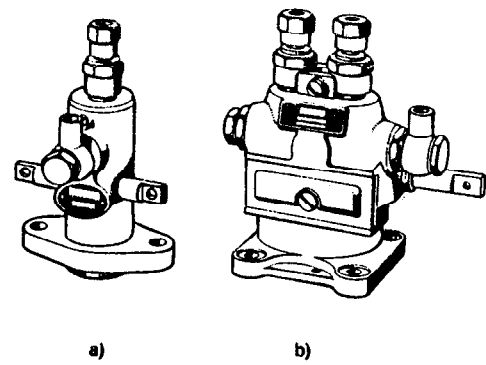
LUCASCAV

para avanzar la inyección cuando aumenta su velocidad de rotación.

En su forma más sencilla, el acoplamiento para avance automático es un cople dividido, con sus partes delantera y trasera conectadas por un mecanismo de avance centrífugo. En éste hay contrapesos que se mueven hacia fuera por la fuerza centrífuga cuando se hace girar el acoplamiento y, con ello, hacen que la parte trasera del acoplamiento gire ligeramente en relación con la delantera, con lo cual se avanza la sincronización de la bomba de inyección.

En la figura 22.8 se ilustran los componentes de un acoplamiento para avance automático. De izquierda (frente) a derecha son: cubo 1) de impulsión, contrapesos del avance centrífugo 4), brida impulsada 7) y tapa 8). Cuando está armado, las ranuras en ángulo de la cara delantera de los contrapesos se acoplan contra las correderas 2) que están sujetas en el cubo 1) de impulsión. La brida impulsada 7) acopla en rebajos en la cara trasera de los contrapesos. Todos quedan alojados por la tapa 8) que sirve para mantener los componentes en su lugar entre el cubo de impulsión y la brida impulsada. La impulsión del cubo a la brida se transmite con los contrapesos.

En la figura 22.9 se ilustra el funcionamiento del mecanismo de avance centrífugo. En a) el motor estaría parado o a baja velocidad y con los contrapesos 3) retenidos por sus resortes. En b) el motor funciona a alta velocidad y la fuerza centrífuga ha



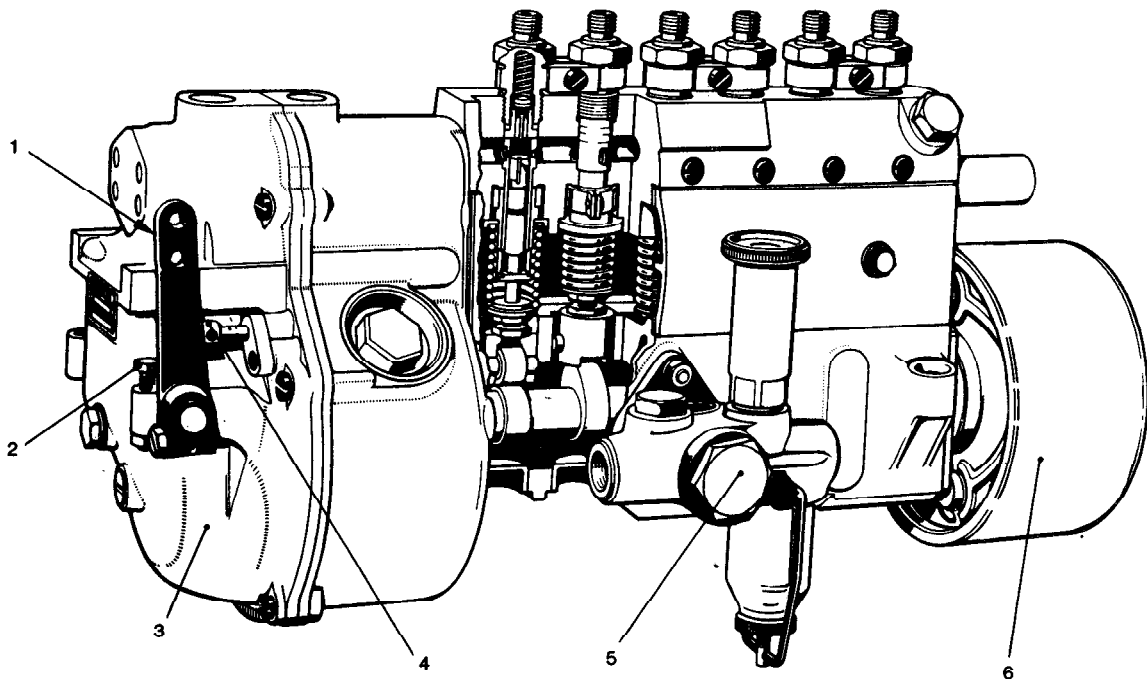
**Fig. 22.11** Bomba de inyección: a) émbolo sencillo, b) émbolo doble BOSCH

separado los contrapesos. El movimiento de las correderas en las ranuras en ángulo de los contrapesos ha hecho girar la brida 2) en relación con el cubo 1) y se tiene avance de la inyección.

La bomba de inyección que se ilustra en la figura 23.13 tiene acoplamiento para avance automático.

#### Características de la bomba de inyección en línea

Aunque todas estas bombas funcionan con los mismos principios, varían en la forma, el tamaño y el método de montaje en el motor.



**Fig. 22.10** Bomba de inyección en línea para un motor de seis cilindros: 1 palanca de control conectada con el pedal del acelerador, 2 tope de marcha mínima, 3 gobernador, 4 tope de máxima velocidad, 5 bomba elevadora del tipo de émbolo, 6 acoplamiento para avance automático BOSCH

En la figura 22.10 se ilustra una bomba de inyección para un motor de seis cilindros. Se ha cortado una parte de la cubierta para mostrar la construcción interna y se pueden ver detalles del árbol de levas, seguidores de levas y elementos de bombeo. La bomba tiene palanca 1) de control mecánico (palanca del acelerador), bomba elevadora y acoplamiento 6) para avance automático. Está atornillada a soportes en el motor que van en los barrenos que hay en la parte inferior de la cubierta.

La bomba de inyección de la figura 23.8 es para un motor de cuatro cilindros y tiene acoplamiento para avance automático. Además, tiene bomba elevadora de diafragma montada en un lado de su cubierta. La bomba de inyección tiene una brida delantera para montarla en la parte trasera de la caja de engranes de sincronización.

### Bombas de émbolo sencillo y doble

En la figura 22.11a) se ilustra una bomba de un émbolo para un motor de un cilindro; en b) se

muestra una de doble émbolo para un motor de dos cilindros. Se montan con brida, por lo general, directamente en el bloque y son accionadas por una leva o excéntrico del árbol de levas del motor. Al contrario de las bombas en línea, las de émbolo sencillo y doble no tienen árbol de levas; el fabricante del motor y no el de la bomba incluye una leva para accionar la bomba.

En algunos motores de cilindros múltiples, en especial en los muy grandes, se utiliza cierto número de bombas de un solo elemento, una para cada cilindro. En este caso, el fabricante del motor provee una caja de levas con árbol de levas e impulsión de su propio diseño e instala bombas de un solo elemento suministradas por el fabricante de éstas. Las varillas de control de la bomba se extienden a ambos lados de los elementos y se pueden acoplar entre sí y conectarlas al gobernador con un control común. Cada bomba de inyección se debe sincronizar o *fasear* con las demás, para que la inyección ocurra al mismo número de grados antes del PMS.

## Preguntas para repaso

1. ¿Qué es una bomba de inyección en línea?
2. ¿Por qué se la llama a veces “de descarga”?
3. Enumérense las partes principales de una bomba en línea.
4. Describese el funcionamiento de un émbolo en su barril.
5. Menciónense cuáles son los orificios en el barril.
6. ¿Cómo se controla la cantidad de combustible para los inyectores?
7. ¿Qué significa la carrera efectiva de la bomba?
8. ¿Cuál es la finalidad de la hélice?
9. Se utilizan dos sistemas diferentes para hacer girar los émbolos en los barriles. ¿Cuáles son?
10. ¿Dónde está colocada la válvula de entrega?
11. ¿Qué funciones desempeña la válvula de entrega?
12. ¿Por qué se utiliza un mecanismo de avance automático de la sincronización en algunos motores?
13. Explíquese brevemente cómo funciona un mecanismo de avance automático.
14. Enumérense a) las piezas externas principales y b) las piezas internas de la bomba de inyección de la figura 22.10

## Servicio a las bombas de inyección en línea

# 23

### Desmontar y reemplazar las bombas de inyección

Las bombas pueden estar montadas en un soporte sujeto al bloque de cilindros mediante tornillos en la base de la bomba. En otros casos, pueden tener una brida en la parte delantera que se atornilla en una brida en la parte posterior de la caja de engranes de sincronización. Para desmontar la bomba, se desconectan los varillajes de control, el tubo de combustible, todos los tubos de inyectores y el tubo de retorno (si hay) y se desatornilla del motor. Hay que tener cuidado de que no entre mugre a la bomba. Antes de desmontarla, hay que localizar las marcas de sincronización pues se necesitarán al instalar la bomba.

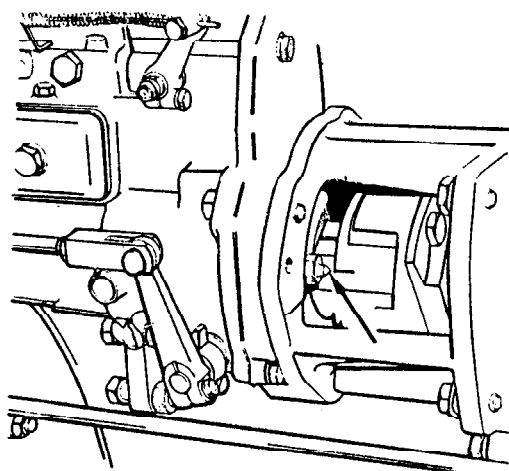
No se debe tratar de reparar o desarmar una bomba de inyección si no se cuenta con todo el equipo especial, que no hay en todos los talleres. Esto no es trabajo normal de talleres no especializados.

### Instalación y sincronización de las bombas de inyección

Antes de instalar la bomba de inyección hay que preparar el motor para la sincronización correcta de inyección. Todos los motores tienen una marca de sincronización, que puede estar en el volante y se observa por un agujero o tapa de acceso, o puede estar en la polea del cigüeñal.

Hay que girar el cigüeñal para alinear la marca de sincronización, con el pistón No. 1 en la carrera de compresión. Este es el punto en que debe comenzar la inyección. Por ejemplo, en un determinado motor podría ser 20° antes del PMS.

También hay que preparar la bomba al montarla en el motor; hay que ajustarla a la posición en donde apenas empieza a enviar combustible al inyector del cilindro No. 1. En muchas bombas, esta posición se localiza con una marca de sincroniza-



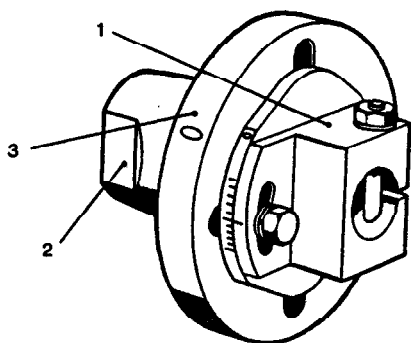
**Fig. 23.1.** La marca de sincronización en la brida de acoplamiento de la bomba y un puntero en la bomba permiten graduarla para el punto de inyección

LEYLAND

ción y una flecha y marcador o puntero en la bomba, como se ilustra en la figura 23.1.

Con el motor y la bomba en las posiciones correctas para la inyección, se monta la bomba en el motor, se comprueba la posición de las marcas y se ajusta si es necesario. En la figura 23.2 se ilustra un acoplamiento ajustable. El cubo impulsor 1) está conectado al eje auxiliar de impulsión que sale de los engranes de sincronización. La brida impulsada 2) se monta en el árbol de levas de la bomba de inyección. El cubo 1) se puede ajustar en relación con el acoplamiento; para ello, se aflojan los tornillos de sujeción y se lo mueve en los agujeros ranurados.

Antes de comprobar y ajustar la sincronización, hay que hacer girar el cigüeñal en su sentido de rotación normal. Con esto se eliminará cualquier



**Fig. 23.2** Acoplamiento ajustable para bomba de inyección: 1 elemento impulsor, 2 elemento impulsado montado en la bomba, 3 impulsor  
BOSCH

juego muerto en el mecanismo entre el cigüeñal y la bomba de inyección.

Se describió antes el procedimiento general para sincronizar las bombas de inyección en línea, pero varía para los diferentes tipos de motores y de bombas. La sincronización en los motores Caterpillar, en inyectores unitarios y en las bombas de distribuidor se describe en capítulos separados, más adelante.

### Marcas de sincronización

En casi todos los motores hay dos juegos diferentes de marcas para sincronización de la inyección:

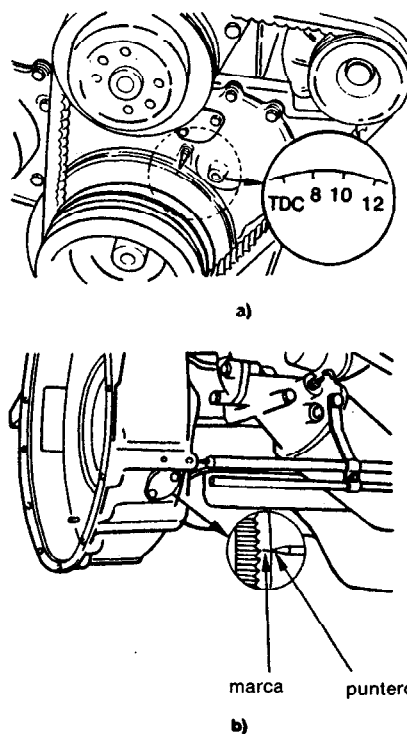
1. Marcas de sincronización en el motor; en la polea del cigüeñal u otro componen rotatorio que indican cuándo debe comenzar la inyección, es decir, grados antes del PMS.
2. Marcas de sincronización en la bomba; marcas en la bomba de inyección para indicar el momento preciso en que el elemento de bombeo empieza la entrega de combustible al inyector.

Cuando ambos grupos de marcas están alineados correctamente, la bomba empezará la entrega de combustible a los inyectores en el momento preciso, es decir estará sincronizada (a tiempo) con el motor.

#### Marcas de sincronización en el motor

Están en relación con el pistón No. 1 en la carrera de compresión, salvo especificación en contrario del fabricante. Las marcas pueden estar en el volante, la polea del cigüeñal, el amortiguador de vibración o en la polea de impulsión de accesorios, según el tipo de motor.

En la figura 23.3 se ilustran dos ejemplos de marcas de sincronización. En *a*) la marca "TDC" (PMS) y una escala en grados para sincronización se encuentran en el borde del amortiguador de vibración. Se alinea la marca de sincronización especificada, por ejemplo, 12° con el puntero en la tapa de la caja de engranes. En *b*) las marcas se encuen-



**Fig. 23.3** Marcas de sincronización de inyección: a) marcas en el amortiguador de vibración, b) marcas en el volante  
ISUZU

tran en el borde del volante. Para observarlas, se quita una tapa de inspección pequeña, atornillada en la cubierta del volante.

En los motores grandes, se utiliza una herramienta para hacer girar el cigüeñal y alinear las marcas de sincronización o para hacer otros ajustes. La herramienta, en ocasiones, es un engrane pequeño que se instala en forma provisional en la cubierta del volante; se acoplan los dientes del engrane con los de la cremallera y se hace girar con una palanca o con un maneral de trinquete ("matraca"), figura 23.4.

#### Marcas de sincronización en la bomba

Hay una marca en la cubierta de la bomba de inyección y otra en la parte del acoplamiento montado en el eje de la bomba. Cuando las dos marcas están alineadas, el émbolo del elemento de bombeo del cilindro No. 1 estará en la posición para empezar la entrega de combustible al inyector de ese cilindro.

En la figura 23.5a) se ilustran las marcas en una bomba y acoplamiento con mecanismo de sincronización; es un acoplamiento abierto que permite ver las marcas con facilidad. El acoplamiento de la figura 23.1 está dentro de una cubierta y hay que quitar una tapa para poder ver las marcas en la bomba y en la brida del acoplamiento.

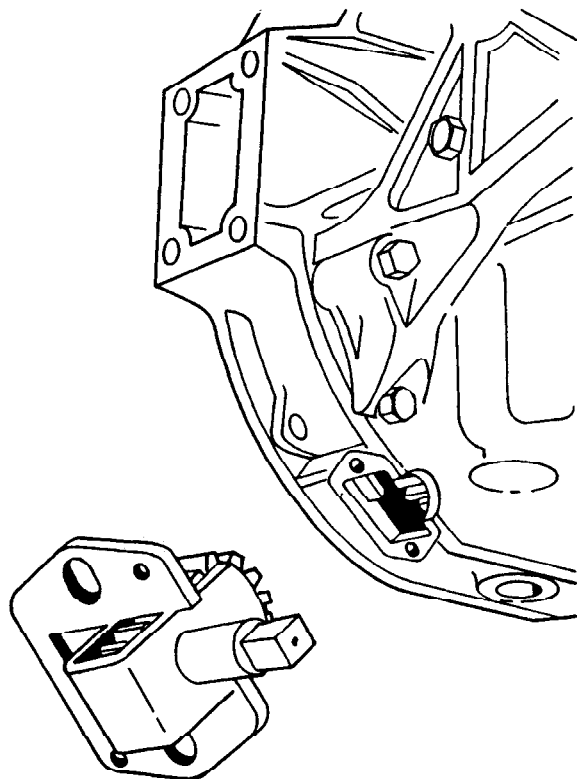
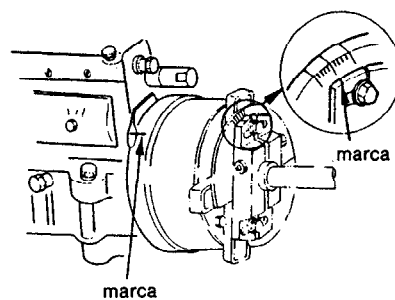


Fig. 23.4 Herramienta para hacer girar el motor M.A.N.

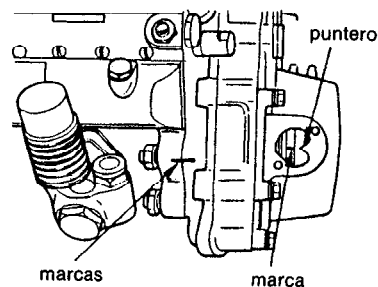
En la figura 23.5b) se ilustran las marcas en una bomba con montaje de brida delantera; la brida está atornillada a la parte posterior de la caja de engranes de sincronización. Se ha quitado la tapa de inspección para poder ver las marcas.

Debido a que la impulsión de la bomba es del tipo cerrado, el acoplamiento no se puede alinear directamente con la marca en la cubierta de la bomba. Por tanto, se utilizan dos marcas intermedias; primero, se alinea una marca en el acoplamiento con el puntero en la abertura para inspección de la tapa de sincronización y, después, se alinea la marca en la cubierta de la bomba con una marca en la parte posterior de la caja de engranes. El puntero en la tapa de sincronización y la marca en la caja de engranes son, en realidad, marcas de referencia y no se utilizarían si el acoplamiento estuviera accesible y se pudiera hacer la alineación directa de su marca con la de la cubierta de la bomba.

Se han presentado sólo dos ejemplos de marcas de sincronización en la bomba de inyección. En otros casos, el engrane de impulsión de la bomba puede tener alguna marca o dientes con marcas para sincronización. Cuando la impulsión es del tipo cerrado, hay que quitar la tapa o tapón de inspección en la caja de engranes o en la cubierta de la bomba para observar las marcas de sincronización.



(a)



b)

Fig. 23.5 Marcas de sincronización en la bomba de inyección: a) marcas en el acoplamiento y la bomba, b) marcas en el acoplamiento y caja, de sincronización y bomba

Isuzu

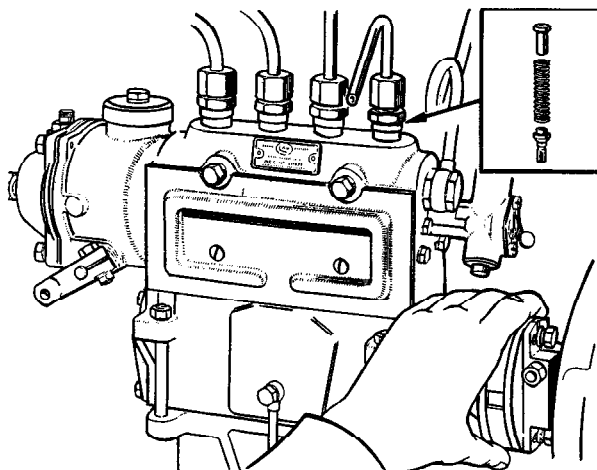
También puede haber marcas de sincronización en el motor y, en muchos casos, también en la cubierta de la bomba. Cuando la bomba no tiene marcas o hay duda de su ubicación, se puede sincronizar por escurrimiento, como se describe a continuación.

#### Sincronización de la bomba por escurrimiento

Si la bomba de inyección no tiene marcas de sincronización, habrá que encontrar el momento en el cual comienza la inyección, o sea el momento o punto en que el movimiento ascendente del émbolo en su barril ha cerrado el orificio de entrada de combustible y está a punto de comenzar el bombeo. El procedimiento es el siguiente:

1. Hágase girar el cigüeñal para que el pistón No. 1 esté en la carrera de compresión y con la marca de sincronización en el motor alineado con el puntero.
2. Desconéctese el tubo para el inyector del cilindro No. 1 en la válvula de entrega en la parte superior de la bomba; desatornílese el retén de la válvula de entrega y sáquense la válvula, el resorte y el reductor de volumen.
3. Instállese exclusivamente el retén y conéctese el tubo de escurrimiento de "cuello de cisne" en la





**Fig. 23.6** Sincronización de la bomba por escurrimiento. Se han desmontado la válvula de entrega, resorte y reductor de volumen mostrados en el recuadro y se ha instalado un tubo de escurrimiento

LEYLAND

válvula de entrega, en lugar del tubo para el inyector (Fig. 23.6).

4. Acciónese la palanca de cebado en la bomba elevadora para obtener un paso continuo de combustible por el tubo de escurrimiento. Si se desconectó el suministro de combustible para la bomba de inyección, primero hay que cebarla y purgarla. Si no hay paso de combustible, hay que hacer girar la bomba un poco.
5. Aflojese o desmóntese el acoplamiento de impulsión de la bomba de inyección y gírese con lentitud la brida de la bomba en su sentido de rotación. El émbolo subirá en su carrera de bombeo, cerrará el orificio de entrada en el barril y cortará el paso de combustible por el tubo de escurrimiento.
6. Mientras se hace girar la bomba, hay que observar con cuidado el paso de combustible por el tubo de escurrimiento. Cuando el movimiento ascendente del émbolo cierra en forma gradual el orificio de entrada en el elemento, el paso de combustible por el tubo de escurrimiento se interrumpirá y sólo habrá un ligero escurrimiento. Hay que girar con mucha lentitud la bomba en los momentos finales para determinar el instante en que el orificio de entrada está cerrado por completo, lo cual se denomina corte del escurrimiento, y ocurre cuando no hay escurrimiento por el tubo durante unos 15 segundos.
7. Fíjese el acoplamiento de la bomba en esa posición, es decir con el motor en su marca de sincronización y con la bomba en la posición de corte de escurrimiento.
8. Qúitense el tubo de escurrimiento y el retén o sujetador de la válvula de entrega e instálense en éste el resorte y el reductor de volumen e instále-

se en la bomba. Apriétese el sujetador de la válvula de entrega a la torsión correcta. Si está demasiado apretado, se puede deformar el barril y hacer que se "atasque" el émbolo.

### Acoplamientos para la bomba

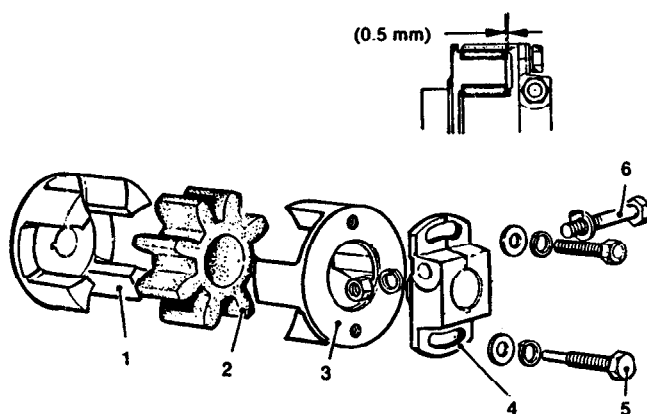
Los acoplamientos o coples tienen cierta flexibilidad para compensar pequeñas diferencias en la alineación entre la bomba y el motor. En la figura 23.2 se ilustra el tipo de acoplamiento.

En la figura 23.7 se ilustran los componentes, desarmados, de un tipo diferente de acoplamiento. Consta de dos bridas con un inserto no metálico entre ellas. El inserto dentado, además de servir como acoplamiento semiflexible, permite graduar la sincronización en una posición aproximada cuando se instala la bomba en el motor. La brida izquierda es cónica y se monta en el eje de la bomba de inyección. La brida derecha se fija en el eje de impulsión de auxiliares del motor. Los agujeros para los tornillos en la brida de impulsión están alargados para graduar la sincronización con exactitud.

### Servicio a la bomba de inyección

Cualquier trabajo en la bomba que no sea desmontarla, instalarla o ajustarla instalada en el vehículo, requiere instalaciones y equipo especiales, como son un cuarto a prueba de polvo, una máquina probadora de bombas y herramientas especiales. Además se necesitan las especificaciones para los ajustes, la torsión de los tornillos y valores de funcionamiento de cada modelo de bomba. El trabajo en las bombas requiere mucha limpieza y minuciosidad y una atención especial a todos los detalles.

Aunque el reacondicionamiento de una bomba de inyección no suele hacerlo el mecánico general, sí



**Fig. 23.7** Acoplamiento de impulsión para bomba de inyección: 1 brida de bomba, 2 inserto, 3 brida de impulsión, 4 brida auxiliar de impulsión, 5 tornillo, 6 tornillo de la brida. En el inserto se muestra una vista parcial del acoplamiento armado

LEYLAND

debe conocer los procedimientos generales para ello. En los siguientes párrafos sólo se da una idea general —pero no los procedimientos— para el reacondicionamiento.

### Reacondicionamiento de la bomba

Cuando se desmonta del motor una bomba que requiere algún trabajo, quizá no necesite el reacondicionamiento total. La bomba se instala en un probador para localizar determinadas deficiencias y las reparaciones o ajustes se hacen sobre la base de los resultados de las pruebas.

Una bomba de inyección consta de un buen número de piezas pequeñas, que al desarmar se deben poner en charolas individuales o con divisiones. La persona que desarma una bomba debe tener experiencia en este trabajo. Debe conocer las piezas conforme las desarma y examinarlas con cuidado para determinar si se pueden seguir utilizando.

Muchos de los componentes de la bomba son conjuntos hermanados de fábrica. Todas estas piezas se deben poner juntas y, si alguna pieza tiene desgaste excesivo, se debe reemplazar el conjunto.

Hay que inspeccionar con cuidado todos los componentes que se desarmen. Se debe reemplazar cualquiera que tenga señales de abrillantamiento por desgaste, daños, corrosión, grietas o deformación.

Durante la reconstrucción de la bomba hay que reemplazar todos los sellos anulares, sellos, juntas, arandelas de presión y seguros que se hayan desmontado. Se deben utilizar manguitos protectores al instalar los sellos para no dañarlos. Todos los sellos se deben cubrir con líquido especial para

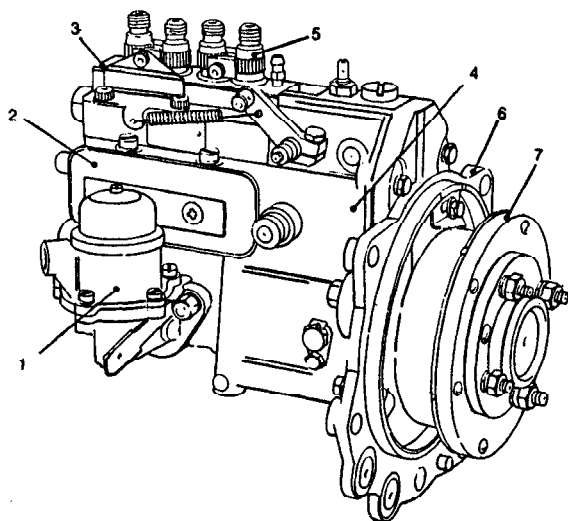
pruebas, nuevo, para que no funcionen en seco y se dañen.

Los procedimientos para reacondicionamiento varían mucho según la marca de la bomba. A continuación se describen algunos aspectos generales para las bombas en línea, que también ayudarán a conocer la construcción de las mismas.

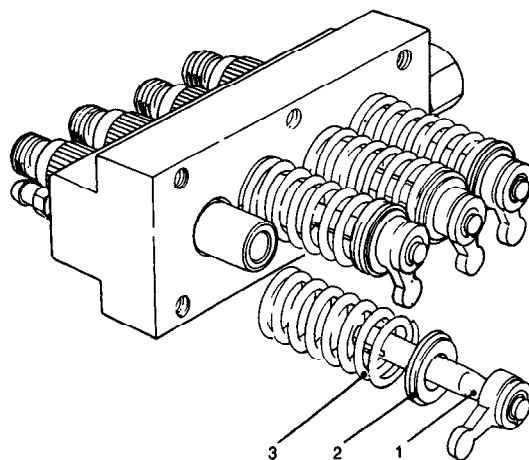
### Reacondicionamiento de bombas en línea

En la figura 23.8 se ilustra una bomba de inyección con bomba de alimentación del tipo de diafragma; ésta es la primera que se desmonta. Después, se quita la tapa lateral, que está sujeta con dos tornillos.

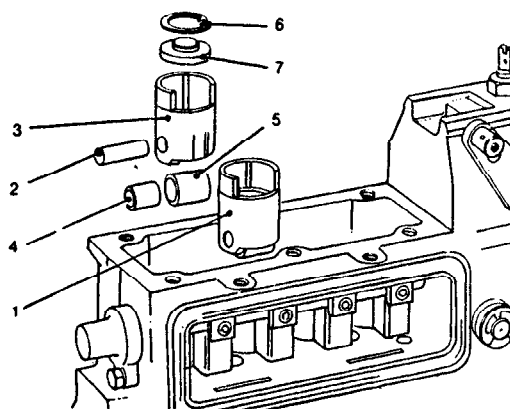
El cuerpo de la bomba, en donde están los elementos de bombeo, está sujeto a la cubierta con tornillos Allen; se sacan y se extrae de la cubierta el cuerpo de la bomba con los elementos de bombeo.



**Fig. 23.8** Bomba de inyección en línea: 1 bomba elevadora, 2 tapa lateral, 3 cuerpo de la bomba, 4 cubierta de la bomba, 5 válvula de entrega, 6 brida de montaje, 7 mecanismo de avance  
LUCASCAV



**Fig. 23.9** Cuerpo de la bomba y elementos de bombeo separados de la caja principal: 1 émbolo, 2 retén, 3 resorte  
LUCASCAV



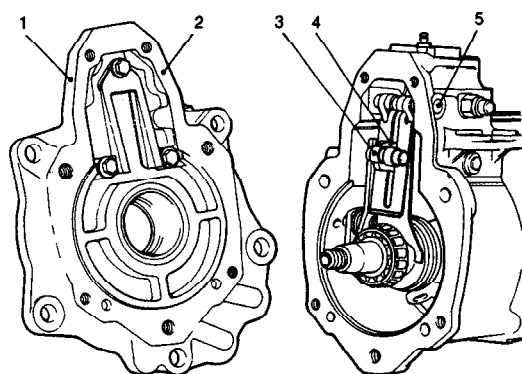
**Fig. 23.10** Levantadores desmontados de sus cavidades en el cuerpo de la bomba: 1 levantador armado, 2 pasador, 3 cuerpo, 4 buje, 5 rodillo, 6 arillo seguro, 7 espaciador del levantador. Se utilizan espaciadores de diferentes espesores para ajustar los levantadores durante el faseo  
LUCASCAV

En la figura 23.9 se ilustra el cuerpo de la bomba, fuera de la cubierta y con un émbolo sacado de su barril. Para sacar los elementos, se desatornillan las válvulas de entrega en la parte superior del cuerpo. Los componentes de cada elemento de bombeo se deben mantener juntos; no hay que mezclarlos con los de otros.

Se sacan los levantadores que están en la cubierta (Fig. 23.10) de la bomba y se ponen en recipientes individuales. Las piezas de cada uno se deben mantener juntas y hay que instalarlos en su lugar original al armar la bomba.

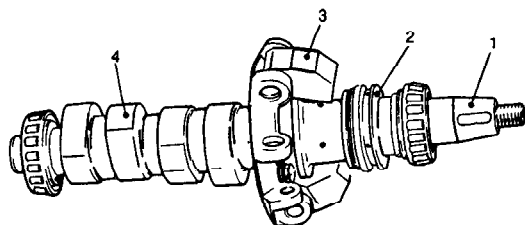
La bomba tiene un mecanismo de avance automático en la parte delantera del árbol de levas y hay que desmontarlo para tener acceso a la cubierta del gobernador que, después se desmonta como se muestra en la figura 23.11. Después se sacan el varillaje y resorte del gobernador de la cubierta. Se saca el árbol de levas junto con el gobernador, como se muestra en la figura 23.12.

Sólo se han descrito los aspectos principales del método general para desarmar la bomba. También se pueden desarmar las piezas de los componentes. Las piezas se limpian con el líquido para pruebas y se examina si tienen señales de desgaste o daños. El émbolo y el barril son piezas muy pulimentadas, hermanadas en la fábrica y hay que examinar si tienen desgaste o escoriaciones.



**Fig. 23.11** Desmontaje de la tapa del gobernador en el frente de la cubierta de la bomba: 1 tapa, 2 junta, 3 pasador, 4 articulación, 5 eje

LUCASCAV



**Fig. 23.12** Árbol de levas y gobernador; se ha desmontado un contrapeso del gobernador: 1 árbol, 2 yugo del gobernador, 3 contrapeso del gobernador, 4 leva

LUCASCAV

Para armar la bomba se hace a la inversa de como se desarmó. Hay que tener especial cuidado con la limpieza al armar. Los componentes de los elementos de bombeo, como los barriles y émbolos, se deben mojar con el líquido para pruebas al momento de armarlos.

En la figura 23.13 se ilustra una bomba completa en sección parcial. Se debe consultar esta figura para identificar las piezas principales de la bomba y entender mejor los detalles de su construcción.

### Pruebas y ajustes de las bombas en línea

Las bombas en línea se deben fasear y calibrar como parte del procedimiento de reparación y prueba, a fin de tener la seguridad de que todos los elementos de bombeo funcionan en la relación correcta entre sí.

#### Faseo

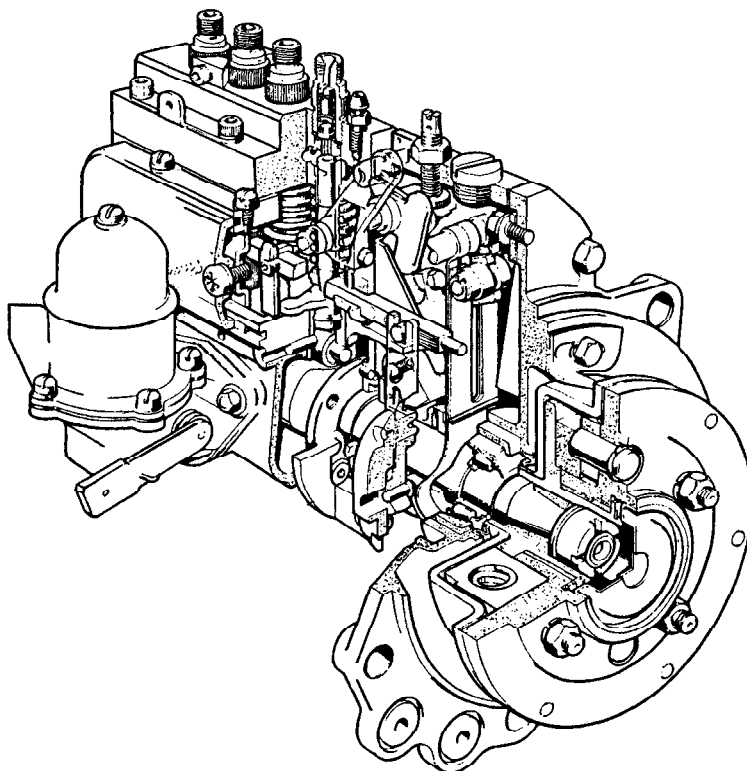
Es el procedimiento para comprobar y ajustar los intervalos (ángulo de fase) entre las descargas sucesivas. Por ejemplo, en un motor de cuatro cilindros, el ángulo de fase es de  $90^\circ$  y un elemento de la bomba debe empezar la entrega de carga de combustible al inyector cada vez que el árbol de levas gira  $90^\circ$ .

Se monta la bomba en un probador que tiene una placa graduada y se gradúa el émbolo del elemento No. 1 en la posición de corte de escurrimiento. En este momento, la marca de sincronización en la brida de la bomba debe alinear con el puntero. (En páginas anteriores se describe el método para sincronización de la bomba por escurrimiento para localizar la posición de corte de escurrimiento.)

La placa graduada se debe poner en cero; luego, se cambia el tubo de escurrimiento, se pasa al siguiente elemento en el orden de encendido del motor para que, al hacer girar la bomba con lentitud, se pueda determinar el punto de corte de escurrimiento y verificarlo con la placa graduada; esto debe ocurrir a los  $90^\circ$ . Se repite el procedimiento para los otros dos elementos. Los ángulos de fase deben ser  $0, 90, 180$  y  $270$  grados ( $\pm 0.5^\circ$ ). Para ajustar el ángulo de fase se cambian los espaciadores del levantador o, en algunos casos, se giran los tornillos de los levantadores para que la acción del émbolo empiece antes (adelanto) o después (retardo), según se requiera para corregir el ángulo de fase.

#### Calibración

Hay que calibrar la bomba de modo que cada elemento de bombeo entregue la misma cantidad de combustible, para que todos los cilindros produzcan igual potencia. Para hacer este ajuste se mueven las horquillas de control a lo largo de la varilla de



**Fig. 23.13** Bomba de inyección en línea en sección parcial. Es de cuatro elementos con bomba elevadora de diafragma, gobernador mecánico y mecanismo de avance automático  
LUCASCAV

control. (Recuérdese que al girar el émbolo en su barril aumenta o disminuye la entrega de combustible). Al mover una horquilla a lo largo de la varilla de control, se puede girar el émbolo en su barril y ajustar su posición en relación con los otros émbolos.

Se monta la bomba en un probador en forma similar a la que se ilustra en la figura 25.11 para la bomba tipo distribuidor. Se la hace funcionar a las velocidades indicadas en sus especificaciones. Se observa la entrega del líquido para pruebas en las probetas calibradas a fin de determinar que sea el volumen especificado para, por ejemplo, 200 carreras. Todos los elementos de bombeo deben entregar el mismo volumen de líquido en toda la prueba. Para verificarlo se observa el nivel en las probetas graduadas. Para corregir cualquier variación, se ajustan las horquillas en la varilla de control.

En las bombas que tienen cremallera de control y sectores de engrane (Fig. 22.5), para ajustar se afloja el tornillo de la abrazadera y se mueve el sector.

#### Lubricación de las bombas en línea

El combustible Diesel lubrica las piezas móviles de los elementos de bombeo, pero el árbol de levas y los levantadores requieren un sistema adicional de lubricación. Casi todas las bombas de inyección se lubrican con el aceite del motor, que se envía al cuerpo de la bomba para lubricar las piezas móviles de la bomba y el gobernador y regresa al depósito. Una bomba instalada en un motor se debe llenar con el mismo tipo y grado de aceite que el motor.

En las bombas que no reciben lubricación a presión del motor, se llena el cuerpo con aceite hasta el nivel especificado. Se quita el tapón o filtro de respiración y se pone el aceite en la caja o cuerpo. En algunas bombas, se emplea una varilla para comprobar el nivel de aceite. En otras, se emplea un tapón para nivel de aceite; al aflojarlo, saldrá el sobrante de aceite. Si el nivel de aceite está bajo, se agrega el necesario hasta que llegue a la altura del barreno.

## ***Preguntas para repaso***

1. Menciónense las diferentes formas en que se montan las bombas en línea en el motor.
2. ¿Por qué se utilizan marcas de sincronización en el motor?
3. ¿Por qué casi todas las bombas de inyección tienen marcas de sincronización?
4. ¿Qué procedimiento se debe seguir si una bomba en línea no tiene marcas de sincronización?
5. ¿Por qué la posición de las marcas de sincronización sólo se debe hacer después de girar el cigüeñal en su sentido de rotación?
6. Menciónense algunos lugares en donde se encuentran las marcas de sincronización en el motor.
7. ¿Dónde es más común que estén las marcas de sincronización de la bomba?
8. Describese el método para la sincronización de la bomba por escurrimiento.
9. ¿Por qué no se efectúan las reparaciones de las bombas de inyección en cualquier taller?
10. Menciónense, en forma general, algunas de las instalaciones y equipo requeridos para reparar y probar las bombas.
11. ¿Por qué es tan importante la limpieza al manejar las piezas de la bomba de inyección?
12. ¿Qué significa calibración?
13. ¿Qué efecto produce una bomba de inyección mal calibrada?
14. Menciónese, en forma breve, cómo se calibra la bomba.
15. ¿Qué es faseo?
16. Una bomba de inyección está totalmente fuera de fase. a) ¿Qué significa? b) ¿Cuál es el probable efecto en el motor?
17. Describese brevemente como se fasea una bomba.
18. ¿Cómo se lubrican las piezas de casi todas las bombas de inyección en línea?

---

## Bombas de inyección tipo distribuidor

---

# 24

Las bombas de inyección tipo distribuidor reciben su nombre por su método particular para distribuir el combustible a los inyectores. Mientras que en las bombas en línea se utiliza cierto número de elementos de bombeo, en la de distribuidor sólo se emplea un elemento de bombeo para darle alta presión al combustible y luego distribuirlo a los inyectores.

En la figura 24.1 se ilustran una bomba tipo distribuidor y su relación con los otros componentes del sistema de combustible. La bomba elevadora 1) succiona el combustible del tanque 6), lo envía a través del sedimentador 7) y lo entrega a la bomba de inyección a través del filtro 2). Una bomba de aspas en la cubierta de la bomba de inyección, llamada bomba de transferencia en algunos sistemas y bomba de alimentación en otros, le da presión al combustible en la bomba de inyección; la presión se controla con una válvula reguladora.

La bomba de inyección realiza la función de entregar combustible a alta presión a los inyectores en el orden de encendido del motor. En el sistema ilustrado (Fig. 24.1), el sobrante de combustible de la bomba se recibe desde una válvula de retorno y pasa por el tubo de retorno 3) hasta el tanque. La circulación del combustible en esta forma sirve para enfriar y lubricar la bomba y purgar (expulsar) el aire del sistema.

Un solenoide 4) de corte de combustible instalado en la bomba permite parar el motor desde el compartimiento del conductor. Cuando se gira el interruptor a "ON" (conectado), el solenoide se energiza y se abre su válvula para que la bomba suministre combustible. Al mover el interruptor a "OFF" (apagado) el solenoide se desenergiza y la válvula se cierra, con lo cual se corta el suministro de combustible y se para el motor.

Debido a que el combustible lubrica la bomba, es esencial impedir la entrada de agua a ella, para lo

cual se utiliza el sedimentador. Cualquier agua que haya en el sistema quedará retenida en el fondo del sedimentador y se puede vaciar (drenar).

El filtro de combustible retiene las partículas de sólidos del combustible de tamaño de alrededor de 4 o 5 micras. Filtra algunas gotitas de agua, pero no puede quitar toda el agua, pues esto es función del sedimentador.

Hay diversos modelos de bombas de inyección tipo distribuidor que funcionan con los mismos principios básicos, pero su construcción es diferente. En este capítulo se describirán dos bombas de diferente construcción.

### Bomba de inyección tipo distribuidor (DPA)

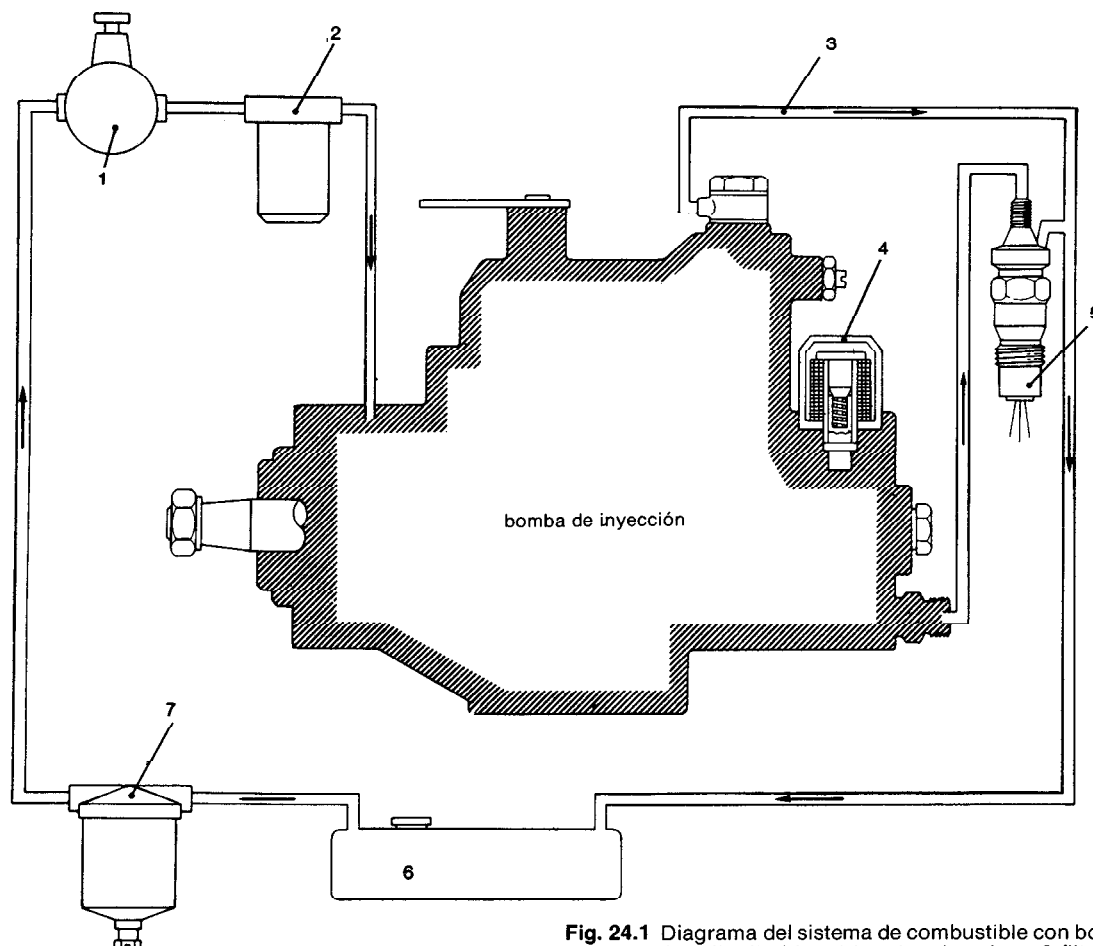
La bomba de inyección tipo distribuidor (DPA) se monta con brida en el motor y se impulsa mediante un eje estriado. Este tipo de bomba se puede montar horizontal o verticalmente. Las piezas se encuentran dentro de una cubierta y la presión dentro de la cubierta impide la entrada de polvo, agua y otros cuerpos extraños. En la figura 24.2 se ilustra una bomba en sección y se muestran sus partes principales.

#### Funcionamiento de la bomba

En la figura 24.3 aparece el diagrama de una bomba, cuyo funcionamiento básico es como sigue:

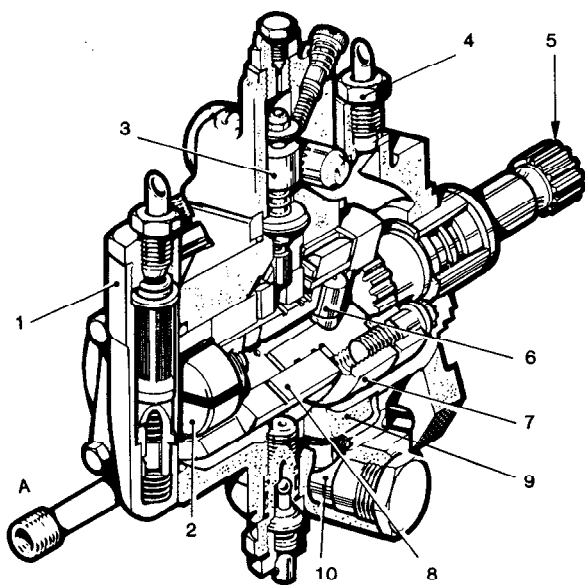
1. El combustible que viene de la bomba elevadora entra a la bomba de inyección por la entrada 1) y llega a la bomba 2) de transferencia tipo aspas; ésta aplica presión al combustible.
2. Una válvula 3) reguladora de presión controla la presión del combustible que viene de la bomba de transferencia.





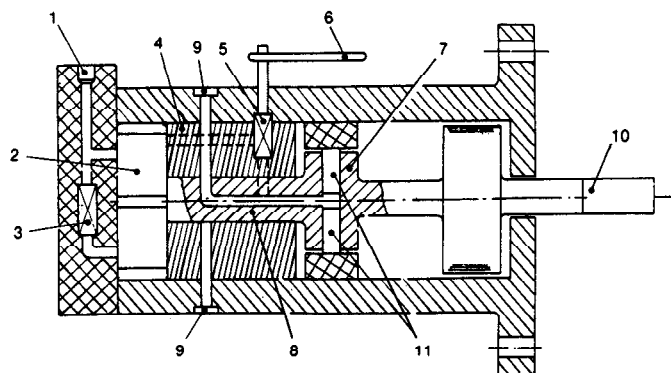
**Fig. 24.1** Diagrama del sistema de combustible con bomba tipo distribuidor: 1 bomba elevadora, 2 filtro de combustible, 3 tubo de retorno, 4 solenoide de corte combustible, 5 inyector, 6 tanque de combustible, 7 sedimentador

DIESELKIKI



**Fig. 24.2** Bomba de distribuidor DPA con gobernador hidráulico: 1 conjunto de entrada de combustible, filtro de Nylon y válvula reguladora, 2 bomba de transferencia de espas, 3 gobernador, 4 conexión de retorno, 5 eje de impulsión, 6 émbolo de la bomba, 7 rotor, 8 cabeza hidráulica, 9 anillo de excéntrica, 10 mecanismo de avance automático, A conexión para el tubo del inyector

LEYLAND

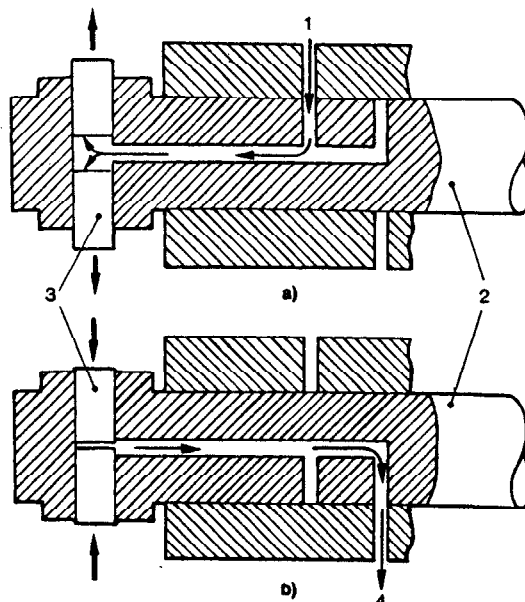


**Fig. 24.3** Diagrama de una bomba de inyección tipo distribuidor: 1 entrada de combustible, 2 bomba de transferencia de espas, 3 válvula reguladora de presión, 4 cabeza hidráulica, 5 válvula dosificadora, 6 palanca de control, 7 elemento de bombeo, 8 rotor, 9 conexiones para tubos de inyectores, 10 eje excéntrico, 11 émbolos de la bomba

3. El combustible que viene de la bomba de transferencia se distribuye por conductos en la cabeza hidráulica 4) hasta la válvula 5) de dosificación o medición; esta válvula se acciona con la palanca 6) de control para controlar el flujo de combustible por esa válvula hasta el elemento de bombeo. La válvula de dosificación, que controla el paso de combustible al elemento de bombeo, controla también la cantidad de combustible entregada a los inyectores y, por tanto, la velocidad y la potencia del motor.
4. El combustible que sale de la válvula 5) de dosificación pasa por conducto en la cabeza hidráulica 4) hasta el rotor. La cabeza hidráulica está fija en el cuerpo de la bomba en el cual gira el rotor 8). Los orificios en la cabeza hidráulica se alinean con los del rotor cuando éste gira.
5. El rotor es el componente rotatorio central de la bomba de inyección, que se impulsa desde el motor mediante un eje estriado 10). El rotor tiene un ajuste muy preciso en la cabeza hidráulica en la cual gira. El combustible de la cabeza hidráulica penetra al rotor durante el tiempo en que los orificios están alineados y después pasa por una perforación central en el rotor hasta el elemento 7) de bombeo que se encuentra en el extremo del rotor.
6. El elemento único de bombeo consta de dos émbolos 11) opuestos montados en una cavidad que atraviesa el rotor. Los émbolos giran con el rotor y en la carrera de bombeo se los empuja hacia dentro entre sí para bombear una carga de combustible a alta presión a los inyectores. Un anillo de excéntrica con lóbulos internos acciona los émbolos; el anillo tiene el mismo número de lóbulos que cilindros del motor; por tanto, en un motor de cuatro cilindros ocurrirán cuatro acciones de bombeo por cada revolución de la bomba.
7. El rotor envía la carga de combustible a alta presión, producida por el elemento de bombeo, a un orificio en la cabeza hidráulica, conectado con el exterior de la bomba a través de un conducto en la cabeza hidráulica. Por tanto, toda la carga del rotor puede pasar por el conducto hasta el tubo para el inyector que está conectado con un orificio 9) en el exterior de la bomba, y llegar al inyector.
8. En la cabeza hidráulica hay un orificio para cada cilindro del motor, por lo que cuando gira el rotor, un orificio en el mismo enviará una carga de combustible a la cabeza hidráulica, que la distribuirá al cilindro correspondiente.

#### Elemento de bombeo

En la figura 24.4 se ilustra el funcionamiento de los émbolos en el elemento de bombeo. Se muestran dos posiciones de los émbolos: a) carga y b) inyección.



**Fig. 24.4** Ciclo de bombeo de la bomba de distribuidor: 1 entrada de combustible, 2 rotor, 3 émbolos de bombeo, 4 combustible al inyector. a) Carga: el combustible separa los émbolos. b) Inyección: los lóbulos de la excéntrica han empujado a los émbolos entre sí para entregar una carga de combustible al inyector

LEYLAND

ción. Los émbolos funcionan dentro de un pequeño cilindro en el rotor y éste gira en la cabeza hidráulica.

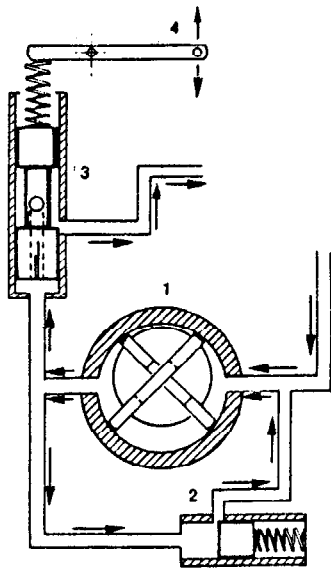
En la figura 24.4a) se ilustra el espacio entre los émbolos mientras se carga con combustible. El rotor, en este momento, tiene el orificio de entrada alineado con el orificio de dosificación en la cabeza hidráulica y una cantidad dosificada de combustible que viene desde esa válvula obliga a los émbolos a separarse. La distancia que se separen los émbolos se determina, en la práctica, por la presión de combustible y por el tiempo en que estén alineados los orificios de entrada y de dosificación.

Mientras el rotor continúa girando, el orificio de entrada permanece cerrado, pero el orificio de salida del rotor alinea con uno de los orificios distribuidores en la cabeza hidráulica, que está conectado con un inyector, como se muestra en la figura 24.4b). Los lóbulos del anillo de excéntrica han empujado a los émbolos uno contra el otro para producir una carga de combustible a alta presión.

Con la rotación continua del rotor, otro orificio de entrada en él alinea con el orificio de dosificación en la cabeza hidráulica para que llegue a los émbolos más combustible dosificado. Con más rotación, el orificio de salida del rotor alinea con otro orificio distribuidor para enviar una carga de combustible al siguiente inyector en el orden de encendido del motor y así continúa el ciclo de carga y de bombeo.

La exactitud del espaciado entre los lóbulos del anillo de excéntrica y los orificios para combus-





**Fig. 24.5** Bomba de transferencia de aspas y válvula dosificadora de una bomba de distribuidor: 1 bomba de aspas, 2 válvula de desahogo (alivio), 3 válvula de dosificación, 4 palanca de control

tible en la cabeza hidráulica y en el rotor permite tener el intervalo correcto de sincronización entre las inyecciones; el elemento de bombeo envía exactamente la misma carga dosificada a cada inyector.

#### *Válvula de dosificación (medición)*

En la figura 24.5 se ilustra el principio de funcionamiento de la válvula de dosificación. Esta válvula recibe la presión de transferencia de la bomba de aspas, que actúa contra la cara de la válvula para moverla en un sentido. También actúa por la carga del resorte accionado por la palanca de control. La cantidad de combustible que pasa por la válvula de dosificación se controla con esos dos factores, que determinan la posición de la misma con relación a su orificio. Esto, a su vez, controla la cantidad de combustible inyectado y, por lo tanto la velocidad y la potencia del motor. (Los gobernadores o reguladores se describen en el capítulo 26.)

#### **Bomba de inyección con émbolos opuestos**

El elemento de bombeo en este tipo de bomba tiene dos pares de émbolos opuestos. Los émbolos principales funcionan del modo normal para producir la inyección cuando el motor está en marcha. Los émbolos auxiliares, que son de menor diámetro que los principales, funcionan sólo durante el arranque del motor para enviar un excedente de combustible para el arranque.

Durante el arranque del motor, el anillo de excéntrica acciona los émbolos principales y los auxiliares y descarga combustible para la inyección. Cuando el motor se pone en marcha y llega a su

velocidad de funcionamiento, la presión creciente de la bomba de transferencia acciona una válvula en el rotor de la bomba. Con esto se aísla a los émbolos auxiliares y sólo los principales siguen enviando combustible a los inyectores.

#### **Mecanismo de avance o de adelanto de inyección**

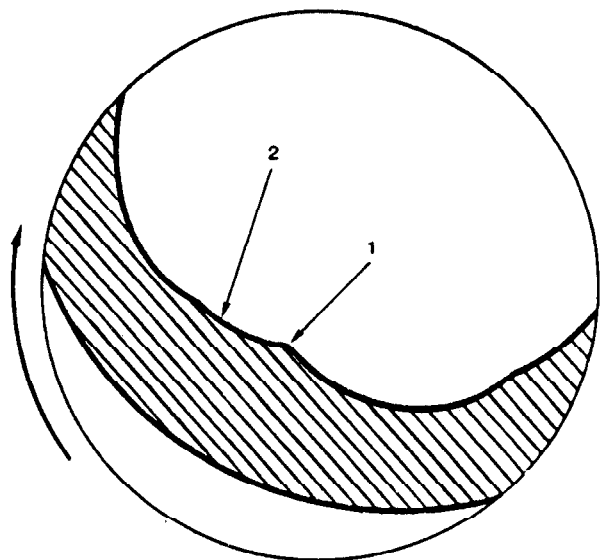
Este mecanismo consta de un pistón que actúa contra un resorte para hacer girar el anillo de excéntrica unos cuantos grados dentro de la cubierta de la bomba. Se hace girar al anillo en sentido opuesto a la rotación del motor para hacer que los lóbulos accionen antes a los émbolos y se avance la sincronización (tiempo) de la inyección.

Se utiliza la presión del combustible desde la bomba de transferencia para accionar el pistón. La presión, que aumenta según la velocidad del motor, actúa contra el pistón que se mueve para hacer girar el anillo de excéntrica y avanzar la inyección.

La bomba de inyección ilustrada en la figura 25.10 tiene un mecanismo de avance automático instalado en su parte inferior.

#### **Válvulas de entrega**

Los lóbulos del anillo de excéntrica están configurados para descargar la presión en el inyector al final de la inyección. Esto produce un corte rápido de la inyección e impide el escurrimiento en la tobera. En la figura 24.6 se ilustra la forma de un lóbulo de la excéntrica en donde 1) es el pico de la excéntrica y 2) es la curva para retracción, que hace que el émbolo corte con rapidez la entrega de combustible.



**Fig. 24.6** Sección agrandada del lóbulo de un anillo de excéntrica: 1 pico de la excéntrica, 2 curva de retracción

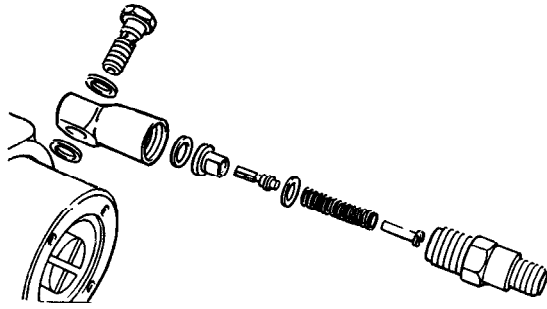


Fig. 24.7 Válvula de entrega con conexión ensanchada LUCAS-CAV

Este sistema se utiliza en casi todas las bombas de distribuidor con anillo de excéntrica, pero también se pueden emplear válvulas de entrega, que se instalan en la conexión ensanchada que se ilustra en la figura 24.7. La válvula de entrega produce una fuerte caída en la presión para evitar el escurrimiento del inyector y también mantiene una presión baja en el tubo para el inyector. El funcionamiento de la válvula de entrega ya se describió en el capítulo 22.

## Bomba de inyección tipo distribuidor (VE)

La bomba de inyección modelo VE se utiliza en algunos automóviles y en vehículos comerciales ligeros y medianos. Su principio de funcionamiento es similar al de la bomba de distribuidor ya descrita, pero la construcción es diferente. La diferencia principal es que en la bomba VE se emplea un solo émbolo accionado por un disco de excéntrica, en vez de dos émbolos accionados por un anillo de excéntrica.

### Construcción

En la figura 24.8 se ilustran las piezas principales de la bomba, excepto el gobernador, y son: el eje de impulsión 1) impulsado desde el motor, el engrane 2) que impulsa el gobernador, las excéntricas o levas 3) en la cara del disco de excéntrica 8), el manguito de control 4). Además, el émbolo 5), la válvula de entrega 6), el resorte 7) del émbolo que mantiene al disco 8) de excéntrica contra los rodillos 9), la bomba de alimentación 10) para mantener presión dentro de la bomba de inyección y el solenoide 11) de corte de combustible o paro del motor.

### Movimiento del émbolo

Cuando funciona la bomba, el eje 1) de impulsión hace girar el disco de excéntricas 8) y el émbolo 5) montado en el mismo. La cara de la excéntrica, que tiene el mismo número de lóbulos que los cilindros del motor, está mantenida contra los rodillos 9) por el resorte 7) del émbolo. El portarodillos perma-

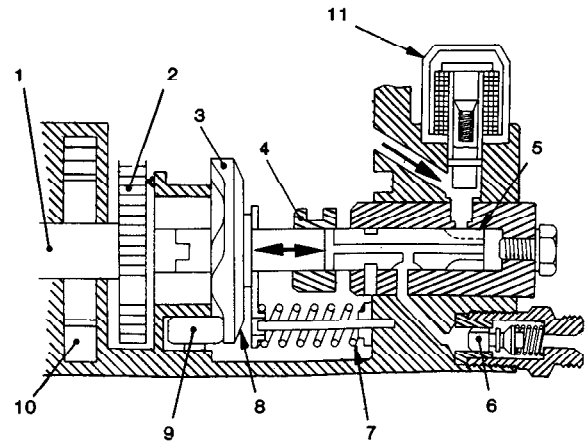


Fig. 24.8 Diagrama de una bomba de inyección tipo distribuidor modelo VE: 1 eje de impulsión, 2 engrane, 3 excéntrica, 4 manguito de control, 5 émbolo, 6 válvula de entrega, 7 resorte del émbolo, 8 disco, 9 rodillo, 10 bomba alimentadora, 11 solenoide de corte de combustible

DIESEL KIKI

nece estacionario en la cubierta de la bomba, pero los rodillos giran sobre sus ejes. La acción de las excéntricas en el disco de excéntrica que está contra los rodillos, hacen que se mueva hacia el frente y atrás. Esto también mueve a los émbolos hacia atrás y al frente en su barril para producir la acción de bombeo. Con ello, el émbolo tiene movimiento rotatorio y reciprocante (alternativo) al mismo tiempo. El émbolo no está conectado en forma rígida con el eje de impulsión, sino por medio de un acoplamiento que le permite movimiento axial en el barril.

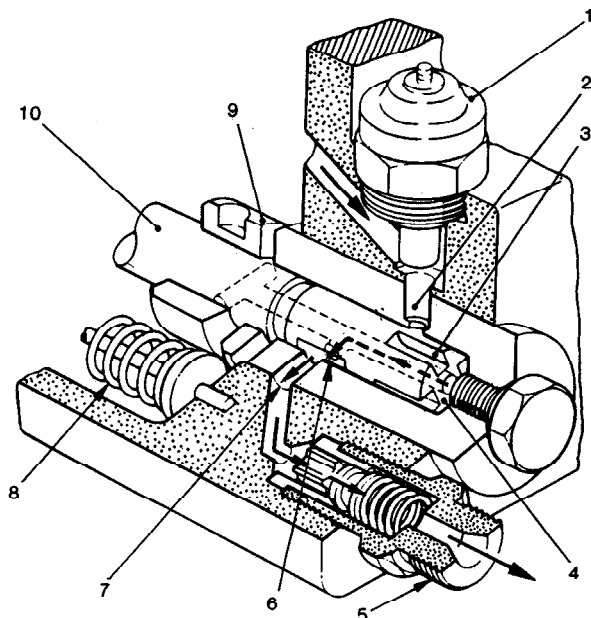
El émbolo tiene tres funciones:

1. Abre y cierra el orificio de entrada de combustible, que está en el extremo del émbolo, a la cámara de bombeo.
2. Aplica presión al combustible en la cámara de bombeo.
3. Distribuye el combustible a presión al inyector correspondiente en el momento preciso.

La primera y tercera funciones las produce el movimiento rotatorio del émbolo; la segunda la realiza la acción reciprocante del mismo. La cuarta función, que es dosificar la cantidad de combustible la lleva a cabo el manguito de control en combinación con el émbolo.

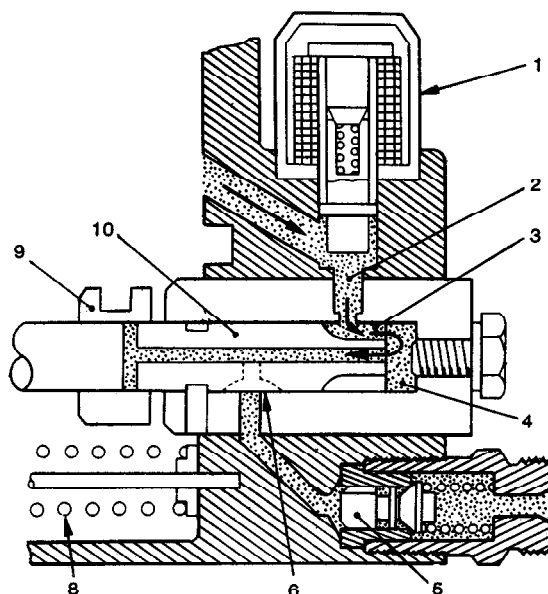
### Acción de bombeo

En la figura 24.9 se ilustra, en sección, una parte del extremo posterior de la bomba de inyección. En esta parte se efectúan el bombeo, la dosificación y la distribución de combustible a los inyectores. El combustible entra por el conducto en la parte superior izquierda como lo señalan las flechas y se bombea al inyector mediante la válvula de entrega (parte inferior derecha de la ilustración) por la acción del



**Fig. 24.9** Sección de bombeo de la bomba de inyección: 1 solenoide de corte de combustible, 2 orificio de entrada, 3 ranura de entrada, 4 cámara de presión (bombeo), 5 válvula de entrega, 6 ranura de distribución, 7 orificio de distribución, 8 resorte del émbolo, 9 manguito de control, 10 émbolo

DIESELKIKI



**Fig. 24.10** Carrera de admisión: el combustible llena la cámara de bombeo: 1 solenoide de corte de combustible, 2 orificio de admisión, 3 ranura de admisión, 4 cámara de bombeo, 5 válvula de entrega, 6 ranura de distribución, 8 resorte del émbolo, 9 manguito de control, 10 émbolo

DIESELKIKI

émbolo. Dado que esta bomba es para un motor de cuatro cilindros, tiene cuatro válvulas de entrega, pero sólo se ilustra una 5).

El barril tiene un orificio de entrada 2) y cuatro orificios de distribución 7). El émbolo 10) tiene cuatro hendiduras o ranuras 3) de entrada y una ranura 6) de distribución. El émbolo tiene también un pasaje central con un conducto para conexión con la ranura de distribución y una perforación transversal hasta el manguito de control.

Cuando gira el émbolo, cada ranura de entrada se alinea, por orden, con el orificio de entrada que corresponda y la ranura de distribución alinea, por orden, con cada orificio de distribución que corresponda. Las ranuras en el émbolo y los orificios en el barril están dispuestos de modo que el orificio de entrada y el de distribución no estén abiertos al mismo tiempo. Cuando se abre el orificio de entrada se cierra el de distribución, y viceversa.

Como se ilustra, el orificio 2) de entrada está cerrado porque el émbolo ha girado a una posición en la cual la ranura 3) de entrada se ha separado del orificio. La ranura de distribución ha descubierto el orificio 7) de distribución, y el combustible que hay en la cámara 4) de bombeo en el extremo del émbolo se envía a la válvula 5) de entrega y al inyector. Al mismo tiempo que ocurre esto, el émbolo se mueve en sentido axial en el barril para aplicar presión al combustible en la cámara de bombeo para entregarlo al inyector.

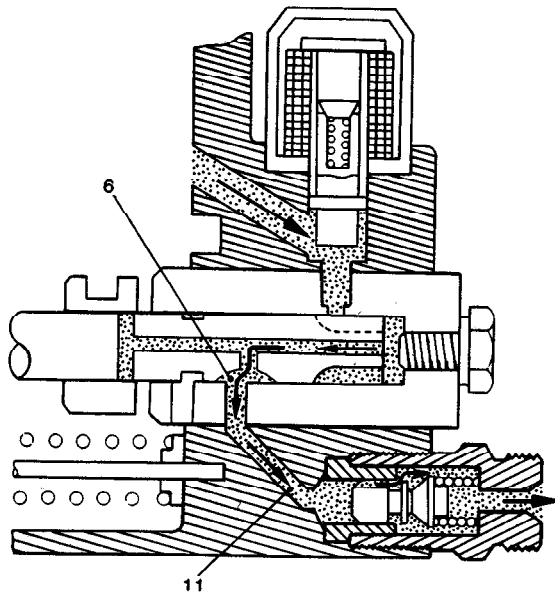
La rotación adicional del émbolo cerrará el orificio de distribución y abrirá el de entrada. El émbolo también se moverá a lo largo del barril para la siguiente carrera de bombeo. En las ilustraciones citadas a continuación se muestran las carreras de bombeo.

#### *Carrera de admisión o entrada (Fig. 24.10)*

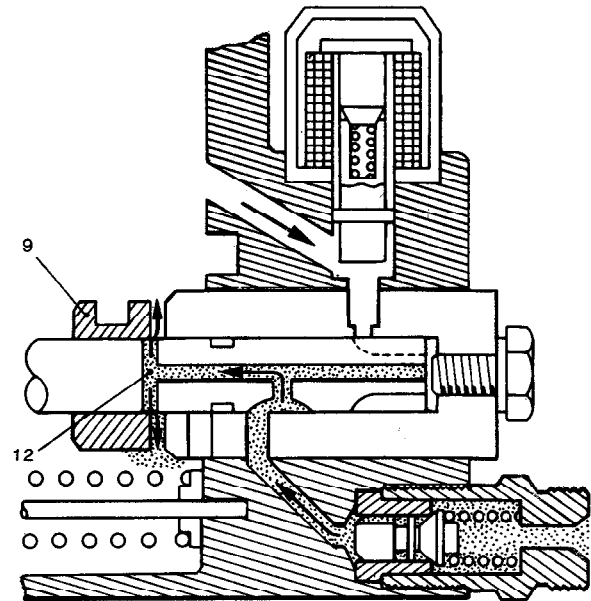
El solenoide de corte de combustible está energizado y el conducto de entrada está abierto, con lo cual el combustible que viene de la bomba de alimentación llega al orificio 2) de entrada en el barril. La ranura 3) de admisión alinea con el orificio de entrada y el combustible llena la cámara 4) de bombeo y los conductos en el émbolo. La ranura 6) de distribución está desalineada con el orificio de distribución y con ello el combustible permanece en la cámara de bombeo.

#### *Carrera de inyección (Fig. 24.11)*

El émbolo ha girado, de modo que el orificio de entrada está cerrado. El émbolo también se mueve a lo largo del barril y aumenta la presión del combustible en la cámara de bombeo. La ranura 6) de distribución está ahora alineada con el orificio de distribución; el combustible a alta presión ha levantado a la válvula de entrega de su asiento y se entrega combustible al inyector.



**Fig. 24.11** Carrera de inyección: se aplica presión al combustible en la cámara de bombeo: 6 ranura de distribución, 11 conducto de salida  
DIESEL KIKI



**Fig. 24.12** Final de la entrega: se corta la presión del combustible: 9 manguito de control, 12 orificio de corte  
DIESEL KIKI

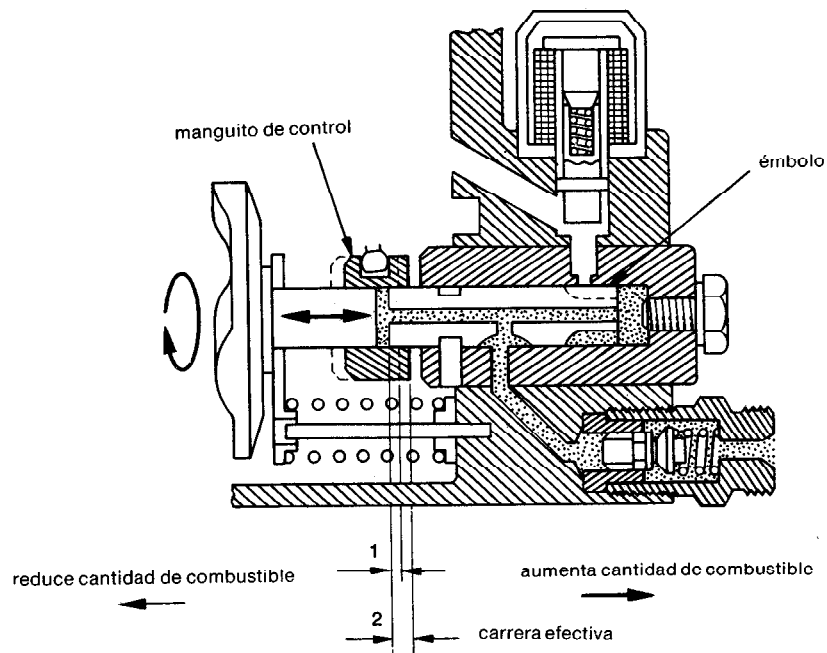
#### *Final de la entrega (Fig. 24.12)*

Conforme el émbolo continúa su movimiento a lo largo del barril, el orificio 12) de corte en el émbolo, que está cubierto por el manguito 9) de control durante la carrera de inyección, queda fuera del manguito y permite que el combustible a presión retorne a la cubierta de la bomba. Se elimina la

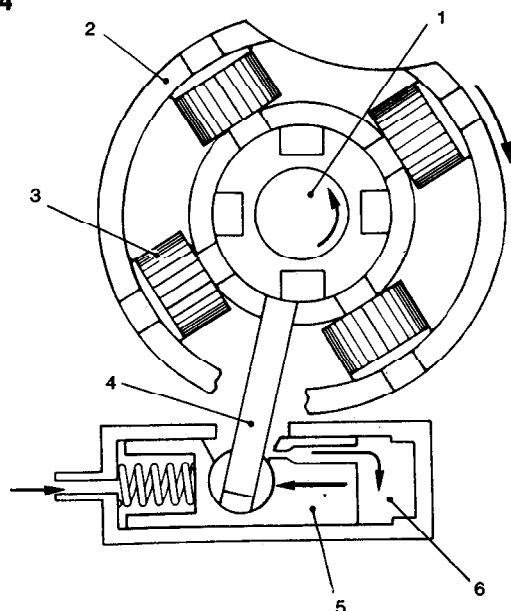
presión en la cámara de bombeo, se cierra la válvula de entrega y cesa la inyección.

#### **Carrera efectiva del émbolo**

La dosificación o medición del combustible se realiza por medio del manguito de control. La acción del gobernador hace que el manguito se deslice a lo



**Fig. 24.13** El movimiento del manguito de control altera la carrera efectiva del émbolo para variar la cantidad de combustible inyectado: en 1 y 2 se muestra la longitud de la carrera efectiva para dos diferentes posiciones del manguito de control  
DIESEL KIKI



**Fig. 24.14** Mecanismo de avance de sincronización:  
1 eje, 2 portarodillos, 3 rodillo, 4 palanca,  
5 pistón, 6 presión de la bomba alimentadora  
KIESELKIKI

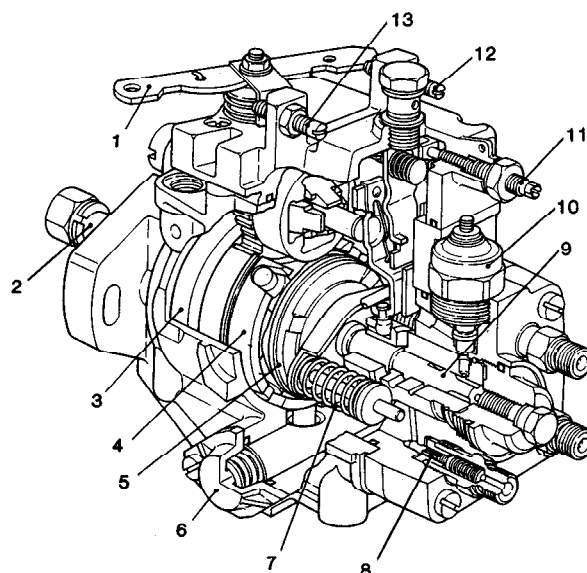
largo del émbolo para variar la carrera efectiva de éste. Esto se ilustra en la figura 24.13, lo mismo que la forma en que se puede variar la longitud efectiva de la carrera con el movimiento del manguito de control. Al mover el manguito a la izquierda, se permite que el orificio de corte se abra más pronto y reduzca la longitud efectiva de la carrera. Al mover el manguito a la derecha, se demora la apertura del orificio de corte y se aumenta la carrera efectiva. El manguito se mueve por la acción del gobernador.

#### Mecanismo de avance de la sincronización

En la figura 24.14 se ilustra el mecanismo de avance automático de la sincronización (tiempo) de la inyección. Para avanzar la inyección, se gira el rodillo unos cuantos grados en la cubierta de la bomba en sentido opuesto a la rotación del eje. Esto hace que la acción de las excéntricas ocurra más pronto y se avance la inyección.

El movimiento de rotación del rodillo se controla con un pistón dentro de un cilindro que está sometido a la presión de la bomba de alimentación. El pistón queda "balanceado" entre la carga del resorte en un extremo y la presión de la bomba de alimentación en el otro. Cuando aumenta la velocidad de la bomba de inyección, también sube la presión de la bomba de alimentación para mover el pistón contra el resorte. Esto hace girar el rodillo para avanzar la inyección como se ilustra.

El avance de la inyección se debe a la velocidad del motor. Además, el mecanismo de avance ajusta el tiempo de inyección en relación con la carga del motor. Cuando la carga en el motor reduce la velocidad de él, el gobernador abre un orificio de control para reducir la presión de la bomba de alimen-



**Fig. 24.15** Construcción de la bomba de inyección tipo distribuidor modelo VE: 1 palanca de control, 2 eje de impulsión, 3 bomba alimentadora, 4 portarodillos, 5 disco de excéntricas, 6 mecanismo de sincronización, 7 resorte del émbolo, 8 válvula de entrega, 9 émbolo, 10 solenoide de corte de combustible, 11 tornillo de ajuste para plena carga, 12 tornillo de ajuste de marcha mínima, 13 tornillo de ajuste de velocidad máxima  
KIESELKIKI

tación. Esto también reduce la presión contra el pistón en el mecanismo de avance y el resorte mueve el pistón a la posición de retardo.

#### Bomba de inyección completa

Se han descrito partes de la bomba de inyección y en la figura 24.15 se ilustra la bomba completa en sección parcial y se señalan las piezas.

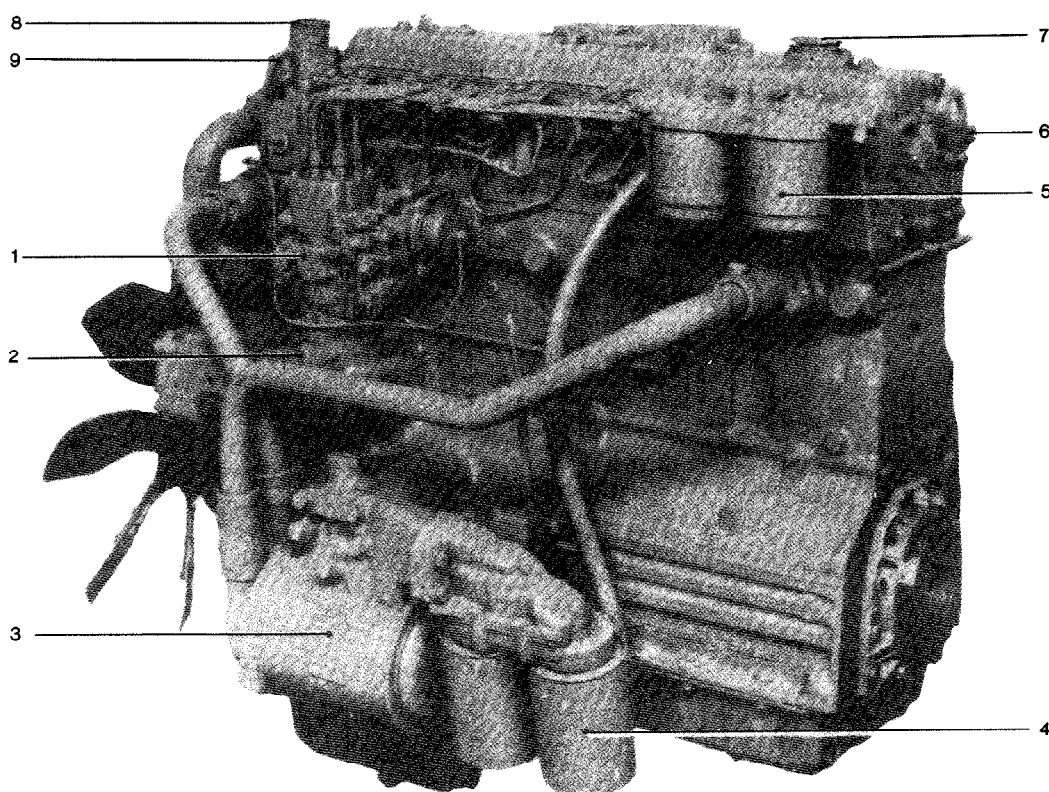
En el frente de la bomba (lado izquierdo de la ilustración) hay una brida de montaje. El eje 2) de impulsión pasa por el centro de la bomba para hacer girar el engrane del gobernador, el disco 5) de excéntricas y el émbolo 9) como ya se describió. El mecanismo 6) de avance de la sincronización está en la parte inferior de la cubierta de la bomba.

En la parte trasera de la bomba, la cabeza distribuidora en donde se encuentran las válvulas 8) de entrega está montada en la cubierta de la bomba. El solenoide 10) de corte de combustible está atornillado en la parte superior de la cabeza distribuidora.

El gobernador mecánico está instalado en la parte superior de la cubierta de la bomba y se pueden ver los cuatro contrapesos en la ilustración. La palanca 1) de control, que está en la parte superior del gobernador, está conectada mediante varillaje con el pedal del acelerador. Un tornillo 12) de ajuste de marcha mínima o (ralenti) y un tornillo 13) de ajuste de velocidad máxima sirven como toques para la palanca de control.

## Preguntas para repaso

1. ¿Cuáles son las diferencias entre una bomba del tipo de distribuidor y una en línea?
2. ¿Por qué a estas bombas se las llama de “distribuidor”?
3. Enumérense las partes principales de un sistema de combustible con bomba de inyección tipo distribuidor.
4. ¿Por qué se emplea un solenoide en la bomba de inyección?
5. ¿Por qué se utiliza un sedimentador en el sistema?
6. ¿Cuál es la función de la bomba de aspas en la bomba de inyección?
7. Menciónense las piezas principales de la sección de bombeo de una bomba de inyección DPA.
8. Explíquese cómo funcionan los émbolos de esa bomba.
9. ¿Qué es un anillo de excéntrica?
10. ¿Para qué se utilizan los orificios de distribución?
11. Explíquese la función de la válvula de dosificación o medición.
12. ¿Cómo funciona el mecanismo de avance en una bomba de inyección DPA?
13. Enumérense las piezas de la sección de bombeo de una bomba de inyección tipo VE.
14. ¿Qué movimientos tiene el émbolo en una bomba VE?
15. ¿Cuál es la función del émbolo en esta bomba?
16. Explíquese cómo funcionan el orificio de admisión y la ranura de admisión durante una carrera de admisión en la bomba VE.
17. Explíquese cómo funcionan el orificio de distribución y la ranura de distribución durante una carrera de descarga.
18. ¿Qué método se utiliza para controlar la cantidad de combustible que inyecta una bomba VE?
19. Examínese la ilustración de la bomba de inyección VE y descríbese la función de sus componentes principales.
20. Examínese la ilustración de la bomba DPA (Figura 25.10) y menciónense los componentes principales.



**Fig. 24.16** Vista del lado izquierdo de motor Perkins T6.3544 de seis cilindros: 1 bomba de inyección tipo distribuidor de montaje vertical, 2 brida de montaje de la bomba, 3 enfriador de aceite, 4 dos filtros de aceite, 5 dos cáncamos para levantar el motor, 6 y 7 llenador de aceite, 8 salida de agua. Se ilustra el motor sin el volante ni la cubierta del volante

PERKINS

# 25

## Servicio a las bombas tipo distribuidor

En condiciones normales, las bombas de inyección tipo distribuidor requieren muy poco servicio. De hecho, lo mismo ocurre con todas las bombas de inyección, que sólo deberían necesitar servicio y reparación cuando se reacondiciona el motor. El combustible limpio, el servicio periódico a los filtros, la limpieza externa y las conexiones bien apretadas y sin fugas son parte del mantenimiento del sistema de combustible. La atención a estos aspectos reducirá la necesidad de reparaciones mayores en la bomba de inyección.

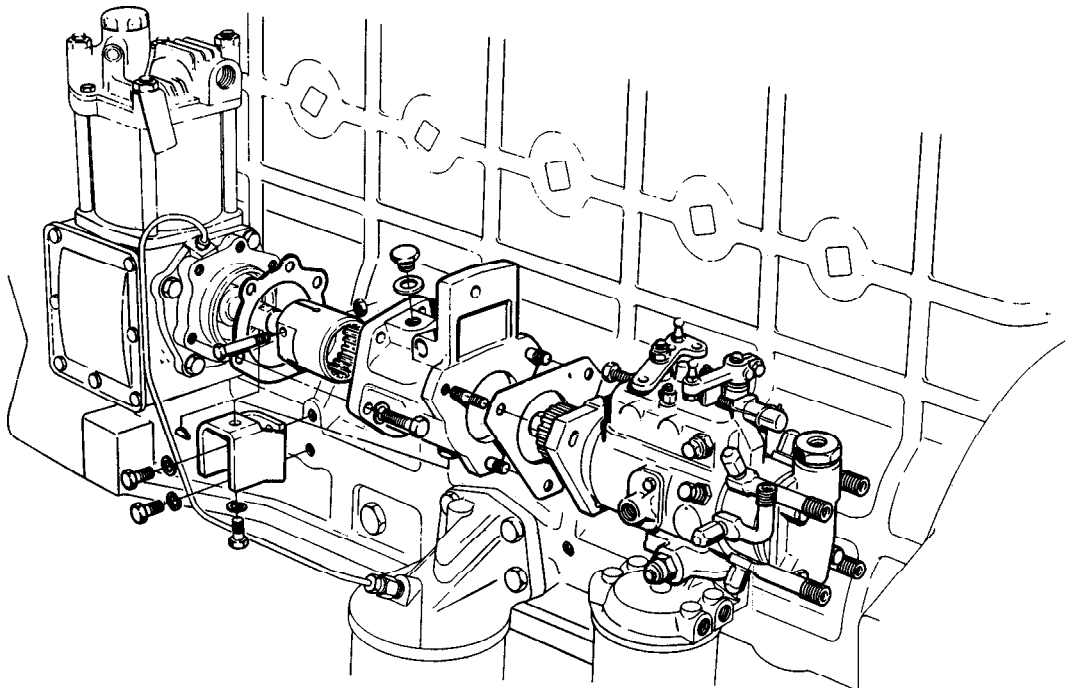
### Desmontaje de la bomba tipo distribuidor

Se utilizan diversos tipos de impulsiones para la bomba. Pueden ser un engrane auxiliar montado en

el eje, o bien se puede impulsar con un eje auxiliar. Cuando la bomba está montada en posición vertical, se utiliza un engrane cónico entre el engrane para auxiliares y la bomba a fin de cambiar el sentido de la impulsión a un ángulo recto.

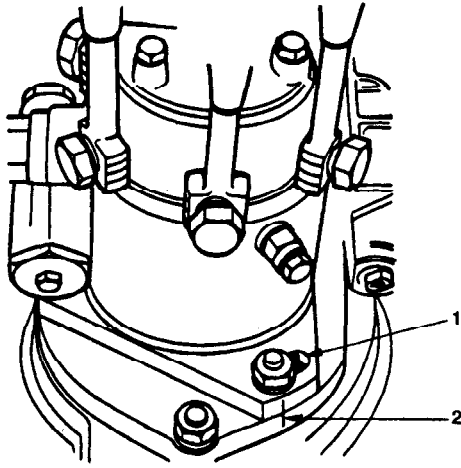
En la instalación ilustrada en la figura 25.1, el compresor que se impulsa con el engrane auxiliar impulsa a la bomba de inyección. Un soporte, montado en el cuerpo del compresor de aire, sirve de alojamiento para el acoplamiento estriado y como brida de montaje de la bomba.

Las bombas de distribuidor se montan en sus bridas con tres o cuatro tornillos. Los agujeros ranurados en la brida de la bomba permiten moverla para hacer ajustes. Se utilizan marcas grabadas en



**Fig. 25.1** Bomba de distribuidor impulsada desde la impulsión de accesorios a través del compresor

BEDFORD



**Fig. 25.2** Alineación de las marcas en la brida de la bomba y en la brida de montaje: 1 agujero ranurado para ajuste, 2 marcas de sincronización

los bordes de la brida de la bomba y en la brida de montaje para señalar la posición de la bomba. Hay que comprobar si hay estas marcas antes de desmontar la bomba.

Para desmontar la bomba, se desmontan el varillaje y palancas de control, los tubos para los inyectores y las conexiones para el combustible. Se sacan las tuercas que sujetan la bomba en su punto de montaje y se quita la bomba. Casi todas las bombas se pueden desmontar e instalar sin alterar la sincronización, siempre y cuando las bridas para la bomba estén marcadas. En la figura 25.2 se ilustran las bridas y marcas de una bomba.

En algunos motores pequeños, la bomba tiene el engrane auxiliar de impulsión montado en el eje de la bomba, y hay que sacar el engrane del eje para poder desmontar la bomba del motor, cuyo acceso es posible mediante una tapa de inspección en la caja de engranes de sincronización. Hay que tener cuidado de que la tuerca, arandelas o cuña (chaveta) de impulsión no caigan en esa caja al sacar el engrane.

#### **Instalación de la bomba de distribuidor**

Si la bomba tiene eje de impulsión estriado, una estría maestra en el eje acopla con una estría maestra correlativa en el motor. Hay que alinear esas estrías para poder instalar la bomba en su lugar.

Con las estrías maestras acopladas, y alineadas las marcas en la brida de la bomba y en la brida de montaje, la sincronización de la inyección estará correcta, salvo que se haya desarmado el motor y se hayan movido los engranes de sincronización o el engrane auxiliar y no tengan bien alineadas sus marcas de sincronización al armar.

Si la impulsión de la bomba no tiene estrías o si hay alguna duda se puede comprobar la sincronización. Para ello se utilizan las marcas de sincroni-

zación en el motor a fin de ajustarlo al punto de comienzo de la inyección, o bien se utilizan las marcas o una dimensión para sincronización para determinar el momento en que la bomba empieza la entrega de combustible. Esas dos acciones deben coincidir para lograr una sincronización correcta. Por lo general se utiliza el pistón No. 1 como referencia.

#### **Marcas de sincronización en el motor**

Las marcas para sincronización de la inyección y las marcas "TDC" (punto muerto superior) pueden estar en el borde del volante, en las poleas del cigüeñal o de impulsión de auxiliares o en el amortiguador de vibración. En ciertos casos, cuando no se emplean marcas de sincronización, se usa la carrera del pistón y se especifica la sincronización de la inyección en términos de la carrera del pistón antes del PMS.

Cuando se necesita determinar la carrera del pistón se emplea una herramienta especial con micrómetro de carátula. Otro método, que se puede utilizar sólo en algunos motores, consiste en desmontar el resorte de la válvula de admisión del cilindro No. 1 y dejar que la válvula descansa contra la cabeza del pistón No. 1, con éste en PMS. Se utiliza un micrómetro de carátula montado en la punta del vástago de la válvula para medir la carrera del pistón. Se hace girar el cigüeñal en sentido opuesto al de rotación más allá de la carrera especificada y se hace girar en sentido normal hasta que el micrómetro señale la lectura correcta; con ello se elimina el juego muerto.

Si se utiliza este método se debe tener cuidado para que el pistón no baje demasiado en el cilindro, pues la válvula se puede caer en el cilindro. Se debe instalar un sello de vástago o algo similar en la ranura para los seguros para que la válvula no se caiga.

#### **Comprobación de sincronización de inyección (bomba DPA)**

La bomba DPA tiene marcas internas de sincronización; para observarlas se quita una tapa pequeña en una abertura que hay en la cubierta de la bomba. El rotor de la bomba tiene cierto número de marcas de sincronización grabadas; cada una con una letra de identificación y un arillo seguro de sincronización dentro de la bomba que sirve como puntero. Cuando la letra especificada en el rotor alinea con el borde del arillo seguro, la bomba está en el punto de comienzo de la inyección (Fig. 25.3).

Para comprobar la sincronización de la inyección se hace girar el cigüeñal en su sentido de rotación normal para poner el pistón No. 1 en la carrera de compresión. Cuando la marca de sincronización de ignición en el volante (u otro lugar en el motor) alinea con su puntero, la marca grabada en la bom-



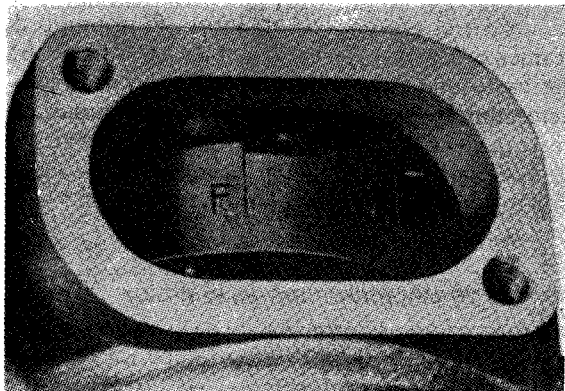


Fig. 25.3 Marcas internas en la bomba DPA

ba (F, por ejemplo) debe alinear con el borde del arillo seguro.

Si las marcas no alinean, hay que mover la bomba en su montaje o ajustar la impulsión, a fin de ajustar la sincronización de la inyección.

#### Comprobación de sincronización de inyección (bomba VE)

En la bomba VE, en la cual el émbolo de bombeo se mueve en sentido axial por la acción de la excéntrica, se mide la alzada de la excéntrica para comprobar la sincronización. Para ello se instala una herramienta especial con micrómetro de carátula en el extremo de la bomba (Fig. 25.4)

Para instalar la herramienta se desmontan los tubos para inyectores en la parte trasera de la bomba. Se saca el tapón que está en el centro de la cabeza distribuidora y se instalan en ese lugar la

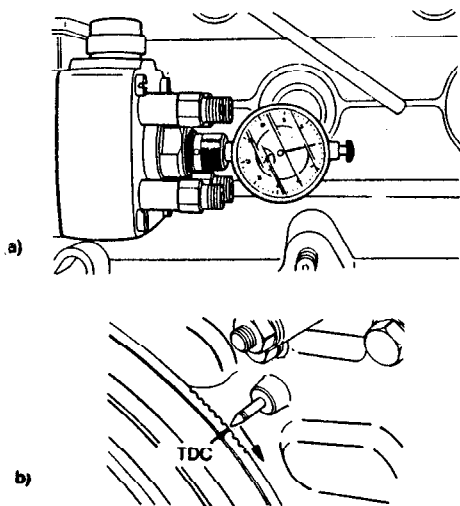


Fig. 25.4 Medición de la alzada del excéntrico de la bomba de inyección al comprobar la sincronización: a) herramienta y micrómetro montados en la bomba, b) motor en la marca "TDC" (PMS)

MAZDA

herramienta y el micrómetro. Una varilla en el centro de la herramienta hace contacto con el extremo del émbolo de bombeo y transmite el movimiento del émbolo (que es la alzada del excéntrico) al micrómetro. Con ello se determina la alzada del excéntrico.

Como ejemplo del método para comprobar la sincronización con la medición de la alzada del excéntrico, se procede como sigue:

1. Hágase girar el cigüeñal a  $30^\circ$  antes del PMS
2. Póngase el micrómetro de carátula en cero.
3. Hágase girar con lentitud el cigüeñal hasta el PMS.
4. En el PMS la lectura del micrómetro debe ser de 1 mm.

#### Ajustes

Si no se tiene la lectura correcta en el micrómetro, hay que ajustar la sincronización de la inyección. Para ello, se aflojan las tuercas de sujeción de la bomba y se la mueve en su montaje; los agujeros ranurados en la brida de montaje de la bomba permiten desplazarla en la brida.

Si la lectura de alzada de la excéntrica es menor de 1 mm, el movimiento del émbolo empieza muy tarde y se retarda la sincronización. Hay que mover la bomba en sentido opuesto al de su rotación hasta obtener una lectura de 1 mm.

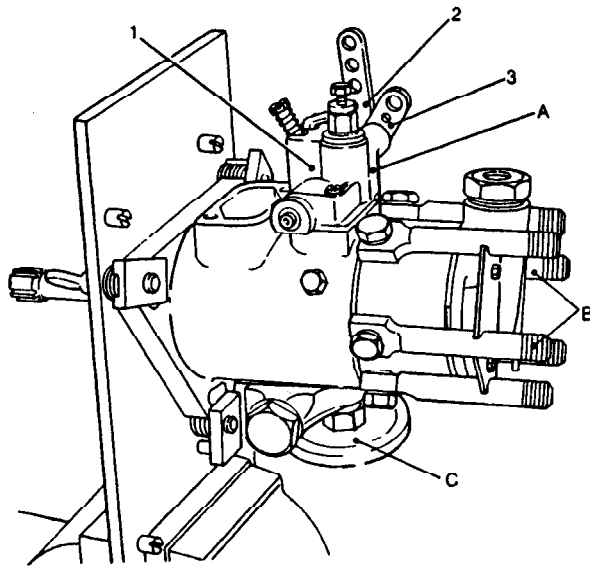
Si la lectura de alzada de la excéntrica es mayor de 1 mm, el movimiento del émbolo empieza muy pronto y se avanza mucho la sincronización. Hay que mover la bomba en su sentido de rotación para obtener la lectura correcta. A fin de eliminar el juego muerto en los engranes, hay que mover la bomba más de lo necesario para que la lectura del micrómetro sea menor de 1 mm; luego, se mueve en sentido opuesto al de rotación hasta obtener la lectura de 1 mm.

Después de este ajuste, hay que hacer girar el cigüeñal en su sentido de rotación para eliminar el juego muerto en el tren de engranes y poder comprobar la sincronización.

El ajuste descrito se efectúa al mover la bomba en los agujeros ranurados en su brida de montaje. En otros casos, el ajuste se realiza por medio de la impulsión con el engrane auxiliar o con otro acoplamiento que tenga abrazaderas o agujeros ranurados para ajuste. En este caso, se quita una tapa que está atornillada a la caja de engranes de sincronización.

#### Servicio a la bomba de inyección

Se requieren instalaciones y equipo especiales para el servicio a las bombas de inyección. Esto se mencionó respecto a las bombas en línea pero también se aplica a las bombas de distribuidor. Consúltense "Servicio a la bomba de inyección" y "Reacondicionamiento de la bomba" en el capítulo 23.



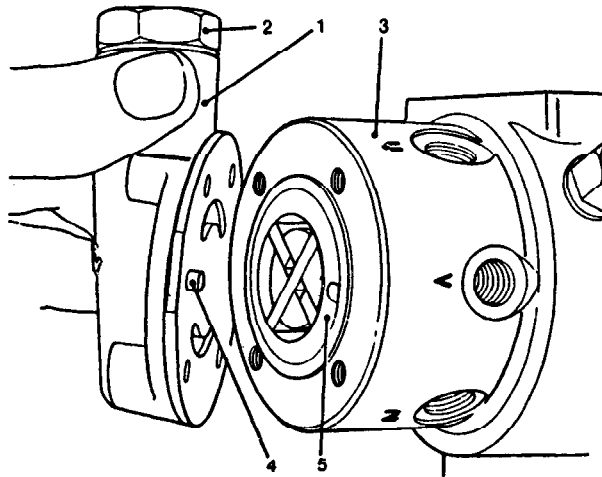
**Fig. 25.5** Bomba de distribuidor en el dispositivo de montaje: A gobernador, B conexión ensanchada, C mecanismo de avance, 1 cubierta del Gobernador, 2 palanca del acelerador, 3 palanca de paro

LUCAS-CAV

### Reacondicionamiento de la bomba DPA

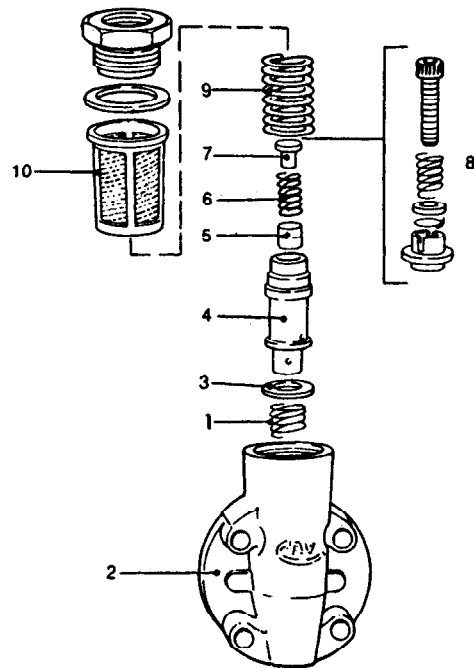
A continuación se presenta una breve descripción del reacondicionamiento de la bomba de distribuidor que, junto con las ilustraciones, permitirá conocer la construcción de la bomba DPA y el método para su reacondicionamiento.

La bomba se monta en un dispositivo que se sujeta en un tornillo de banco (morsa), como se ilustra en la figura 25.5. Se desmonta el gobernador A) de la parte superior del cuerpo y, después, el mecanismo de avance por velocidad C) en la parte



**Fig. 25.6** Desmontaje de la placa de extremo: 1 placa de extremo, 2 conexión de entrada, 3 cabeza hidráulica, 4 espiga de guía, 5 bomba de transferencia

LUCAS-CAV



**Fig. 25.7** Componentes de la placa de extremo. Los principales son: 2 placa de extremo, 4 manguito, 5 válvula reguladora, 6 resorte de válvula, 7 asiento, 8 ajustador de presión de transferencia, 9 resorte, 10 filtro

LUCAS-CAV

inferior; para mayor facilidad se invierte el dispositivo en el tornillo de banco.

Se desmontan, de la cabeza hidráulica, las conexiones ensanchadas B) a las cuales se conectan los tubos de los inyectores.

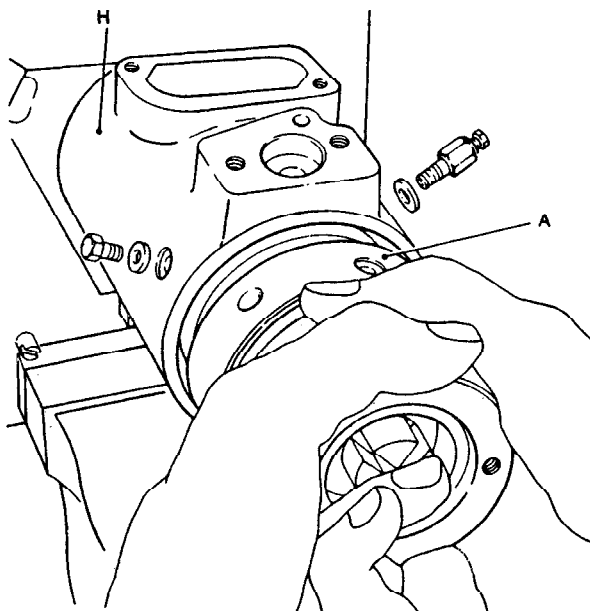
Se desmonta la placa de extremo en la cabeza hidráulica. Con esto, se tiene acceso a la bomba de aspas (Fig. 25.6). Los componentes de la placa de extremo (filtro, manguito de válvula reguladora, la válvula reguladora y su resorte) se ilustran en la figura 25.7.

Se sacan los tornillos de sujeción de la cabeza hidráulica a la cubierta de la bomba; después, se puede sacar la cabeza junto con el rotor, como se ilustra en la figura 25.8. Luego se sacan, de la cabeza hidráulica, el rotor y los émbolos de bombeo.

El eje de impulsión está sujeto en el frente de la cubierta por un arillo seguro; al quitarlo (Fig. 25.9) se puede sacar el eje, con lo que no quedarán componentes dentro de la cubierta.

Hay que inspeccionar todas las piezas de la bomba y examinar si las superficies de trabajo tienen desgaste o daños. Las piezas que se pueden dañar con los cuerpos extraños o por la presencia de agua en el combustible son el rotor y su cavidad en la cabeza hidráulica y también los émbolos de bombeo y sus cavidades en el rotor.

Para armar la bomba se procede a la inversa de como se desarmó. Se instalan sellos y juntas nuevos y se mojan todas las piezas con el líquido para

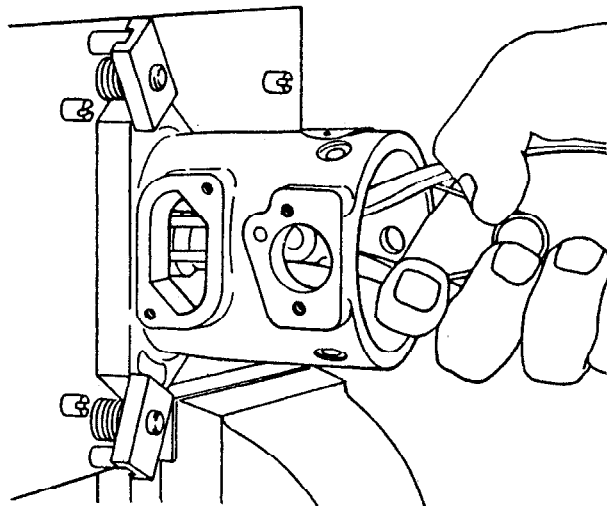


**Fig. 25.8** Para sacar la cabeza hidráulica y rotor A) de la cubierta B) de la bomba  
LUCASCAV

pruebas antes de instalarlos. Para reacondicionar la bomba hay que trabajar con cuidado; además, se necesitan las especificaciones y datos para prueba del modelo de bomba en particular.

#### **Bomba armada**

En la figura 25.10 se presenta una vista seccional de la bomba armada. Se puede emplear esta ilustra-

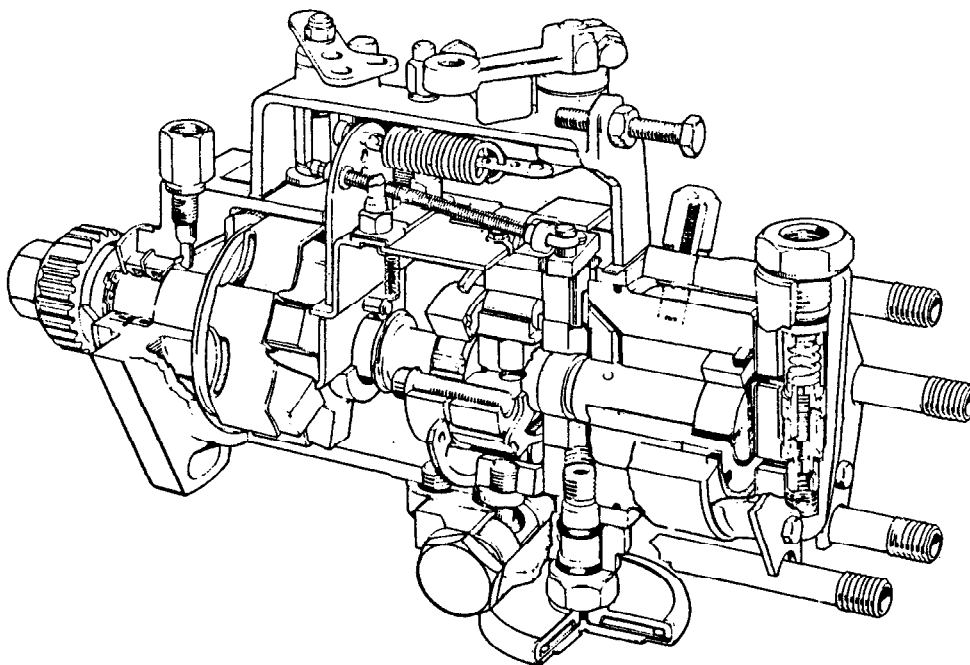


**Fig. 25.9** Remoción del arillo seguro para liberar el eje de impulsión en la cubierta de la bomba  
LUCASCAV

ción para localizar los diversos componentes. Se verá que se emplea gobernador mecánico y sus seis contrapesos están hacia el extremo delantero del eje de la bomba.

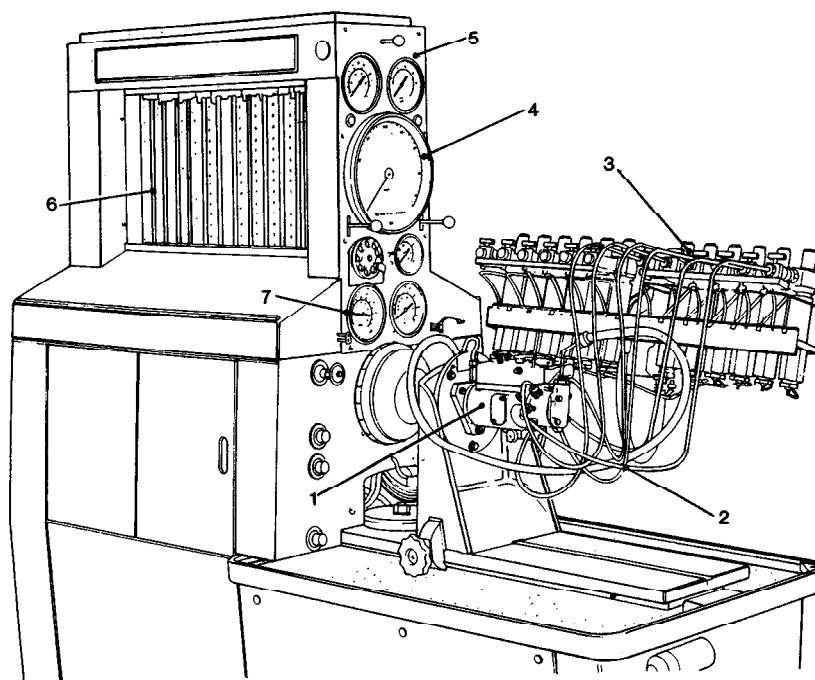
#### **Pruebas de la bomba de distribuidor**

En la figura 25.11 se ilustra un probador de bombas, en el cual se monta la bomba en un soporte en la mesa de la máquina y se la hace funcionar a las velocidades especificadas para prueba. La bomba

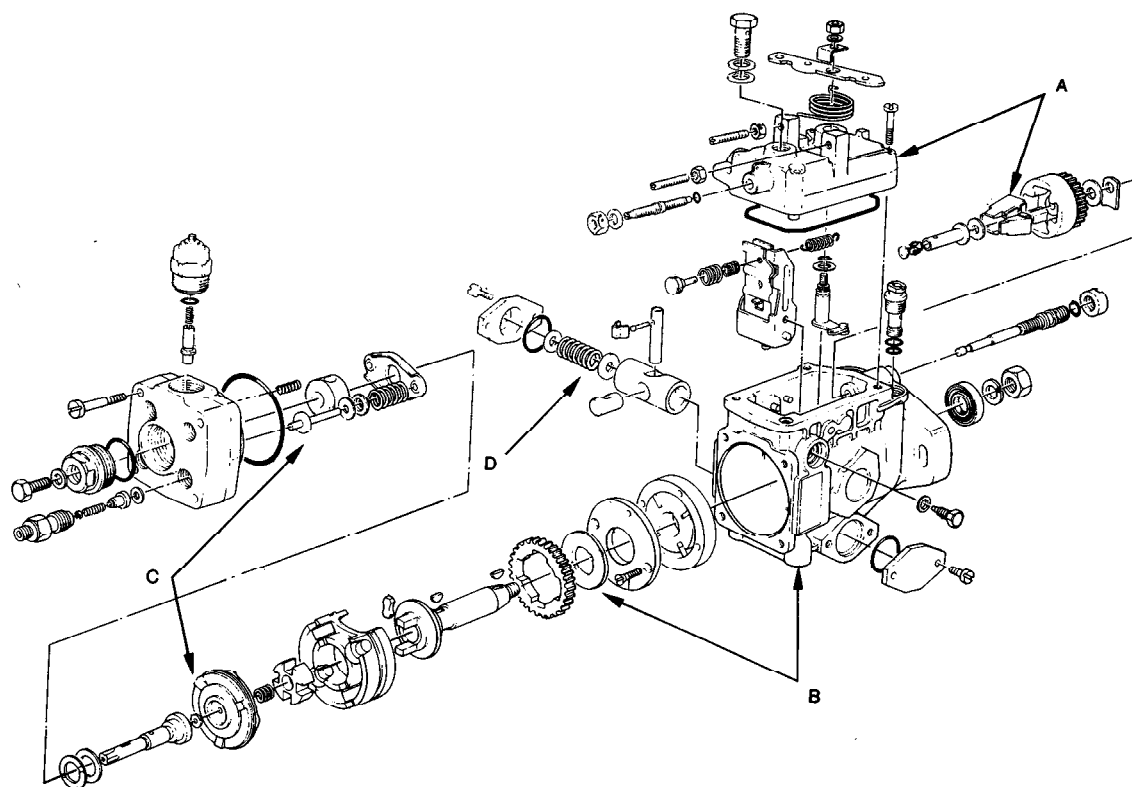


**Fig. 25.10** Vista seccional de una bomba tipo distribuidor con gobernador mecánico

LUCASCAV



**Fig. 25.11** Bomba de distribuidor montada en el probador: 1 bomba, 2 tubos de entrega, 3 juego de inyectores, 4 tacómetro, 5 manómetros, 6 probetas graduadas, 7 manómetro para el combustible LUCAS-CAV



**Fig. 25.12** Componentes y secciones principales de la bomba de distribuidor VE: A gobernador y controles, B cubierta e impulsión, C bombeo y distribución, D mecanismo de avance DIESEL KIKI

se conecta con un juego de inyectores mediante tubos para entrega a alta presión. Cuando el probador impulsa la bomba, ésta hace funcionar los inyectores.

El probador tiene un juego de probetas graduadas para medir la entrega de cada inyector; el líquido para pruebas descargado por los inyectores va a las probetas durante un tiempo especificado. Las pruebas que se efectúan son: 1) Descarga de combustible de la bomba, que se mide con apertura total del acelerador y el volumen que hay en las probetas durante 200 carreras de la bomba (descargas de inyectores). 2) Graduación para máximo combustible. 3) Acción del gobernador. 4) Funcionamiento y ajuste de presión de la bomba de transferencia. 5) Funcionamiento del mecanismo de avance por velocidad.

También se prueba la sincronización interna de la bomba y se ajusta con relación a la marca de la brida en la cubierta de la bomba.

Se utiliza un líquido especial para pruebas en lugar del combustible, para proteger las manos del operario cuando están mucho tiempo en contacto con el mismo.

### Reacondicionamiento de la bomba VE

Aunque la construcción de la bomba VE es diferente de la DPA, los procedimientos para reacondicionamiento son muy similares. Se necesitan herramientas especiales para desarmar y armar, incluso un dispositivo para sujeción de la bomba.

Para las pruebas, la bomba se monta en un probador en forma semejante a la descrita para la bomba DPA.

En la figura 25.12 se ilustran los componentes de la bomba de inyección VE y los detalles de la instalación.

## Preguntas para repaso

1. ¿Cómo se montan las bombas tipo distribuidor en el motor?
2. ¿Cómo se impulsan las bombas tipo distribuidor?
3. ¿Cómo se ajusta el motor a la posición en la cual debe ocurrir la inyección?
4. ¿Cómo se sincronizan las bombas tipo distribuidor para el punto de inyección?
5. Expóngase un ejemplo de cómo se puede comprobar la sincronización de la inyección.
6. ¿Por qué se utiliza un micrómetro de carátula para comprobar la sincronización de una bomba VE?
7. Enumérense los componentes de la bomba DPA de la figura 25.10.
8. Explíquese, con brevedad y en términos generales, cómo se prueba una bomba tipo distribuidor después de reacondicionarla.
9. ¿Por qué se debe girar el cigüeñal en su sentido de rotación normal al comprobar la sincronización de la inyección?
10. Enumérense los principales componentes de la bomba VE de la figura 25.12.

Los motores Diesel tienen características que requieren el empleo de gobernadores (reguladores) para controlar su velocidad. Los gobernadores son sensibles a los cambios en la velocidad del motor y mueven la varilla de control —o la cremallera de control— en la bomba de inyección o accionan algún mecanismo específico de control en el motor para variar la cantidad de combustible inyectado en las cámaras de combustión y mantener la velocidad gobernada. Hay muchos tipos diferentes de gobernador, pero todos controlan la velocidad del motor al regular la cantidad de combustible inyectada.

### **Necesidad del gobernador en marcha mínima**

En marcha mínima (marcha en vacío o ralenti) y sin carga se inyectan cantidades muy pequeñas de combustible para mantener el motor en marcha. Si la varilla u otro mecanismo de control estuvieran fijos en una posición para el suministro de la cantidad correcta de combustible al arranque, entonces la velocidad del motor aumentaría en forma excesiva cuando estuviera caliente y habría sobrevelocidad.

Al contrario, si la varilla de control estuviera fija en la posición para inyectar la cantidad correcta con el motor a su temperatura normal de funcionamiento, entonces no podría funcionar en marcha mínima en frío. Cuando se utiliza el gobernador, las rpm de marcha mínima se pueden ajustar a las especificadas y el gobernador las mantendrá.

### **Necesidad del gobernador a velocidad máxima**

Los fabricantes especifican una velocidad máxima (velocidad gobernada) para sus motores, la cual no se debe exceder porque se dañará el motor. Las piezas de un motor Diesel son gruesas y pesadas y la fuerza centrífuga produce grandes fuerzas dentro del motor; estas fuerzas aumentan según la velocidad hasta el grado de que se puede destruir un motor sin gobernador.

El gobernador se utiliza para controlar o limitar la velocidad máxima del motor. Cuando se llega a esa velocidad, el gobernador reduce la cantidad de combustible y se limita la velocidad del motor, lo cual ocurre con carga y sin carga. Sin embargo, no puede controlar la sobrevelocidad del motor cuando se deja el peso de la carga “empuje” el vehículo en una pendiente fuerte. El conductor es quien debe encargarse de controlar la velocidad máxima.

### **Necesidad del gobernador a otras velocidades**

La regulación de velocidades entre marcha mínima y velocidad máxima sólo se requiere cuando el motor tiene que funcionar a velocidades casi constantes, como ocurre en los tractores agrícolas, en las embarcaciones y en motores estacionarios.

## **Tipos de gobernadores**

Hay tres tipos de gobernadores para control de velocidad, aun cuando en su operación se usan muchos métodos diferentes. Los tres tipos básicos son:

1. Gobernador de velocidad máxima
2. Gobernador de velocidad mínima y máxima
3. Gobernador de velocidad variable

### **Gobernador de velocidad máxima**

También se le llama de velocidad constante. Están destinados a motores que deben funcionar a velocidad fija, por ejemplo, un motor acoplado con un alternador. El gobernador mantiene la velocidad gobernada porque reduce el combustible cuando se excede de ella y aumenta el combustible cuando se reduce la velocidad. La velocidad del motor permanece constante dentro de una gama o intervalo pequeños. (Véase “Caída de velocidad” en la página 293.)

Se debe tener en cuenta que la velocidad máxima, o gobernada, en este caso, quizá no sea la velocidad máxima permisible del motor, sino la velocidad nominal de la máquina que está impulsando el motor.

### Gobernador de velocidad mínima y máxima

También se le llama gobernador de velocidad limitada y "gobernador automotriz". Controla la marcha mínima y limita la velocidad máxima a la especificada por el fabricante del motor. Este gobernador se utiliza para vehículos que trabajan en carretera.

En estos vehículos no se suele requerir un control entre marcha mínima y velocidad máxima y, dentro de su gama de funcionamiento, el conductor es el que controla directamente el motor.

### Gobernador de velocidad variable

Las velocidades mínima y máxima se controlan igual que con el gobernador de velocidad limitada y, además, se controlan todas las velocidades intermedias. El conductor mueve la palanca de control hasta obtener la velocidad deseada y el gobernador la mantiene, sin que importen los cambios en la carga en el motor.

En un tractor agrícola, por ejemplo, el conductor mueve la palanca de control hasta que el tacómetro señala 2000 rpm, que es la velocidad recomendada a la cual el motor produce casi el máximo de su torsión (par). Esta velocidad del motor se mantendrá, dentro de la gama de caída de velocidad, aunque el tractor esté sometido a cargas variables ocasionadas por las pendientes del terreno o por los implementos que lleva enganchados.

El gobernador de velocidad variable también se utiliza en algunos tipos de vehículos para carretera que tienen toma de fuerza para accionar equipo especial, como las bombas. En este caso, el conductor puede seleccionar la velocidad gobernada necesaria.

## Métodos para regulación

Hay tres métodos de regulación, lo que permite designar a los gobernadores de acuerdo con su método básico de funcionamiento que se describe más adelante. A veces se les llama tipos de gobernadores, pero no se deben confundir con los tipos antes citados, que se basan en el control de la velocidad por el gobernador y no en el método básico de funcionamiento del gobernador. Los tres métodos básicos son: mecánico, hidráulico y neumático y sus posibles combinaciones tales como hidráulico-mecánico o neumático-mecánico. Esto permite utilizar las características de dos métodos de regulación en un solo gobernador.

Es posible construir cada uno de esos gobernadores con cualquier tipo de control de velocidad. Por ejemplo, se podría denominar a un gobernador

determinado como mecánico con control de velocidad mínima y máxima.

La construcción de los gobernadores varía mucho en la práctica. En muchos casos se montan en la cubierta de la bomba de inyección y son parte de ella; en otros casos están separados. De todos modos responden a la velocidad del motor para variar la cantidad de combustible inyectado y controlar la velocidad y la potencia del motor.

## Gobernador mecánico

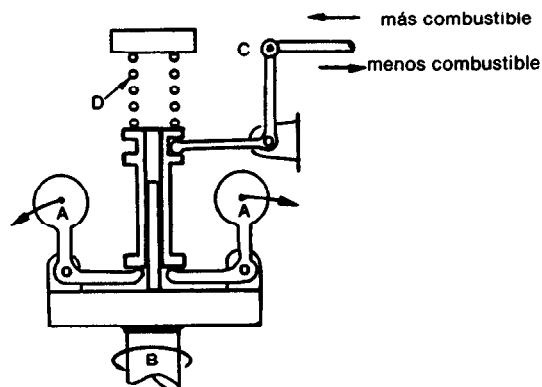
En los gobernadores mecánicos, llamados también gobernadores centrífugos, se utilizan contrapesos o masas en rotación como mecanismo básico de funcionamiento. La fuerza centrífuga que hace girar los contrapesos se emplea para mover la varilla de control de combustible en la bomba de inyección y controlar la inyección en las cámaras de combustión.

En la nomenclatura técnica se debe utilizar el término masa en vez de peso; sin embargo, en los gobernadores se denominan, desde hace muchos años, contrapesos.

### Gobernador mecánico básico

En la figura 26.1 se ilustra un gobernador mecánico básico y funciona como sigue:

1. Los dos contrapesos *a*) están montados en un yugo. Cuando se hace girar el eje *b*) la fuerza centrífuga que actúa en los contrapesos los hace moverse hacia fuera (abrirse).
2. Las palancas de los contrapesos giran en sus montajes y mueven el manguito hacia arriba. Este movimiento se transmite por medio de la palanca a la varilla de control *c*) para reducir el combustible entregado por la bomba de inyección a los inyectores.
3. Cuando disminuye la velocidad de rotación, los contrapesos vuelven hacia su posición original por la acción del resorte gobernador.



**Fig. 26.1** Principios de funcionamiento del gobernador mecánico. La fuerza centrífuga en los contrapesos *A* los mueve hacia fuera. El movimiento se transmite a la varilla de control *C*. El resorte *D* restringe el movimiento.

4. El motor hace girar al gobernador, así que éste es sensible a la velocidad de aquél. La fuerza centrífuga en los contrapesos aumenta en proporción con la velocidad del motor. Esta fuerza, transferida al manguito, hace que éste se mueva hacia arriba contra el resorte hasta que llega a una posición en la cual la fuerza centrífuga queda "balanceada" por la carga del resorte. La varilla de control se mantiene estacionaria, con lo que la velocidad del motor se mantendrá constante.
5. Si se aumenta la carga en el motor, éste pierde velocidad porque recibe menos combustible del necesario para la carga aumentada. Esto no ocurre cuando se cuenta con el gobernador.
6. Por la acción del gobernador, cualquier reducción en la velocidad del motor también disminuirá la velocidad de rotación del gobernador y la fuerza centrífuga que actúa en los contrapesos. El resorte moverá el manguito (camisa) hacia abajo y a la varilla de control a la posición de "más combustible", con lo cual se aumenta la potencia del motor y se mantiene una velocidad constante.
7. Si se reduce la carga en el motor, aumentará su velocidad. El gobernador actúa en forma opuesta a la descrita en el párrafo 6 y la varilla de control se mueve para reducir el combustible y mantener una velocidad constante.

#### Tipo de regulación

El gobernador básico que se acaba de describir es de velocidad constante. Mantiene el motor a una velocidad constante de acuerdo con la fuerza o carga del resorte gobernador. Este tipo de gobernador se utiliza cuando el motor debe mantener una velocidad determinada, por ejemplo en un motor estacionario acoplado con un alternador.

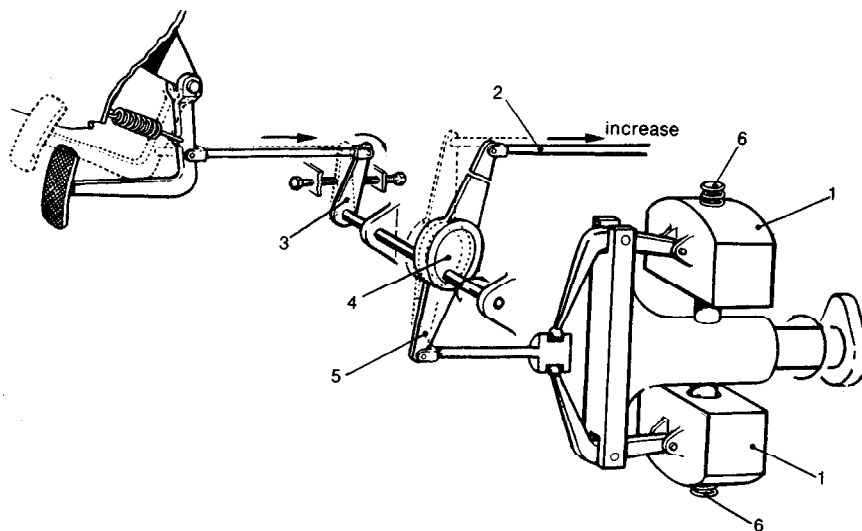
Si se utiliza una palanca de control para variar la carga contra la parte superior del resorte, se puede cambiar la graduación de velocidad del gobernador cambiando la carga sobre el resorte. Entonces se le llama gobernador de velocidad variable o para todas las velocidades. En este caso, se gobiernan todas las velocidades en la gama de funcionamiento del motor.

#### Gobernador para velocidad mínima y máxima

En la figura 26.2 se ilustra el funcionamiento de un gobernador mecánico utilizado con una bomba de inyección en línea, el cual opera a dos velocidades del motor: mínima y máxima. El gobernador funciona en forma similar al básico que se describió; pero, tal como se ilustra, está conectado con un pedal de aceleración y su varillaje, con lo cual el conductor puede controlar el motor. Nótese que se puede mover la varilla de control 2) para variar la cantidad de combustible que entrega la bomba, ya sea por medio del pedal del acelerador o por la acción de los contrapesos 1) del gobernador.

Cuando el conductor acciona el pedal del acelerador, se hace girar el eje del excéntrico 4) y el excéntrico se mueve dentro de la palanca flotante 5). Esta acción del excéntrico cambia la posición de la palanca flotante y mueve la varilla de control 2) para aumentar o reducir el combustible para los inyectores.

Cuando actúa el gobernador, el movimiento de sus contrapesos se transfiere a la palanca flotante 5) para mover la varilla de control 2) con el fin de aumentar o reducir el combustible para los inyectores. El movimiento de los contrapesos se limita con dos grupos de resortes: uno para marcha mínima y otros dos para velocidad máxima. El funcionamiento es como sigue:

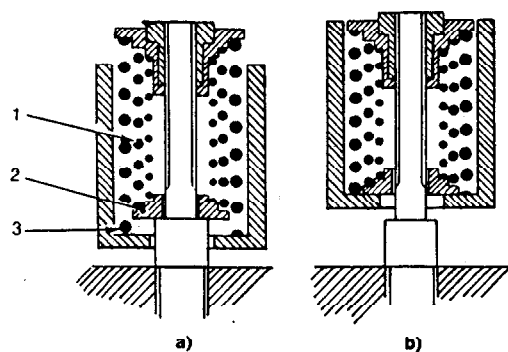


**Fig. 26.2** Gobernador para marcha mínima y velocidad máxima: 1 contrapesos, 2 varilla de control, 3 palanca de control, 4 eje excéntrico, 5 palanca flotante, 6 resortes de gobernador

LUCAS-CAV



1. En marcha mínima, con el varillaje del acelerador contra el tope de marcha mínima, el resorte de marcha mínima limita el movimiento de los contrapesos y el motor trabaja con rpm de marcha mínima determinadas. En la figura 26.3 se muestra un corte de un contrapeso y sus resortes.
2. Cuando se oprime el pedal del acelerador, la palanca de control 3) y el eje del excéntrico 4) giran a la derecha y este movimiento se transmite a la palanca flotante 5) y a la varilla de control 2), con lo cual ésta se mueve a la posición de máximo combustible y la bomba entrega más combustible.
3. El control de las velocidades intermedias, entre mínima y máxima, se realiza sólo con el pedal del acelerador. Los contrapesos están contra sus resortes y no se pueden mover hasta que se llega a la posición para máxima velocidad del motor.
4. Si un cambio en las condiciones de carga ocasiona exceso de la velocidad del motor la fuerza centrífuga más elevada en los contrapesos vencerá la fuerte carga de los resortes y permitirá que los contrapesos se abran todavía más. Esto hará que la varilla de control se mueva hacia la posición de paro y pase por encima de la posición del acelerador. Con ello se reducirá el combustible que entrega la bomba y se evitará que el motor exceda su velocidad gobernada establecida. La palanca de control 3) tiene un tope ajustable para máximo combustible y otro tope ajustable para marcha mínima.
5. En la figura 26.3 se ilustra la acción en dos pasos o etapas de los resortes gobernadores. En el lado izquierdo, el resorte de marcha mínima (externo) 3) impide que los contrapesos se muevan hacia fuera. Cuando se oprime el pedal del acelerador la velocidad del motor aumenta y la fuerza centrífuga en los contrapesos los mueve



**Fig. 26.3** Acción de los resortes del gobernador: 1 resortes de velocidad máxima, 2 tope, 3 resorte de marcha mínima; a) posición en marcha mínima, b) posición a máxima velocidad

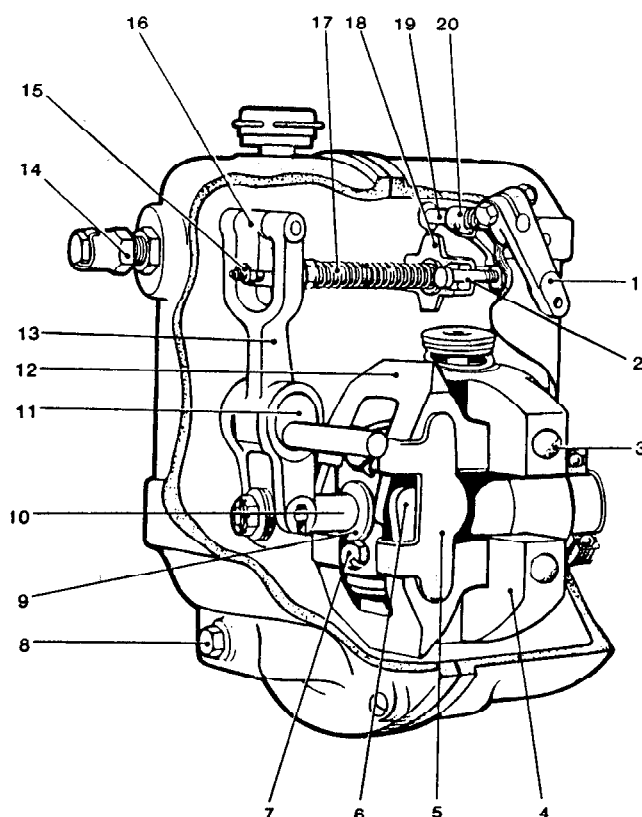
LUCASCAV

contra el tope 2). Cuando se llega a la velocidad máxima del motor, la fuerza centrífuga en los contrapesos vence la fuerza de los resortes 1), como se muestra en el lado derecho.

Se ha descrito el funcionamiento de un gobernador para dos velocidades, pero los mismos principios básicos se aplican a un gobernador para todas las velocidades. Las variaciones en el diseño y ubicación de los resortes y el varillaje permiten tener un gobernador que controle el motor a todas las velocidades.

### Construcción del gobernador

El gobernador que se acaba de describir se ilustra en la figura 26.4 y se muestran su construcción y piezas. Se debe comparar con la figura 26.1 en que se ilustra el gobernador en forma esquemática.



**Fig. 26.4** Gobernador mecánico CAV, tipo BR y W, con los resortes gobernadores montados en los contrapesos: 1 palanca de paro manual, 2 conexión con la varilla de control en la bomba de inyección, 3 pasador de pivoteo, 4 contrapeso, 5 placa de jaula, 6 pasador rotatorio, 7 tornillo, 8 tapón para nivel de aceite, 9 buje de guía, 10 cruceta, 11 eje excéntrico, 12 palanca de campana, 13 palanca flotante, 14 tope auxiliar de marcha mínima, 15 ajustador, 16 articulación, 17 articulación de resorte, 18 bloque de guía, 19 vástago, 20 trinquete (uña)

LUCASCAV

### Gobernador de velocidad variable

En el gobernador de velocidad variable se aplican los mismos principios que en el de velocidad mínima y máxima, pero el varillaje interno está instalado en otra forma. En el de velocidad variable no siempre es posible variar directamente la fuerza contra los resortes gobernadores para controlar el motor a velocidades intermedias, pues esto se haría con el resorte del gobernador básico de la figura 26.1. En lugar de aplicar fuerza adicional en forma directa contra los resortes gobernadores, el varillaje interno del gobernador de velocidad variable logra el mismo resultado debido a la particular disposición de su varillaje.

### Controles para el gobernador

En la figura 26.5 se ilustra la instalación de los controles externos del gobernador de una bomba en línea. Casi todos los gobernadores tienen controles para realizar funciones similares.

La palanca de control en la cubierta del gobernador está conectada con el pedal del acelerador en un vehículo o con una palanca de control en otros tipos de unidades. El movimiento del pedal o de la palanca por el conductor mueve la palanca de control en la cubierta del gobernador que, a su vez, mueve la varilla u otro sistema de control de combustible en la bomba por medio del gobernador, para variar la cantidad de combustible que se envía

a los inyectores. Por tanto, el conductor puede controlar la velocidad y la potencia del motor.

La perilla de paro está conectada con una perilla de control de paro en la cabina de un vehículo o en el tablero de control del motor. Para efectuar el paro manual del motor, se tira de la perilla. Esto mueve al mecanismo de control de combustible en la bomba a la posición de corte de combustible y se para el motor.

En vez de la perilla de paro manual se puede utilizar un solenoide, que está conectado con el interruptor de arranque. Con el interruptor en la posición "ON" (Conectado) se energiza el solenoide y su válvula deja pasar el combustible para inyección. Con el interruptor en la posición "OFF" (Apagado) se libera el solenoide y su resorte mueve una palanca o una válvula para cortar el paso de combustible y producir el paro del motor, como se ilustra en las figuras 24.9 y 27.13. En algunas aplicaciones se emplean el solenoide y una perilla de paro manual separado; el solenoide sólo se energiza para efectuar el paro del motor.

### Topes y ajustes del gobernador

Los diversos tipos de gobernadores tienen diferentes sistemas para ajuste, pero en casi todos los gobernadores mecánicos tienen topes y ajustes para marcha mínima, velocidad máxima sin carga, máximo combustible y exceso de combustible. La con-

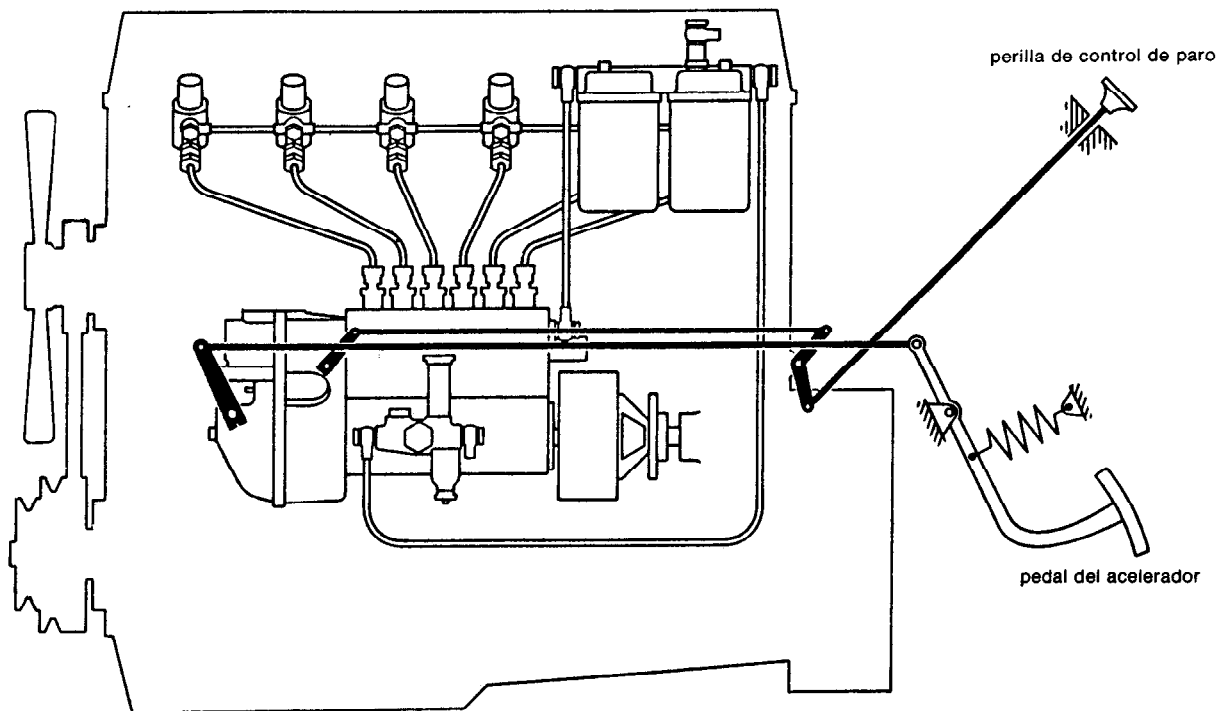
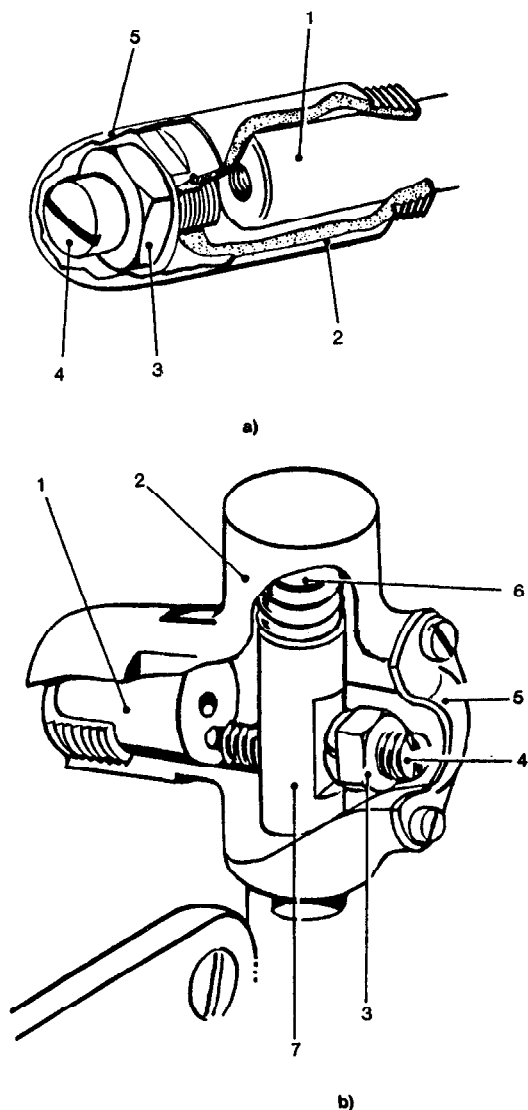


Fig. 26.5 Instalación de la bomba en línea con gobernador mecánico y de los controles por el conductor

Bosch





**Fig. 26.6** Tope de máximo combustible para bombas en línea: a) tope ajustable, b) tope con dispositivo de exceso de combustible; 1 varilla de control de la bomba de inyección, 2 cuerpo, 3 contratuercas, 4 tornillo de ajuste, 5 tapa, 6 resorte, 7 émbolo LUCASCAV

figuración y posición de los topes varían mucho según los diferentes modelos de bombas y gobernadores.

#### *Tope de marcha mínima*

Es un tope ajustable contra la varilla de control o el varillaje del gobernador que permite ajustar las rpm de marcha mínima del motor.

#### *Tope de máximo combustible*

En algunas bombas, el tope de máximo combustible va en el extremo de la bomba que está opuesto al gobernador. Es un tope ajustable contra el cual choca el extremo de la varilla de control cuando llega al

límite de su recorrido, lo cual permite ajustar la posición para máximo combustible. En la figura 26.6 a) se ilustra un ejemplo de un tope que puede estar en la cubierta de la bomba de inyección. En algunos casos se emplea un tope bajo carga de resorte. El movimiento de la varilla de control más allá de la posición normal del tope, comprime el resorte y sirve como dispositivo de exceso de combustible para el arranque. En las bombas en línea, la varilla o cremallera de control se pueden mover una distancia adicional, más allá del tope de máximo combustible, a fin de tener exceso de combustible para el arranque a bajas temperaturas.

En la figura 26.6 b) se ilustra un ejemplo de tope de máximo combustible combinado con un dispositivo de exceso de combustible, que es de accionamiento manual, para lo cual se oprime el émbolo 7) por la parte inferior para comprimir el resorte 6). Con ello, la varilla de control 1) se puede mover más hacia la derecha porque el agujero en su extremo alinea con el vástago del tornillo de ajuste 4). Una vez que arranca el motor, la varilla de control se mueve a la izquierda y el resorte vuelve al émbolo a su posición normal de operación.

También se emplean topes como parte del mecanismo del gobernador. En estos casos ellos operan al final de la regulación de la varilla de control para limitarle su movimiento o contra el varillaje del gobernador que, a su vez, limita el movimiento de la varilla de control. En la figura 26.7 se presenta un ejemplo; también se pueden consultar otras ilustraciones de gobernadores y bombas de inyección.

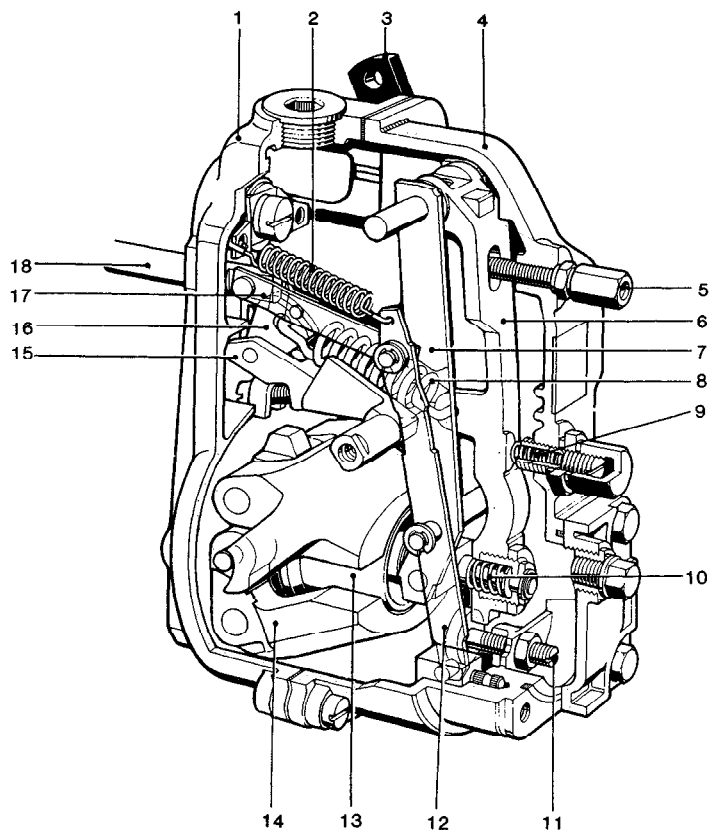
El tope de máximo combustible, a veces, se llama tope de plena carga, porque la varilla de control está contra este tope para suministrar máximo combustible cuando el motor funciona a plena carga.

#### *Tope de velocidad máxima*

Es un tope que limita el movimiento de la palanca del gobernador mandada por el operador, lo cual limita la carga que se puede aplicar por el operador al resorte del gobernador. Esto evita que el motor exceda de su velocidad máxima gobernada sin carga.

#### **Gobernador mecánico (Bosch)**

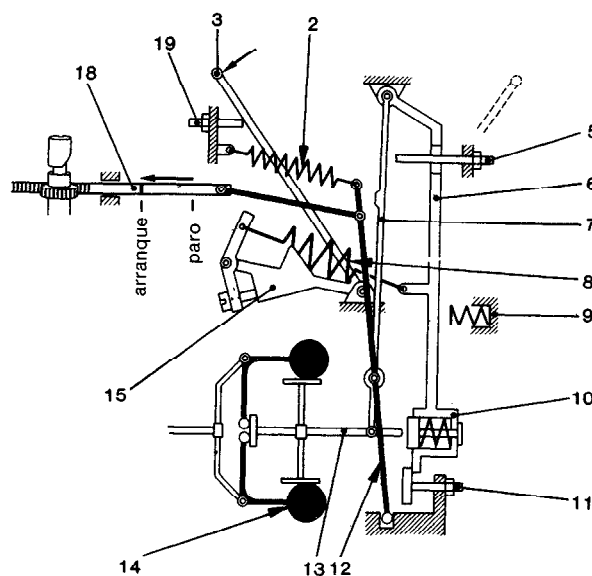
En la figura 26.7 se ilustra un gobernador Bosch típico, que es un ejemplo en el cual sólo se emplea un solo resorte gobernador conectado con el varillaje, al contrario del gobernador de la figura 26.4 en el cual los resortes gobernadores son integrales con los contrapesos. Como se ilustra en la figura 26.7, el gobernador tiene los contrapesos comunes 14) impulsados desde el árbol de levas de la bomba de inyección, un solo resorte gobernador 8) y un sistema de varillas y palancas interconectados. El resorte gobernador está conectado entre la palanca giratoria 15) y la palanca de tensión 6).



**Fig. 26.7** Gobernador mecánico de velocidad variable: 1 cubierta, 2 resorte para arranque, 3 palanca de control, 4 tapa, 5 tope de marcha mínima, 6 palanca de tensión, 7 palanca de guía, 8 resorte gobernador, 9 resorte auxiliar de marcha mínima, 10 resorte de control de torsión, 11 tope de máxima velocidad (plena carga), 12 palanca de apoyo, 13 guía, 14 contrapeso, 15 palanca giratoria, 16 balancín, 17 cincho, 18 varilla de control Bcsch

Sin entrar en detalles por el momento, el funcionamiento básico del gobernador se debe a que los contrapesos en rotación transfieren una fuerza al extremo inferior de la palanca de tensión para empujarla a la derecha; mientras que el resorte gobernador conectado entre el centro de la palanca de tensión y la palanca giratoria, aplica tensión que tira (jala) de la palanca de tensión hacia la izquierda. La palanca de tensión quedará en una posición en la cual las fuerzas se equilibran. La palanca de tensión tiene conexión indirecta con la varilla de control de la bomba de inyección, por lo cual la posición de la palanca determinará la cantidad de combustible inyectado y por ende la velocidad y potencia del motor.

La palanca giratoria 15) está conectada con la palanca de control 3). Esto permite modificar la tensión del resorte gobernador a fin de que el conductor pueda variar la velocidad del motor; por tanto, es un gobernador de velocidad variable.



**Fig. 26.8** Varillaje del gobernador: 2 resorte para arranque, 3 palanca de control, 5 tope de marcha mínima, 6 palanca de tensión, 7 palanca de guía, 8 resorte gobernador, 9 resorte auxiliar de marcha mínima, 10 resorte de control de torsión, 11 tope de plena carga, 12 palanca de apoyo, 13 guía y perno deslizante, 14 contrapeso, 15 palanca giratoria, 18 varilla de control, 19 tope de velocidad máxima BOSCH

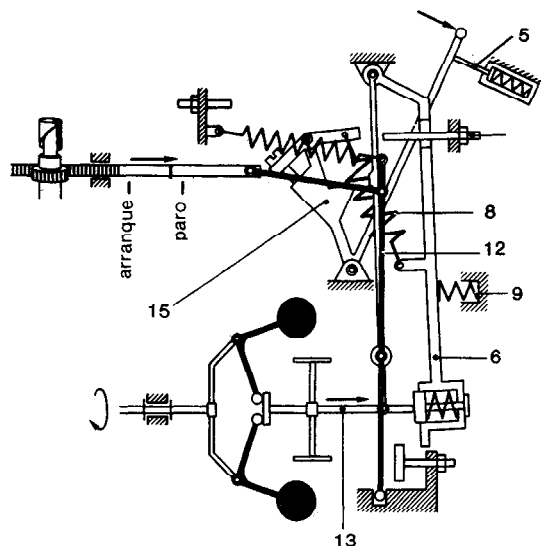
Se ha descrito el funcionamiento del gobernador básico, pero éste incluye además otras piezas como palancas, varillas, topes y resortes, cuyas posiciones se ilustran en la figura 26.8. La palanca de tensión no está conectada directamente con la varilla de control, sino por medio de la palanca de apoyo 12) y de la palanca de guía 7). El movimiento de los contrapesos además de aplicar fuerza contra la palanca de tensión mueve a la palanca de guía y a la palanca de apoyo.

Además del resorte gobernador, se utiliza un resorte 2) para arranque a fin de colocar el varillaje en máximo combustible cuando se arranca el motor, un resorte 10) de control de torsión y de marcha mínima y un resorte auxiliar 9) de marcha mínima. Hay topes ajustables para marcha mínima 5), velocidad máxima 19) y máximo combustible 11) (Véase también la figura 22.10).

Se trata de un gobernador de velocidad variable que controlará la velocidad del motor en cualquier punto desde marcha mínima hasta velocidad máxima. A continuación se describe el funcionamiento del gobernador.

#### Arranque

Cuando el motor está parado, el resorte de arranque mantiene a la varilla de control de combustible en la posición de máximo combustible, sin que importe la posición de la palanca de control. Cuando el motor esté en marcha, funcionará a la veloci-



**Fig. 26.9** Diagrama del gobernador con la palanca de control en la posición para marcha mínima: 5 tope de marcha mínima, 6 palanca de tensión, 8 resorte gobernador, 9 resorte auxiliar de marcha mínima, 12 palanca de apoyo, 13 perno deslizable, 15 palanca giratoria BOSCH

dad gobernada que determine la posición de la palanca de control.

#### Posición para marcha mínima (Fig. 26.9)

La palanca de control está colocada contra el tope 5) de marcha mínima. Con esto se coloca a la palanca giratoria 15) de modo que el resorte gobernador 8) esté casi vertical y casi sin carga; tiene un efecto muy débil y los contrapesos se pueden abrir incluso a baja velocidad.

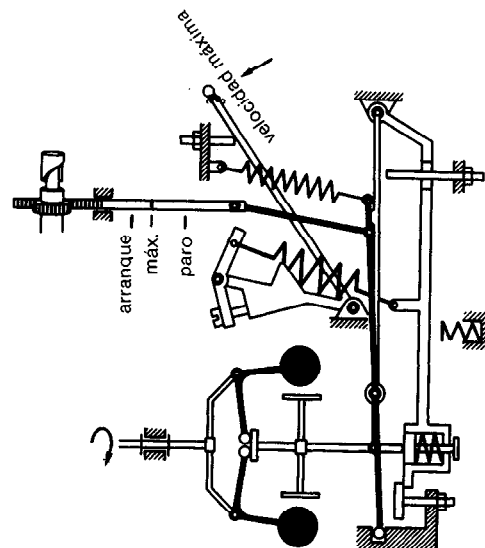
Entonces, el perno deslizable 13) y la palanca de guía se mueven al mismo tiempo a la derecha. La palanca de guía, a su vez, mueve a la palanca 12) de apoyo a la derecha y la varilla de control de combustible se mueve en el sentido de corte a la posición de marcha mínima.

La palanca 6) de tensión queda colocada contra el resorte auxiliar 9) de marcha mínima y ayuda al control de la marcha mínima.

#### Bajas velocidades

Cualquier movimiento de la palanca de control desde la posición de marcha mínima será suficiente para mover la varilla de control de combustible a la posición para máximo combustible. La bomba entrega más combustible y aumenta la velocidad del motor.

Cuando la fuerza centrífuga en los contrapesos es mayor que la tensión del resorte gobernador para esa posición particular de la palanca de control, los contrapesos se mueven hacia fuera para mover la palanca de apoyo y la varilla de control a una posición de menor entrega de combustible. Ya no



**Fig. 26.10** Diagrama del gobernador con la palanca de control en la posición para velocidad máxima BOSCH

aumentará la velocidad del motor y el gobernador la mantendrá constante, mientras subsistan las condiciones externas.

#### Alta velocidad

En la figura 26.10 se muestra la posición del mecanismo gobernador a alta velocidad con carga. Si se mueve la palanca de control desde el tope de marcha mínima hasta el de velocidad máxima, la acción básica del gobernador es la ya descrita. Sin embargo, en este caso, se mueve la palanca giratoria para aplicar tensión total en el resorte gobernador.

El resorte gobernador tira (jala) de la palanca de tensión hacia la izquierda contra el tope de plena carga o velocidad máxima. Esto hace que la palanca de apoyo mueva la varilla de control a la posición para máximo combustible y que aumente la velocidad del motor.

Cuando se llega a la velocidad máxima con plena carga, la fuerza centrífuga en los contrapesos vence la tensión del resorte gobernador y se empuja la palanca de tensión a la derecha. La palanca de apoyo se mueve para reducir el combustible y limitar la velocidad.

Si varía la carga en el motor, los contrapesos se abrirán o se cerrarán, según el caso, para modificar la entrega de combustible. Si se mueve la palanca de control hacia atrás, desde el tope de velocidad máxima, la velocidad variará en forma correspondiente hasta que la tensión del resorte gobernador y la fuerza centrífuga de los contrapesos estén en equilibrio.

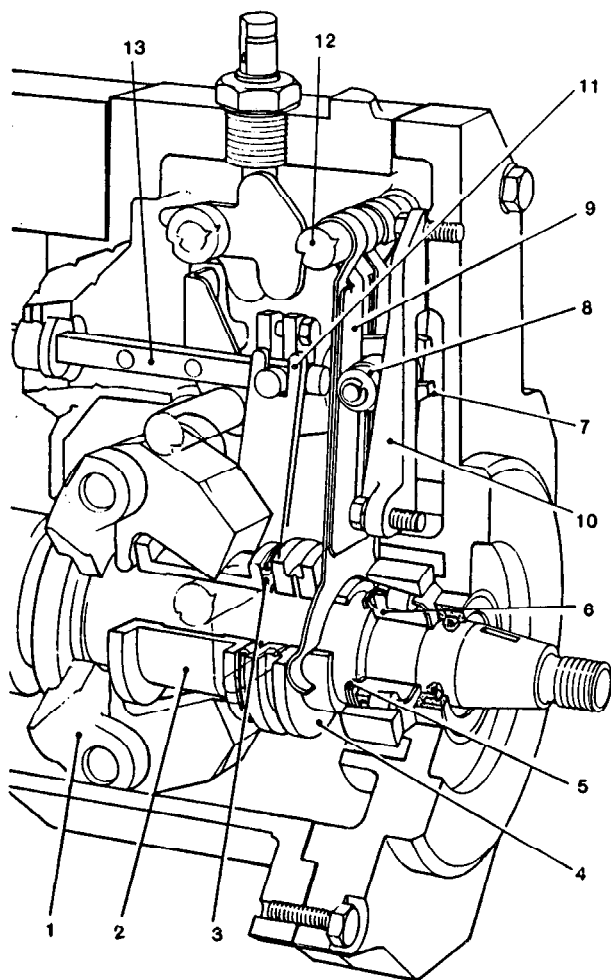
#### Control de la torsión (par)

El émbolo 10) que está bajo carga de resorte en el extremo inferior de la palanca de tensión actúa

como control de la torsión (par) (véase el párrafo especial más adelante). Conforme aumenta la velocidad y los contrapesos se mueven hacia fuera, el perno deslizante 13) hace contacto con el émbolo y comprime el resorte en forma paulatina. Esto ocasiona una demora en el movimiento de la palanca de apoyo y una reducción correspondiente en la entrega de combustible.

#### Gobernador con muelle de hoja

En la figura 26.11 se ilustra un gobernador mecánico que tiene un muelle de hoja en vez de un resorte gobernador. El gobernador se instala en la parte delantera de la bomba de inyección y es integral con ella. Es gobernador para todas las velocidades y puede controlar todas las velocidades del motor desde marcha mínima hasta la máxima gobernada.



**Fig. 26.11** Gobernador mecánico con muelle de hoja: 1 contrapesos, 2 manguito, 3 cojinete de empuje, 4 cara de empuje, 5 suplementos (laminas), 6 placa desviadora, 7 palanca de control del rodillo, 8 rodillo, 9 muelle de hoja, 10 rampa, 11 palanca oscilante, 12 eje de apoyo del resorte, 13 varilla de control

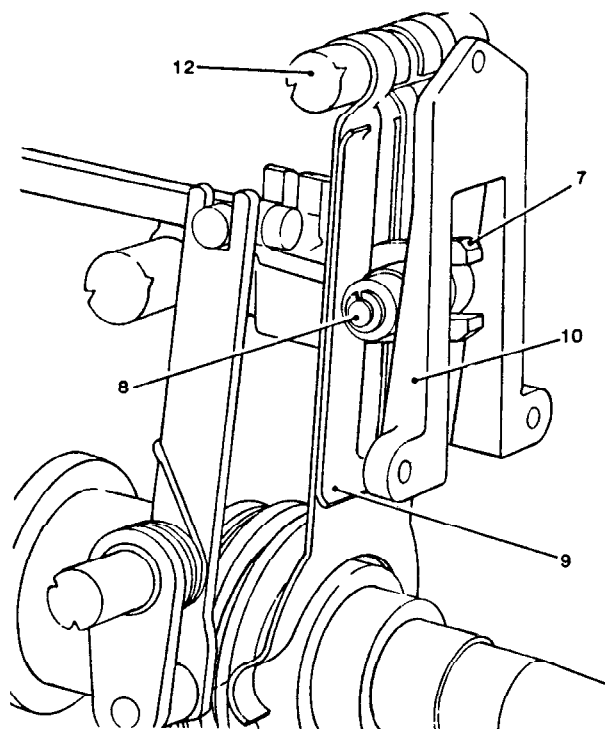
LUCAS-CAV

En el gobernador ilustrado, la fuerza centrífuga de los contrapesos 1) en rotación mueve el manguito 2) y la placa de empuje 4) hacia la derecha. El movimiento se transfiere por la palanca oscilante 11) a la varilla de control 13) para variar la cantidad de combustible que se inyecta. El muelle de hoja 9) presenta oposición a este movimiento y actúa contra la placa 4) de empuje; por tanto, la regulación ocurrirá a una velocidad en la cual la fuerza centrífuga y la fuerza del muelle están en equilibrio.

A fin de poder variar la velocidad del motor, el muelle de hoja tiene un sistema (Fig. 26.12) para variar la carga, que consta de la palanca 7) de control del rodillo, el rodillo 8), el eje de apoyo 12) del muelle, el muelle de hoja 9) laminado y la rampa 10). El funcionamiento es como sigue:

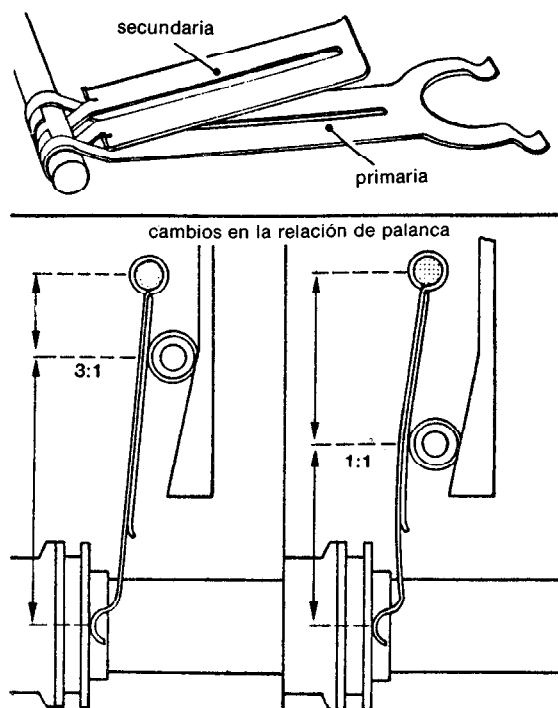
El conductor puede hacer que el rodillo se mueva hacia arriba o abajo por medio de una palanca externa de control conectada con la palanca de control del rodillo. Debido a que el rodillo está colocado entre el muelle y las caras de la rampa, cualquier movimiento del mismo cambiará la carga del muelle. Cuando el rodillo baja en la rampa, aumentará la carga del muelle y cuando se mueve hacia arriba la reducirá, como se ilustra en la figura 26.13.

El muelle de hoja del gobernador consta de una hoja primaria y una hoja secundaria; la primaria es más larga y está configurada para hacer contacto



**Fig. 26.12** Mecanismo para aplicar carga al muelle de hoja del gobernador: 7 palanca de control del rodillo, 8 rodillo, 9 muelle de hoja, 10 rampa, 12 apoyo del resorte

LUCAS-CAV



**Fig. 26.13** Cambios en la capacidad y carga del muelle por la acción del rodillo LUCASCAV

con la cara de empuje; la hoja secundaria es más corta y produce mayor rigidez. Esta característica es necesaria porque la fuerza centrífuga es mucho mayor en alta que en baja velocidad. Se debe tener en cuenta que la fuerza centrífuga no es directamente proporcional a la velocidad del motor, sino que aumenta según el cuadrado de la velocidad.

Cuando el rodillo baja por la rampa, además de cambiar la carga de muelle altera el lugar en el cual se flexiona el muelle al recibir la carga. Esto varía la rigidez o fuerza del muelle y se tiene un muelle de carga variable en el gobernador. En la figura 26.13 se ilustra la forma en que ocurren los cambios en la relación de brazo de palanca por el movimiento del rodillo entre el muelle y la rampa.

En marcha mínima y a baja velocidad, el rodillo apoya con suavidad contra el muelle cerca del punto de pivoteo en la parte superior, con lo cual el muelle tiene una carga reducida.

Cuando se necesitan velocidades más altas, el conductor hace que se mueva la palanca de control para que el rodillo baje por la rampa. Esto aumenta la fuerza del muelle y le cambia su punto de flexión. Con ello se aumenta la rigidez del muelle y se pueden controlar las fuerzas centrífugas más elevadas que se producen a altas velocidades de rotación. La fuerza más grande del muelle contra la cara de empuje mueve a ésta hacia atrás, lo cual hace girar la palanca oscilante y mueve la varilla de control a la posición requerida para aumentar el combustible.

Cuando se necesitan velocidades más bajas, el conductor mueve la palanca de control para mover el rodillo hacia arriba y disminuir la fuerza del muelle, con lo cual la varilla de control se mueve a una posición para reducir el combustible. La regulación ocurrirá a cualquier velocidad que el conductor desee.

En la figura 23.13 se ilustra una bomba de inyección con gobernador con muelle de hoja.

### Gobernadores para sistemas de combustible con inyectores unitarios

Consúltese el capítulo 27 para el funcionamiento de los gobernadores en el sistema de combustible Cummins PT, en el cual el gobernador es parte de la bomba de combustible. Se utilizan contrapesos como en todos los gobernadores mecánicos, pero en este caso accionan una válvula hidráulica para controlar el paso de combustible a los inyectores. Por tanto, el funcionamiento del gobernador se debe considerar como parte del funcionamiento de la bomba de combustible.

En los motores Detroit Diesel el gobernador es un componente separado montado en el motor. Está conectado con los inyectores mediante varillaje para que la acción del gobernador pueda mover las cremalleras de los inyectores y variar la cantidad de combustible entregada. Consúltese el capítulo 29.

### Gobernadores Caterpillar

En algunos motores Caterpillar se utiliza un gobernador mecánico, llamado gobernador con amortiguador de cierre, que se describe en el capítulo 28. Más adelante en este capítulo se describe un gobernador Caterpillar del tipo hidromecánico.

### Gobernador para bomba de distribución tipo VE

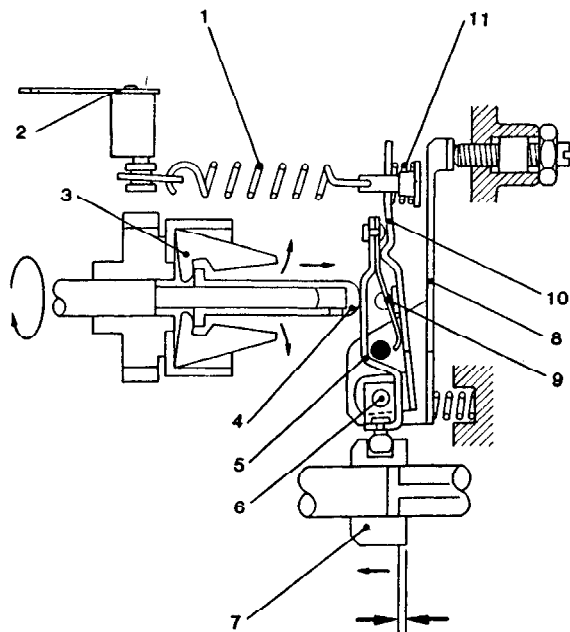
En la figura 26.14 se ilustra la instalación del gobernador mecánico en la bomba de distribuidor tipo VE (véase también la figura 24.15). El gobernador está montado en la parte superior de la cubierta de la bomba de inyección y se impulsa por engranes desde el eje de impulsión de la bomba.

Los componentes principales del gobernador son: resorte gobernador 1), palanca de control 2), contrapesos 3), manguito de gobernador 4), tres palancas 5), 8) y 10) y el manguito de control 7).

### Funcionamiento

Para poder seguir mejor el funcionamiento del gobernador, se considerará que las tres palancas antes citadas son una sola palanca que gira en torno del perno o pasador de pivoteo 6). Esta palanca tiene los resortes gobernador 1) y de marcha mínima 11) sujetos en su extremo superior. La parte inferior de la palanca tiene una bola que acopla en la ranura en





carrera efectiva: para cantidad de inyección en marcha mínima

**Fig. 26.14** Diagrama del gobernador para la bomba de distribuidor modelo VE en la posición de marcha mínima: 1 resorte gobernador, 2 palanca de control, 3 contrapeso, 4 manguito de gobernador, 5 palanca para arranque, 6 pasador de pivoteo, 7 manguito de control, 8 palanca correctora, 9 resorte para arranque, 10 palanca de tensión, 11 resorte de marcha mínima  
DIESEL KIKI

el manguito de control 7). El funcionamiento básico es como sigue.

El movimiento hacia fuera de los contrapesos hace que el manguito 4) de gobernador se mueva a la derecha y también se mueve la parte superior de la palanca hacia la derecha, la cual gira en torno al pasador de pivoteo 6). Esto hace que el manguito de control 7) se deslice a la izquierda a lo largo del émbolo. El movimiento hacia dentro de los contrapesos tiene el efecto contrario y hace que el manguito de control se mueva a la derecha a lo largo del émbolo. El resorte 11) de marcha mínima y el resorte 1 de gobernador en la parte superior de la palanca le restringen su movimiento y se oponen al movimiento hacia fuera de los contrapesos.

El movimiento del manguito de control a la izquierda a lo largo del émbolo reduce la cantidad de combustible entregada a los inyectores; el movimiento hacia la derecha aumenta la cantidad. Esto se describe en el capítulo 24 en "Carrera efectiva del émbolo".

#### **Marcha mínima**

En la figura 26.14 se ilustra el gobernador en marcha mínima. La palanca de control 2) del gobernador está contra el tope de marcha mínima (que no se ilustra), con lo cual no aplica tensión al resorte

gobernador 1). Sin embargo, el resorte 11) de marcha mínima que es mucho más liviano, está comprimido contra la parte superior de la palanca 10) de tensión, con lo que se opone al movimiento de los contrapesos para controlar la marcha mínima del motor. En la parte inferior de la figura se ilustra la carrera efectiva para la cantidad de combustible requerido para marcha mínima mediante la posición del manguito de control 7).

#### **Velocidad máxima**

Cuando el conductor hace que se mueva la palanca de control en la parte superior del gobernador desde la posición de marcha mínima hasta la de máxima velocidad, se aplicará tensión al resorte gobernador 1). El resorte 11) de marcha mínima quedará comprimido por completo y no podrá actuar.

La tensión del resorte de gobernador tirará (jalará) de la parte superior de la palanca a la izquierda y se moverá el manguito de control a la derecha para aumentar el combustible y la velocidad del motor. Los contrapesos se moverán hacia afuera y quedarán en una nueva posición en la cual están "balanceados" con la tensión del resorte de gobernador.

#### **Arranque del motor**

Cuando el motor está parado, los resortes del gobernador mueven a los contrapesos hacia dentro. Para ello, se utiliza un muelle de hoja pequeño, llamado muelle de arranque 9). La palanca moverá al manguito de control a la derecha a lo largo del émbolo y éste quedará en la posición de máximo combustible para el arranque.

Cuando el motor se pone en marcha, la fuerza centrífuga hace que los contrapesos se muevan hacia fuera. Con esto se mueve el manguito de control a la izquierda para reducir la cantidad del combustible entregado a los inyectores.

Con el motor en marcha, su velocidad dependerá de la posición del pedal del acelerador o la palanca de control, accionados por el conductor. Se regulará al motor en marcha mínima o en velocidad máxima como se describió. En el caso de un gobernador de velocidad variable, la posición del pedal del acelerador producirá regulación a cualquier velocidad intermedia.

#### **Palancas del gobernador**

Se ha mencionado que las palancas del gobernador se consideraron como una sola palanca. En realidad, como se ilustra, se trata de un sistema de palancas múltiples con tres palancas separadas y un resorte. La palanca 5) para arranque tiene una función particular durante el arranque cuando la mueve el muelle de arranque. Los resortes de gobernador y de marcha mínima están colocados en la palanca de tensión 10) y la palanca correctora 8) se utiliza para el ajuste. El tornillo de ajuste de plena carga (velocidad máxima) está en contacto con el extremo



superior de la palanca correctora. Con este ajuste se puede mover la parte superior de la palanca correctora; esto, a su vez, mueve el extremo inferior de la palanca correctora y el manguito de control para modificar la cantidad máxima de combustible que se entrega a los inyectores.

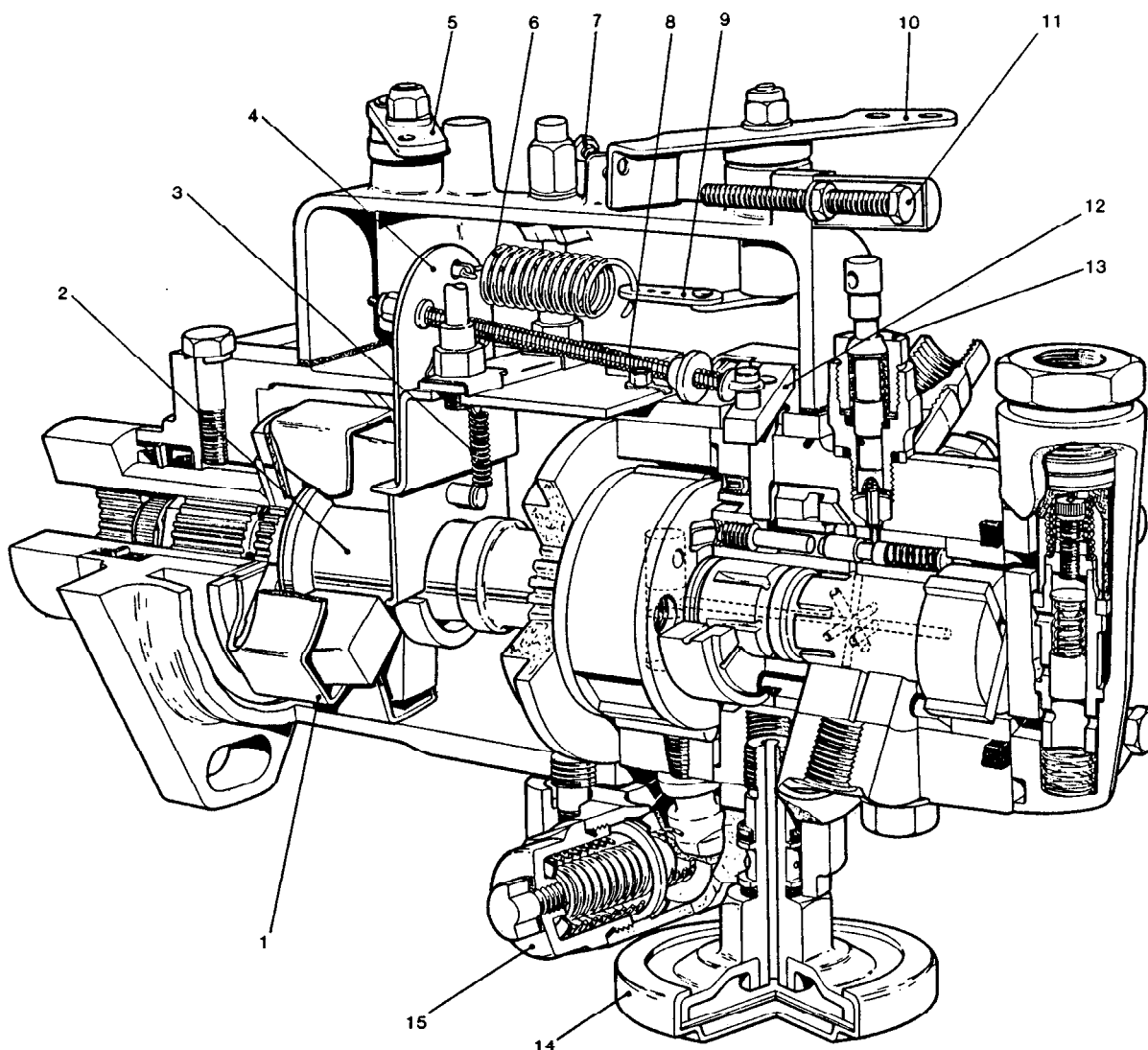
### Gobernador mecánico para bomba DPA

En la figura 26.15 se ilustra una bomba de inyección tipo distribuidor con gobernador mecánico. Los contrapesos 1) están montados en el eje de impulsión 2) y están alojados por completo en el cuerpo de la bomba. El movimiento de los contrapesos se transmite con un varillaje hasta la palanca de control 12) en la válvula dosificadora (de medición). El mecanismo de control del gobernador está monta-

do en la parte superior de la bomba y oculto por una tapa.

Este gobernador tiene seis contrapesos montados en un retén. La fuerza centrífuga de los contrapesos en rotación actúa contra la parte inferior del brazo 4) del gobernador que gira en torno a su centro. La fuerza del resorte 6) del gobernador en tensión, montado en la parte superior del brazo del gobernador, se opone a esta acción. Por tanto, se mantiene el brazo 4) del gobernador en una posición en la que la fuerza centrífuga y la del resorte están en equilibrio.

El gancho 8) del varillaje transfiere el movimiento del brazo del gobernador a la palanca 12) de control de la válvula dosificadora. Esta válvula gira para variar la cantidad de combustible entregada a



**Fig. 26.15** Bomba de inyección tipo distribuidor con gobernador mecánico, dispositivo de exceso de combustible y mecanismo de avance automático: 1 contrapesos, 2 eje de impulsión, 3 resorte del brazo del gobernador, 4 brazo del gobernador, 5 palanca de paro, 6 resorte de gobernador, 7 tope de marcha mínima, 8 gancho para el varillaje, 9 varilla, 10 brazo del acelerador, 11 tope de velocidad máxima, 12 palanca de control de válvula dosificadora, 13 dispositivo de exceso de combustible, 14 y 15 mecanismo de avance automático

LUCASCAV

los émbolos de la bomba y, por tanto, a los inyectores. El gancho del varillaje está alojado dentro de un resorte para impedir el juego muerto en el varillaje. El extremo del gancho que se coloca en el brazo del gobernador es ajustable.

El conductor controla la velocidad mediante el brazo 10) del acelerador, que está conectado con el pedal del acelerador u otro control. Con el movimiento de este brazo, el conductor puede variar la carga en el resorte 6) del gobernador y la velocidad del motor. En la parte superior de la tapa del varillaje del gobernador hay un tope 11) de velocidad máxima y un tope 7) de marcha mínima.

La bomba de inyección ilustrada también incluye un dispositivo 13) para exceso de combustible al arranque a temperaturas muy bajas y un mecanismo 14 y 15) de avance automático de la inyección a altas velocidades.

## Gobernadores hidráulicos

En los gobernadores mecánicos se utilizan contrapesos para detectar la velocidad del motor y diversos tipos de varillaje para accionar la varilla de control de la bomba de inyección o cambiar la cantidad de combustible entregado a los inyectores. Los gobernadores hidráulicos funcionan en una forma algo diferente.

En algunos gobernadores hidráulicos se utiliza combustible o aceite a presión como medio detector. También se emplea el aceite a presión para accionar un pistón de servo (servomotor) y otros componentes hidráulicos para accionar la varilla de control de combustible y variar la cantidad entregada a los inyectores.

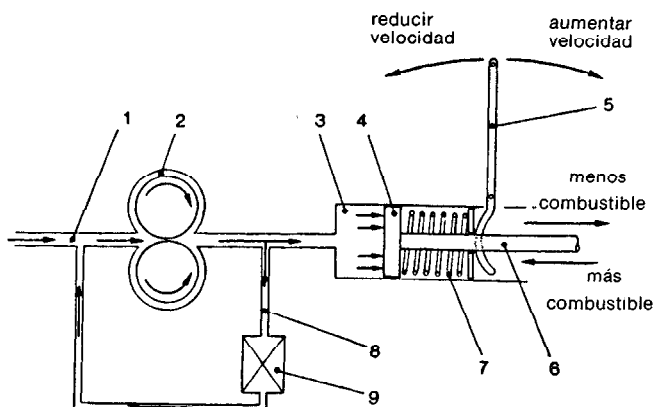
En otros gobernadores hidráulicos se utilizan contrapesos para detectar la velocidad del motor y conectarlos con una válvula hidráulica para accionar la sección hidráulica del gobernador. Algunos gobernadores de este tipo se llaman gobernadores hidráulicos y otros gobernadores hidromecánicos porque son de funcionamiento hidráulico y mecánico.

La presión hidráulica para el gobernador la produce una bomba, de aspas o de engranes. La bomba suele ser parte de la bomba de inyección o del gobernador. Dado que el motor impulsa la bomba, la presión varía según la velocidad del motor y se puede utilizar tanto como medio detector como para el funcionamiento del gobernador.

Los gobernadores hidráulicos se utilizan con algunas bombas de inyección del tipo de distribuidor; también en algunos motores con otros tipos de bombas de inyección en donde se requiere un control sensible del gobernador para aplicaciones particulares.

### Gobernador hidráulico básico

En la figura 26.16 se ilustran los principios de funcionamiento de un gobernador hidráulico. Las pie-



**Fig. 26.16** Gobernador hidráulico básico: 1 entrada de combustible, 2 bomba, 3 cilindro, 4 pistón, 5 palanca de control, 6 varilla de control, 7 resorte, 8 conducto de derivación, 9 válvula reguladora

zas básicas son: una bomba 2) para enviar aceite a presión un regulador de presión 9) para regular la presión y para el retorno del excedente de combustible hacia la entrada de la bomba; un pistón 4) pequeño dentro de un cilindro 3). Además, una varilla de control 6) conectada con el pistón, un resorte gobernador 7) y una palanca de control 5). El gobernador básico funciona como sigue.

La bomba aplica presión al combustible o al aceite que penetran por el conducto de entrada; esta presión aumenta con la velocidad del motor pero se regula con la válvula reguladora de tal modo que el aumento en la presión sea proporcional a la velocidad del motor.

El líquido a presión actúa contra la cabeza del pistón y produce una fuerza hidráulica que mueve al pistón y a la varilla de control hacia la derecha. El resorte gobernador aplica una fuerza que se opone al movimiento del pistón; éste, por tanto, estará en una posición de balanceo entre la fuerza hidráulica y la carga del resorte.

La varilla de control, conectada con el pistón, tiene su otro extremo conectado con una válvula de dosificación (medición) en la bomba de inyección. Por tanto, la posición del pistón determina la cantidad de combustible que se entrega a los inyectores.

Como el resorte tiene una fuerza determinada, el pistón siempre estará en la misma posición y el motor funcionará a una velocidad fija. Si se reduce la velocidad del motor por la aplicación de carga, se reducirán tanto la presión de la bomba como la fuerza hidráulica contra el pistón. La fuerza del resorte vencerá la fuerza hidráulica para mover al pistón hacia la izquierda, con lo cual se moverá la varilla de control para aumentar el combustible para los inyectores y recuperar la velocidad del motor.

Si la velocidad del motor aumentara, debido a una reducción de carga y el pistón y la varilla de control se moverán hacia la derecha por el aumento de presión y fuerza hidráulica. Esto reducirá combustible al motor y se recuperará la velocidad del motor.

Las acciones de regulación discretas mantienen una velocidad fija del motor y dependen de la fuerza del resorte.

Si se emplea una palanca de control para poder variar la fuerza del resorte, se puede gobernar el motor a todas las velocidades. Al aumentar la fuerza del resorte se moverán hacia la izquierda el pistón y la varilla de control, con lo que se entregará más combustible a los inyectores y aumentará la velocidad del motor. La bomba también aumentará su velocidad para producir presión más alta y mayor fuerza hidráulica contra el pistón para que se oponga a la fuerza adicional del resorte. Por tanto, el pistón toma una nueva posición en donde está balanceado entre las dos fuerzas, ambas mayores que antes.

Si se mueve la palanca de control para reducir la fuerza del resorte, el pistón y la varilla de control se moverán a la derecha para reducir el combustible y la velocidad del motor. La velocidad y la presión de la bomba se reducirán también y el motor quedará gobernado o regulado pero a velocidad reducida.

### Gobernador hidráulico para la bomba de distribuidor

Ahora se describirán los principios de funcionamiento del gobernador hidráulico para la bomba DPA ilustrados en la figura 24.2. El gobernador 3) está montado en la parte superior de la bomba. Se ilustra con mayor detalle en la figura 26.17, en donde se muestran las piezas que constituyen el gobernador.

El gobernador, básicamente, es una válvula 7) de medición, que dosifica el combustible para los émbolos de la bomba. Esa válvula está balanceada por la presión del combustible que viene de la bomba de transferencia que actúa en su parte inferior y por la fuerza del resorte en su parte superior. La válvula es sensible a los cambios en la velocidad del motor, porque la presión del combustible en la parte inferior de ella aumenta o disminuye según la velocidad del motor. Las cargas en el resorte gobernador 4) se pueden variar con el brazo de control 1) que está montado en el eje 8) del piñón y éste acopla con los dientes de una cremallera 3).

#### Funcionamiento del gobernador hidráulico

El gobernador hidráulico funciona como sigue:

1. El combustible a presión que viene de la bomba de transferencia llega a la parte inferior de la válvula dosificadora 7) y actúa contra la cara en el extremo de ella para empujarla hacia arriba. Este empuje queda balanceado por la carga descendente del resorte gobernador 4).

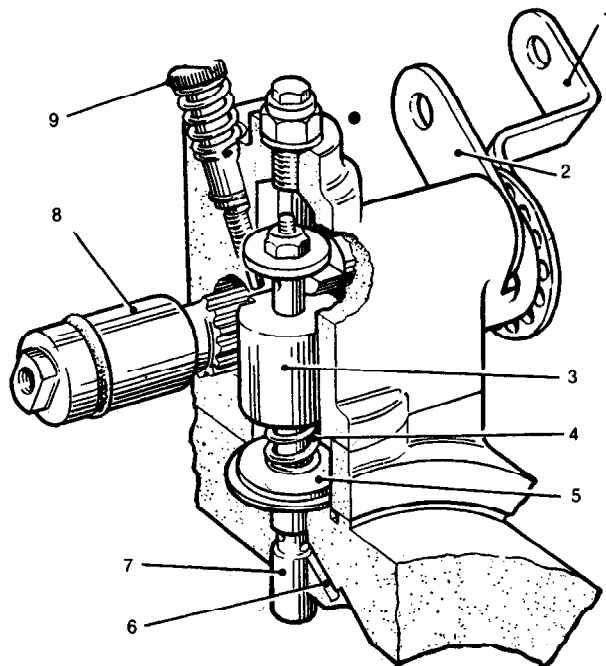


Fig. 26.17 Corte seccional de un gobernador para bomba tipo de distribuidor: 1 palanca de control, 2 palanca de paro, 3 cremallera, 4 resorte de gobernador, 5 válvula amortiguadora, 6 orificio de transferencia, 7 válvula dosificadora, 8 eje del piñón, 9 tornillo de tope de marcha mínima

LEYLAND

2. La válvula dosificadora (medidora) es hueca, por lo cual el combustible pasa por ella hasta el orificio 6) de transferencia. La cantidad de combustible que sale de ese orificio se determina por la posición de la válvula dosificadora en relación con el mismo.
3. En funcionamiento normal, la válvula dosificadora se mantiene balanceada entre la fuerza del resorte gobernador contra su parte superior y la presión de combustible en la inferior. Con ello, la válvula dosificadora puede entregar una cantidad medida de combustible por el orificio de transferencia, para mantener el motor a la velocidad deseada.
4. Cualquier tendencia a un aumento en la velocidad del motor debido a un cambio en la carga, aumenta la presión del combustible que viene de la bomba de transferencia. Con esto se mueve la válvula hacia arriba en su cavidad para reducir el combustible que entrega la bomba e impedir el aumento en la velocidad del motor. (La acción del gobernador también impedirá una reducción en la velocidad.)
5. Para aumentar la velocidad del motor, se mueve la palanca de control 1) por medio del varillaje del acelerador para aplicar carga al resorte por medio del eje del piñón y la cremallera. La válvula dosificadora tomará una nueva posi-

ción para entregar más combustible que antes y aumentar las rpm del motor hasta una nueva velocidad gobernada.

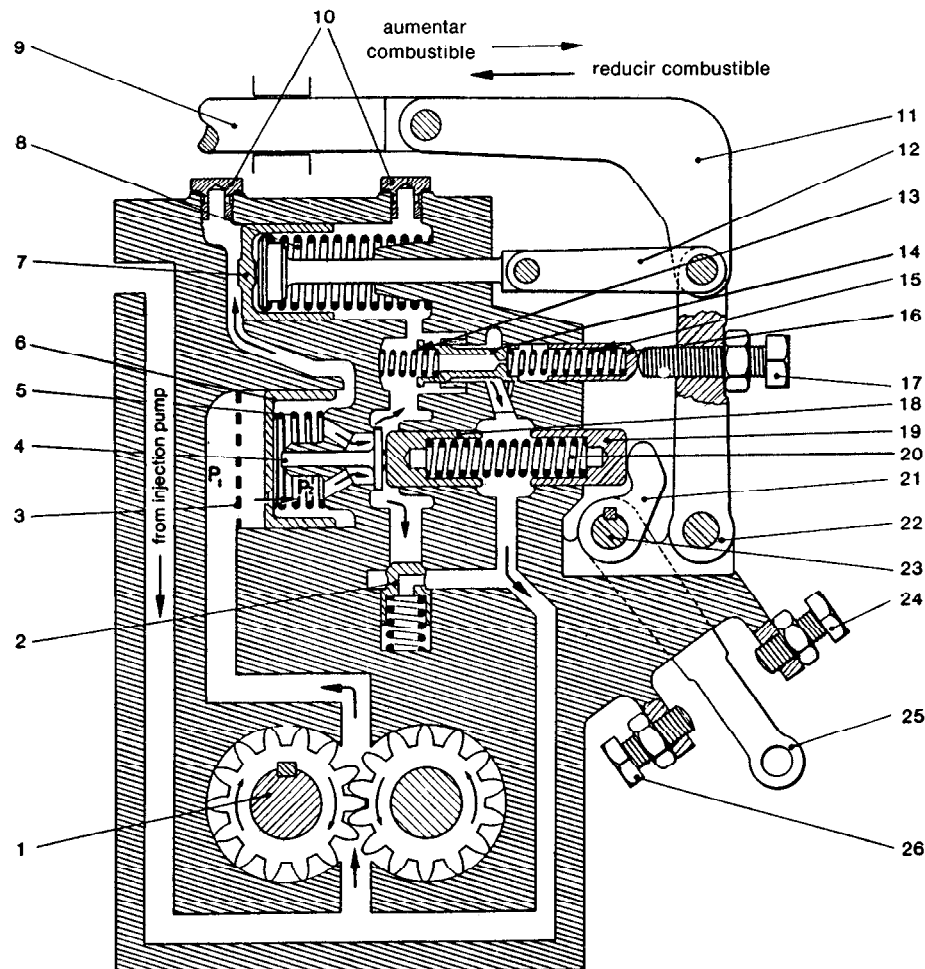
6. En marcha mínima, el resorte del gobernador no actúa y la válvula dosificadora se mueve hacia arriba contra el tornillo 9) de tope de marcha mínima, el cual es ajustable para dar las rpm deseadas.
7. La palanca 2) de corte o paro hace girar un eje que tiene una leva en su extremo interno, que apoya contra la parte inferior de una arandela (rondana) en el extremo de la válvula dosificadora para elevar ésta y cerrar el orificio de transferencia, con lo cual se corta el paso de combustible y se para el motor.

### Gobernador hidráulico CAV

En la figura 26.18 se muestra un diagrama de los componentes de un gobernador hidráulico de dos velocidades. Su funcionamiento es como sigue.

La bomba de engranes 1) succiona el combustible de la bomba de inyección y lo descarga a presión a través de un difusor 3) hasta la cámara amplificadora, en la cual el combustible pasa por los orificios en el pistón de orificios 6) y hacia el servopistón 7).

El servopistón que está conectado mediante varillaje con la varilla 9) de control de la bomba de inyección, está balanceado entre la fuerza hidráulica y la fuerza del resorte 8), con lo cual se regula la velocidad del motor.



**Fig. 26.18** Diagrama de gobernador de dos velocidades: 1 bomba de engranes, 2 válvula de desahogo (alivio) de baja presión, 3 difusor, 4 válvula amplificadora, 5 resorte auxiliar, 6 pistón con orificio, 7 servo-pistón, 8 resorte del servo-pistón, 9 varilla de control de bomba de inyección, 10 tapones de respiración, 11 varilla de mando, 12 articulación oscilante, 13 resorte interno de válvula de marcha mínima, 14 válvula de marcha mínima, 15 resorte externo de válvula de marcha mínima, 16 émbolo externo de válvula de marcha mínima, 17 tornillo de ajuste, 18 émbolo interno de control, 19 émbolo externo de control, 20 resorte de control, 21 trinquete (uña) de control, 22 palanca interna de control, 23 vástago de accionamiento, 24 tornillo de tope de velocidad máxima, 25 palanca de accionamiento, 26 tornillo de tope de marcha mínima

LUCAS-CAV

El combustible también pasa por la válvula amplificadora 4) para llegar al lado en que está el resorte del servopistón 7). El combustible está a presión más baja en ese lado del pistón, pero ayuda al resorte a mantener al pistón hacia la izquierda en la posición para marcha mínima del motor. La presión en el lado del resorte del servopistón se regula con la válvula 14) para marcha mínima, que deriva el exceso de combustible hacia el lado de entrada de la bomba de engranes.

La palanca de control 25) está conectada con el trinquete o uña 21) de control. El movimiento de la palanca de control en alejamiento del tope de marcha mínima mueve los émbolos 18) y 19) de control contra la válvula amplificadora 4) con lo cual aumenta la presión del combustible contra la cabeza del servopistón 7). Con esto se mueven el servopistón y el varillaje de control para aumentar la cantidad de combustible entregada por la bomba a los inyectores.

La velocidad máxima se ajusta con el tornillo de tope 24); la marcha mínima con el tornillo de tope 26).

Dado que la válvula de marcha mínima aumenta la presión que se opone al servopistón 7), actúa como amortiguador para mantener una marcha mínima estable en el motor. Cualquier movimiento de la varilla de mando 11) y de la varilla de control 9) hacia la posición para aumento de combustible permite que el émbolo 16) de la válvula de marcha mínima y la válvula 14) de marcha mínima se muevan a la derecha; con ello, se aumenta la presión de la válvula de marcha mínima contra el servopistón para resistir el movimiento. La sensibilidad del gobernador en marcha mínima se ajusta con el tornillo 17) de la válvula de marcha mínima, pero sólo se puede hacer en la fábrica o en un probador especial.

### Gobernador hidráulico (Woodward)

Los gobernadores Woodward, por lo general, se instalan en motores para aplicaciones especiales como la impulsión de alternadores, bombas u otras máquinas en donde se necesitan regulación precisa o respuesta rápida. En la figura 26.19 se ilustra el exterior de un gobernador Woodward SG. El eje de ajuste de velocidad en el lado derecho lo hace girar el operador desde el control; el eje terminal en el lado izquierdo está conectado con la cremallera u otro control de combustible en la bomba. Se emplean un tornillo para ajuste de baja velocidad en la parte superior del gobernador y un tornillo de tope de alta velocidad (que no se ilustra) para limitar la gama o intervalo de velocidad de los gobernadores de velocidad variable.

El gobernador se monta por su base en el motor y se lo hace girar por medio de un eje de impulsión estriado acoplado con una impulsión en el motor. Una conexión de suministro de aceite en el lado izquierdo del gobernador permite la entrada para el

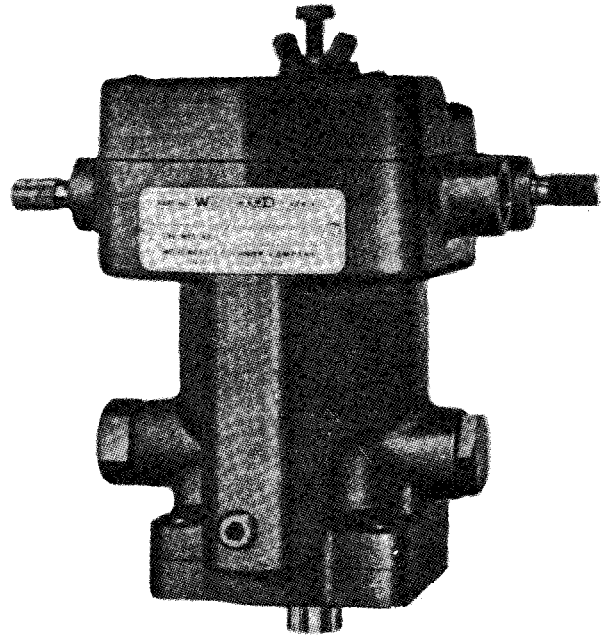


Fig. 26.19 Gobernador hidráulico SG WOODWARD

funcionamiento del gobernador, ya sea desde el sistema de lubricación del motor o desde un depósito separado.

### Funcionamiento

En estos gobernadores se utiliza un conjunto de contrapesos (llamados también cabeza de bola), que se ilustran en la figura 26.20. Son similares al gobernador mecánico básico descrito al principio de este capítulo. Con el motor en marcha, cuando giran los contrapesos la fuerza centrífuga de ellos

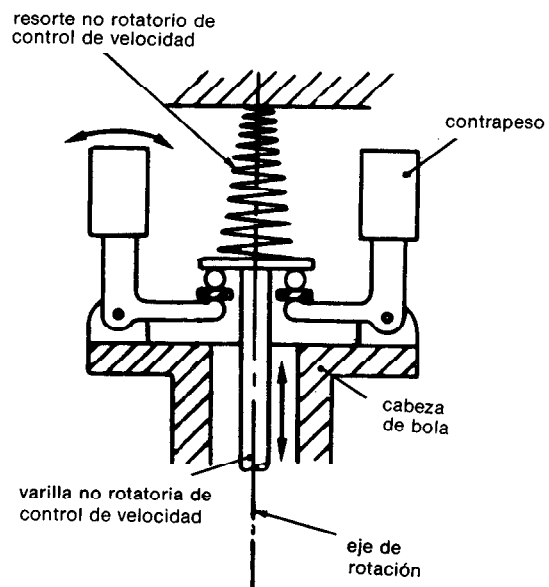


Fig. 26.20 Conjunto de contrapesos (cabeza de bola) del gobernador WOODWARD

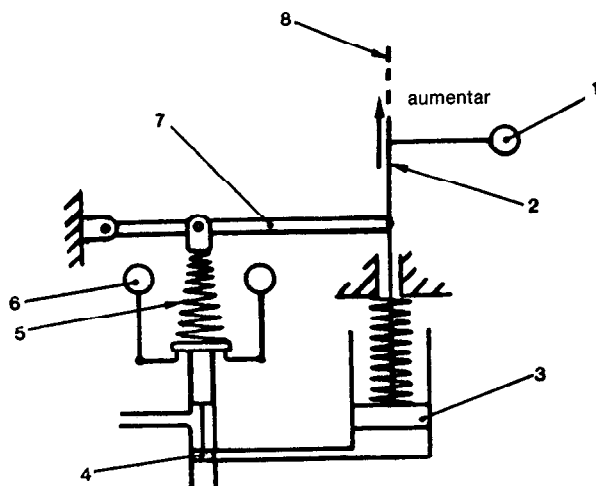
queda balanceada por la fuerza opuesta aplicada por el resorte de control de velocidad. El movimiento de la varilla de control de velocidad se emplea para controlar la entrega de combustible a los inyectores; cuando se mueve hacia abajo se aumenta el combustible y cuando se mueve hacia arriba se reduce.

Con el motor parado, el resorte de control de velocidad empujará la varilla de control de velocidad hacia abajo para tener máximo combustible. Cuando se pone en marcha el motor, la fuerza centrífuga en los contrapesos los moverá hacia afuera y las puntas de los contrapesos elevarán la varilla de control de velocidad para reducir el combustible. La varilla permanecerá en una posición en la que la fuerza del resorte de control de velocidad y la fuerza centrífuga están en equilibrio. El motor funcionará a una velocidad gobernada que se determinará por la fuerza del resorte de control de velocidad.

La varilla de control de velocidad no controla directamente la entrega de combustible a los inyectores, sino que lo hace por medio de un servomotor hidráulico.

La figura 26.21 es un diagrama de las partes principales del gobernador. Incluye el conjunto de contrapesos 6) y la varilla de control de velocidad de la figura previa, ahora con una válvula piloto 4). También se ilustran un servo, que consiste en un pistón en un cilindro y se ilustra una palanca flotante 7) entre la varilla de control 8) y la parte superior del resorte de control de velocidad.

Se suministra aceite a presión a la válvula piloto, que lo envía al servopistón en el momento preciso; el aceite que hay debajo del pistón lo ubica en su cilindro. La varilla 2) del pistón está conectada con



**Fig. 26.21** Diagrama de un gobernador hidráulico básico: 1 control por el operador, 2 varilla del pistón, 3 pistón de servo o de potencia, 4 válvula piloto, 5 resorte de control de velocidad, 6 contrapeso, 7 palanca flotante, 8 conexión con el control de combustible  
WOODWARD

el mecanismo de control de combustible para los inyectores, de modo que la cantidad entregada aumente cuando el pistón se mueva hacia arriba y se reduzca cuando se mueva hacia abajo.

Un extremo de la palanca flotante se mueve junto con el pistón, con lo cual se varía la fuerza del resorte de control de velocidad. Con ello, el gobernador tiene la característica de caída de velocidad que se describe más adelante en este capítulo.

En la figura 26.22 se muestra un diagrama de un gobernador SG. El aceite del motor penetra al gobernador por la entrada 1) de aceite y cae a una cavidad en el lado de succión de la bomba 5) de aceite del gobernador. Los engranes de la bomba mueven el aceite y lo entregan a presión a la válvula piloto 6). Una válvula 4) de desahogo (alivio) regula la presión de aceite porque deriva el exceso de retorno al lado de succión de la bomba de engranes.

La válvula piloto 6) tipo carrete controla el movimiento del pistón servo o de potencia 8) porque deja pasar o corta el aceite a la superficie debajo del pistón. El pistón de potencia que funciona por medio de su pasador y la palanca terminal 11) coloca al eje terminal 15) en el cual está conectado el varillaje de control de combustible. Esto determina la cantidad de combustible que se entrega a los inyectores.

Cuando el gobernador funciona a la velocidad gobernada, la banda de control de la válvula piloto cubre el orificio en el buje 7) del conjunto de contrapesos. El aceite pasa alrededor del carrete de la válvula piloto pero no puede llegar al pistón de potencia porque el orificio está cerrado por la banda de control. Por tanto, el pistón de potencia permanece estacionario.

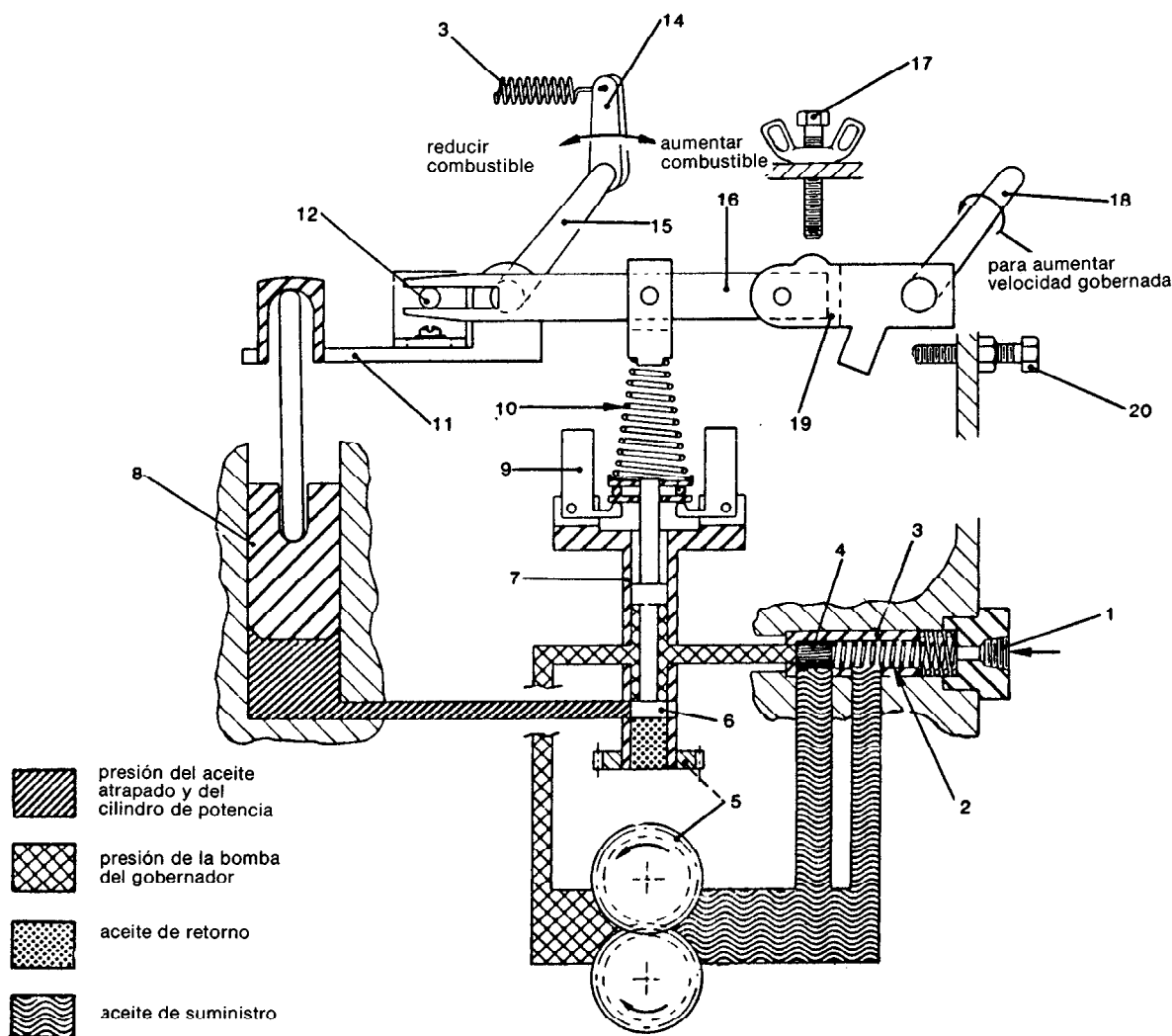
#### *Aumento en la carga del motor*

Si aumenta la carga del motor, se reducirá la velocidad del gobernador. El resorte 10) de control de velocidad tendrá ahora una fuerza mayor que el efecto elevador de los contrapesos 9) en rotación y empujará a la válvula piloto hacia abajo. Esto abre el orificio en el conjunto de contrapesos (cabeza de bola) y deja que el aceite a presión llegue a la parte inferior del pistón de potencia 8) y lo empuje hacia arriba. Esto hará subir a la palanca terminal 11) y hará girar el eje terminal (15) en el sentido para aumento de combustible. Se enviará más combustible a los inyectores para mantener la velocidad deseada.

Cuando el motor llega a la velocidad gobernada, los contrapesos habrá vuelto a centrar a la válvula piloto en la posición de velocidad gobernada para cerrar el orificio en el buje de los contrapesos y mantener al pistón en la nueva posición.

#### *Reducción en la carga del motor*

Si se reduce la carga en el motor, aumentará la velocidad del gobernador. El efecto de la fuerza cen-



**Fig. 26.22** Diagrama del gobernador Woodward SG: 1 entrada de aceite, 2 resorte de válvula de desahogo (alivio), 3 manguito, 4 válvula de desahogo, 5 engranes de la bomba del aceite, 6 válvula piloto, 7 buje de contrapesos, 8 pistón de potencia, 9 contrapeso, 10 resorte de control de velocidad, 11 palanca terminal, 12 pasador de caída de velocidad, 13 resorte de retorno, 14 palanca externa, 15 eje terminal, 16 palanca flotante, 17 tornillo de tope de baja velocidad, 18 eje de ajuste de velocidad, 19 palanca de ajuste de velocidad, 20 tornillo de tope de alta velocidad

WOODWARD

trífuga de los contrapesos en rotación será mayor que la fuerza del resorte de control de velocidad. Se elevará la válvula piloto y su banda inferior abrirá el orificio en el buje de los contrapesos. Ahora puede escapar el aceite que está debajo del pistón para reducir la presión, lo cual permite que el resorte 13) externo de retorno haga girar el eje terminal y mueva la palanca en el sentido para reducir el combustible. Una vez que se logra la velocidad gobernada, la válvula piloto vuelve a quedar centrada.

#### Varillaje del gobernador

El varillaje del gobernador, además de que permite variar la velocidad del motor, también produce caída de velocidad en el gobernador. El movimiento de la palanca terminal 11) en el sentido para au-

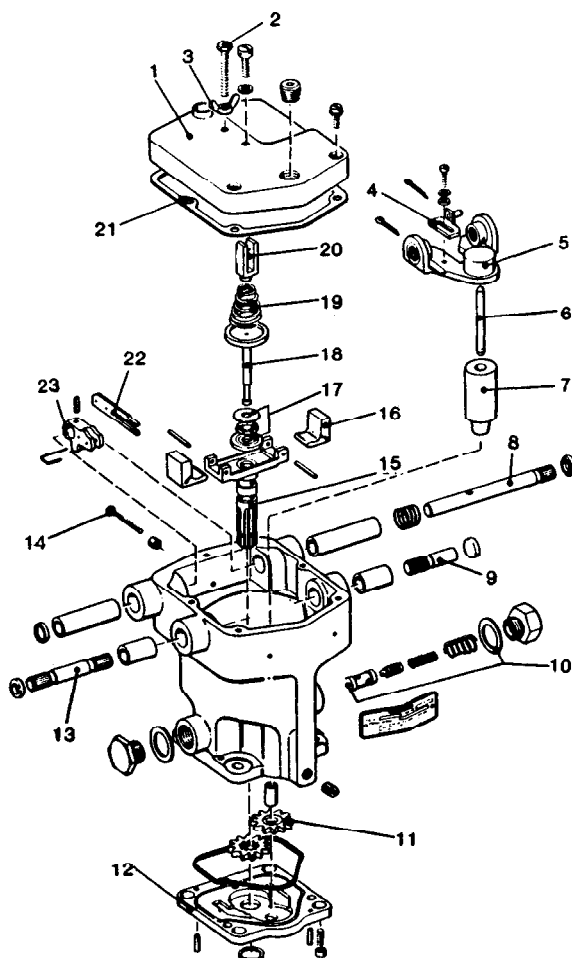
mento de combustible eleva el pasador 12) de caída de velocidad que está sujeto en un soporte en la palanca terminal. Con ello, se eleva el extremo ranurado de la palanca flotante 16); también se eleva la horquilla en el centro de la palanca en la que está montado el resorte de control de velocidad y se reduce la fuerza del resorte. La fuerza reducida permite que los contrapesos vuelvan a centrar la válvula piloto, con el motor a una velocidad un poco más baja que antes.

Cuando se mueve la palanca terminal en el sentido para reducir el combustible, baja el pasador de caída de velocidad, la palanca flotante mueve la horquilla del resorte de control de velocidad hacia abajo para aumentar la fuerza del mismo, con lo cual se requiere una velocidad del motor un poco

más alta que antes para volver a centrar la válvula piloto.

Por lo anterior se verá que el motor no está gobernado a una velocidad específica sino dentro de una gama o intervalo de rpm y tiene la característica de caída de velocidad; ésta se puede ajustar al mover el soporte para cambiar de lugar el pasador de caída de velocidad.

A fin de que el operador pueda variar la velocidad del motor, el eje 18) de ajuste de velocidad está conectado con el control por operador (que no se ilustra). El movimiento de este control hace girar el eje de ajuste de velocidad y mueve la palanca 19) de ajuste de velocidad entre el tope 17) de baja velocidad en la parte superior del gobernador y el tornillo



**Fig. 26.23** Componentes internos del gobernador SG: 1 tapa, 2 tornillo de tope de baja velocidad, 3 contratuerca, 4 soporte de ajuste de caída de velocidad, 5 palanca terminal, 6 perno, 7 pistón de potencia, 8 eje de ajuste de velocidad, 9 eje terminal (corto), 20 válvula de desahogo, 11 engranes de la bomba del aceite, 12 base, 13 eje terminal (largo), 14 tornillo de tope de alta velocidad, 15 buje de contrapesos, 16 contrapeso, 17 cojinete de empuje, 18 válvula piloto, 19 resorte de control de velocidad, 20 horquilla del resorte, 21 junta de la tapa, 22 palanca flotante, 23 palanca

WOODWARD

20) de tope de alta velocidad en un lado del gobernador. Esta acción hace que suba y baje el extremo derecho de la palanca flotante 16) y, a su vez, aumente o disminuya la fuerza del resorte de control de velocidad sobre los contrapesos. Cuando se baja el extremo de la palanca flotante aumentan la fuerza del resorte y la velocidad del motor; al subirla se reducen la fuerza del resorte y la velocidad del motor.

### Gobernador completo

En la figura 26.23 se ilustraron los componentes de un gobernador modelo SG, que permitirá observar las piezas descritas en relación con los diagramas.

El gobernador hidráulico SG es un tipo básico. Hay gobernadores que funcionan con los mismos principios, pero tienen mecanismos adicionales. El gobernador PSG tiene un sistema de compensación de presión hidráulica que incluye un pistón amortiguador y un pistón de potencia. Está construido como gobernador isócrono (velocidad constante), al contrario que el gobernador SG, que tiene caída de velocidad.

### Gobernador hidromecánico (Caterpillar)

En algunos motores Caterpillar se utiliza un gobernador hidromecánico, que funciona por acción hidráulica y mecánica. Se utilizan contrapesos similares a los de un gobernador mecánico para detectar la velocidad del motor. Los contrapesos accionan una válvula hidráulica, que envía o corta el paso del aceite a un servopistón, que a su vez, está conectado por un pasador y una palanca con la cremallera de control de combustible en la bomba de inyección. En esta forma, el movimiento de los contrapesos mecánicos se puede utilizar para el accionamiento hidráulico de la cremallera de control.

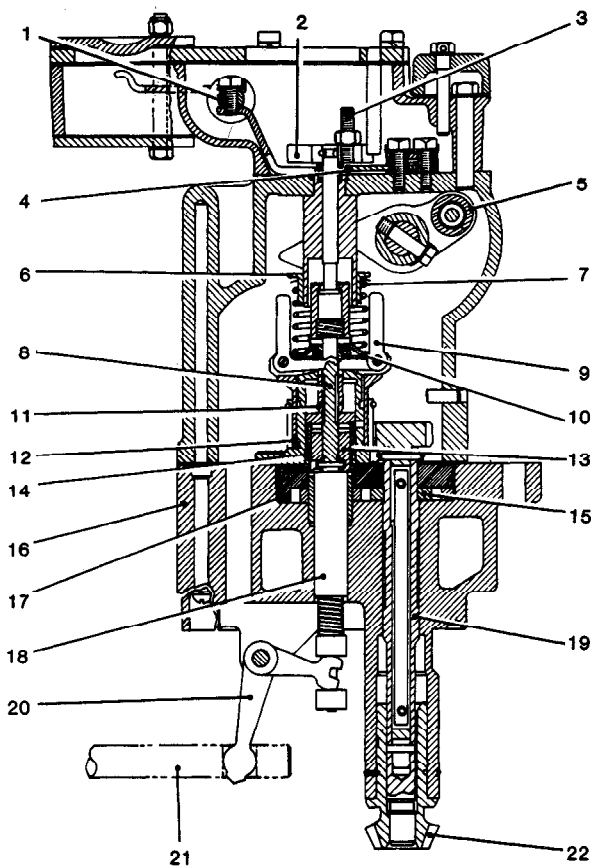
En la figura 26.24 se ilustra un corte seccional de este tipo de gobernador. Las piezas funcionales principales son el piñón 22) de impulsión, la bomba 15) del aceite y su tapa 17), los contrapesos 9), el resorte gobernador 7), la válvula 8), el pistón 13), el pasador 18) y la palanca 20). La cremallera 21) de control de combustible es parte de la bomba de inyección.

### Funcionamiento

Cuando el motor está en marcha, impulsa al gobernador por medio del piñón 22). El engrane de la bomba 15) de aceite, impulsado por el eje 19), envía aceite lubricante del motor a presión al servo del gobernador. Una válvula de derivación mantiene la presión correcta del aceite, que es de unos 700 kPa.

La fuerza centrífuga de los contrapesos 9) en rotación a la cual se opone el resorte de gobernador 7) controla la válvula 8), que dirige el aceite a presión a ambos lados del pistón 13) del servo y éste ubica a la cremallera de control en la bomba de inyección. Según sea la posición de la válvula, el





**Fig. 26.24** Gobernador hidromecánico: 1 eje de paro, 2 collar, 3 tornillo de ajuste, 4 barra de paro, 5 palancas, 6 asiento, 7 resorte de gobernador, 8 válvula, 9 contrapesos, 10 asiento, 11 conducto para aceite, 12 cilindro, 13 pistón, 14 manguito, 15 engrane de bomba del aceite, 16 cubierta de la impulsión del gobernador, 17 tapa de la bomba del aceite, 18 pasador, 19 eje, 20 palanca, 21 cremallera de control, 22 piñón de impulsión CATERPILLAR

pistón moverá la cremallera para aumentar o reducir el combustible para los inyectores, a fin de compensar las variaciones en la carga del motor.

Cuando aumenta la carga en el motor, se reducirá su velocidad y los contrapesos girarán con más lentitud. Se reducirá la fuerza centrífuga, con lo que se cerrarán los contrapesos entre sí y el resorte de gobernador 7) moverá la válvula 8) hacia abajo; cuando ésta se mueve, abre un conducto y el aceite a presión pasa por una cámara hasta detrás del pistón 13) de servo. El aceite empuja al pistón y al pasador 18) hacia abajo y éstos, a su vez, mueven la cremallera 21) mediante la palanca 20) para aumentar la cantidad de combustible que se entrega a los inyectores.

El combustible adicional aumenta la velocidad del motor hasta que la fuerza centrífuga de los contrapesos en rotación vuelve a quedar balanceada por la fuerza del resorte. Con esto, la velocidad

del motor vuelve a ser la misma que antes de aplicar la carga.

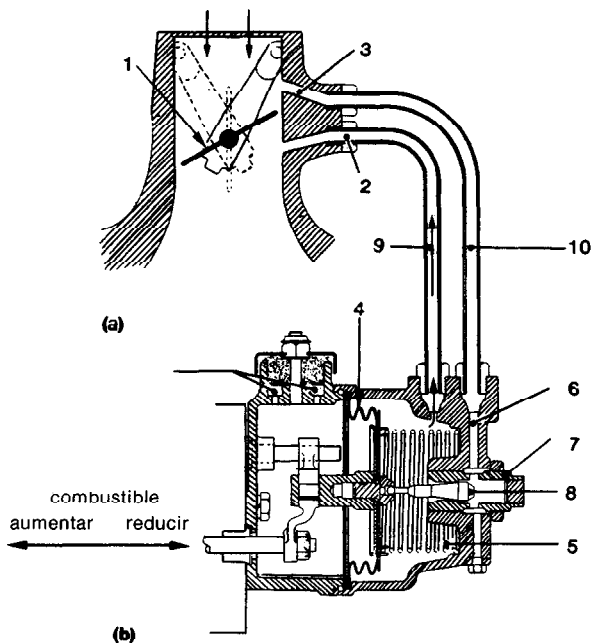
Cuando se reduce la carga en el motor, su velocidad aumenta. Los contrapesos se separarán más como resultado del aumento en la fuerza centrífuga. Este movimiento tendrá el efecto opuesto al descrito antes para el aumento en la carga y la válvula y el pistón se moverán hacia arriba. Ahora, la cremallera de control se moverá en sentido opuesto para reducir el combustible para los inyectores y hacer que la velocidad vuelva a ser la gobernada.

El control del operador está conectado a la palanca 5) en el gobernador; el movimiento del control hará que la palanca varíe la fuerza del resorte de gobernador 7), a fin de aumentar o reducir la velocidad del motor. Al comprimir el resorte para aumentar su fuerza se aumenta el suministro de combustible y viceversa.

Debido a que en el gobernador hidromecánico se utiliza un servo para modificar la posición de la cremallera de control, se pueden utilizar resortes y contrapesos más pequeños que en los gobernadores mecánicos.

## Gobernador neumático

En el gobernador neumático se utiliza el vacío del múltiple de admisión para accionar un diafragma conectado con la varilla de control de una bomba de inyección en línea. El gobernador consta de dos unidades principales que se ilustran en la figura 26.25:



**Fig. 26.25** Gobernador neumático: a) unidad del múltiple, b) unidad de diafragma: 1 mariposa del ahogador, 2 tubo de succión, 3 tubo de succión, 4 diafragma, 5 resorte del diafragma, 6 conducto, 7 ajustador para marcha mínima suave, 8 válvula de aire, 9, 10 tubos de succión FORD

- a) La unidad del múltiple, montada en el múltiple de admisión, que incluye una válvula reguladora de estrangulación o mariposa de ahogo 1) accionada por el varillaje del acelerador.
- b) La unidad de diafragma montada en la bomba de inyección. Esta unidad está conectada con la unidad del múltiple por dos tubos de succión 9) y 10). El diafragma 4) está conectado con la varilla de control de la bomba y el resorte 5) del diafragma la empuja hacia la izquierda a la posición de máximo combustible.

#### Funcionamiento

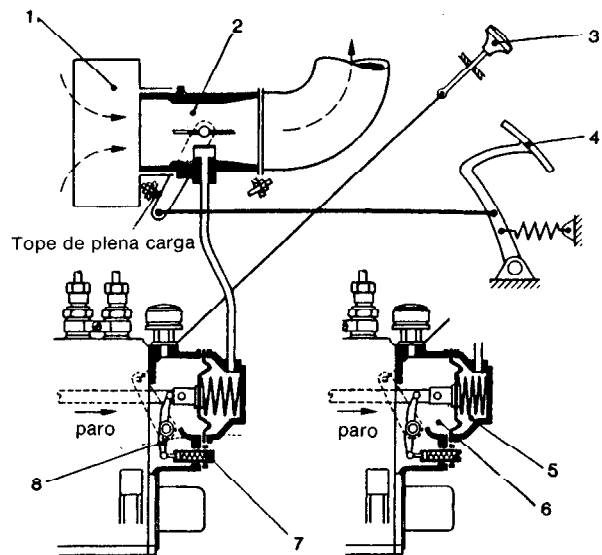
1. Con el motor parado, el resorte 5) mantiene al diafragma 4) en la posición para máximo combustible.
2. Cuando arranca el motor, el vacío del múltiple se aplica a la unidad de diafragma por el tubo de succión 9). Esto mueve al diafragma hacia la derecha para disminuir la entrega de la bomba de inyección y reducir la velocidad del motor.
3. Cuando se abre la mariposa del ahogador en la unidad del múltiple, se reduce el vacío debajo de ella. El vacío tiene menos efecto que antes en el diafragma y el resorte puede mover el diafragma hacia la izquierda, con lo cual se aumentan la entrega de combustible y la velocidad o la potencia del motor.
4. Cuando la mariposa del ahogador se mueve a la posición cerrada, aumenta el vacío debajo de ella y el diafragma se mueve otra vez hacia la derecha y toma una posición en relación con la apertura de la mariposa. El diafragma está balanceado en su cámara mediante la presión atmosférica en un lado y el vacío y la fuerza del resorte en el otro lado.
5. En marcha mínima, la mariposa está cerrada por completo y el vacío debajo de ella hace que el diafragma se mueva por completo hacia la derecha.

Un segundo tubo de succión 10) está conectado con el extremo externo de la cámara del diafragma y acciona una válvula de aire que actúa para amortiguar las oscilaciones del diafragma. El ajustador 7) se puede girar hacia adentro o afuera para variar el efecto amortiguador y obtener una marcha mínima más suave.

Cuando la mariposa del ahogador está cerrada, la marcha mínima se puede graduar con un tope ajustable; cuando la mariposa está abierta, un tope similar permite ajustar la velocidad máxima.

#### Controles del gobernador neumático

En la figura 26.26 se ilustran la posición del pedal del acelerador y la perilla de paro del motor. El Venturi en el múltiple de admisión tiene un Venturi auxiliar pequeño, cuya finalidad es que el motor no funcione sin control si el cigüeñal empieza a girar en sentido de rotación opuesto. Un solo tubo para



**Fig. 26.26** Controles del gobernador neumático: 1 filtro de aire, 2 Venturis, 3 control de paro-arranque, 4 pedal del acelerador, 5 cámara de vacío, 6 cámara atmosférica, 7 tope de plena carga (velocidad máxima) 8 palanca

BOSCH

vacío conecta el Venturi auxiliar con la cámara del diafragma.

Para poner en marcha el motor, se oprime la perilla 3) de control de paro, que acciona la palanca doble 8) y un extremo de ésta comprime el resorte de tope 7) de velocidad máxima o plena carga y el otro permite que la varilla de control se mueva más hacia la posición de máximo combustible, con lo cual se entrega más combustible a los inyectores para el arranque, cosa que ocurre aunque el pedal del acelerador no esté oprimido.

Para efectuar el paro del motor se tira (jala) de la perilla de control de paro. La palanca doble empuja a la varilla de control contra el resorte de gobernador para cortar por completo el combustible para los inyectores.

Se ilustra el pedal del acelerador oprimido a fondo; con ello, se ha movido la palanca de control de la mariposa del acelerador a su tope de velocidad máxima y está abierta por completo. El vacío aumenta con la velocidad del motor hasta que se llega a la velocidad máxima; el vacío será suficiente para separar a la varilla de control de su tope. Con el motor a plena carga, el resorte del diafragma permanecerá extendido para mantener a la varilla de control en la posición de máximo combustible; en todos los demás casos, el diafragma se moverá en contra de la fuerza del resorte para reducir la entrega de combustible e impedir que se exceda de la velocidad gobernada. En la figura se ilustran dos condiciones: en el diagrama de la izquierda se muestra la posición para plena carga con máxima entrega de combustible; en el de la derecha, se ilustra la posición sin

carga en la cual se entrega una cantidad muy pequeña de combustible.

El gobernador neumático mantiene constante todas las velocidades, entre marcha mínima y máxima, dentro de los límites de la caída de velocidad. Por tanto, actúa como gobernador de velocidad variable.

### Control de la torsión (par)

Casi todos los gobernadores tienen algún tipo de control de la torsión (par) a fin de que la cantidad de combustible entregada por la bomba de inyección vaya de acuerdo con la requerida por el motor cuando está sometido a carga.

Se requiere el control de la torsión porque los requisitos de combustible de un motor de aspiración natural disminuyen cuando aumenta la velocidad del motor. Esto se debe a que hay menor admisión de aire y a otras condiciones del motor a alta velocidad. Al mismo tiempo, la cantidad de combustible entregado por la bomba se incrementa cuando aumenta la velocidad de la bomba.

Lo anterior se muestra con la gráfica de la figura 26.27, en la cual la línea continua A-D representa la curva de demanda o requisitos reales de determinado motor cuando la varilla de control está en la posición de plena carga (velocidad máxima).

Las líneas discontinuas representan la entrega de la bomba de inyección. Si la bomba tuviera que entregar combustible como lo muestra la línea discontinua A-C, para entregar la cantidad requerida a los inyectores a baja velocidad del motor, entonces habría exceso de combustible a velocidades altas y este exceso ocasionaría humo negro en el escape. Si la bomba entrega el combustible como lo señala la línea B-D, se eliminará el humo negro pero no habrá suficiente combustible a baja velocidad y se perderá torsión (par) del motor.

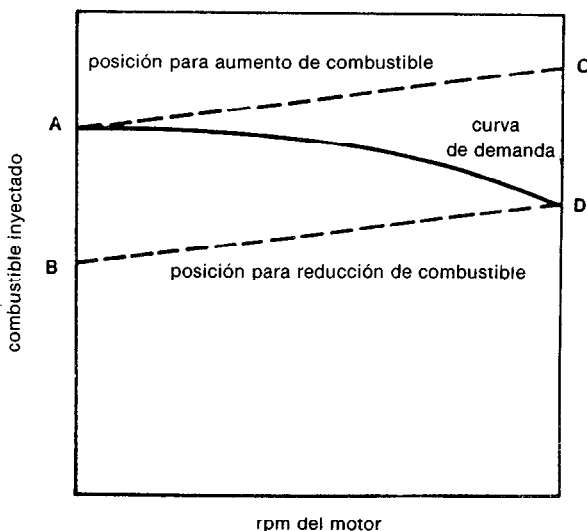


Fig. 26.27 Requisitos de combustible del motor

Con el empleo de un mecanismo para control de la torsión se puede regular la entrega de la bomba de inyección de acuerdo con los requisitos de combustible del motor para que produzca la torsión más alta que sea posible. En la figura 26.28 se ilustran las características de torsión de un motor Diesel con y sin control de la torsión. La bomba de inyección entrega combustible adicional para aumentar la torsión del motor en la curva mostrada con línea continua. El control de la torsión empieza a 1500 rpm para evitar el exceso de combustible y el humo negro.

El mecanismo de control de torsión suele ser un émbolo bajo carga de resorte o algún otro tipo de carga por resorte en el mecanismo del gobernador que se utiliza para demorar el movimiento de la varilla de control y, por tanto, reducir la entrega de la bomba a altas velocidades. En la figura 26.7 se ilustra un tipo de control de torsión. En la bomba Cummins PT (Fig. 27.14) se ilustra el resorte de control de torsión.

### Control de la relación aire-combustible

En los motores turbocargados, es necesario un control de la relación aire-combustible para evitar el humo negro en el escape. Debido a la inercia del rotor del turbocargador, su descarga de aire queda retrasada en relación con los requisitos del motor cuando se acelera desde bajas velocidades. La escasez de aire en relación con la cantidad de combustible que se inyecta durante ese periodo, produce humo negro en el escape, salvo que se tenga algún medio para restringir la entrega de la bomba de inyección.

Para ese fin se utilizan los mecanismos llamados controles de la relación aire-combustible o controles de sobrealimentación. Funcionan por la presión

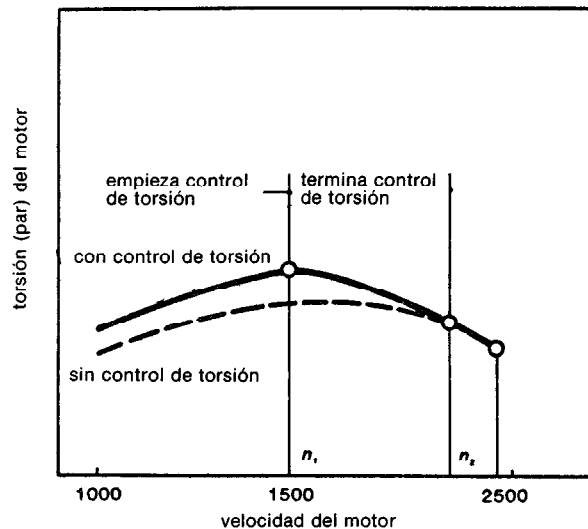
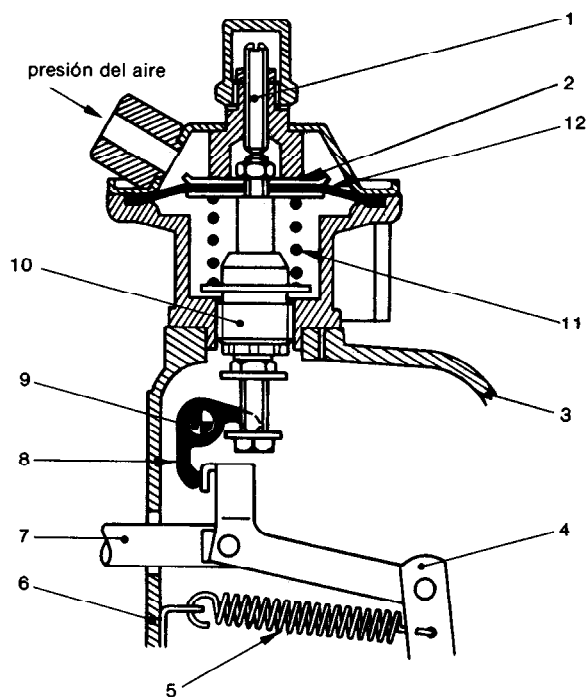


Fig. 26.28 Características de torsión (par) de un motor Diesel con y sin control de torsión

BOSCH



**Fig. 26.29** Compensador de presión en el múltiple o control de relación aire-combustible:  
1 ajustador, 2 arandela, 3 tapa del gobernador, 4 palanca de apoyo, 5 resorte para arranque, 6 cubierta del gobernador, 7 varilla de control, 8 palanca de campana, 9 eje, 10 buje de guía, 11 resorte, 12 diafragma

BOSCH

en el múltiple de admisión y actúan contra la varilla de control (u otro tipo de control) de inyección en la bomba para reducir en forma temporal la cantidad de combustible inyectado.

En la figura 26.29 se ilustra un tipo de control llamado compensador de presión en el múltiple y se describe más adelante. Otros tipos de controles son el control aire-combustible (AFC) del sistema de combustible Cummins PT descrito en el capítulo 27 y el control de aire-combustible Caterpillar descrito en el capítulo 28.

### Funcionamiento del control

El control básico consta de una cámara para diafragma conectada por un tubo con el múltiple de admisión. Esto hace que el diafragma (12) responda a la presión del turbocargador, la cual mueve al diafragma y su vástago hacia abajo. Un resorte (11) debajo del diafragma se opone a este movimiento.

Cuando hay presión de sobrealimentación en el múltiple de admisión, el diafragma permanecerá en la posición inferior. Esto hace girar la palanca de campana (8) en alejamiento del tope en el varillaje del gobernador y permite que la varilla de control (7) se mueva a la posición para máximo combustible.

Cuando se reduce la presión en el múltiple de admisión, el resorte del diafragma lo mueve hacia arriba. Esto hace girar la palanca de campana contra el tope en la varilla de control y ésta se mueve en el sentido para reducir el combustible. Por tanto, el diafragma actúa para limitar el movimiento de la varilla de control y la cantidad de combustible inyectado, de acuerdo con la presión del aire en el múltiple de admisión.

## Terminología de los gobernadores

Se utilizan ciertos términos relacionados con los gobernadores y su funcionamiento y algunos de ellos se describen brevemente a continuación.

**Estabilidad.** La capacidad del gobernador para mantener la velocidad deseada del motor con mínimas variaciones.

**Oscilación.** Fluctuación en la velocidad del motor. Ocurre como un aumento y una disminución periódicos por arriba y por abajo de la velocidad deseada del motor. Un gobernador con estabilidad impedirá la oscilación.

**Sensibilidad.** El cambio en la velocidad requerido para que el gobernador efectúe un movimiento de corrección de la varilla u otro mecanismo de control. Se puede expresar como porcentaje de la velocidad del motor.

**Caída de velocidad.** La variación en la velocidad desde descargado hasta plenamente cargado. Se expresa como porcentaje de la velocidad máxima con plena carga. Por ejemplo, si la velocidad máxima con plena carga es de 2800 rpm, entonces la velocidad máxima sin carga sería de 3000 rpm. La variación entre las dos velocidades es de 200 rpm y el porcentaje de caída de velocidad del gobernador es:

$$\frac{200}{2800} \times 100 = 7.1\%$$

Si la caída de velocidad es pequeña, el gobernador será "sensible".

**Variación en la velocidad.** Es la variación gradual de la velocidad del motor en relación con la gobernada. Es similar a la oscilación, pero no ocurre con la misma regularidad.

**Isócrono.** Un gobernador isócrono tiene la característica de poder mantener velocidades constantes del motor sin que importen los cambios en la carga. Este tipo de gobernador tiene muy poca caída de velocidad y, por tanto, es muy sensible a cualesquiera cambios en la velocidad del motor. Los gobernadores isócronos se utilizan en aplicaciones en donde se requiere velocidad precisa del motor.

## Preguntas para repaso

1. ¿Por qué se necesita un gobernador para marcha mínima?
2. ¿Por qué se utiliza un gobernador para limitar la velocidad máxima del motor?
3. Menciónense tres tipos de gobernadores de control de velocidad.
4. ¿Cuáles son algunos de los métodos básicos de funcionamiento de los gobernadores?
5. Explíquese cómo funciona un gobernador mecánico básico.
6. ¿Qué funciones desempeña un gobernador de marcha mínima y velocidad máxima?
7. ¿Qué es un gobernador de velocidad variable?
8. Menciónense los principales controles del gobernador.
9. ¿Cómo puede cambiar el operador del motor la velocidad y la potencia?
10. ¿Cómo se efectúa el paro de un motor Diesel?
11. Los gobernadores tienen cierto número de topes que, a veces, son ajustables. Menciónense los que es más posible que se utilicen en un gobernador normal.
12. ¿Cuál es la finalidad del tope de marcha mínima?
13. ¿Cuál es la finalidad del tope de máximo combustible?
14. Describese el funcionamiento de un gobernador Bosch *a)* con el motor en marcha mínima y *b)* con el motor a alta velocidad. Consúltense las figuras correspondientes.
15. Explíquese cómo funciona un gobernador con muelle de hoja.
16. Enumérese las partes principales de un gobernador para una bomba VE y menciónense las partes principales.
17. Describese el funcionamiento de un gobernador VE con *a)* el motor en marcha mínima y *b)* durante el arranque.
18. Enumérense las partes principales del gobernador de la bomba de inyección DPA de la figura 26.15.
19. ¿Qué son los gobernadores hidráulicos?
20. Explíquese cómo funciona un gobernador hidráulico básico.
21. Describese el funcionamiento de un gobernador hidráulico para una bomba de distribuidor tipo DPA.
22. Explíquense los principios básicos de un gobernador hidráulico Woodward; consúltense la figura 26.21
23. Estúdiese el diagrama del gobernador Woodward en la figura 26.22 y describanse: *a)* el flujo de aceite en el gobernador cuando funciona para controlar la velocidad y *b)* lo que ocurre cuando se aumenta la carga del motor.
24. Enumérense las partes principales del gobernador de la figura 26.23
25. ¿Qué es un gobernador hidromecánico?
26. ¿Por qué se utilizaría un gobernador de ese tipo en lugar de un gobernador mecánico normal?
27. Consúltense la figura correspondiente para describir el funcionamiento del gobernador hidromecánico.
28. ¿Qué es un gobernador neumático?
29. Explíquese cómo funciona un gobernador neumático.
30. ¿Qué significa control de la torsión (par)?
31. ¿Cuál es el propósito de un mecanismo de control de relación aire-combustible?
32. ¿Qué se entiende por caída de velocidad?
33. ¿Qué son: *a)* sensibilidad, *b)* oscilación?
34. Examinense las diversas ilustraciones para localizar y enumerar los topes del gobernador.

# Sistema de combustible Cummins PT

# 27

Los principios de funcionamiento del sistema de combustible PT, utilizado en los motores Cummins se basan en la presión y el tiempo, es decir, en la presión del combustible entregado a los inyectores y el periodo de tiempo durante el cual el combustible entra a los inyectores. Estos factores influyen en la cantidad de combustible que entra a los inyectores para atomizarlo en la cámara de combustión.

Si tanto la presión en los inyectores como el periodo durante el cual penetra en ellos el combustible son constantes, se inyectará cierta cantidad fija de combustible durante cada accionamiento de cada inyector. Sin embargo, si varían la presión o el tiempo, también variará la cantidad de combustible que se inyecta. En el sistema de combustible PT se utilizan las variaciones en la presión y el tiempo para medir la carga de combustible a fin de inyectar la correcta, de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor.

## Requisitos básicos del sistema

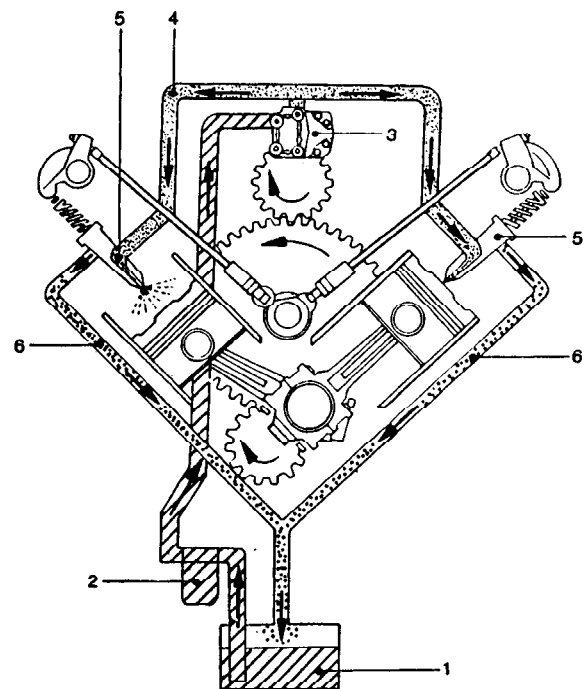
El sistema de combustible PT incluye lo siguiente:

1. Una bomba de abastecimiento que absorba el combustible del tanque y lo haga llegar a los inyectores individuales de cada cilindro a baja presión.
2. Un tubo y un conducto general común en la culata de cilindros para llevar el combustible a los inyectores.
3. Inyectores para recibir el combustible a baja presión enviado por la bomba e inyectarlo a alta presión en la cámara de combustión del cilindro a que pertenece, en el momento adecuado, en cantidad correcta y debidamente atomizado para que se inflame.
4. Un medio de controlar la presión del combustible enviado por la bomba a los inyectores, a fin de que cada cilindro reciba la cantidad precisa de combustible para dar la potencia requerida al motor.

## Sistema PT básico

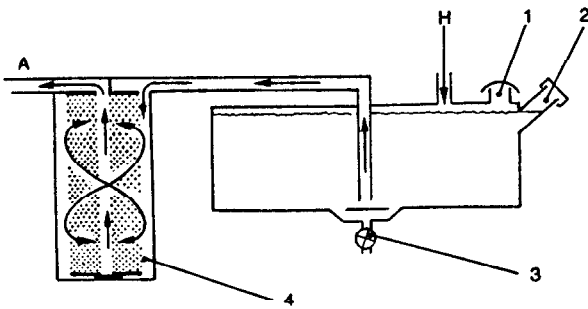
En la figura 27.1 se ilustra un diagrama del sistema de combustible para un motor del tipo en V y se señalan las partes básicas, que son: el tanque de combustible 1), el filtro de combustible 2), la bomba de combustible 3), los tubos y conductos 4) a los inyectores, los inyectores 5) y los conductos y tubos 6) para retorno de combustible al tanque.

Una bomba de engranes que es parte de la bomba de combustible 3), absorbe el combustible del



**Fig. 27.1** Diagrama del sistema de combustible PT para un motor tipo en V: 1 tanque de combustible, 2 filtro, 3 bomba de combustible, 4 suministro a los inyectores, 5 inyector, 6 retorno de combustible de los inyectores

CUMMINS



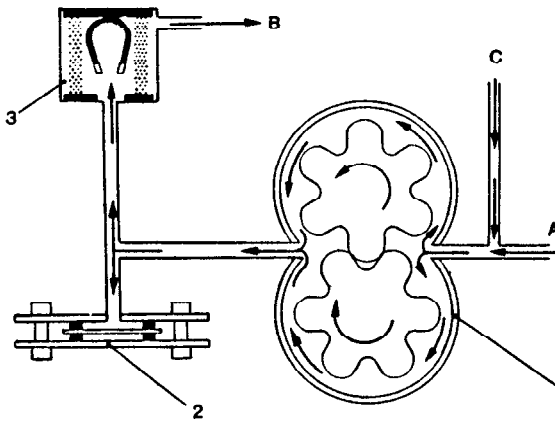
**Fig. 27.2** Tanque y filtro de combustible: A combustible a la bomba de engranes, H retorno de combustible de los inyectores, 1 respiradero, 2 tubo llenador, 3 grifo de drenaje, 4 filtro principal de combustible

CUMMINS

tanque y lo entrega a los inyectores. El combustible de la bomba, que está a baja presión, no acciona los inyectores, pues éstos son de accionamiento mecánico en el momento preciso por medio de las levas del árbol de levas y con los seguidores de levas, varillas o tubos de empuje y balancines. La acción de las levas y los otros componentes hacen que los émbolos de los inyectores se muevan hacia abajo y produzcan alta presión en el combustible que se atomiza en las cámaras de combustión. En el diagrama se ilustra la forma en que se impulsa la bomba mediante engranes desde el cigüeñal (aunque no están a escala). Por tanto, la velocidad y el volumen de la bomba van en relación con la velocidad del motor.

#### Componentes del sistema de combustible

El sistema de combustible PT se muestra en forma esquemática en la figura 27.8, con ilustraciones simplificadas de los componentes. En el sistema real, algunos componentes son independientes, pe-



**Fig. 27.3** Bomba de engranes: A combustible del filtro principal, B combustible al gobernador, C derivación del gobernador, 1 bomba de engranes, 2 amortiguador de pulsaciones, 3 filtro magnético

CUMMINS

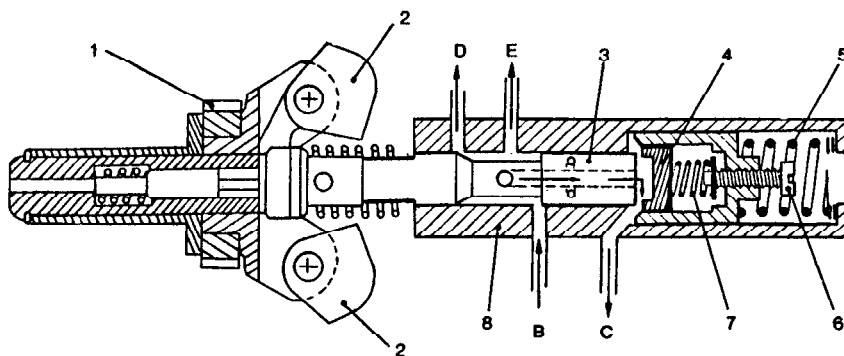
ro otros están dentro de la bomba de combustible PT y son parte de ella.

Ahora se describirá por separado la función de cada componente, empezando por el tanque de combustible hasta llegar a los inyectores. En esta forma se puede estudiar el diagrama del sistema completo y establecer la relación entre los componentes.

La bomba de combustible e inyectores PT son la parte principal del sistema y se describen con mayor detalle más adelante.

#### Tanque y filtro de combustible (Fig. 27.2)

El combustible que absorbe la bomba de engranes en la parte inferior del tanque pasa por el filtro principal antes de llegar a la bomba de combustible



**Fig. 27.4** Componentes del gobernador: B combustible del filtro magnético al émbolo del gobernador, C derivación a la entrada a la bomba, D combustible para marcha mínima al acelerador, E combustible principal al acelerador, 1 engrane de impulsión, 2 contrapesos, 3 émbolo del gobernador, 4 botón, 5 resorte del gobernador, 6 ajuste de marcha mínima, 7 resorte de marcha mínima, 8 manguito del gobernador

CUMMINS

por el tubo A) para combustible, como se indica. La conexión H) en la parte superior del tanque es el extremo del tubo de retorno del exceso de combustible de los inyectores.

#### Bomba de engranes (Fig. 27.3)

La bomba de engranes está en la parte trasera de la bomba de combustible y la impulsa el eje de impulsión de ésta. El combustible que viene del filtro entra a la bomba de engranes por el conducto A). El combustible derivado desde el gobernador también entra a la bomba de engranes, por el conducto C).

El combustible pasa a lo largo de la bomba y los dientes de los engranes lo mueven en torno a la cubierta. Con esto se envía el combustible a baja presión al filtro magnético 3) y, después, por el conducto B) hasta la sección de gobernador de la bomba de combustible.

El amortiguador de pulsaciones, montado en la bomba de engranes tiene un diafragma delgado de acero; el movimiento del mismo absorbe las pulsaciones de los engranes por su movimiento en el espacio de aire que hay detrás del diafragma. Con esto se suaviza el paso del combustible por el sistema.

#### Gobernador (Fig. 27.4)

Las piezas rotatorias del gobernador que incluyen dos contrapesos 2) están montados en un eje y se hacen girar mediante engranes dentro de la bomba de combustible. La fuerza centrífuga actúa en los contrapesos y los hace moverse hacia fuera a la vez que giran en los pasadores que los sujetan en su soporte. Este movimiento hacia fuera de los contrapesos mueve al émbolo 3) hacia la derecha contra la acción de los resortes 5) y 7) del gobernador. El émbolo es una forma de válvula hidráulica que gira

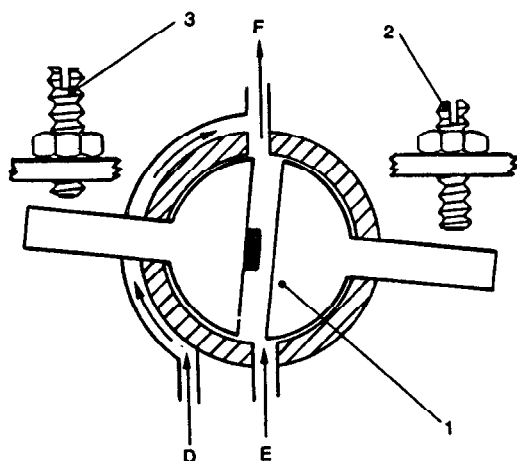


Fig. 27.6 Válvula de paro: F combustible del acelerador, G combustible a los inyectores, 1 terminales, 2 válvula, 3 tornillo moleteado CUMMINS

con los contrapesos y también se desliza en sentido axial dentro del manguito 8) del gobernador. El movimiento del émbolo abre o cierra orificios en el manguito para controlar el paso de combustible por el gobernador.

El combustible que entra al gobernador en B) puede salir por tres conductos diferentes, según sean las condiciones de funcionamiento del motor. En marcha mínima y a baja velocidad, el combustible pasa desde el émbolo hasta el conducto D). Para funcionamiento normal, se envía el combustible al conducto principal E) del gobernador, o bien se puede derivar el combustible por el orificio en el émbolo hasta el conducto C) y retornar al lado de entrada de la bomba de engranes.

El funcionamiento del gobernador se describe con mayor detalle más adelante.

#### Acelerador (Fig. 27.5)

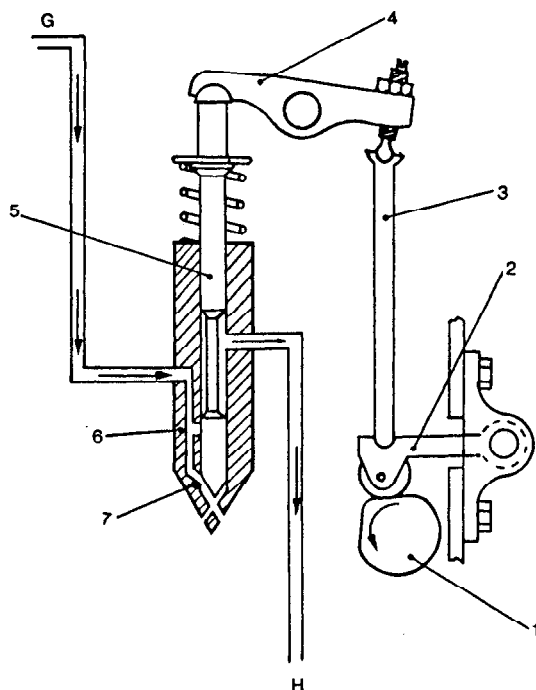
El acelerador permite que el operador controle la velocidad del motor entre la marcha mínima y las rpm gobernadas, de acuerdo con las condiciones variables de velocidad y carga.

En marcha mínima, el acelerador no produce efecto porque el gobernador es el que la controla. El combustible que viene del orificio de marcha mínima del gobernador llega al acelerador por el conducto D), pero pasa alrededor del eje del acelerador hasta el conducto F) y a los inyectores. A velocidades más altas, el combustible pasa desde el orificio principal del gobernador hasta el acelerador por el conducto E) y, luego, a lo largo del eje del acelerador, hasta el conducto F).

El eje del acelerador está instalado en una cavidad en el cuerpo de la bomba de combustible y el conductor lo hace girar por medio del varillaje conectado con la palanca o pedal del acelerador. El eje tiene un orificio de acelerador taladrado en sentido diametral que alinea con dos orificios para combustible en el cuerpo de la bomba. El movimiento de la palanca del acelerador varía la abertu-

Fig. 27.5 Acelerador: D combustible del orificio de marcha mínima del gobernador, E combustible del orificio principal del gobernador, F combustible a la válvula de paro, 1 acelerador, 2 y 3 topos del acelerador CUMMINS





**Fig. 27.7** Inyector y mecanismo de accionamiento simplificado: G combustible de la válvula de paro, H retorno de combustible al tanque, 1 leva, 2 seguidor, 3 varilla de empuje, 4 balancín, 5 émbolo, 6 barril, 7 copa del inyector CUMMINS

ra del orificio para aumentar o reducir el paso de combustible y, por tanto, aumentar o reducir, la presión en los inyectores. Esto, a su vez, modifica la cantidad de combustible que se inyecta y así se controla la velocidad y la potencia del motor.

Cuando se cierra el acelerador, se corta el paso del combustible por el acelerador y por los conductos de marcha mínima sólo pasa combustible, a los inyectores para marcha mínima. Cuando se abre el acelerador, aumenta el paso de combustible y hay un incremento inmediato en la presión de combustible para los inyectores.

#### Válvula de paro (Fig. 27.6)

El combustible del acelerador se envía a través de la válvula de paro hasta el múltiple de combustible en la culata de cilindros y a los inyectores. La válvula de paro se emplea para cortar el combustible a los inyectores y hacer que se pare el motor; puede ser manual o eléctrica; se ilustra una válvula eléctrica. Cuando se gira el interruptor a la posición "ON" (Conectado) se energiza el solenoide y levanta a la válvula de su asiento para que el combustible pase desde F) hasta G). Con el interruptor en "OFF" (Apagado) se libera el solenoide y la válvula se recarga contra su asiento por medio de un resorte, con lo cual corta el paso de combustible por ella. En caso de falla del sistema eléctrico, el tornillo mole-

teado se puede girar con la mano para abrir la válvula y levantarla de su asiento. Cuando el motor está parado, la válvula debe estar siempre en la posición cerrada.

#### Inyectores

En la figura 27.7 aparece un diagrama simplificado de un inyector PT y su mecanismo de accionamiento. El inyector funciona como sigue.

El combustible se envía desde la válvula de paro a baja presión al inyector por el conducto G). Cuando el émbolo del inyector se mueve hacia abajo por la rotación del árbol de levas, se inyecta una cantidad medida de combustible a alta presión en la cámara de combustión, pero el resto circula por el inyector para enfriarlo y lubricarlo, antes de que retorne al tanque de combustible por el conducto H).

Cuando la leva 1) gira en el árbol de levas del motor, empuja hacia arriba al seguidor 2) y a la varilla de empuje 3); con esto, se acciona el balancín 4) que mueve al émbolo 5) en el barril 6). El combustible que hay en la copa del inyector 7) atrapado debajo del extremo del émbolo se expulsa por los orificios en la parte inferior de la copa y se inyecta en la cámara de combustión.

Después de la inyección, el resorte en la parte superior del inyector hace que suba el émbolo en su barril; el seguidor descansa contra la leva y penetra más combustible en la copa para el siguiente ciclo de inyección.

El combustible que viene de la válvula de paro se lleva a la culata de cilindros por una sola línea de combustible externa para baja presión. Un múltiple de combustible integral en la culata alimenta todos los inyectores. Por ello, la presión del combustible en todos los inyectores es igual y se inyectará la misma cantidad medida en cada cámara de combustión.

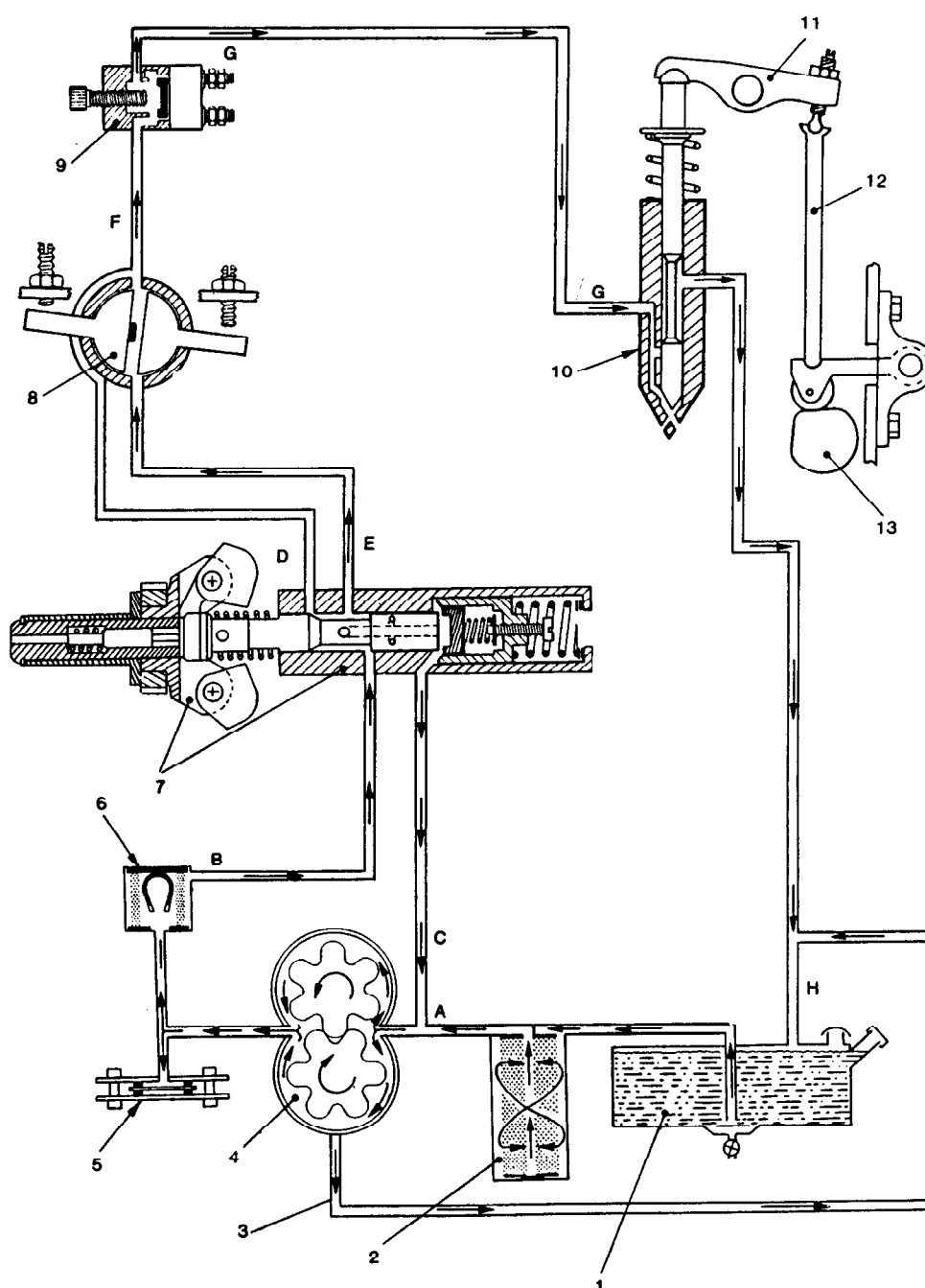
#### Sistema completo (Fig. 27.8)

En la figura 27.8 se ilustra en forma esquemática el sistema completo con todos los componentes conectados entre sí. Se puede seguir el paso del combustible desde el tanque y por el sistema hasta el inyector. De acuerdo con la posición ilustrada para el émbolo del gobernador, el motor estaría con aceleración parcial a una velocidad entre marcha mínima y velocidad máxima; la velocidad real dependería de la carga en el motor.

Ya se describió e ilustró el funcionamiento básico del sistema PT. Ahora se describirán los inyectores, la bomba de combustible y el gobernador.

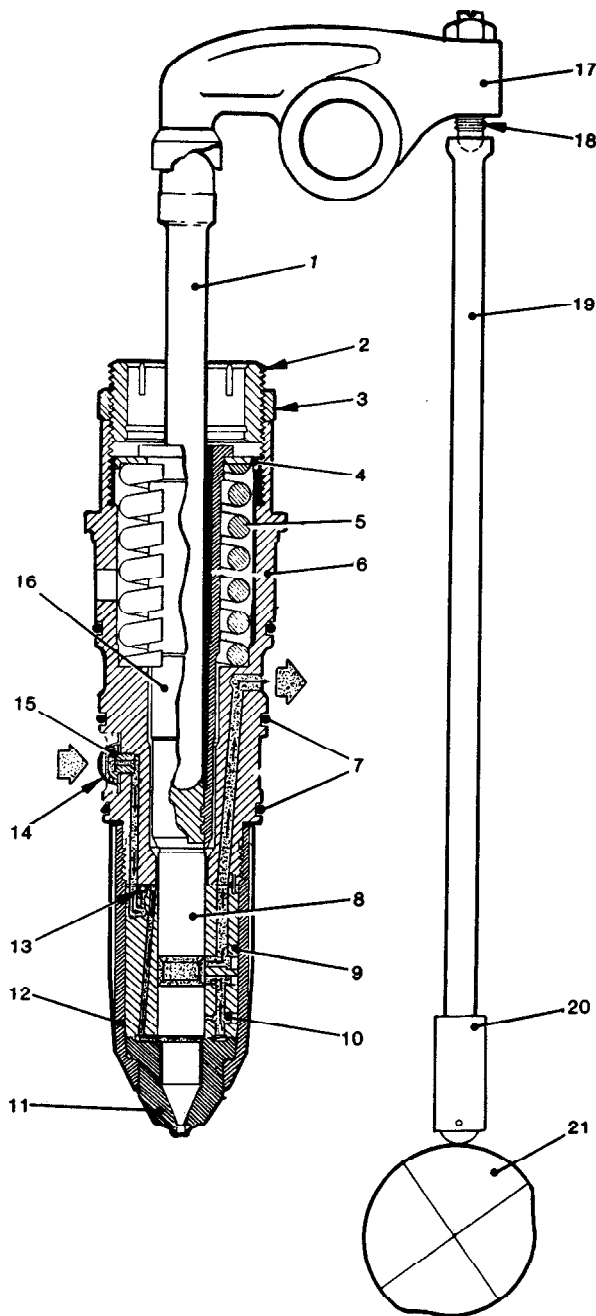
#### Diseño de los inyectores

En la figura 27.9 se ilustra un inyector PT-(tipo D) de tope superior en sección y se señalan sus diversas



**Fig. 27.8** Diagrama del sistema de combustible completo: 1 tanque de combustible, 2 filtro, 3 tubo de retorno, 4 bomba de engranes, 5 amortiguador de pulsaciones, 6 filtro magnético, 7 gobernador, 8 acelerador, 9 válvula de paro, 10 inyector, 11 balancín, 12 varilla de empuje, 13 leva

CUMMINS



**Fig. 27.9** Piezas del inyector PT-(tipo D) de tope superior: 1 articulación, 2 tope superior, 3 contratuerca, 4 arandela, 5 resorte, 6 adaptador, 7 sellos anulares, 8 émbolo, 9 barril, 10 orificio de medición, 11 copa, 12 retén de la copa, 13 bala de retención, 14 malla, 15 orificio de entrada, 16 acoplamiento, 17 balancín, 18 tornillo de ajuste, 19 varilla de empuje, 20 seguidor, 21 leva  
CUMMINS

piezas. Es un inyector cilíndrico que se instala en la culata con una grapa o una placa de montaje.

La pieza más grande del inyector, el adaptador 6) aloja al resorte 5) de retorno del émbolo en su

sección superior y tiene la malla 14) de filtro y el orificio 15) en un lado. El adaptador tiene tres sellos anulares (Anillos "O") 7) en el exterior, que sellan contra la culata para formar los conductos de entrada y retorno de combustible hacia y desde el múltiple de combustible.

El combustible entra por el orificio 15), pasa por la válvula de retención de bola 13) y llega al barril 9) al conducto anular entre el barril y la copa 11) del inyector y sube hasta el orificio de medición 10) en donde se lo mide y envía a la copa 11) del inyector.

El combustible que no se inyecta circula por el orificio de medición, alrededor del émbolo y sale del inyector al tubo de retorno.

La copa, el barril y el adaptador se mantienen unidos con el retén 12) de la copa que se instala a rosca en el extremo del adaptador.

El orificio 10) de medición cerca del extremo del barril en que está la copa es de tamaño fijo. Los barriles para diferentes modelos de motor tienen orificios de medición de distinto tamaño según las necesidades del motor. Las copas de los inyectores también varían en cuanto al número, tamaño y ángulo de los orificios para atomización.

### Inyector de tope superior (Top stop)

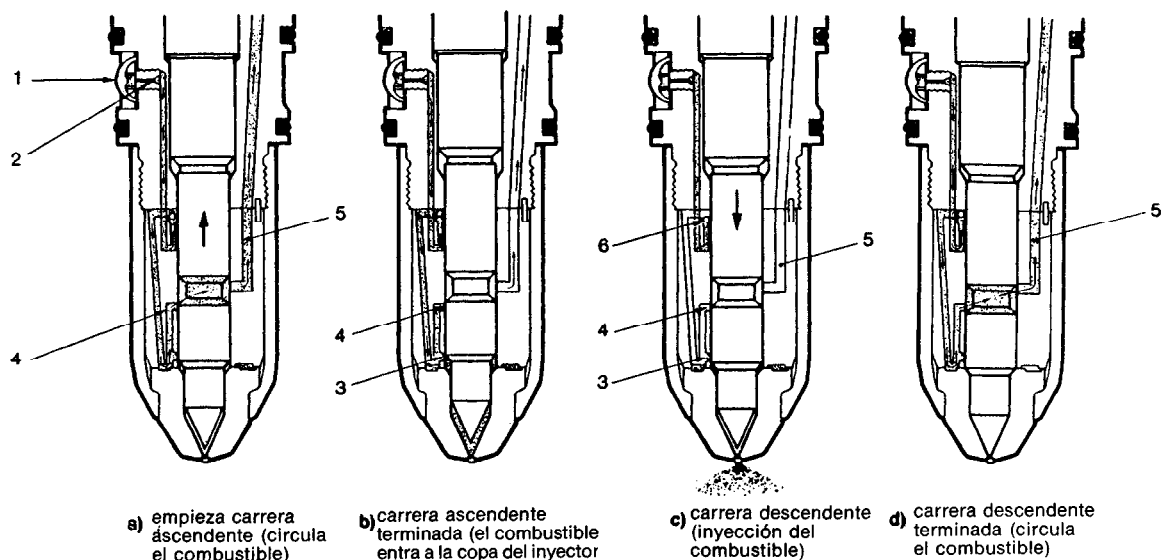
El inyector que se ilustra se llama de tope superior, porque el movimiento ascendente del émbolo está limitado por un tope ajustable en la parte superior del inyector; el tope se ajusta en la fábrica o durante el reacondicionamiento del motor antes de instalar el inyector.

Cuando el inyector está instalado y ajustado en el motor en la forma correcta, el tope superior recibe la carga del resorte del émbolo. Esto elimina la carga en el mecanismo de accionamiento del inyector cada vez que el émbolo, en la parte más alta de su carrera, está contra el tope superior. Al eliminar la carga del resorte en esa forma, se tiene mejor lubricación para el mecanismo de inyectores porque el aceite puede penetrar entre las piezas móviles con más facilidad que cuando están sometidas a la carga del resorte del inyector.

Hay otros inyectores PT que no tienen tope superior y se llaman por ello sin tope superior para distinguirlos. En el inyector de tope superior, el resorte está sujeto en el adaptador o en el cuerpo del inyector por el tope superior. En el tipo sin tope superior el resorte no tiene ningún retén.

### Funcionamiento del inyector

El inyector mide e inyecta el combustible. La medición está basada en la presión y el tiempo, es decir, la presión en el inyector y el tiempo que permanece abierto su orificio de medición. La bomba de combustible varía la presión de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor; el tiempo lo establece la velocidad de rotación del motor, que, a



**Fig. 27.10** Funcionamiento del inyector PT: 1 malla, 2 orificio de entrada, 3 orificio de medición, 4 y 5 conductos, 6 bola de retención CUMMINS

su vez, determina la rapidez de movimiento del émbolo del inyector.

En la figura 27.10 se ilustra el funcionamiento del inyector y las acciones de a) hasta d) cuando el émbolo primero se mueve hacia arriba y luego baja en el barril. La posición de los conductos en los inyectores reales puede ser diferente a la ilustrada, pero el funcionamiento será el mismo.

#### **Comienzo de la carrera ascendente (Fig. 27.10a))**

El combustible circula por el inyector. El combustible enviado a baja presión por la bomba entra al inyector por la malla 1) y baja por el orificio 2) de entrada. Luego pasa por las perforaciones internas del inyector, alrededor de la ranura anular en la copa, por el conducto 4) y vuelve al conducto 5) para retornar al tanque. En este momento, el émbolo cierra el orificio de medición y no entra combustible a la copa. La cantidad de combustible que circula en el inyector se determina por la presión en el orificio 2) de entrada. La presión, a su vez la determinan la velocidad del motor, en la bomba de combustible, el gobernador y el acelerador.

#### **Carrera ascendente terminada (Fig. 27.10b))**

El combustible entra a la copa del inyector. Cuando el émbolo se mueve hacia arriba abre el orificio 3) de medición. Esto deja entrar combustible a la copa del inyector y la cantidad se determina por la presión del mismo. El émbolo cierra el conducto 4) y detiene en forma momentánea la circulación de combustible y el orificio de medición queda aislado de las pulsaciones de presión.

#### **Carrera descendente (Fig. 27.10c))**

Inyección del combustible. El émbolo baja en el barril para cerrar el orificio de medición e impedir el paso de combustible a la copa. El movimiento adicional del émbolo expulsa el combustible a alta presión por los orificios pequeños en la parte inferior de la copa, para atomizarlo en la cámara de combustión.

Cuando el rebajo en el émbolo descubre el conducto 4) para combustible, éste sale por el conducto 5) de retorno hasta el tanque. Se utiliza la bola de retención 6) para evitar las pulsaciones hidráulicas entre el inyector y el múltiple de combustible en la culata.

#### **Carrera descendente terminada (Fig. 27.10d))**

Vuelve a circular combustible en el inyector. Después de la inyección, el émbolo permanece asentado en la copa hasta que vuelve a empezar la carrera ascendente en el siguiente ciclo. El combustible circula por el inyector y sale por el conducto 5) de retorno al tanque; la circulación enfría el inyector.

#### **Ciclo de inyección del combustible**

En la figura 27.11 se ilustra el perfil de la leva que acciona el inyector y se muestran las acciones del émbolo del inyector que ocurren durante el ciclo de inyección como consecuencia de la rotación de la leva. Se verá que la leva tiene la parte alta de su perfil (parte superior de la ilustración) unida con la parte inferior de su perfil con una rampa en cada lado.

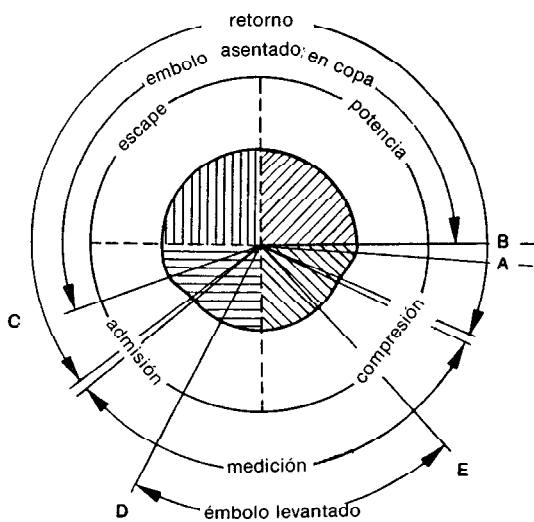


Fig. 27.11 Ciclo de inyección de combustible del inyector PT CUMMINS

Cuando la leva gira para mover el seguidor de leva hacia arriba en la rampa, el émbolo del inyector se moverá hacia abajo para asentar en la copa e inyectar el combustible en la cámara de combustión. Cuando el seguidor baja por la rampa a la parte inferior del perfil de la leva, el émbolo se moverá hacia arriba y se enviará una cantidad medida de combustible hacia la copa.

La leva gira hacia la derecha vista desde la parte posterior del motor; en el diagrama hay que seguir su movimiento en dirección a la izquierda.

La leva es parte del árbol de levas y gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal. La leva del diagrama se ha dividido en cuatro cuadrantes para señalar los cuatro tiempos del motor (potencia, escape, admisión y compresión) y el ciclo de inyección se puede ver en relación con el funcionamiento del motor.

Empezando en el punto A) del diagrama, la inyección comienza antes del PMS en la carrera de compresión y sigue hasta B) en donde concluye. En este momento, el émbolo del inyector ha asentado en la copa del inyector y el pistón está en su carrera de potencia. Desde B) hasta C) es la parte alta de la leva, con lo que el émbolo permanece asentado en la copa durante las carreras de potencia y escape. El combustible circula por el inyector pero se desvía de la copa, lo cual se indica como "retorno" en el diagrama.

Entre C) y D), el seguidor baja por la rampa hasta la parte inferior de la leva. Con ello, el émbolo sube en el inyector, se abre el orificio de medición y habrá una entrada medida del combustible hacia la copa.

Entre D) y E), el émbolo permanecerá en su posición superior con el orificio de medición abier-

to hasta que en E) el impulsor empieza a subir por la rampa hasta la parte alta de la leva; con ello, el émbolo se moverá hacia abajo.

Después del punto E), el émbolo cerrará el orificio de medición; se aplicará presión al combustible en la copa y la inyección empezará en A), con lo cual concluye el ciclo de inyección.

## Componentes de la bomba de combustible PT

En la figura 27.12 se ilustra la bomba de combustible PT completa. Se monta con una brida y la impulsa el tren de engranes para auxiliares. Los tres componentes internos principales de la bomba son: la bomba de engranes, el gobernador y el acelerador.

La bomba de engranes, impulsada por el eje principal del gobernador absorbe el combustible del tanque y lo envía a baja presión al gobernador.

El gobernador mecánico tiene contrapesos para accionar un émbolo y controlar la velocidad y la torsión (par) del motor. También controla la marcha mínima e impide la sobrevelocidad. El combustible se envía desde el gobernador hasta el acelerador.

El acelerador, básicamente, es un eje con un orificio que alinea con los conductos para combustible para controlar la cantidad y la presión de combustible para los inyectores. La palanca del acelerador, conectada con el eje, está a su vez conectada con el pedal del acelerador u otro control del operador y éste puede variar la velocidad y la potencia del motor entre marcha mínima y velocidad gobernada; esta palanca se puede ver en el exterior de la bomba en la ilustración.

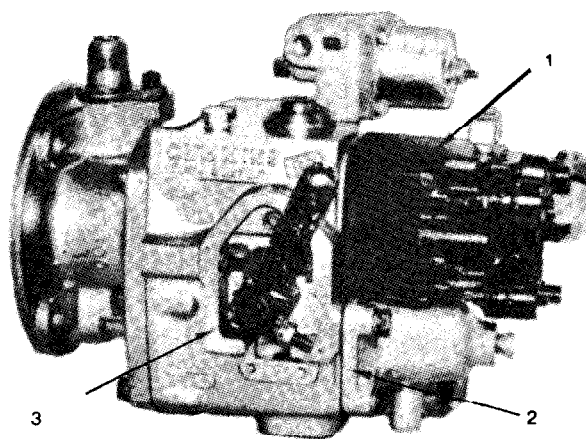
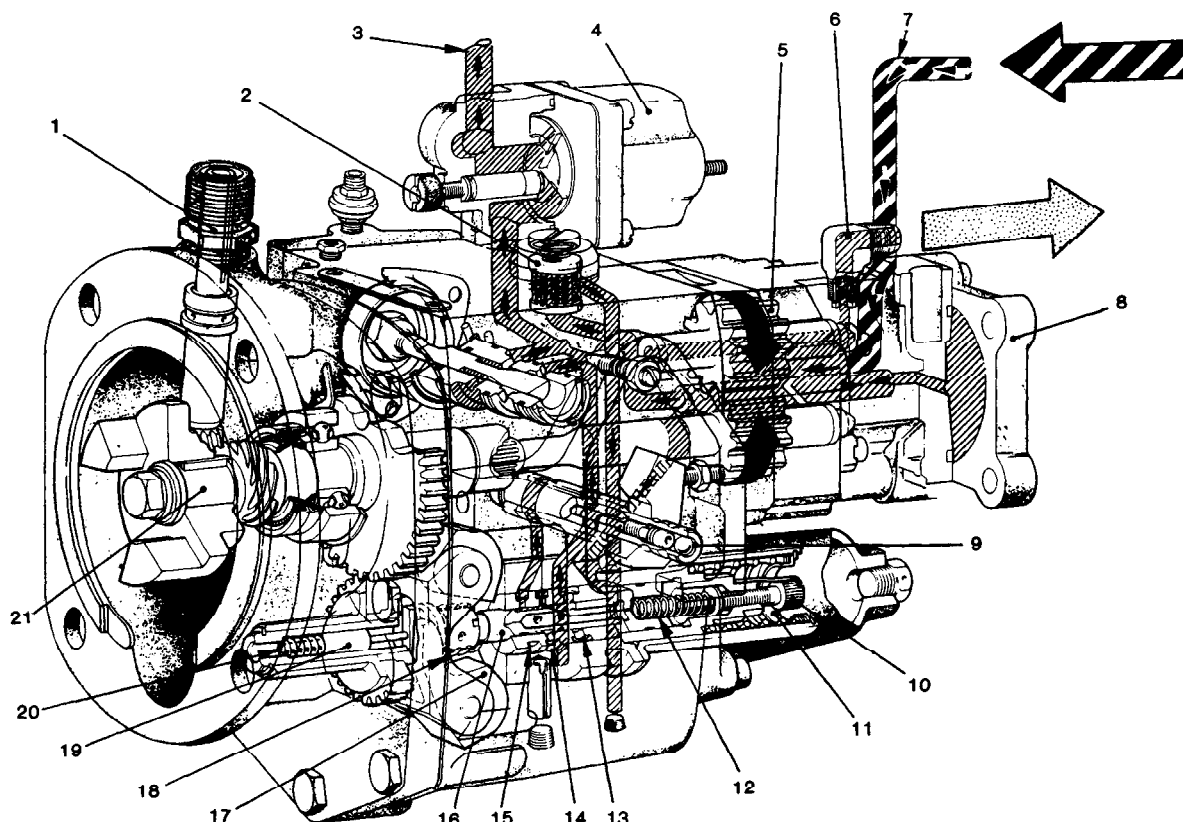


Fig. 27.12 Bomba de combustible PT y ubicación de sus tres partes principales: 1 bomba de engranes, 2 gobernador, 3 eje y palanca del acelerador. La válvula de paro está en la parte superior de la bomba



**Fig. 27.13** Componentes de la bomba de combustible PT-(tipo G): 1 eje para tacómetro, 2 malla de filtro, 3 combustible a los inyectores, 4 válvula de paro, 5 bomba de engranes, 6 codo para válvula de retención, 7 combustible del tanque, 8 amortiguador de pulsaciones, 9 eje del acelerador, 10 tornillo de ajuste de marcha mínima, 11 resorte para alta velocidad, 12 resorte de marcha mínima, 13 presión de la bomba de engranes, 14 presión en el múltiple de combustible, 15 presión para marcha mínima, 16 émbolo del gobernador, 17 contrapesos del gobernador, 18 resorte de torsión, 19 émbolo auxiliar del gobernador, 20 resorte auxiliar del gobernador, 21 eje principal

CUMMINS

### Piezas internas de la bomba PT

Las piezas internas de una bomba de combustible PT-(tipo G) se ilustran en vista fantasma en la figura 27.13. Esto permite ver la forma física de las piezas que se habían ilustrado en forma esquemática.

Se puede ver que el eje principal (21), que se impulsa desde el motor, acciona la bomba (5) de engranes que está en la parte posterior. El gobernador, que está en la parte inferior de la bomba, se impulsa con un grupo de engranes desde el eje principal. El eje (9) del acelerador está montado transversal en el cuerpo y sobresale de la cubierta de la bomba para instalar la palanca del acelerador. El filtro magnético (2) está contiguo a la bomba de engranes y el amortiguador (8) de pulsaciones está detrás de aquella. La válvula (4) de paro está en la parte superior de la bomba. Un eje (1) de impulsión de tacómetro se conecta con este en el tablero de instrumentos.

Para seguir el paso del combustible por la bomba se empieza en el tubo (7) de entrada de combusti-

ble y los conductos que van a la bomba de engranes, acelerador y válvula de paro hasta el tubo (3) para combustible que está conectado en la culata de cilindros.

### Funcionamiento del gobernador

El gobernador mecánico estándar efectúa dos funciones de regulación:

1. Mantiene suficiente combustible para marcha mínima cuando la palanca del acelerador está en esa posición.
2. Corta el combustible cuando se exceden las rpm gobernadas y así limita la velocidad máxima del motor.

El gobernador también permite una presión sin restricciones a fin de tener máximo combustible en los inyectores para el arranque. Además, una parte del gobernador funciona como válvula reguladora de presión de la bomba en relación con la velocidad y carga del motor.

Consúltese la figura 27.4 en que se ilustra el gobernador básico, como referencia para la siguiente descripción.

### *Regulación en marcha mínima*

Con el motor en marcha mínima, los contrapesos del gobernador se moverán hacia fuera para colocar el émbolo en el sitio en que envíe la cantidad correcta de combustible al orificio D) de marcha mínima que, a su vez, se envía a los inyectores para tener la marcha mínima correcta. Esta es la posición del gobernador ilustrado en la figura 27.4. El rebajo del émbolo 3) abre en forma parcial el orificio D) de marcha mínima con lo cual pasa una cantidad restringida del combustible al acelerador y a los inyectores.

Si *aumenta* la carga del motor, éste perderá velocidad y el gobernador responderá a ese cambio para mantener la marcha mínima determinada. Cuando se reduce la velocidad del motor, disminuirá la fuerza centrífuga que actúa en los contrapesos y éstos se moverán hacia dentro para mover al émbolo hacia la izquierda y dejar pasar más combustible por el orificio de marcha mínima a los inyectores. Con esto se restaurará la marcha mínima.

Cualquier *reducción* en la carga permitirá que aumente la velocidad del motor y que se muevan otra vez los contrapesos, para mover al émbolo a la posición que restrinja el orificio de marcha mínima. Esto reducirá el paso de combustible a los inyectores y se restaurará la marcha mínima.

Un resorte 7) pequeño para marcha mínima se opone al movimiento hacia fuera de los contrapesos. Estos, en marcha mínima, siempre estarán en una posición en la cual están balanceados entre la fuerza centrífuga y la fuerza del resorte para mantener la marcha mínima graduada.

Para ajustar la marcha mínima se gira el tornillo 6). Al apretarlo, se aumentan la tensión del resorte y las rpm de marcha mínima. Al aflojarlo, se reducen la tensión del resorte y las rpm.

### *Regulación a velocidad máxima*

Cuando el motor llega a su velocidad máxima gobernada, los contrapesos se habrán movido hacia fuera lo suficiente para colocar al émbolo del gobernador en el lugar en que está a punto de cerrar el conducto E) principal de combustible. Cualquier aumento adicional en la velocidad del motor producirá más movimiento del émbolo, el cual cerrará en forma parcial el conducto E) para reducir el suministro de combustible y disminuir la velocidad del motor. En esta forma, el gobernador actúa para limitar la velocidad máxima del motor a la especificada por el fabricante.

El resorte 5) principal del gobernador se opone al movimiento del émbolo a velocidades más altas que la marcha mínima. El aumento en la fuerza del resorte incrementa la velocidad máxima del motor;

el ajuste se hace con suplementos (laminas) colocados detrás del resorte. Para reducir la velocidad máxima se quitan suplementos de detrás del resorte y viceversa.

### *Regulación a velocidades normales*

El único control que el gobernador automotriz estándar tiene en el motor, entre marcha mínima y velocidad máxima, es el de la presión de combustible. Durante el funcionamiento normal entre marcha mínima y rpm máximas, el acelerador controla la velocidad del motor.

Cuando se utiliza gobernador de velocidad variable en motores para ciertas aplicaciones, se puede emplear el gobernador para controlar las velocidades intermedias.

### *Regulación con sobrevelocidad*

Si se tiene la transmisión en una "velocidad" incorrecta o si en una bajada la carga "empuja" el vehículo y las rpm aumentan hasta el punto de sobrevelocidad, el gobernador cortará todo el combustible para los inyectores.

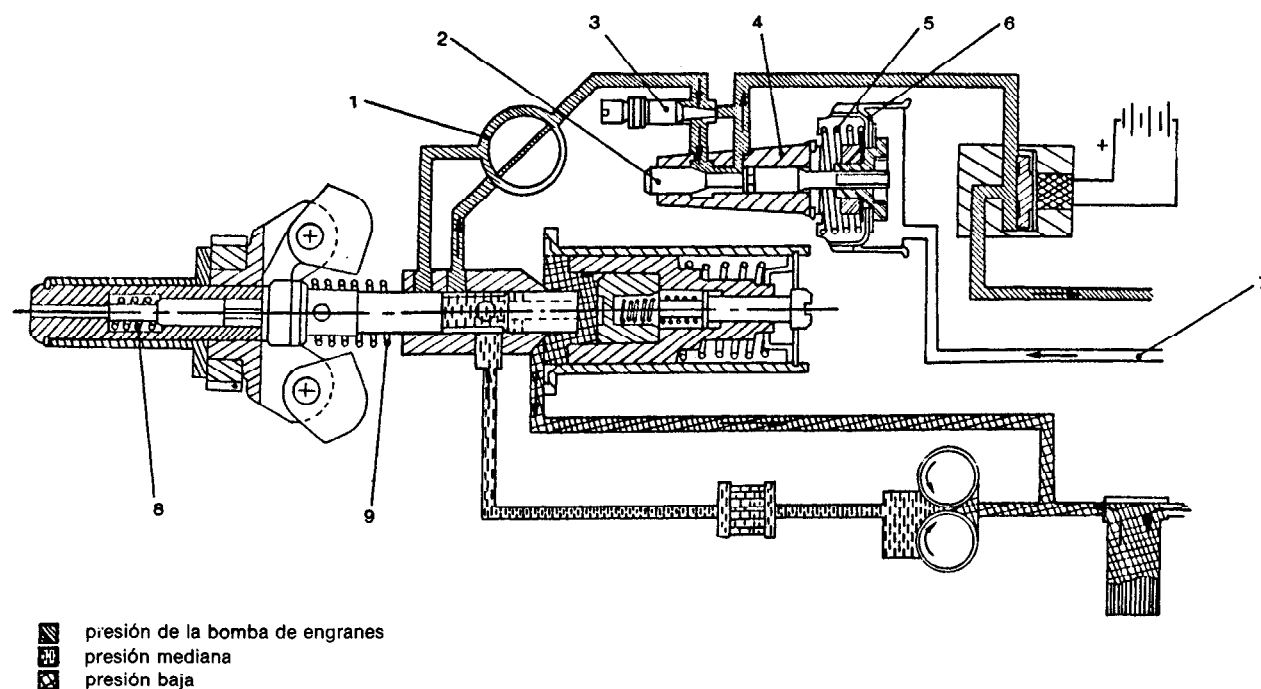
La fuerza centrífuga de los contrapesos aumentará al grado de que el resorte gobernador principal se comprimirá más y permitirá que el émbolo cierre el conducto E) principal para combustible y desvíe el combustible por los orificios de descarga en el émbolo hacia el conducto C) de derivación, esos orificios son agujeros radiales en el émbolo, que es hueco.

Con el acelerador cerrado, pasa por el mismo una pequeña cantidad de combustible, que se llama escurrimiento por el acelerador. Con esto se mantienen los conductos llenos para tener aceleración rápida cuando se desee y para lubricar los inyectores.

### *Regulación de la presión*

La presión que produce una bomba sin regulación y el volumen de combustible que bombea están en relación con su velocidad. A alta velocidad, la bomba de engranes puede producir dos o tres veces más que la presión requerida; por tanto, se debe regular de acuerdo con las necesidades del sistema.

La bomba de engranes entrega mucho más combustible del requerido al émbolo 3) del gobernador. A fin de evitar una presión excesiva, el excedente de combustible pasa por una perforación en el émbolo del gobernador, que es hueco, para llegar al botón 4) del resorte de marcha mínima. La presión del combustible contra el botón lo separa del extremo del émbolo. Con esto se produce un espacio entre el extremo del émbolo y el botón por el cual el exceso de combustible llega al conducto C) de derivación y retorna a la entrada a la bomba de engranes. La regulación de la presión en el sistema se logra al derivar el exceso de combustible en esa forma.



**Fig. 27.14** Sistema de combustible con AFC: 1 acelerador, 2 émbolo del AFC, 3 aguja "sin aire", 4 barril; 5 resorte del diafragma, 6 diafragma, 7 conexión con el múltiple de admisión de aire, 8 resorte auxiliar de contrapesos, 9 resorte de control de torsión

CUMMINS

Los diferentes modelos de motor tienen distintos requisitos de presión y volumen de combustible, que se pueden satisfacer al variar la cantidad de combustible que se deriva en determinado motor. La cantidad derivada dependerá del tamaño del espacio o abertura entre el extremo del émbolo del gobernador y el botón.

La posición del botón y, en consecuencia, el tamaño de la abertura, se determinan por la fuerza de los resortes que tratan de cerrar la abertura, a la que se opone la fuerza del combustible a presión que trata de abrirla. El balanceo entre estas fuerzas produce la presión regulada.

La presión requerida en los inyectores en determinado modelo de motor se obtiene con el empleo de botones con rebajo de mayor o menor tamaño. La presión del combustible en el rebajo del botón determina la fuerza contra el mismo y también el tamaño de la abertura para derivar el combustible.

Se debe tener en cuenta que la cantidad de combustible derivado no será constante, sino que dependerá de la velocidad de la bomba y la resistencia al flujo por el émbolo del gobernador y por el conducto de marcha mínima o el conducto principal de combustible hasta el acelerador.

#### Válvula de control de aire-combustible

La válvula de control de aire-combustible (AFC por sus siglas en inglés) se utiliza en los motores

turbocargados para restringir el flujo y la presión del combustible durante la aceleración. La AFC limita la cantidad de combustible suministrado a los inyectores de acuerdo con la cantidad de aire que envía el turbocargador. El control de flujo y presión del combustible para los inyectores, en esa forma, produce mejor combustión, menor consumo de combustible y menos humo negro en el escape y mayor torsión (par) a bajas velocidades durante la aceleración.

En la figura 27.14 se ilustra la AFC en forma esquemática como parte del sistema de combustible. En realidad, la AFC está en la parte superior de la cubierta de la bomba. Consta, básicamente, de una cubierta pequeña en la que hay un émbolo controlado por un diafragma que se desliza dentro de un barril. Un lado de la cubierta está conectado por un tubo con el múltiple de admisión de aire, de modo que el diafragma responda a los cambios en la presión en el múltiple.

El combustible del sistema circula desde el acelerador a la AFC antes de pasar por la válvula de paro. La AFC tiene dos conductos: uno de ellos es por una válvula de aguja "sin aire" y el otro por el barril hasta más allá del émbolo. El flujo de combustible en los conductos se determina por la presión en el múltiple de aire y por su efecto en el diafragma de la AFC.



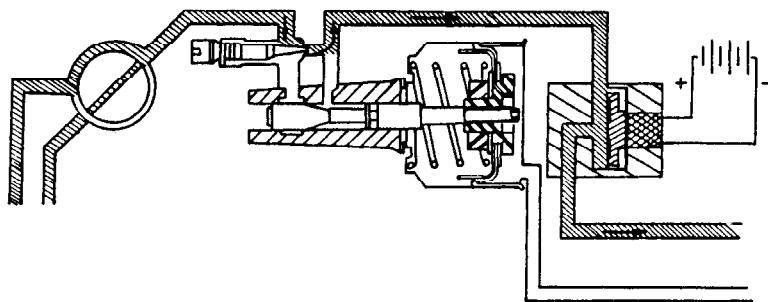


Fig. 27.15 AFC con el combustible en circulación alrededor de la aguja "sin aire"

CUMMINS

Durante el arranque, en marcha mínima, con carga liviana o siempre que la velocidad del turbocargador y la presión en el múltiple de aire sean bajas, el resorte de AFC que actúa contra el diafragma, sostiene al émbolo de modo que impida el paso del combustible por el barril de AFC, como se ilustra en la figura 27.15. En estas condiciones, el único combustible que va a los inyectores es la cantidad que pasa alrededor de la válvula de aguja "sin aire".

Cuando aumenta la presión en el múltiple de aire, ésta se transmite al lado de presión del diafragma de AFC; esto vence la fuerza del resorte de AFC y hace que el émbolo se mueva en el barril. Con esto quedan descubiertas las perforaciones en el barril que dejan que el combustible pase por el émbolo y el barril hasta la válvula de paro y a los inyectores, como se ilustra en el AFC de la figura 27.14.

Conforme sigue en aumento la presión en el múltiple de aire, el diafragma y el émbolo se mueven más, con lo cual descubren en forma progresiva una mayor superficie de las perforaciones. Se deja pasar más combustible, se eliminan todas las restricciones y se llega a la condición de "con pleno aire" que permite flujo sin restricción con el acelerador abierto por completo y con plena carga.

### Resortes del gobernador

Ya se describieron las funciones del resorte de marcha mínima y del resorte principal del gobernador; en la figura se muestran dos resortes adicionales que son: el resorte 8) auxiliar de los contrapesos y el resorte 9) de control de torsión (par).

El émbolo y el resorte auxiliares de los contrapesos ayudan a éstos durante el arranque y la marcha mínima porque aplican carga contra el émbolo del gobernador. Esto asegura que los inyectores tendrán combustible adecuado en marcha mínima y baja velocidad. Esa carga también actúa para amortiguar los borboteos en marcha mínima.

El resorte de control de torsión está colocado sobre el émbolo del gobernador. Más allá de cierto punto, este resorte se opone a la acción de los contrapesos y al movimiento del émbolo del gober-

nador. Con el empleo del resorte de control de torsión se modifican las características de entrega de combustible de la bomba, de modo que se entregue más combustible a ciertas velocidades del motor para aumentarle su torsión.

### Otros gobernadores

Se ha descrito el gobernador estándar o automotriz, pero se emplean otros gobernadores para aplicaciones especiales. Incluyen una serie de gobernadores PT de velocidad variable con los mismos principios básicos que el gobernador estándar pero con mecanismos adicionales para el control variable de la velocidad. También se pueden utilizar gobernadores auxiliares mecánicos, eléctricos e hidráulicos en combinación con el gobernador PT para aplicaciones especiales.

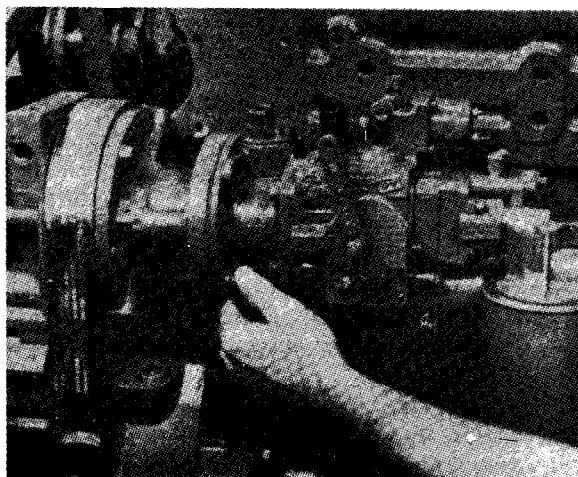
## Requisitos para el servicio

La bomba de combustible PT se puede desmontar e instalar en el motor sin necesidad de sincronizarla. Debido a que la bomba no interviene en la medición ni en la sincronización de la inyección, ya que son los inyectores los que realizan estas funciones, es muy fácil desmontar e instalar la bomba. Además, debido a su construcción, la bomba por lo general sólo se desmonta durante el reacondicionamiento del motor.

En la figura 27.16 se ilustran la instalación y la posición de la bomba en un motor en línea. La bomba tiene una brida delantera que se sujeta con tornillos contra una brida correlativa en el adaptador para la bomba en la parte trasera de la caja de engranes.

También se ilustra un filtro de combustible, tipo desechable, instalado detrás de la bomba.

Para cualquier trabajo de reparación en el sistema de combustible PT se requieren instalaciones y equipo especiales; si no se tienen, no se deben intentar más reparaciones o ajustes que los que se puedan efectuar con los componentes instalados en el motor.



**Fig. 27.16** Instalación de la bomba de combustible PT en el motor CUMMINS

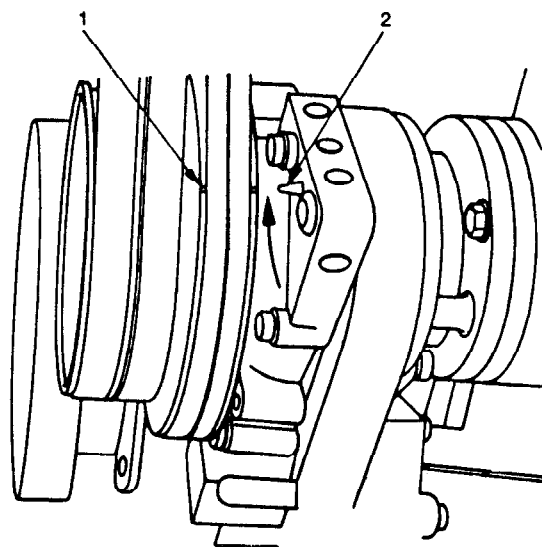
Durante el reacondicionamiento, se desarma la bomba por completo y se examinan todos los componentes, con especial cuidado en las piezas móviles. Al armar, se instalan las piezas nuevas necesarias. Después, se monta la bomba en el probador y se la hace funcionar como si estuviera instalada en el motor para probarla, calibrarla y ajustarla antes de volver a instalarla; esto asegura que el funcionamiento de la bomba estará dentro de las especificaciones para entrega de combustible. Se debe tener en cuenta que la calibración de la bomba PT se basa en ajustes de flujo y presión y el procedimiento es muy distinto al descrito en el capítulo 24 para las bombas de inyección en línea.

### Ajuste de los inyectores

Los inyectores del tipo estándar (sin tope superior) se ajustan instalados en el motor, a fin de graduar la carrera del émbolo del inyector, que se mide con un micrómetro de carátula. Los inyectores de tope superior se deben desmontar para ajustar la carrera del émbolo como se describe en un encabezado especial; los ajustes en el motor son en el mecanismo de inyectores.

Por lo general, las válvulas y los inyectores se ajustan al mismo tiempo y el ajuste correcto es indispensable para tener buen funcionamiento del motor. El ajuste incorrecto de los inyectores influirá en la sincronización de la inyección y la entrega de combustible en las cámaras de combustión y, además, puede producir daños. Los ajustes se suelen realizar con el motor frío.

Antes de empezar los ajustes hay que comprobar que los tornillos de sujeción de los inyectores y los de la cubierta de balancines estén apretados a la torsión especificada para ese motor. Si los tornillos de los inyectores no están apretados, pueden ocu-



**Fig. 27.17** Marcos para ajuste de válvulas e inyectores:  
1 marca en la polea de impulsión de accesorios, 2 puntero en la caja de engranes CUMMINS

rrir fugas de gases de combustión por el asiento de los inyectores. Si los tornillos están pasados de apriete, también ocurrirán daños. Las especificaciones varían según el motor y los inyectores y se deben consultar para hacer cualquier trabajo.

### Posiciones para ajuste de válvulas e inyectores

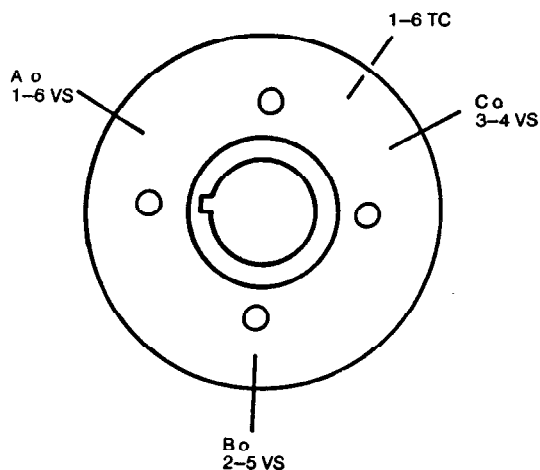
Las marcas de sincronización o ajuste de válvulas e inyectores están en la polea de impulsión de accesorios y, en algunos casos, en el amortiguador de vibración o en el volante. Cuando las marcas están alineadas con el puntero (Fig. 27.17) se puede girar el cigüeñal a la posición correcta para ajuste de válvulas e inyectores. En la figura 27.18 se ilustran las marcas de sincronización para un motor de seis cilindros en línea y se emplean las mismas para válvulas e inyectores, pero en diferentes cilindros como se describirá más adelante.

Se puede hacer girar el cigüeñal con una llave de cubo en la tuerca con brida que sujeta la polea de impulsión de accesorios o con una palanca giradora, que se coloca contra el aro de la polea.

### Alineación de las marcas

El procedimiento para ajustar las marcas de sincronización de válvulas e inyectores en la polea de impulsión de accesorios (Fig. 27.18) es como sigue:

1. Hágase girar el cigüeñal en su sentido de rotación hasta que la marca "A" o la marca 1-6 "VS" estén alineadas con el puntero en la tapa de engranes.
2. Cuando la marca esté alineada, las válvulas de admisión y de escape del cilindro No. 5 deben estar cerradas. Ambos balancines estarán libres



**Fig. 27.18** Marcas en la polea de impulsión de accesorios: A, B, C y VS para ajuste de válvulas e inyectores, TC punto muerto superior del pistón CUMMINS

y el émbolo del inyector del cilindro No. 3 debe estar en la parte superior de su carrera; si no, hágase girar el cigüeñal  $360^\circ$  y vuélvase a alinear la marca con el puntero.

3. Con la marca de sincronización bien alineada y con las válvulas del cilindro No. 5 cerradas, se ajustan las válvulas de ese cilindro y el inyector del cilindro No. 3.
4. El ajuste en el cilindro No. 5 es el punto de partida para el ajuste. Luego se ajustan los demás cilindros en el orden de encendido (Tabla 27.1). Sólo se puede ajustar un cilindro cada vez, por lo cual se necesitan dos revoluciones completas del cigüeñal para ajustarlos todos.

La posición de partida que se ilustra es la posición "A" para el inyector del cilindro No. 3 y las válvulas del cilindro No. 5. También, como opción, se podría utilizar la posición "A" para el inyector del cilindro No. 4 y las válvulas del cilindro No. 2 para iniciar el orden de ajuste si es la posición más cercana.

#### Ajuste de inyectores estándar (sin tope superior)

Se utiliza un micrómetro de carátula para medir con exactitud la carrera del émbolo del inyector, que es la distancia que el balancín mueve al émbolo hasta que asienta en la copa del inyector. El procedimiento para ajuste es el siguiente.

1. Instálense el micrómetro de carátula y su soporte en la cubierta de balancines (Fig. 27.19) con la extensión del micrómetro en contacto con la parte superior del émbolo del inyector que se va a ajustar.
2. Póngase la herramienta giradora en el balancín del inyector para asentar el émbolo; es decir,

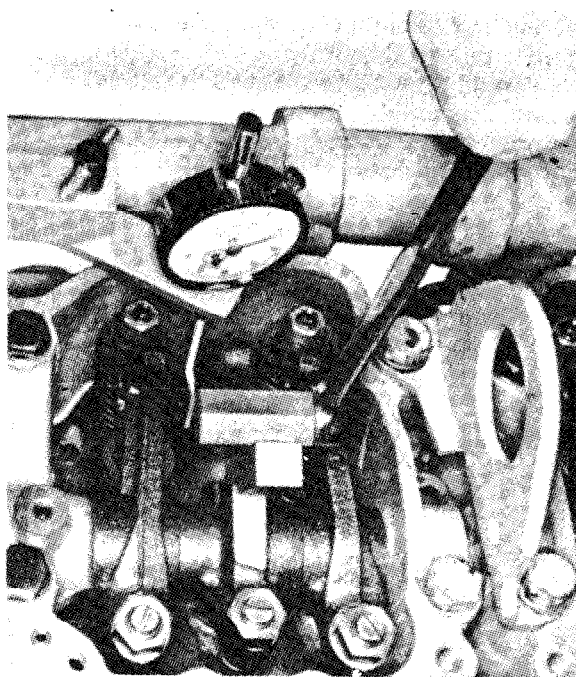
muévase el balancín hasta que el émbolo asiente en el fondo de la copa.

3. Mientras el émbolo está asentado a fondo, póngase el micrómetro en cero.
4. Suéltese lentamente el balancín y obsérvese la lectura total del micrómetro; compruébese contra las especificaciones para ese motor, por ejemplo, 4.32 mm.
5. Si se necesita ajuste, se lleva a cabo con el tornillo respectivo en el extremo del balancín en que está la varilla de empuje.
6. Después de ajustar, repítanse los pasos 2, 3 y 4 para verificar que esté correcto.

Se debe tener en cuenta que la longitud de la carrera del émbolo no es ajustable, pues se determina según el tipo de motor con la alzada de la leva y la configuración del balancín. Lo que en realidad se verifica es que la carrera del émbolo ocurra en el momento preciso, de modo tal que asiente en forma correcta en la copa al final de la carrera.

Si el inyector está desajustado y la carrera del émbolo ocurre antes de tiempo, éste no asentará en forma correcta o, en casos extremos, no llegará al fondo de la copa del inyector. Si el movimiento del émbolo empieza muy tarde, golpeará contra el fondo de la copa y producirá daños.

El punto en que debe empezar la carrera del émbolo se determina con el micrómetro de carátula. Si no está correcto, el tornillo de ajuste del balancín se aprieta o se afloja para graduar el co-



**Fig. 27.19** Ajuste de carrera del émbolo del inyector con un micrómetro de carátula CUMMINS

mienzo de la carrera en el punto determinado con el micrómetro de carátula.

### Ajuste de inyectores con tope superior

La carrera del émbolo de estos inyectores no se puede ajustar con el inyector instalado en el motor; en este caso sólo se puede hacer un ajuste para una ligera precarga contra la articulación del inyector. La finalidad de la precarga es eliminar toda la holgura en el mecanismo de inyectores. El ajuste se hace en la posición para graduar inyectores descrita en "Posiciones para ajuste de válvulas e inyectores", y son las mismas para inyectores estándar o con tope superior. El ajuste de los inyectores de tope superior es como sigue.

1. Pónganse las marcas en la polea de accesorios en "A" o en "VS" (Fig. 27.18).
2. Determínese el inyector que se va a ajustar (Tabla 27.1).
3. Afloje la contratuerca y apriétese el tornillo de ajuste en el extremo del balancín hasta eliminar toda la holgura en el mecanismo. Apriétese el tornillo una vuelta adicional para asentar por completo la articulación del inyector.
4. Aflojese el tornillo de ajuste hasta que la arandela que está en la parte superior del resorte en el inyector quede contra el tope superior. La posición de la arandela se ilustra en la figura 27.9.
5. Apriétese el tornillo de ajuste con una llave de torsión 0.6 N m. Con esto se aplica una ligera precarga al inyector.
6. Sujétese el tornillo de ajuste en esa posición y apriétese la contractura a la torsión especificada de 55 a 60 N m.

### Ajuste de la carrera del émbolo

Para ajustar la carrera del émbolo en los inyectores de tope superior se requiere desmontarlos del motor.

Se utiliza una herramienta especial para ajustar la carrera, la cual consiste en un dispositivo para sujetar el inyector con un micrómetro de carátula en la parte superior para medir la carrera. El tope superior se ajusta de modo que la carrera del émbolo,

desde el tope hasta la copa, sea la especificada para ese inyector.

### Desmontaje e instalación de inyectores

Se quitan la placa o yugo de sujeción para sacar los inyectores de la culata; esto se facilita con el extractor especial.

Después de desmontar el inyector se limpia todo el carbón de los manguitos de cobre para los inyectores en la culata. Se emplea un trozo de madera con un trapo limpio envuelto en la punta. No se debe emplear ningún objeto metálico para raspar el carbón de los manguitos.

Hay que lubricar los sellos anulares con aceite para motor antes de instalar los inyectores en la culata.

Se debe empezar a colocar y a guiar con la mano el inyector en su cavidad, para alinearlos y que no se traben. Los inyectores concéntricos no tienen conexiones roscadas para el combustible que deban ser alineadas, y se pueden instalar en cualquier posición.

Para asentar el inyector se emplea algún objeto limpio, que no tenga filo, colocado contra el cuerpo del inyector para darle un empujón rápido y con viveza. Se debe oír y sentir un chasquido cuando la copa asienta en el manguito de cobre en la culata.

El inyector debe estar asentado por completo, porque se dañarán los sellos anulares si se trata de asentarlo con los tornillos de montaje. Los sellos dañados permitirán fugas de combustible y otros problemas, que pueden ser desde mal funcionamiento del inyector hasta la dilución del aceite lubricante.

No se debe utilizar el mango de madera de un martillo o herramienta similar para instalar los inyectores, pues pueden caer mugre o astillas en el asiento de la articulación y ésta o su asiento se dañarán.

### Servicio a los inyectores

Si se tiene el equipo especial, los inyectores se pueden desarmar, limpiar, inspeccionar y probar.

Para desarmar el inyector, se sacan el émbolo y el resorte. En los de tope superior, se desenrosca éste para sacar el émbolo. Se monta el inyector en un dispositivo de sujeción para poder desatornillar el retén de la copa en el adaptador, mediante una llave especial que ajusta en las ranuras del inyector. Con ello, se liberan el barril y la copa en el adaptador (véanse las piezas en la figura 27.9).

El barril y el émbolo del inyector son de ajuste selectivo y no se deben intercambiar con los de otros inyectores.

Las piezas del inyector se remojan en disolvente para eliminar el carbón y el barniz. En la copa del inyector no se deben emplear cepillos ni instrumentos metálicos. Se inspeccionan todas las piezas; se determina si el émbolo y el barril están decolorados por el calor o si tienen desgaste y escoriaciones. El

**Tabla 27.1** Posiciones para ajuste de válvulas e inyectores

|           | Posición de la polea | Ajustar en ese cilindro: Inyector | Válvulas |
|-----------|----------------------|-----------------------------------|----------|
| Empezar   | A o 1-6 VS           | 3                                 | 5        |
| Avanzar a | B o 2-5 VS           | 6                                 | 3        |
| Avanzar a | C o 3-4 VS           | 2                                 | 6        |
| Avanzar a | A o 1-6 VS           | 4                                 | 2        |
| Avanzar a | B o 2-5 VS           | 1                                 | 4        |
| Avanzar a | C o 3-4 VS           | 5                                 | 1        |

**Orden de encendido del motor:** 1-5-3-6-2-4

resorte se examina en un probador para determinar su longitud comprimida con la carga especificada.

El inyector se arma en el dispositivo de sujeción y se prueba a fin de determinar si hay escurrimiento y el patrón de atomización.

Los inyectores reconstruidos se instalan en un probador para la prueba de flujo, que incluye medir la entrega de combustible. El inyector se hace funcionar en condiciones controladas que simulan su funcionamiento en el motor; el probador sirve para contar las carreras de inyección, suministra el combustible a la presión especificada y tiene probetas graduadas para medir la entrega de combustible.

### Ajuste de válvulas

Durante el ajuste de holgura éste se efectúa en las crucetas y en las válvulas. La cruceta siempre se ajusta antes que las válvulas.

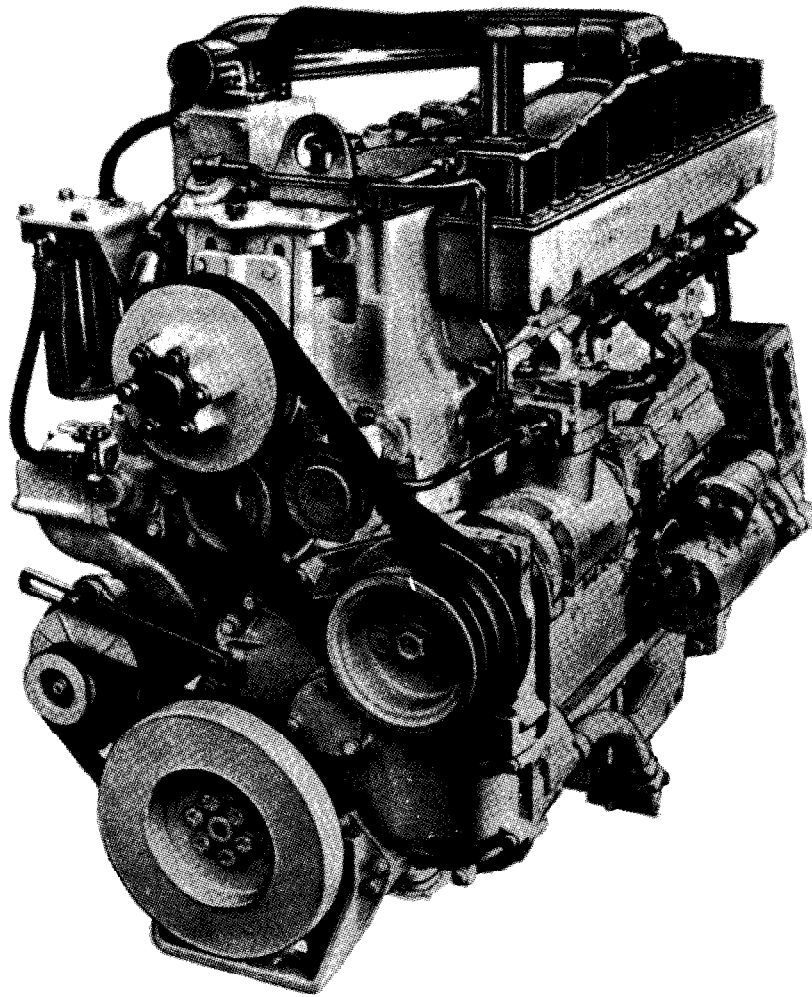
Las marcas "A" y "VS" para ajuste de inyectores también se emplean para el ajuste de válvulas, pero las válvulas que se van a ajustar no son del mismo cilindro que el inyector. El orden para ajustar se presenta en la tabla 27.1.

El ajuste de válvulas se describe en el capítulo 6.

## Preguntas para repaso

1. ¿Qué significan las letras PT en este sistema de combustible?
2. Menciónense las partes básicas del sistema de combustible PT
3. ¿Cuál es la finalidad de a) la bomba de engranes y b) del amortiguador de pulsaciones?
4. Consúltase la ilustración correspondiente y explíquense con brevedad las acciones que ocurren dentro del gobernador.
5. ¿Cuál es la función del acelerador?
6. ¿Por qué se utiliza una válvula de paro?
7. ¿Qué hace que funcione el inyector?
8. Consúltase el diagrama del sistema de combustible PT y sígase el flujo de combustible en todo el sistema. Menciónese la función de cada parte.
9. Explíquese en forma breve cómo entrega el combustible el inyector en la cámara de combustión.
10. ¿Qué es un inyector de tope superior?
11. Menciónense los tres componentes principales en la bomba de combustible PT.
12. El gobernador mecánico estándar efectúa dos funciones ¿Cuáles son?
13. ¿Por qué se utiliza el AFC en la bomba de combustible?
14. ¿Dónde es más probable que se encuentren las marcas para sincronización de válvulas e inyectores?
15. ¿Qué tipo de marcas se utiliza para ajustar la posición de las válvulas e inyectores?
16. Descríbase el procedimiento que se utiliza para poner el cigüeñal en la posición correcta para el ajuste de válvulas e inyectores.
17. ¿Por qué se ajusta la carrera del émbolo en un inyector sin tope superior? Descríbase como se hace.
18. ¿Por qué se aplica un ajuste con una ligera precarga en los inyectores de tope superior?
19. Descríbase cómo se instala un inyector en el motor.
20. Descríbase con brevedad la diferencia principal entre el sistema de combustible PT y otros sistemas de combustible Diesel.





**Fig. 27.20** Motor Cummins de seis cilindros en línea para camión, llamado motor "Big Cam", porque tiene árbol de levas de gran diámetro y, en consecuencia, levas más grandes. Es de 14 litros, similar al ilustrado en la figura 6.38. Tiene turbocargador y postenfriador. El postenfriador se puede ver en la parte superior izquierda del motor e incluye el múltiple de admisión.

Otros componentes externos que se pueden ver son el cubo del ventilador y la bomba del agua, que se impulsan con bandas desde una polea en la parte delantera del eje de impulsión de accesorios. Cada uno tiene bandas separadas: bandas trapezoidales ranuradas para el ventilador y una banda "V" para la bomba del agua; se emplea una polea tensora ajustable para tensar esta banda. Para ajustar las bandas del ventilador, se mueve el soporte del ventilador en agujeros ranurados en su montaje.

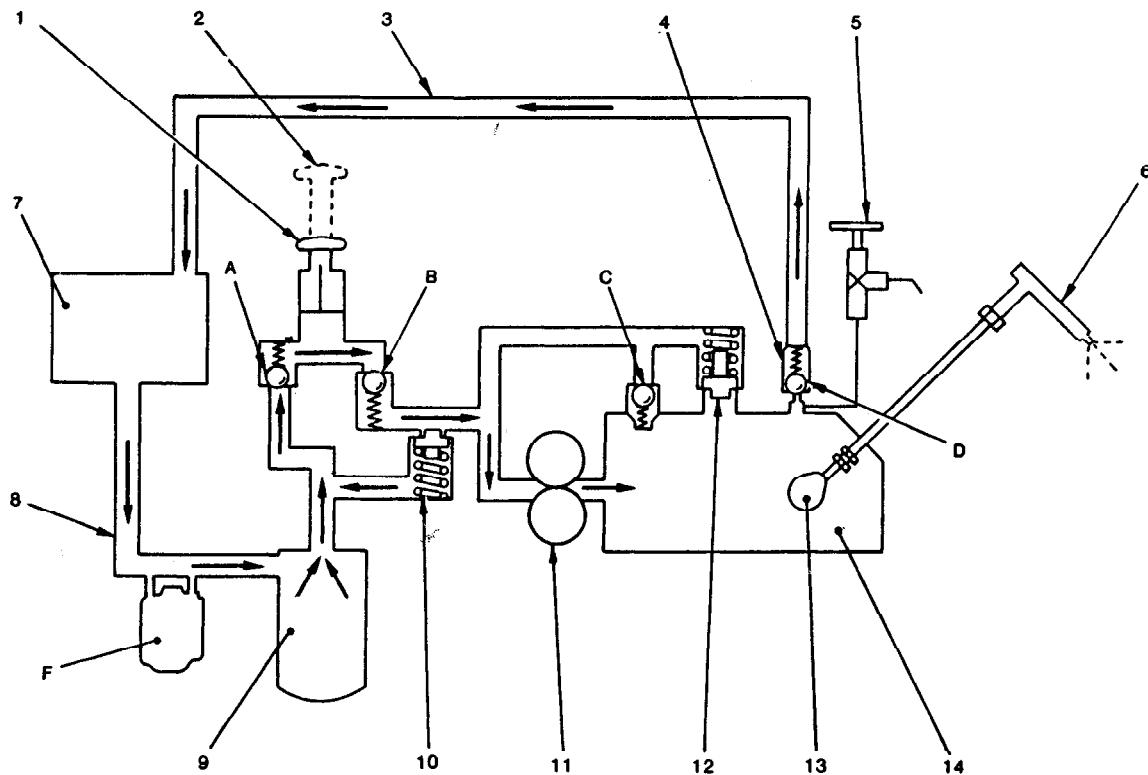
El compresor de aire se impulsa con el eje de impulsión de accesorios. La bomba de combustible PT, montada en la parte trasera del compresor, se impulsa con el cigüeñal del compresor.

En el lado derecho del motor está instalado un filtro y acondicionador de agua y se tiene un grifo para aislar el filtro durante el servicio. El motor de arranque se encuentra en el lado izquierdo. Para poder instalar el motor en un vehículo, hay un soporte de montaje del motor en la parte delantera debajo del amortiguador de vibración y dos placas para montaje, en la parte trasera, una a cada lado de la cubierta del volante

CUMMINS

Los sistemas de combustible utilizados en los motores Caterpillar funcionan en forma similar a otros sistemas que tienen bombas de inyección en línea, descritas en el capítulo 22. Sin embargo, los sistemas Caterpillar tienen sus propias características para la bomba de inyección, inyectores y gobernador.

Se describirán dos sistemas: el *sistema de dosificación con manguito* y el *sistema de dosificación con espiral* (ranura helicoidal). Su nombre proviene del tipo de dosificación en la bomba de inyección. Ambos sistemas son de alta presión, es decir los inyectores funcionan con el combustible a presión que



**Fig. 28.1** Diagrama del sistema de combustible con dosificación por manguito: 1 bomba de cebado (cerrada), 2 bomba de cebado (abierta), 3 tubo de retorno, 4 válvula de purga constante, 5 purga manual, 6 inyector, 7 tanque de combustible, 8 tubo para combustible, 9 filtro, 10 válvula de derivación, 11 bomba de transferencia de combustible, 12 válvula de derivación, 13 leva, 14 cubierta de bomba de inyección, A, B, C y D válvulas de retención, F separador de agua

CATERPILLAR

viene de la bomba. Antes de describir las bombas de inyección, se comentarán las diversas partes del sistema.

## Sistema de dosificación con manguito

En la figura 28.1 se muestra un diagrama del sistema de dosificación con manguito y los números de referencia señalan las diversas piezas. El flujo de combustible se indica con las flechas. El sistema funciona como sigue.

Con el motor en marcha, la bomba de transferencia 11), que es del tipo de engranes, toma el combustible del tanque 7) y lo entrega a la bomba de inyección 14). El combustible que sale del tanque pasa primero por el separador F) de agua y el filtro 9) antes de llegar a la bomba de transferencia 11); desde ésta, el combustible a presión llena la cubierta de la bomba de inyección. La presión del combustible con plena carga es de alrededor de 200 kPa. Si la presión del combustible dentro de la cubierta es demasiado alta, se abrirá la válvula de derivación 12) para retornar parte del combustible al lado de entrada de la bomba de transferencia para reducir la presión en la cubierta de la bomba de inyección.

La bomba de inyección, que se describirá con mayor detalle más adelante, consta de una cubierta con un elemento de bombeo separado para cada cilindro, accionado por el árbol de levas de la bomba. En el diagrama sólo se ilustran una leva 13) y un elemento de bombeo, que funcionan en la forma usual para entregar una cantidad dosificada (medida) de combustible a alta presión al inyector 6) y éste lo atomiza en la cámara de combustión.

La válvula 4) de retorno constante sirve para expulsar el aire (purgar) del sistema porque deja que el combustible retorne por el tubo 3) de retorno al tanque 7). Este flujo del combustible purga el aire de la bomba de inyección y ayuda a enfriarla. La válvula de retención D) restringe el flujo hasta que la presión dentro de la cubierta es de unos 20 kPa. Algunos sistemas tienen también un tubo de retorno de combustible en la parte superior de los inyectores para llevar la pequeña cantidad de combustible que sale de ellos hasta el tanque.

### Cebado manual

El sistema tiene una bomba de cebado 1) manual para llenarlo con combustible y purgar el aire. Durante el cebado manual, el flujo de combustible es como sigue.

Cuando se tira (jala) de la palanca de la bomba de cebado 1) la presión negativa en ella hace que se abra la válvula de retención A) y que la bomba succione el combustible del tanque 7) por el tubo 8) de entrada. Al empujar la palanca de la bomba, se cierra la válvula de retención A) y se abre la válvula

de retención B). Si el sistema está seco, entonces primero pasará aire, luego aire y combustible y después sólo combustible por la válvula de retención B) a la cubierta 14) de la bomba de inyección. Con esto se pasa a un lado de la bomba de transferencia de combustible 11) al levantarse la válvula de retención C) de modo que pueda entrar a la cubierta de la bomba de inyección.

Cuando se sigue accionando la bomba de cebado, tomará combustible del tanque hasta que los tubos de combustible, el separador F) de agua, el filtro 9) y la cubierta 14) de la bomba de inyección estén llenos. Hay que abrir con la mano la válvula 5) para purgar el sistema. Se acciona la bomba de cebado con esa válvula abierta hasta que el flujo de combustible esté libre de burbujas. Si la presión sube a más de 140 kPa cuando se acciona la bomba de cebado, se abrirá la válvula 10) de derivación para que el combustible retorne a la entrada de la bomba de cebado.

El accionamiento de la bomba de cebado, además de cebar y purgar el sistema para tener combustible para el arranque, todas las piezas móviles del sistema reciben el combustible que las lubrica antes de tratar de poner en marcha el motor. El fabricante recomienda la siguiente precaución.

*Precaución:* El combustible Diesel es el único lubricante para las piezas móviles de la bomba de transferencia, en la cubierta de la bomba de inyección y en el gobernador. La cubierta de la bomba de inyección debe estar llena con combustible antes de hacer girar su árbol de levas.

## Bomba de inyección con dosificación por manguito

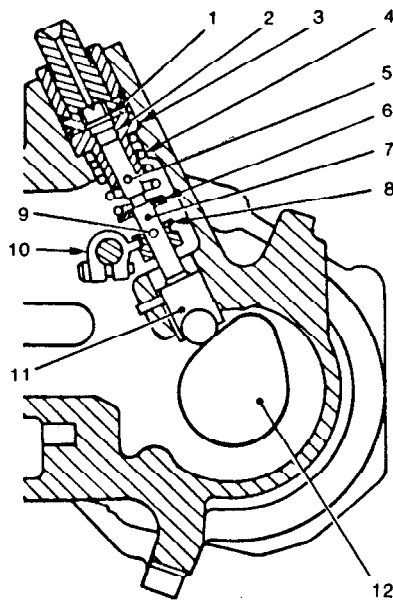
La bomba de inyección se impulsa desde el tren de engranes y debe estar sincronizada con el motor. En la cubierta de la bomba hay cierto número de elementos de bombeo, uno para cada cilindro. Su fabricante sólo les llama bombas. El árbol de levas en la cubierta de la bomba, que gira a la mitad de las revoluciones del cigüeñal, acciona los elementos de bombeo.

La bomba de transferencia está en el frente de la cubierta de la bomba de inyección y el gobernador en la parte trasera. La cubierta y el gobernador se llenan con combustible a baja presión.

### Elemento de bombeo

En la figura 28.2 se ilustra una sección de una bomba. Las partes móviles principales son el árbol de levas 12), el levantador 11), el émbolo 7) y el barril 3). Cuando gira el árbol de levas, mueve el émbolo hacia arriba y abajo en el barril para enviar cantidades dosificadas de combustible por la válvula de retención 1) y la conexión en la parte superior





**Fig. 28.2** Sección de una bomba de combustible con dosificación por manguito: 1 válvula de retención, 2 cámara, 3 barril, 4 resorte, 5 entrada de combustible, 6 retén, 7 émbolo, 8 manguito, 9 orificio de retorno, 10 palanca de control del manguito, 11 levantador, 12 árbol de levas

CATERPILLAR

de la bomba hasta los inyectores. El resorte 4) y el retén 6) mantienen al émbolo contra el levantador.

El combustible bombeado a los inyectores se dosifica por la posición del manguito dosificador 8), al cual puede mover hacia arriba o abajo la palanca 10) de control del manguito para variar la cantidad de combustible entregada por el émbolo 7).

### Funcionamiento de la bomba

En la figura 28.3 se ilustra el funcionamiento de la bomba de inyección. Las piezas básicas, que tienen los mismos números de referencia que en la figura 28.2 son el barril 3), el émbolo 7), el manguito 8), el levantador 11) y la leva 12). Además, se muestran la cámara de bombeo 2) encima del émbolo, el orificio 5) de entrada o llenado y el orificio 6) de salida o retorno, porque intervienen en el funcionamiento de la bomba. El émbolo es hueco en una parte de su longitud de modo que la cámara 2), el orificio de admisión 5) y el orificio de salida 9) estén conectados entre sí. Se debe tener en cuenta que el barril abre y cierra el orificio de entrada y que el manguito 8) de medición abre y cierra el orificio de salida cuando el émbolo se mueve hacia arriba y abajo.

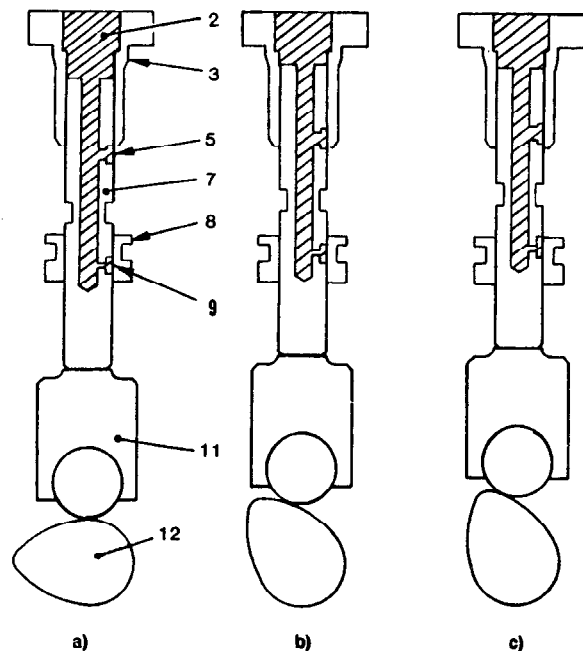
El funcionamiento del émbolo en su carrera ascendente o de bombeo es como sigue:

*Figura 28.3 a).* El émbolo está en la parte inferior de su carrera y éste, como es hueco, y la cámara 2)

encima del mismo se llenan con combustible. La cubierta de la bomba está llena con combustible a presión y éste ha llenado el émbolo y la cámara 2) por el orificio 5) de entrada que está debajo del nivel del combustible en el cubierta. El manguito de dosificación, que se puede mover hacia arriba y abajo por la palanca de control, debe estar a suficiente altura en el émbolo para cerrar el orificio 9) de retorno de combustible antes de que el émbolo pueda entregar combustible al inyector.

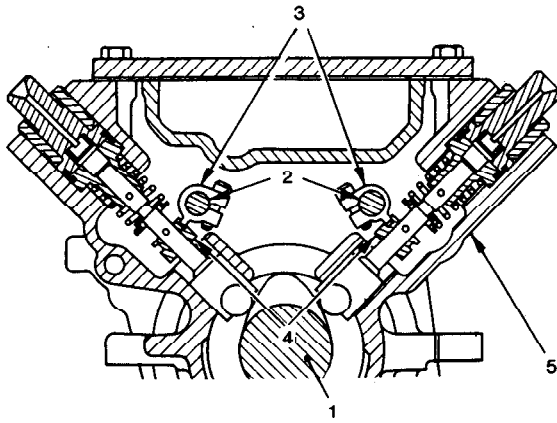
*Figura 28.3 b).* La inyección comienza cuando la leva ha elevado al émbolo lo suficiente en el barril 3) para cerrar el orificio 5) de entrada; éste y el orificio 9) están cerrados. Cuando gira el árbol de levas hace subir más el émbolo en el barril y se aplica presión al combustible que hay en la cámara. Con esto se abre una válvula de retención (que no se ilustra) en la parte superior de la bomba y se entrega combustible al inyector. La inyección comienza cuando la presión del combustible dentro del inyector es lo bastante alta para abrir su válvula.

*Figura 28.3 c).* La inyección cesa cuando el émbolo ha subido lo suficiente para abrir o descubrir el orificio 9) de retorno, en el borde del manguito de dosificación. Con esto se descarga la presión en la cámara y cesa el bombeo. La leva sigue haciendo moverse al émbolo hasta la parte superior de su carrera.



**Fig. 28.3** Funcionamiento de la bomba de combustible con dosificación por manguito: a) antes de la inyección, b) comienzo de la inyección, c) final de la inyección; 2 cámara, 3 barril, 5 entrada de combustible, 7 émbolo, 8 manguito de dosificación, 9 orificio de retorno, 11 levantador, 12 leva

CATERPILLAR



**Fig. 28.4** Instalación de una bomba de combustible de dosificación por manguito en un motor en V:  
1 árbol de levas, 2 varillas de control, 3 palancas de los manguitos, 4 manguitos, 5 cubierta  
CATERPILLAR

La rotación del árbol de levas permite que el émbolo termine su carrera descendente y, durante ese tiempo, el émbolo y la cámara de bombeo se

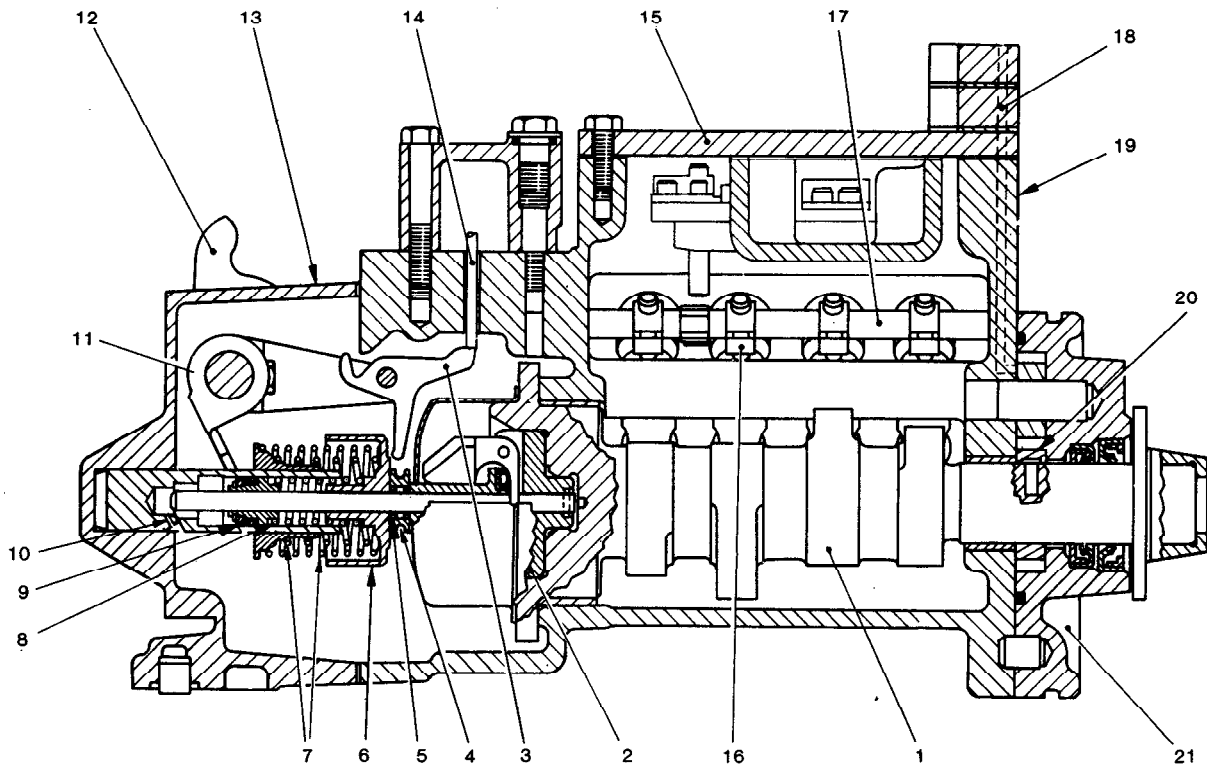
llenan con combustible para volver a empezar el ciclo.

#### Dosificación (medición)

La cantidad de combustible inyectado se controla con la posición del manguito en el émbolo, lo cual determina cuándo cesa la inyección y, por ende, la cantidad inyectada. La inyección siempre empieza en el mismo momento, es decir, cuando está cerrado el orificio de entrada, y cesa cuando se abre el orificio de retorno. El operador, por medio de sus controles, o el gobernador, pueden variar lo anterior cuando hacen que el manguito de dosificación se mueva hacia arriba o abajo.

Cuando el manguito está tan abajo en el émbolo que el retorno de combustible permanece abierto durante toda la carrera, no se producirá presión y no se inyectará combustible. Esta es la posición de corte de combustible del manguito.

Cuando se mueve al manguito hacia arriba en el émbolo, se cerrará el retorno de combustible durante una parte de la carrera y se producirá presión



**Fig. 28.5** Corte de una bomba de dosificación por manguito y gobernador para un motor en V: 1 árbol de levas, 2 soporte y contrapesos del gobernador, 3 palanca de tope de carga, 4 collar de empuje, 5 resorte de exceso de combustible, 6 asiento del resorte, 7 resortes del gobernador, 8 resorte del amortiguador de cierre, 9 pistón del amortiguador de cierre, 10 orificio del amortiguador de cierre, 11 palanca en el eje del gobernador, 12 palanca de control, 13 cubierta del gobernador, 14 pasador de tope de carga, 15 tapa de la bomba, 16 palanca de manguito de dosificación, 17 eje de control del manguito, 18 conducto interno de combustible, 19 cubierta de la bomba de inyección, 20 engrane de impulsión de la bomba de transferencia, 21 bomba de transferencia de combustible  
CATERPILLAR

para inyección. Esta es la posición de paso de combustible.

Al mover el manguito hacia arriba aumentará la cantidad de combustible inyectado; al moverlo hacia abajo se reducirá. Si se lo mueve hacia abajo lo suficiente, no habrá inyección y se parará el motor. Mediante la conexión entre el manguito de dosificación y el gobernador, se controla el motor. El operador, a su vez, puede con sus controles variar la fuerza del resorte gobernador al mover el pedal o palanca del acelerador y con ello controla el funcionamiento del motor.

### Construcción de la bomba de inyección

En la figura 28.4 se ilustra la instalación de la bomba de inyección en un motor en V. En este caso, la cubierta tiene dos bancos de elementos de bombeo al mismo ángulo que el de los cilindros del motor. La bomba está montada en la parte superior del motor en el valle entre los bancos de cilindros.

Los engranes de sincronización impulsan la bomba. Tiene un solo árbol de levas 1) para accionar ambos bancos de elementos de bombeo. Hay dos varillas de control 2), una para cada banco, para accionar las palancas 3) de los manguitos que mueven a los manguitos 4) de dosificación hacia arriba y abajo para controlar la cantidad de combustible entregada a los inyectores.

La bomba ilustrada en la figura 28.2 es para un motor en línea. Tiene una sola hilera de elementos de bombeo, en ángulo con la cubierta. Las bombas con una sola hilera de elementos también se utilizan en algunos motores del tipo en V.

### Gobernador

En la figura 28.5 aparece un corte de la bomba de inyección completa para un motor en V. El árbol de levas se impulsa desde el extremo delantero (lado derecho de la ilustración). El gobernador está montado en la parte trasera de la bomba e impulsado por su árbol de levas. El soporte para los contrapesos está atornillado al extremo del árbol de levas y aquéllos giran junto con el árbol.

En la ilustración aparecen las piezas principales de la bomba y el gobernador. Se ilustra, en la cubierta de la bomba, el eje 17) de control del manguito con las palancas 16) para los manguitos conectadas al mismo, pero sólo se puede ver la parte inferior de los elementos de bombeo. Los engranes para la bomba de transferencia se ilustran en sección en el extremo delantero de la bomba.

El gobernador es mecánico y sus piezas funcionales principales son los dos contrapesos 2), el collar o collarín de empuje 4) y los resortes 7) del gobernador; hay dos de éstos. El principio de funcionamiento es similar al de otros gobernadores mecánicos porque los contrapesos en rotación, debido a la fuerza centrífuga, aplican fuerza en un sentido contra el collar de empuje 4) y los resortes

del gobernador aplican fuerza en sentido opuesto. Con el balanceo de estas fuerzas se obtiene la acción del gobernador. El varillaje, movido por el gobernador, está conectado entre el collar de empuje y el eje 17) de control del manguito en la cubierta de la bomba. La acción del gobernador puede girar el eje de modo que las palancas 16) de manguito muevan a éstos hacia arriba y abajo en los émbolos de la bomba para controlar la cantidad de combustible que entregan a los inyectores, como se describió antes en "Dosificación".

### Acción del gobernador

Con referencia de nuevo a la figura 28.5, la acción del gobernador es como sigue. La palanca 12) externa de control está conectada con la palanca interna en el eje 11) del gobernador. El collar de empuje 4) que recibe las fuerzas opuestas de los contrapesos y los resortes está conectado por medio de varillaje (que no se aprecia en la ilustración) con el eje 17) de control de manguitos. Por tanto, el movimiento de la palanca externa 12) hará que se mueva el eje 17) de control de manguitos, lo cual ocurre por la acción de la palanca interna 11) que apoya contra los resortes 7) del gobernador. Esto mueve al collar de empuje 4) que, a su vez, mueve su varillaje para hacer girar el eje 17) de control de manguitos.

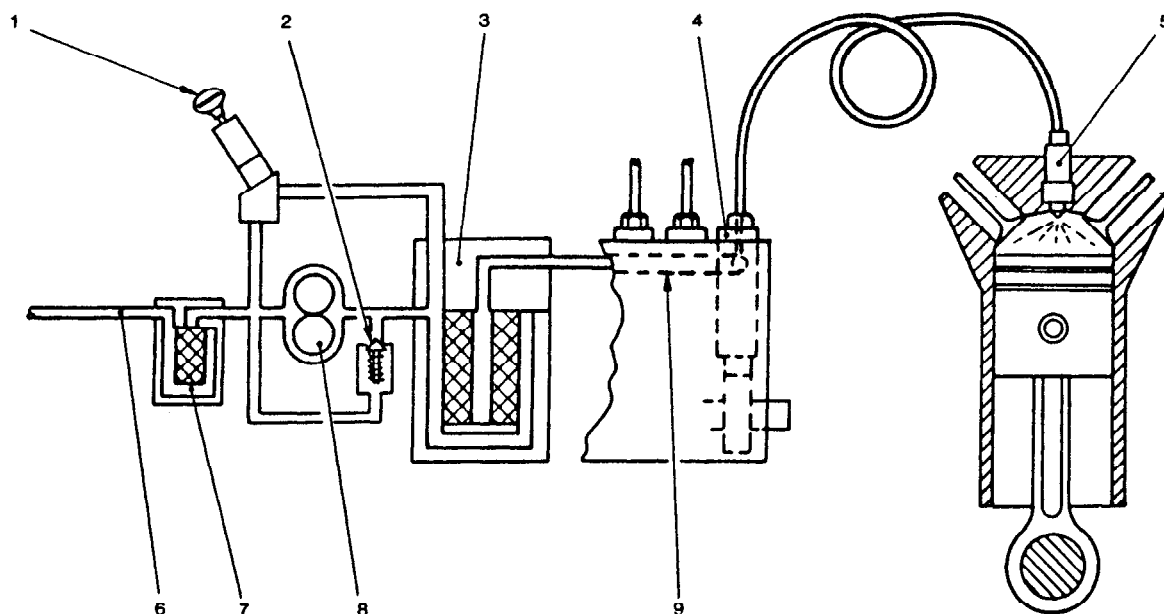
Si se mueve la palanca externa 12) para aumentar la fuerza de los resortes, entonces se hace girar el eje 17) que mueve a los manguitos de dosificación hacia arriba para aumentar la cantidad de combustible entregada a los inyectores.

Si se coloca el control del gobernador en una posición determinada, se mantendrá una determinada velocidad del motor. Cualquier aumento o disminución en las rpm del motor influirá en la fuerza centrífuga que actúa en los contrapesos del gobernador y éstos cambiarán su posición para mover el varillaje de control y el eje de control de los manguitos para disminuir o aumentar (según el caso) la cantidad de combustible que se inyecta y restaurar la velocidad del motor de acuerdo con la posición del gobernador.

### Arranque del motor

Para el arranque del motor se requiere máximo combustible. La fuerza del resorte 5) de exceso de combustible, que está detrás del collar de empuje 4) es suficiente para empujar a éste hacia la derecha. Esto hace girar el eje de control de los manguitos, los cuales se elevan para entregar máximo combustible en los inyectores para el arranque.

Con el motor a unas 400 rpm, los contrapesos del gobernador producen suficiente fuerza para comprimir el resorte 5) entre el collar 4) y el asiento 6) del resorte, con lo cual éste ya no actúa una vez que el motor ya está en marcha y funciona con uniformidad. Después, la acción del gobernador controla la velocidad del motor.



**Fig. 28.6** Diagrama de un sistema de combustible con dosificación por espiral: 1 bomba de cebado, 2 válvula de derivación, 3 filtro principal de combustible, 4 elemento de la bomba, 5 inyector, 6 tubo de combustible del tanque, 7 filtro primario de combustible, 8 bomba de transferencia, 9 múltiple de combustible en la bomba de inyección

CATERPILLAR

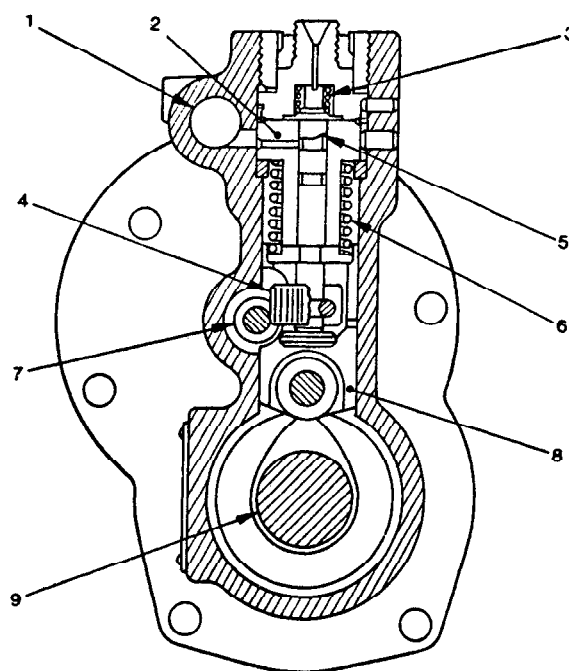
### Carga máxima

El movimiento de la palanca de control hacia la posición de alta velocidad comprime los resortes 7) del gobernador, con lo cual se empujará al asiento 6) de resorte contra la palanca 3) de tope de carga máxima. Luego esta palanca hará contacto con el pasador 14) de tope de carga máxima y lo empujará hacia arriba hasta que llegue a su tornillo de tope. El movimiento de la palanca de control también hace girar el eje 17) de control de los manguitos y aumenta la cantidad de combustible inyectado. Cuando el pasador de tope de carga máxima toca con su tornillo de tope, el eje 17) ya no girará más. En estas condiciones, se entrega la máxima cantidad de combustible a los inyectores.

### Paro del motor

Al mover la palanca de control del gobernador, con el motor en marcha, a la posición de corte de combustible, se eliminará la fuerza del resorte del gobernador, lo cual hace que gire el eje 17) de control de los manguitos y que éstos se muevan hacia abajo de modo que sólo se inyecte una pequeña cantidad de combustible.

Se utiliza un solenoide de paro del motor que mueve al varillaje una distancia adicional, con lo que los manguitos de dosificación se mueven hacia abajo cierta distancia para que no haya entrega de combustible y se produzca el paro del motor.



**Fig. 28.7** Sección de una bomba de inyección con dosificación por espiral: 1 múltiple de combustible, 2 orificio de entrada, 3 válvula de retención, 4 sector de engrane, 5 émbolo de la bomba, 6 resorte, 7 cremallera, 8 levantador, 9 árbol de levas

CATERPILLAR

### Amortiguador de cierre del gobernador

El gobernador tiene un amortiguador de cierre ("dashpot"), que mantiene constante la velocidad del motor. Consta de un pistón 9) pequeño dentro de un cilindro y un resorte que actúa para oponerse al movimiento de los contrapesos del gobernador. El pistón se mueve dentro del cilindro que está lleno con combustible y éste sólo puede entrar o salir por un orificio pequeño 10), con lo cual el combustible amortigua cualquier movimiento del pistón. Esa amortiguación actúa en el gobernador para impedir cualesquiera cambios súbitos en su funcionamiento.

### Sistema de combustible con dosificación por espiral

El sistema de dosificación por espiral o ranura helicoidal tiene componentes similares al de dosificación por manguito, pero en diferentes lugares. La diferencia principal entre los dos sistemas es el método para dosificación dentro de la bomba. En un tipo, se mueve un manguito hacia arriba y abajo y en otro se hace girar el émbolo para variar la cantidad de combustible entregada a los inyectores.

En la figura 28.6 se muestra un diagrama de un sistema de combustible con espiral, que incluye una bomba 1) cebadora manual, una bomba 8) de transferencia de engranes, dos filtros: uno primario 7) y uno principal 3) y la bomba de inyección. El combustible que viene de la bomba de transferencia se entrega, a través del filtro principal, al múltiple 9) de la bomba de inyección, que lo suministra a los elementos de bombeo 4). Los inyectores 5) funcionan con el combustible a alta presión entregado por los elementos de bombeo.

### Bomba de inyección

En la figura 28.7 se presenta una sección de una bomba de inyección con dosificación por espiral. La bomba funciona en forma similar a las bombas en línea CAV y Bosch descritas en el capítulo 22.

La bomba que se ilustra tiene un árbol de levas 9) que eleva al levántador 8) para mover al émbolo 5) en su cavidad en el barril y entregar combustible a través de la válvula de retención 3) al inyector. El resorte 6) mantiene al seguidor o levántador contra la leva; el sector 4) de engrane montado en el émbolo y la cremallera 7) de control permiten hacer girar el émbolo en su cavidad para controlar la cantidad de combustible que entrega.

### Resumen de funcionamiento de la bomba

En la figura 28.7 se ilustra el émbolo en la parte más alta de su carrera; el árbol de levas ha elevado el levántador que ha hecho subir al émbolo en su barril y se ha entregado combustible al inyector. Al considerar los acontecimientos antes de ello y a partir del émbolo en la parte inferior de su carrera,

el combustible del múltiple 1) pasa por el orificio 2) de entrada en el barril a la cámara de bombeo encima del émbolo. En este momento, el émbolo 5) está en la parte inferior de su carrera y hay lugar para el combustible encima del mismo. Cuando gira el árbol de levas, se mueve el émbolo hacia arriba en el barril para cerrar el orificio 2) de entrada y descargar el combustible por la válvula de retención 3) y por los tubos hasta los inyectores.

El émbolo siempre tiene una carrera completa, pero la longitud de la carrera de compresión se puede variar para controlar el combustible a los inyectores. La inyección empieza siempre cuando el émbolo cubre el orificio de entrada y cesa cuando la espiral o ranura helicoidal descubre el orificio de entrada. La cremallera 7) y el engrane 4) permiten girar el émbolo en el barril para variar la posición de la espiral en relación con el orificio de entrada. Con esto se modifican la carrera efectiva de bombeo del émbolo y la cantidad de combustible entregada a los inyectores.

### Bomba de inyección con cuerpo forjado

En la figura 28.8 se ilustra una bomba de inyección con cuerpo forjado; es del tipo de espiral y se reconoce por los cuerpos en forma de bóveda de las

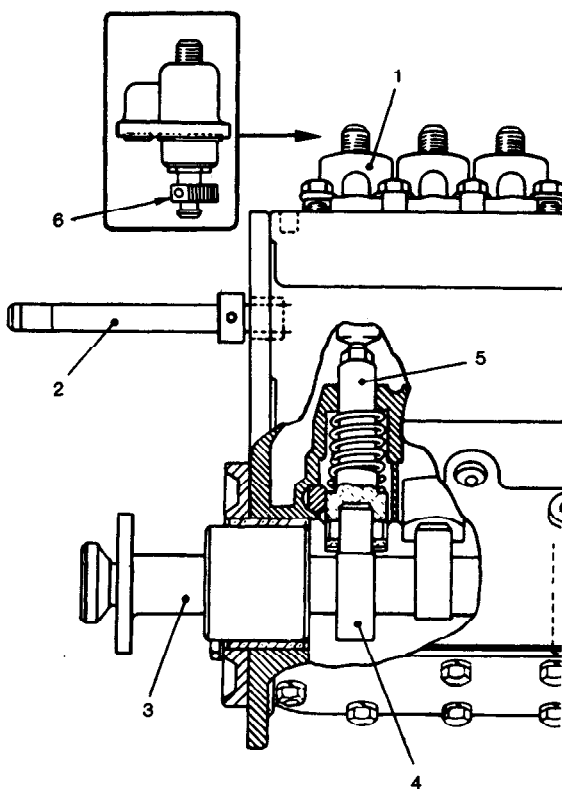


Fig. 28.8 Corte de una bomba de inyección con cuerpo forjado: 1 unidad de bombeo, 2 cremallera, 3 árbol de levas, 4 leva, 5 levántador, 6 sector de engrane

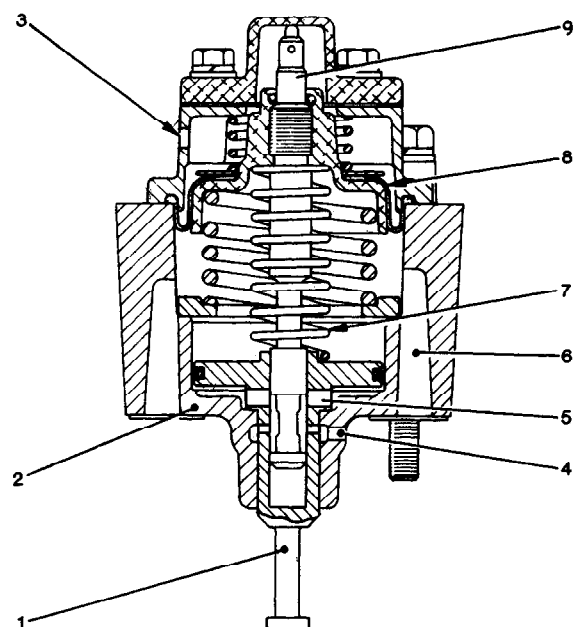
CATERPILLAR

unidades de bombeo, sujetos en la parte superior de la cubierta con grapas y tornillos. Se emplean espigas de guía para colocarlos con precisión en la cubierta de la bomba.

Para sacar los elementos o unidades de bombeo, se quitan los tornillos y grapas y se saca el cuerpo de la bomba de la cubierta. Para sacar el émbolo se desacopla una ranura en su extremo inferior del yugo en el levantador y ya se puede sacar de la cubierta. El émbolo y el cuerpo de cada elemento de bombeo se deben mantener juntos; no se deben mezclar los émbolos.

## Control de la relación aire-combustible

Se utiliza un control de la relación aire-combustible para evitar el humo negro en el escape durante la aceleración; para ello, se limita la cantidad de combustible inyectado durante la misma. Durante la aceleración se restringe el movimiento de la varilla de control para no inyectar un exceso de combustible. El control sólo ocurre durante la aceleración y dura hasta que la presión del aire en el múltiple de admisión es lo bastante alta para tener suficiente aire para una combustión completa.



**Fig. 28.9** Control de relación aire-combustible: 1 válvula, 2 entrada de aceite, 3 conducto de entrada de aire, 4 salida del aceite, 5 conducto grande para el aceite, 6 descarga de aceite, 7 resorte, 8 diafragma, 9 válvula

CATERPILLAR

La regulación de la varilla de control de combustible asegura que sólo se inyectará la cantidad correcta para la cantidad de aire disponible, a fin de mantener al mínimo el humo negro en el escape.

En la figura 28.9 se ilustra el diagrama de un control de aire-combustible, en el cual se emplea la presión del aire de admisión como medio detector o sensor y aceite lubricante a presión como medio para accionamiento. El control básico consiste en un diafragma y dos válvulas y resortes dentro de una cámara; a ésta la divide el diafragma. La parte superior de la cámara, encima del diafragma, está conectada por una manguera al sistema de admisión de aire; la parte inferior de la cámara, debajo del pistón, está conectada con el sistema de lubricación del motor.

La unidad de control tiene dos válvulas hidráulicas 1) y 9); esta última está conectada con el diafragma 8) y su extremo inferior funciona dentro de la válvula 1), que es hueca y lleva el pistón en su extremo superior. Con esto se forma una cámara de presión en el extremo inferior de la unidad de control, debajo del pistón. El movimiento del diafragma mueve la válvula 9) que dirige el aceite hacia y en alejamiento de la válvula 1), según se requiera. La válvula 1) es del tipo de pistón que se mueve con el aceite a presión; luego se emplea el tope en el extremo inferior de ella contra la varilla de control de combustible para limitar su movimiento. Se verá que los cambios en la presión del aire en el múltiple de admisión pueden ocasionar el movimiento de la válvula 1) para limitar el movimiento de la varilla de control y la cantidad de combustible inyectado.

Cuando el motor se para no se aplica presión en ninguna de las válvulas y el resorte 7) las mantiene en los extremos de su carrera. No hay restricción al movimiento de la varilla de control.

Al poner en marcha el motor, el aceite a presión entra a la cámara de presión por la válvula 2) de entrada para mover la válvula 1) hacia arriba; además, el aire a presión del múltiple llega a la parte superior del diafragma. Con el motor en marcha, el movimiento del diafragma, por la acción de la válvula 9), determinará la posición de la válvula 1).

Cuando se mueve el control del gobernador para aumentar el combustible hacia los inyectores, el aceite a presión en la cámara debajo del pistón actúa para restringir el movimiento de la válvula 1) hasta que aumente la presión del aire. Cuando esto ocurre, el diafragma mueve la válvula 9) hacia abajo y se descarga el aceite de la cámara de presión. La válvula 1) se mueve hacia abajo por la acción del resorte y permite que la varilla de control aumente el combustible para los inyectores. El control de aire-combustible está construido de modo que no permite el aumento de combustible hasta que la presión del aire en el múltiple de admisión es lo bastante elevada para que ocurra la combustión completa.

## Servicio al sistema de combustible

El servicio al sistema de combustible incluye el mantenimiento normal programado así como limpieza y reemplazo de filtros, examen en busca de fugas, etc. Quizá se necesite reparar la bomba y los inyectores. Los inyectores deficientes se pueden desmontar y limpiar o reemplazar por otros reconstruidos. Los elementos deficientes de la bomba de inyección se pueden sacar de la cubierta e instalar elementos nuevos o reconstruidos sin desmontar toda la bomba del motor. Con esto se puede reparar el sistema de combustible en el campo.

El mantenimiento programado de la bomba e inyectores incluye desarme, inspección, pruebas y ajustes. Este trabajo sólo se puede efectuar si se tiene el equipo especial.

Los elementos de bombeo están sujetos en la cubierta de la bomba con un buje (casquillo) roscado en la parte superior de la cubierta. El buje tiene una brida moleteada y hay que sacarlo o instalarlo con una llave de cubo (dado) especial. Para sacar los elementos, se desenrosca el buje y se saca el elemento de su cavidad por la parte superior de la cubierta; se pueden reemplazar con la bomba instalada en el motor.

Las piezas de los elementos de bombeo no son intercambiables y se deben mantener juntas para instalarlas en su lugar original. El émbolo y el barril son piezas hermanadas; si uno está gastado, hay que reemplazar ambos.

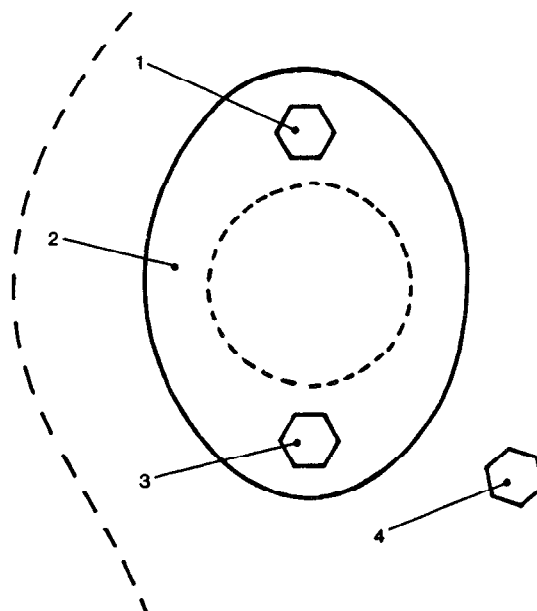
A continuación se describen los aspectos que se pueden comprobar o ajustar. El servicio a los inyectores aparece después de la sección de inyectores.

### Localización del punto muerto superior (PMS)

El primer paso en todos los procedimientos de sincronización en los motores Caterpillar es poner el pistón No. 1 en el punto muerto superior (PMS o TDC por sus siglas en inglés). A continuación se presenta un ejemplo para localizar con exactitud el PMS.

El volante tiene un agujero roscado y en su cubierta hay un agujero correlativo para un tornillo. Cuando se hace girar el volante, el agujero roscado alinea con el agujero en la cubierta del volante siempre que el pistón No. 1 llega al PMS. Para comprobar que el pistón esté en la carrera de compresión (no en la de escape) se quita la tapa de balancines. En la carrera de compresión, las varillas de empuje y los balancines de las válvulas de admisión y escape estarán libres.

La ubicación del agujero para el tornillo de sincronización varía según el modelo del motor. En la figura 28.10 se ilustra el sistema que se encuentra en la parte delantera de la cubierta del volante, que incluye una tapa, un tornillo de sincronización y un tapón. Se quita la tapa para instalar una herramienta giradora del motor, que es un engrane que acopla



**Fig. 28.10** Tapa del agujero de sincronización en la cubierta del volante: 1 tornillo de sincronización en su posición para almacenamiento, 2 tapa, 3 tornillo de la tapa, 4 tapón para el agujero del tornillo de sincronización.

con los dientes de la cremallera (corona) del volante. Esto permite girar el volante cuando se gira el engrane con una llave de trinquete (matraca). Este sistema es muy útil para hacer girar el cigüeñal en motores grandes.

Para encontrar el PMS se sujeta el tornillo de sincronización a través del agujero para el tapón 4) contra la cara del volante y se hace girar éste en su sentido normal de rotación hasta que el tornillo de sincronización penetra en el agujero en el volante. Si el tornillo se puede girar con libertad en el agujero en el volante, entonces el pistón No. 1 estará en PMS. Si se gira demasiado el volante, hay que hacerlo retroceder cuando menos 30° y repetir el procedimiento. La posición para sincronización se debe determinar cuando el cigüeñal gira en su sentido normal de rotación.

Si el pistón está en la carrera de escape (no en la de compresión) hay que hacer girar el volante 360° en su sentido de rotación hasta que se pueda volver a instalar el tornillo de sincronización en el agujero del volante. Siempre hay que quitar el tornillo de sincronización antes de hacer girar el volante o poner en marcha el motor.

### Comprobación de sincronización de la bomba de inyección

La bomba de inyección se sincroniza (pone a tiempo) con el motor para que el árbol de levas de la bomba accione los émbolos en el momento preciso

en relación con la posición de los pistones en los cilindros. Esto se hace con el pistón No. 1 en PMS en la carrera de compresión.

Se cuenta con un pasador de sincronización que se puede introducir por un agujero para tornillo en la cubierta de la bomba de inyección para que acople con una ranura en el árbol de levas de la bomba; cuando éste se encuentra en la posición en que la ranura o muesca alinea con el agujero, lo cual se determina porque el pasador penetra en la muesca, el árbol de la bomba está en la posición correcta si el pistón No. 1 está en PMS en la carrera de compresión.

El orden para comprobar la sincronización de la bomba con el perno de sincronización es como sigue:

1. Hágase girar el cigüeñal para que el pistón No. 1 quede en PMS en la carrera de compresión.
2. Sáquese el tapón o el tornillo del agujero para el pasador en la parte delantera de la bomba.
3. Introdúzcase la punta cónica del pasador por el agujero para sincronización.

Si la sincronización está correcta, el extremo del pasador entrará en la muesca del árbol de levas; el tornillo de sincronización utilizado para encontrar el PMS entrará en el agujero roscado en el volante.

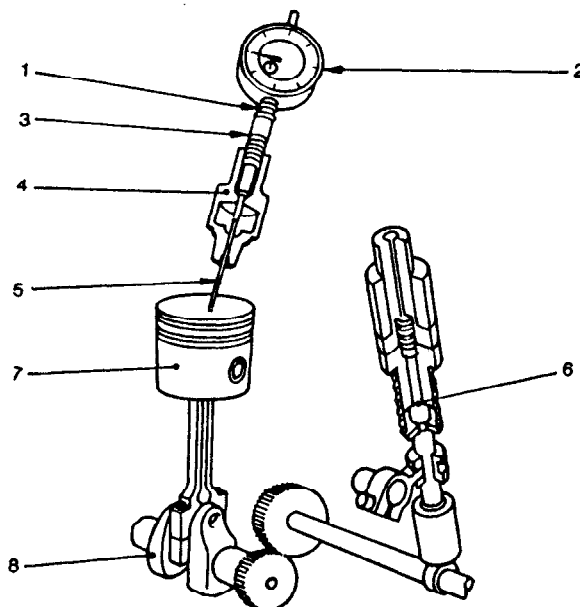
Si la sincronización no está correcta, hay que quitar el pasador y el tornillo y ajustar la sincronización. Para ello, se cambia de lugar el engrane de impulsión en relación con el árbol de levas de la bomba. Para tener acceso al engrane y sus tornillos de sujeción, se quita una tapa en la parte delantera de la tapa de engranes de sincronización.

Para sincronizar hay que liberar el engrane de impulsión para moverlo en relación con el árbol de levas de la bomba; luego se sujeta el árbol con el pasador de sincronización y se hace girar el volante a su posición correcta de PMS. Se aprieta el engrane y se vuelve a comprobar la sincronización como se describió.

### Comprobación de sincronización por el método de flujo de combustible

Un método alternativo para comprobar la sincronización de la bomba de inyección es el de flujo de combustible, similar al método de escurrimiento empleado en otras bombas en línea. Con el método de flujo, se verifica la posición real del pistón con respecto al punto en el cual el émbolo de la bomba corta (cierra) el orificio de entrada en su barril. Este es el punto de inyección; por tanto, la sincronización que en realidad se comprueba es la posición del pistón antes del PMS para ver si está correcta para el "tiempo" de la inyección.

En la figura 28.11 se ilustran las herramientas especiales 1), 2) y 3) y los componentes del motor. Que se están inspeccionando. Las piezas del motor que se ilustran son la cámara 4) de precombustión, el pistón 7), la biela y el cigüeñal 8). Los engranes de



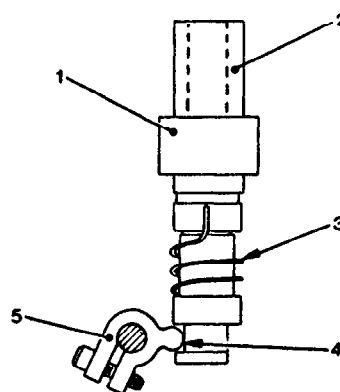
**Fig. 28.11** Medición de la carrera del pistón: 1 collar, 2 micrómetro de carátula, 3 adaptador, 4 cámara de precombustión, 5 varilla de extensión del micrómetro, 6 orificio de entrada de combustible, 7 pistón, 8 cigüeñal

CATERPILLAR

sincronización conectan el cigüeñal con el árbol de levas de la bomba; se ilustra un elemento de una bomba de dosificación por manguito.

Los puntos de interés son la posición del pistón 7) y el orificio 6) de entrada en el barril del elemento de bombeo.

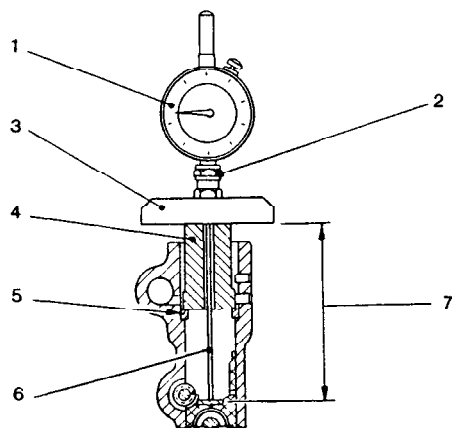
Para encontrar la posición del pistón se emplea el micrómetro de carátula; el cierre del orificio de entrada se determina con el flujo de combustible.



**Fig. 28.12** Bomba para calibración de la bomba de inyección con dosificación por manguito: 1 cuerpo de bomba para calibración, 2 émbolo, 3 resorte, 4 extremo de la palanca de control en la ranura del émbolo, 5 palanca de control

CATERPILLAR





**Fig. 28.13** Medición de la dimensión para sincronización: 1 micrómetro de carátula, 2 collar, 3 base, 4 calibrador, 5 espaciador, 6 varilla de extensión del micrómetro, 7 dimensión para sincronización CATERPILLAR

Cuando se comprueba la sincronización, primero hay que poner el pistón No. 1 en PMS en la carrera de compresión. Se coloca el micrómetro de carátula en la cámara de precombustión por medio de sus adaptadores, con una extensión que hace contacto con la parte superior del pistón, como se ilustra. Se pone el micrómetro en cero y se hace girar el cigüeñal en sentido opuesto al de rotación para que el pistón baje en el cilindro. Se conecta un tanque especial para combustible, a una presión de unos 100 kPa en la bomba de combustible y se conecta un tubo de escurrimiento en la parte superior del elemento de bombeo No. 1. Se coloca un recipiente debajo del extremo del tubo de escurrimiento para recoger el combustible que pasa desde el tanque de presión y por el tubo.

Cuando ya sale combustible de la bomba y con el extremo del tubo dentro del recipiente, se hace girar el cigüeñal con lentitud hasta que el émbolo de la bomba cubra el orificio de entrada en su barril y el flujo de combustible se reduzca entre 12 y 18 gotas por minuto. Se observa la lectura del micrómetro.

La lectura del micrómetro será negativa y es la distancia que recorre el pistón antes del PMS. Para convertir ese recorrido a grados, en los manuales de taller aparece una tabla de conversión. Por ejemplo, 4.06 mm es igual a 18° de rotación del cigüeñal y es la especificación para un tipo de motor. Hay una tolerancia de  $\pm 1^\circ$ , pero si la sincronización está fuera de ella hay que ajustarla.

El anterior no es el procedimiento completo, sino una descripción somera del método. Se hacen comprobaciones adicionales para determinar la exactitud del PMS, que se describen en los manuales de taller.

### Calibración de la bomba de dosificación por manguito.

La calibración de los elementos de la bomba de dosificación por manguito se puede hacer con una bomba para calibración, que es una bomba simulada o calibrador que se instala en la cubierta de la bomba en lugar de la unidad de bombeo.

En la figura 28.12 se ilustra una bomba para calibración en la posición en que se instalaría en la cubierta de la bomba de inyección. El extremo inferior del émbolo tiene una ranura similar a la del manguito de dosificación y el extremo de la palanca 4) acopla en esa ranura. La bomba para calibración se instala en la misma forma que el elemento de bombeo, es decir, con un buje roscado que se aprieta contra la parte superior del cuerpo 1) de la bomba y la parte superior de ella sobresale por el agujero en el buje.

La finalidad de la bomba para calibración es poner todas las palancas de la bomba de inyección en la misma posición respecto a los elementos de bombeo. El tornillo en la palanca 5) de control del manguito se puede aflojar para ajustar la posición de las palancas en el eje de control. Se emplea un micrómetro de carátula en la parte superior de la bomba de calibración para verificar la posición del émbolo. Cuando la palanca está en su posición correcta, el émbolo de la bomba de calibración estará al ras con la parte superior de ella. Se pone el micrómetro en cero, ya colocado en la parte superior del émbolo, para obtener ajustes exactos.

Cuando todas las palancas de control de los manguitos se ajustan en la misma posición con la bomba de calibración, todos los manguitos estarán en el lugar correcto y cada elemento de bombeo entregará la misma cantidad de combustible; es decir, la bomba estará calibrada.

La anterior es sólo una breve descripción de la calibración de la bomba de inyección. En la práctica se requieren herramientas y equipo especiales y las especificaciones para lograr la calibración exacta.

### Dimensión para sincronizar la bomba de inyección con dosificación por espiral

Es un método para verificar la sincronización interna de esta bomba, es decir, la sincronización de los elementos individuales de bombeo con relación al árbol de levas de la bomba. Viene a ser el equivalente del faseo de la bomba. La sincronización, en este caso, se relaciona con que cada émbolo empiece a bombear al mismo tiempo en relación con su inyector. En "Comprobación de sincronización de la bomba de inyección" (pág. 319) se describe la sincronización del árbol de levas con el cigüeñal y no la sincronización de las partes internas de la bomba.

En la figura 28.13 se ilustra el empleo de un micrómetro de carátula 1) para medir la dimensión 7) de sincronización con un calibrador o espaciador

4) cilíndrico, de una longitud de 50.8 mm. Se puede utilizar un micrómetro de profundidad en lugar de carátula; este último tiene una varilla de extensión 6) que pasa por el calibrador 4) hasta la arandela en la parte superior del levantador en el árbol de levas.

La dimensión 7) de sincronización se toma desde la parte superior del calibrador 4) como se ilustra; pero en realidad lo que se mide es la distancia de montaje entre la parte superior del espaciador 5) en que asientan los elementos de bombeo y la arandela en la parte superior del levantador. Cualquier desgaste del árbol de levas, elevador o la arandela de éste hará que la dimensión no esté dentro de especificaciones.

Esta comprobación se hace con el pistón No. 1 en el PMS y el pasador de sincronización introducido por el agujero en la cubierta de la bomba hasta la muesca en el árbol de levas. Si la dimensión no es la especificada, habrá que desmontar la bomba de inyección.

Una vez desmontada la bomba, se instala una placa graduada (transportador) en la parte delantera del árbol y se comprueban todos los elementos de bombeo. El transportador permite poner el árbol de levas en la posición correcta para cada elemento de bombeo. Los levantadores gastados se pueden reemplazar y, también, cambiar el espaciador 5) de cada elemento para ajustar la dimensión de sincronización para un determinado elemento de bombeo. Los espaciadores están disponibles en una serie de tamaños en intervalos de 0.1 mm.

## Inyectores

Caterpillar llama "toberas" a los inyectores para sus motores. Son de dos tipos diferentes: tobera de cápsula y tobera tipo lápiz (Fig. 28.14). Las toberas de cápsula se emplean con cámaras de precombustión y también con cámaras abiertas. Los inyectores (toberas) tipo lápiz sólo se emplean con cámaras de combustión abiertas.

### Toberas de cápsula

En la figura 28.15 se muestra un corte de una parte de la culata de cilindros con cámara de precombustión e inyector. La cámara 6) de precombustión se atornilla en la culata de modo que su extremo inferior sobresalga ligeramente en la cámara principal. El inyector está montado en el extremo superior de la cámara de precombustión.

Las piezas del inyector que se ilustra son: conexión 1) para entrada de combustible en la parte superior; la tuerca 2) que sujeta el inyector en la cámara de precombustión, el tapón (bujía) 3) incandescente para el arranque en frío, el cuerpo 4) y la tobera 5).

En la figura 28.16 se ilustra en sección una tobera de cápsula; ésta tiene una punta 1) de acero

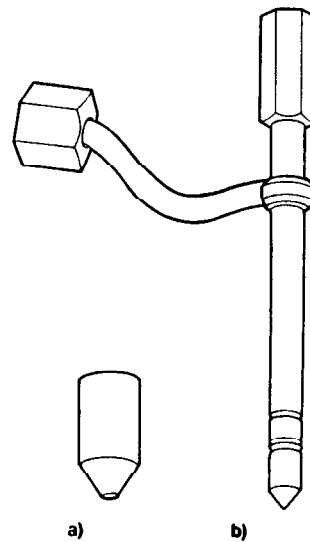


Fig. 28.14 a) Tobera de cápsula, b) Inyector tipo lápiz CATERPILLAR

endurecido con un solo orificio de tamaño un tanto grande para que no se obstruya y una válvula de retención 2) sujeta hacia arriba en su asiento 3) por un resorte 4). El combustible a alta presión que viene de la bomba levanta la válvula de retención y el combustible pasa por ella y por la válvula en la punta de la tobera y se atomiza en la cámara de precombustión.

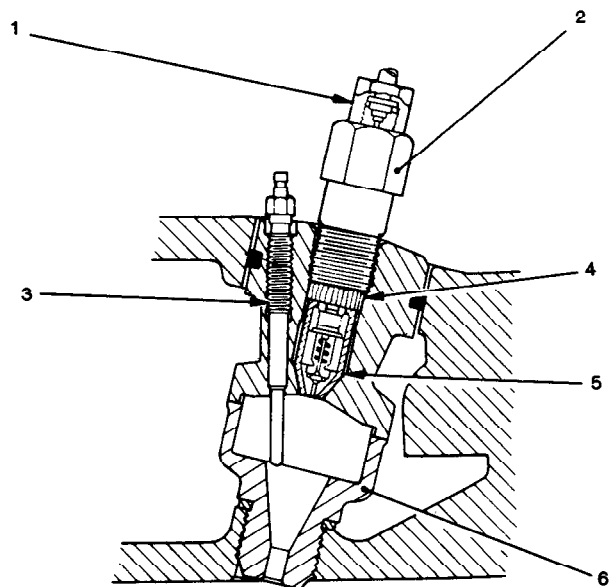
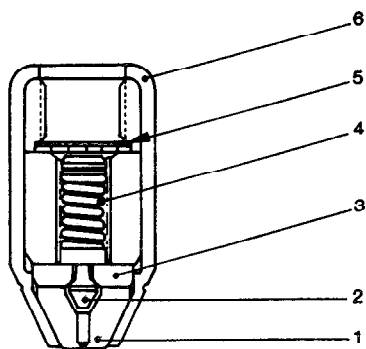


Fig. 28.15 Corte de la culata de cilindros con el inyector y la cámara de precombustión: 1 conexión para combustible, 2 tuerca, 3 tapón (bujía) incandescente, 4 cuerpo, 5 tobera, 6 cámara de precombustión CATERPILLAR



**Fig. 28.16** Corte de la tobera de cápsula: 1 punta de la tobera, 2 válvula de retención, 3 asiento de válvula, 4 resorte, 5 malla, 6 cuerpo

CATERPILLAR

La tobera de cápsula no se puede desarmar ni ajustar; se reemplaza si es necesario. La eficiencia de la tobera depende del resorte, pues la tensión influye en forma directa en la sincronización y la cantidad de combustible que inyecta la tobera. El empleo de alambre de acero al cromo-silicio para el resorte y una fabricación precisa hacen más eficiente esta tobera.

#### Inyectores tipo lápiz

En la figura 28.17 se ilustra la construcción interna del inyector tipo lápiz; se le llama así porque tiene más o menos esa forma y es largo y delgado en comparación con otros inyectores. Se emplea en motores con inyección directa. Dada su longitud, puede atravesar la culata de cilindros y la punta de la tobera sobresale ligeramente en la cámara de combustión y el resto de sus piezas están más arriba en la culata, lejos del calor de la combustión.

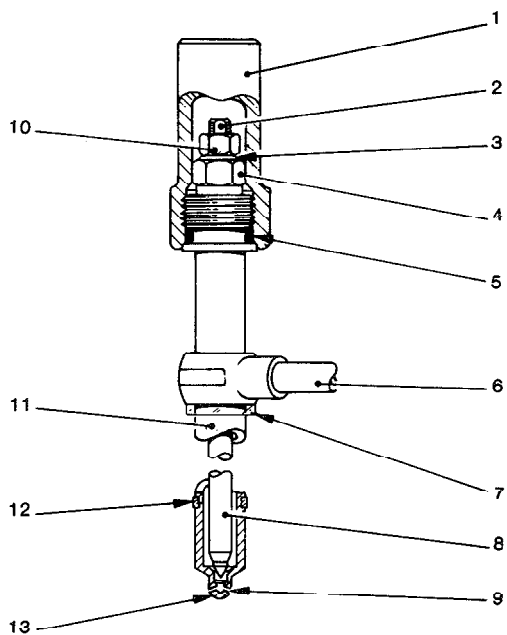
Este inyector lo fabrica Roosa Master.

#### Construcción

La entrada 6) de combustible y la punta 13) de la tobera son integrales con el cuerpo del inyector. La válvula de aguja 8) muy larga, se mantiene contra su asiento en la tobera mediante un resorte colocado en la parte superior del cuerpo.

Se pueden hacer dos ajustes. El tornillo 3) para ajuste de presión se puede apretar o aflojar para aumentar o disminuir la presión de inyección y se fija con la contratuerca 4). La alzada de la aguja se puede graduar con el tornillo 2) de ajuste de alzada que hace subir o bajar un tope dentro del inyector para limitar la alzada de la aguja. Los ajustadores están cubiertos por un tapón 1) que está sellado contra el cuerpo con un sello anular 5).

Un sello 7) de compresión se coloca sobre el cuerpo de la tobera y cuando se instala el inyector en el motor, sella entre la parte superior de la culata y la conexión 6) de entrada de combustible para



**Fig. 28.17** Construcción del inyector tipo lápiz: 1 tapón, 2 ajustador de alzada, 3 ajustador de presión, 4 contratuerca, 5 sello anular, 6 entrada de combustible, 7 sello de compresión, 8 válvula de aguja, 9 orificios (cuatro), 10 contratuerca, 11 cuerpo, 12 represa para carbón, 13 punta de la tobera

CATERPILLAR

impedir las fugas de gases desde la cámara de combustión. Una represa 12) contra carbón en la parte inferior del cuerpo 11) de la tobera impide que se formen depósitos de carbón alrededor del inyector y en la cavidad en el culata.

#### Funcionamiento

El funcionamiento del inyector es similar al de todos los que funcionan por presión, en los que el combustible a alta presión levanta la válvula de aguja de su asiento para atomizar el combustible en la cámara de combustión.

El combustible que viene a alta presión desde la bomba entra al inyector por la conexión 6) de entrada y llena todo el cuerpo. La presión del combustible contra un reborde en la guía de válvula, que está encima de la conexión de entrada, levanta a la válvula 8) de su asiento en contra de la fuerza del resorte. Después, el combustible a alta presión se atomiza por los cuatro orificios 9) en la punta 13) de la tobera hacia la cámara de combustión. Durante la inyección, pase una cantidad muy pequeña de combustible entre la guía de válvula y el cuerpo para lubricar las piezas móviles del inyector.

#### Requisitos de servicio para inyectores

Las fallas más comunes encontradas en las toberas son: 1) carbón en la punta o en los orificios de ella y



2) desgaste de los orificios. Antes de desarmar el inyector o remplazar la tobera, hay que instalarlo en un probador para determinar si el inyector funciona a la presión correcta y produce la atomización deseada en la punta de la tobera.

En el capítulo 21 se describe el método general para probar los inyectores.

Si un inyector tipo lápiz no funciona en forma correcta se puede desarmar, inspeccionar, limpiar y

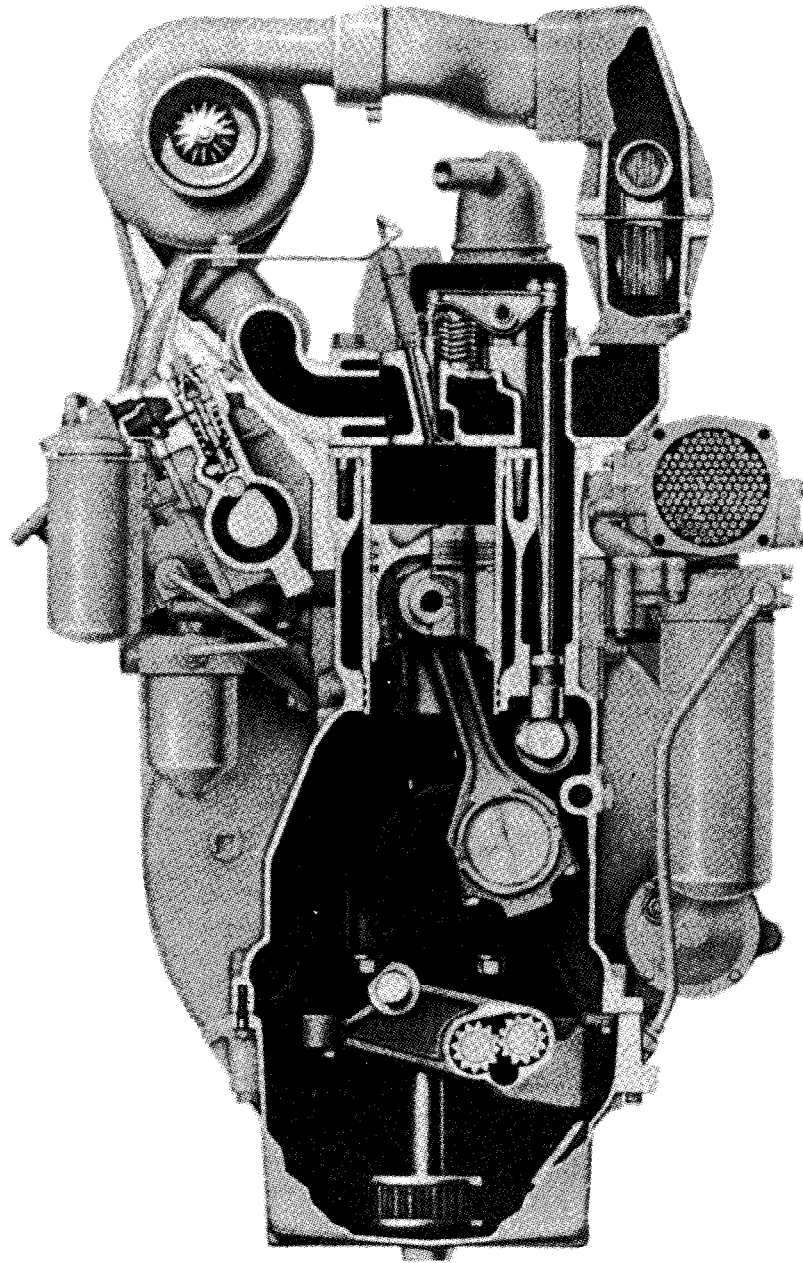
volver a armar. Después se prueba y ajusta en el probador de inyectores.

En la tobera de cápsula se puede limpiar el carbón de la punta y probar la tobera. Si no está correcta se debe reemplazar. El mal funcionamiento puede deberse a:

1. Exceso de carbón en la punta o en el orificio de la tobera.
2. Desgaste del orificio.
3. Malla de la tobera sucia o dañada.

## Preguntas para repaso

1. ¿Cuál es la diferencia principal entre un sistema de dosificación por manguito y uno de dosificación por espiral?
2. Explíquese el flujo de combustible en el sistema de dosificación por manguito en la figura 28.1.
3. Menciónese la finalidad de cada pieza del sistema de la figura 28.1.
4. Describese cómo se purgaría el sistema.
5. Enumérense las piezas de una unidad de bombeo en una bomba de inyección de dosificación por manguito.
6. ¿Cómo se controla la cantidad de combustible entregado a los inyectores en una bomba de dosificación por manguito?
7. Con base en la ilustración correspondiente, describese la acción de bombeo de la bomba de dosificación por manguito.
8. ¿Cómo puede el operador controlar el motor?
9. Describese la acción del gobernador en una bomba de dosificación por manguito cuando el motor está bajo carga constante.
10. ¿Cómo se efectúa el paro del motor con ese gobernador?
11. ¿Cuál es la finalidad del amortiguador de cierre ("dashpot") en el gobernador de la bomba de dosificación por manguito?
12. ¿Qué es una bomba de inyección de dosificación por espiral?
13. Describese la finalidad de las piezas principales de un sistema de dosificación por espiral.
14. Describese el funcionamiento de un elemento de bombeo en una bomba de dosificación por manguito.
15. ¿Cuál es la finalidad de un sistema de control de la relación de aire-combustible?
16. Consúltese la figura 28.9 y describese en forma breve cómo funciona el control de aire-combustible.
17. Explíquese cómo se puede localizar el PMS en un modelo de motor Caterpillar.
18. Explíquese cómo se encuentra el punto para sincronización de la bomba de inyección instalada en ese motor.
19. Describese en forma breve cómo se puede calibrar una bomba de dosificación por manguito.
20. Menciónense los tipos de inyectores utilizados en los motores Caterpillar.
21. ¿Qué es una tobera de cápsula?
22. ¿Qué servicio se puede efectuar en una tobera de cápsula?
23. Explíquese cómo funciona un inyector del tipo lápiz.
24. ¿Qué servicio se le puede dar a un inyector tipo lápiz?



**Fig. 28.18** Motor Caterpillar de seis cilindros para camión. Se ilustra el motor modelo 3306. Es de seis cilindros en línea con inyección directa. Se utilizan bomba de inyección con dosificación por espiral e inyectores tipo lápiz. El motor tiene turbocargador y postenfriador.

El bloque de cilindros tiene camisas húmedas. Una placa espaciadora de acero entre la culata de cilindros y el bloque sirve para ubicar la camisa y da mayor rigidez. El pistón tiene tres anillos.

Una bomba de aceite de engranes lo envía a presión al sistema de lubricación. Los filtros de aceite y un enfriador de aceite de tubos están en el lado izquierdo del motor (lado derecho en la ilustración)

CATERPILLAR

# Sistema de combustible Detroit Diesel

# 29

En la figura 29.1 aparece un diagrama del sistema de combustible de los motores Detroit Diesel para un motor V-6. El sistema de combustible consta del tanque de combustible, el filtro primario, la bomba de transferencia, el filtro secundario o principal y los inyectores, además de los tubos y conductos necesarios para la conexión.

Como se ilustra, tres inyectores en cada culata (cabeza) de cilindros se alimentan desde un conducto que se extiende a toda la longitud de la culata, llamado múltiple de entrada de combustible. Un conducto paralelo, o sea el múltiple de retorno de

combustible, se usa para el retorno del sobrante de combustible de los inyectores al tanque. Con este sistema no se utilizan tubos externos largos para los inyectores. Cada inyector tiene dos tubos cortos para conectarlo con los múltiples. Este tipo de sistema de combustible en el cual se alimentan los inyectores desde un conducto o múltiple común se llama, a veces, sistema con conductos comunes. El flujo del combustible en el sistema es como sigue.

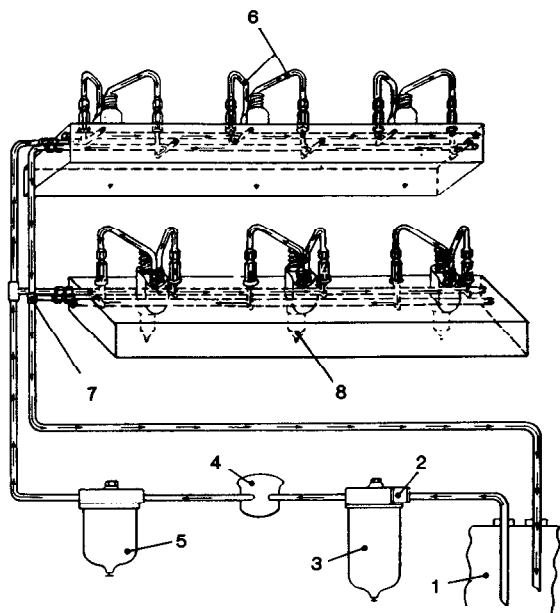
El combustible del tanque 1) que toma la bomba de transferencia 4) pasa por el filtro primario 3) antes de entrar a la bomba. Cuando el combustible sale de la bomba a presión se lo envía a través del filtro secundario 5) y por un tubo externo hasta el múltiple de entrada de combustible en la culata; desde el múltiple, pasa por los tubos hacia el lado de entrada de cada inyector 8). En cada inyector hay un elemento de filtro de combustible antes de medirlo y atomizarlo en la cámara de combustión por los orificios en la tobera del inyector.

El combustible sobrante de los inyectores pasa al múltiple de retorno y, por medio de tubos externos, vuelve al tanque. Esta circulación continua de combustible en los inyectores elimina el aire del sistema y sirve para enfriarlos.

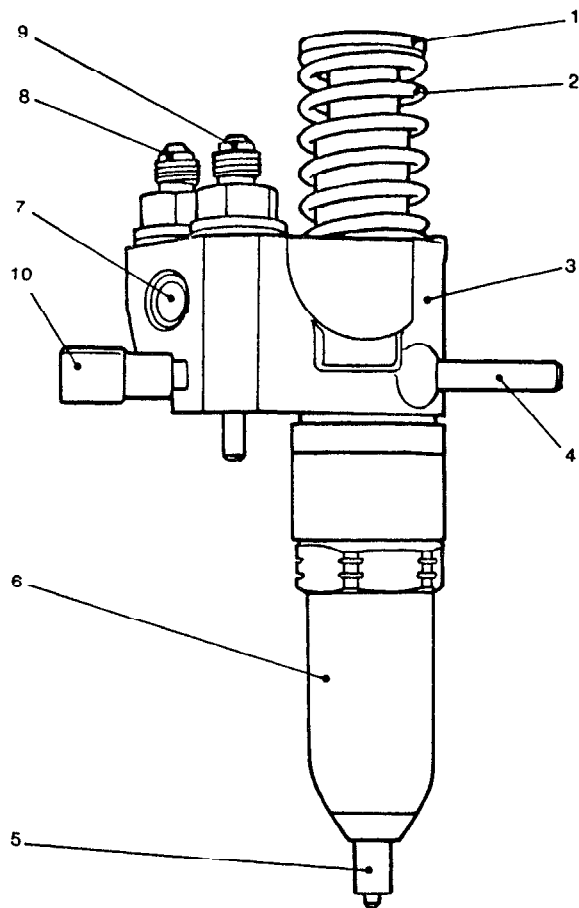
Para mantener la presión en el sistema se emplea una Te 7) de restricción en la salida del múltiple de retorno en la culata de cilindros. Con esto se restringe el paso del combustible de retorno y se mantiene la presión en el sistema. Una válvula de retención 2) en el lado de entrada al filtro primario, impide el retorno de combustible al tanque cuando el motor está parado.

## Filtros con elementos reemplazables

Los filtros primario y secundario tienen elementos reemplazables, pero no son intercambiables. El filtro primario retiene los cuerpos extraños grandes y el filtro secundario retiene las partículas. Los dos filtros, excepto sus elementos, son de construcción idéntica.



**Fig. 29.1** Diagrama del sistema de inyector unitario para un motor V-6: 1 tanque de combustible, 2 válvula de retención, 3 filtro primario, 4 bomba de transferencia, 5 filtro secundario, 6 tubos de entrada y retorno, 7 Te de restricción, 8 inyector  
DETROIT DIESEL



**Fig. 29.2** Piezas externas de un inyector unitario:  
1 impulsor, 2 resorte del impulsor, 3 cuerpo,  
4 cremallera, 5 tobera, 6 tuerca, 7 placa de  
identificación, 8 salida de combustible, 9 entrada  
de combustible, 10 horquilla en el extremo de la  
cremallera

La tapa del filtro está montada en el motor y el tanque o concha del filtro en donde se coloca el elemento se sujeta en la forma usual con un tornillo central. A fin de reemplazar el elemento se abre un grifo de drenaje en la parte inferior del tanque para vaciarlo. Se saca el tornillo central para liberar el tanque de la tapa. Se saca y desecha el elemento viejo.

Antes de instalar el elemento nuevo, hay que empaparlo con combustible, colocarlo en el tanque del filtro, el cual se llena hasta las dos terceras partes con combustible y se instala en la tapa. Después se termina de llenar el tanque con combustible por el tapón en la tapa. Al llenar los filtros primario y secundario con combustible, se ceba el sistema y el motor arranca con facilidad. En otra forma, hay que hacer funcionar el motor de arranque hasta que ambos filtros estén llenos para producir presión en el sistema.

### Filtros tipo rosca

En algunos motores se utilizan filtros de combustible tipo rosca, que se desechan completos. Una tuerca de doce puntos en la parte inferior del filtro facilita su reemplazo; no tienen grifo para drenaje.

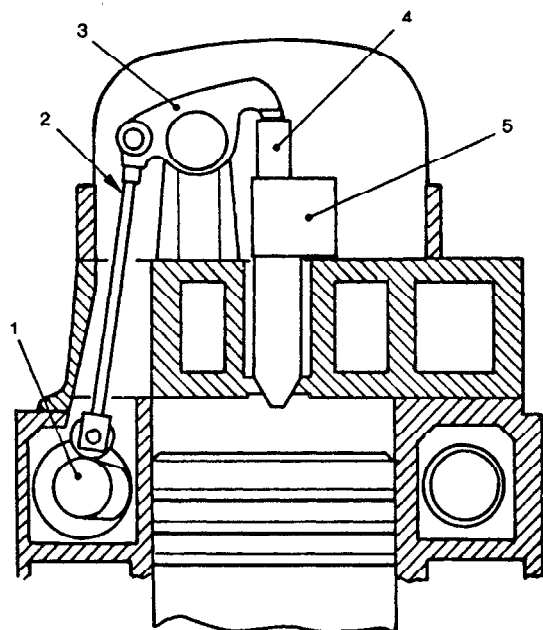
Para facilitar la identificación, en la tapa del filtro primario figuran las letras "primary" fundidas y en la del filtro secundario aparecen las letras "secondary".

### Bomba de transferencia de combustible

Es una bomba de engranes, de desplazamiento positivo, que consta de un cuerpo y dos engranes, que se impulsa desde el extremo delantero del soplador. Una válvula de desahogo (alivio) en el cuerpo de la bomba se mantiene normalmente cerrada con un resorte y sólo funciona cuando la presión en el lado de salida es mayor de 500 kPa. La presión normal es entre 250 kPa y 450 kPa, pero podría aumentar y hacer que funcione la válvula de desahogo si se obstruyen el filtro secundario o un tubo para combustible.

### Inyectores unitarios

En este sistema se utilizan inyectores unitarios, en los cuales se combinan una bomba y una tobera de inyección en una sola unidad. Esto permite que el inyector suministre una carga de combustible a alta presión y lo inyecte atomizado en la cámara de combustión. En la figura 29.2 se ilustran un inyec-



**Fig. 29.3** Instalación del inyector unitario en el motor:  
1 árbol de levas, 2 varilla de empuje, 3 balancín,  
4 impulsor del inyector, 5 inyector

tor unitario y sus piezas externas; en la figura 29.3 se ilustra la instalación del inyector en el motor.

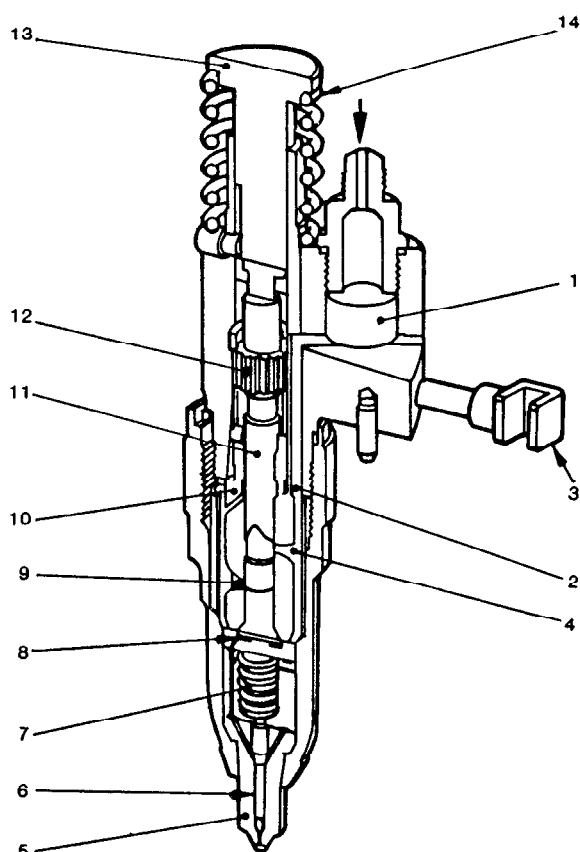
Una leva 1) del árbol de levas del motor acciona en forma mecánica al inyector 5). La leva hace que la varilla de empuje 2) mueva el balancín 3) en la parte superior de la culata, el cual oprime el impulsor 4) en la parte superior del inyector y mueve el émbolo hacia abajo para efectuar las funciones de bombeo e inyección.

En la figura 29.4 se ilustra un inyector unitario en sección. El inyector consta de un émbolo central 11) que se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro de un buje 10) con el cual tiene un ajuste muy preciso, que actúa como bomba para producir la alta presión necesaria para la inyección. La tobera 5) en el extremo del inyector inyecta combustible atomizado en la cámara de combustión. Además, el inyector tiene un control de la cantidad de combustible que se inyecta.

### Funcionamiento

El inyector unitario funciona como sigue:

1. El combustible que llega al inyector pasa por el filtro 1) para llenar la cámara anular 2), que está formada entre el buje y el cuerpo del inyector.
2. El émbolo 11) se mueve hacia arriba y hacia abajo en el buje por la acción del balancín contra el impulsor y del resorte en la parte superior del inyector. Una leva del árbol de levas y la varilla de empuje accionan el balancín.
3. La cavidad del buje está conectada con el suministro de combustible en la cámara anular por dos orificios 4) y 9), con lo cual la cavidad debajo del émbolo se llena con combustible mediante el orificio inferior 9).
4. Cuando el émbolo se mueve hacia abajo, desplaza el combustible que está en la cavidad, a través del orificio inferior 9), regresándolo solo a la cámara anular, hasta que el émbolo cubra el orificio.
5. En este momento, la presión no aumenta debajo del émbolo porque el combustible puede escapar hacia arriba por un conducto en el centro del émbolo hasta una hélice maquinada en el émbolo, la cual, en este momento, está alineada con el orificio superior 4) y el combustible desplazado retorna a la cámara anular.
6. Cuando se mueve más el émbolo, el borde de la hélice pasa más allá del orificio 4) y el émbolo lo cierra, con lo cual se atrapa combustible debajo del émbolo y puede empezar el bombeo.
7. El movimiento adicional del émbolo hace que aumente la presión del combustible que está debajo del mismo y que se abra la válvula 8) de retención que es plana.
8. Cuando la presión es lo bastante elevada, levanta la válvula de aguja 6) de su asiento con lo



**Fig. 29.4** Corte seccional de un inyector unitario: 1 filtro, 2 cámara anular, 3 cremallera, 4 orificio superior, 5 tobera, 6 válvula de aguja, 7 resorte de válvula de aguja, 8 válvula de retención, 9 orificio inferior, 10 buje, 11 émbolo, 12 engrane, 13 impulsor, 14 resorte del impulsor  
DETROIT DIESEL

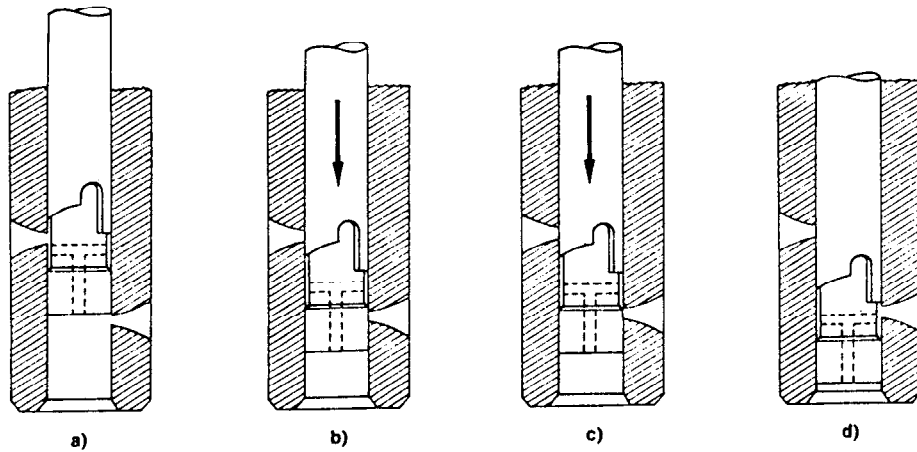
cual se descarga el combustible a presión por los orificios en la punta 5) de la tobera.

9. El bombeo y la inyección continúan hasta que el borde inferior de la hélice descubre el orificio inferior 9). El combustible que hay debajo del émbolo escapa hacia arriba por el centro del mismo y retorna por el orificio inferior 9) a la cámara anular.
10. Cuando termina la carrera descendente del émbolo, la acción de su resorte lo hace volver a la parte superior del inyector. Los orificios vuelven a quedar descubiertos y la cavidad del buje se llena con combustible para la siguiente carrera de bombeo.

### Control del combustible

La cantidad de combustible que entrega el inyector se controla con la rotación del émbolo, mediante el engrane 12) que está acoplado con la cremallera 3) de control. Esto cambia la posición de la hélice o parte helicoidal en relación con el orificio superior





**Fig. 29.5** Funcionamiento del émbolo del inyector: a) émbolo en la parte superior de su carrera con ambos orificios abiertos, b) carrera de inyección con ambos orificios cerrados; c) fin de la inyección y el orificio inferior empieza a abrir, d) parte más baja de la carrera

4) y varía la carrera efectiva del émbolo para controlar la cantidad de combustible inyectado.

La carrera de bombeo del émbolo se ilustra en la figura 29.5 y se muestra una carrera descendente. La carrera tiene comienzo variable y terminación constante. Para variar el momento del comienzo del bombeo, se gira el émbolo para cambiar la posición de la hélice en relación con el orificio superior, pero el final del bombeo siempre ocurre al mismo tiempo.

La rotación del émbolo, además de variar la cantidad de combustible, también modifica la sincronización de la inyección. Debido a que la hélice cubre el orificio superior más pronto cuando se gira el émbolo para proveer más combustible, se avanzará la inyección cuando aumente la velocidad del motor.

Las acciones del émbolo de la figura 29.5 son:

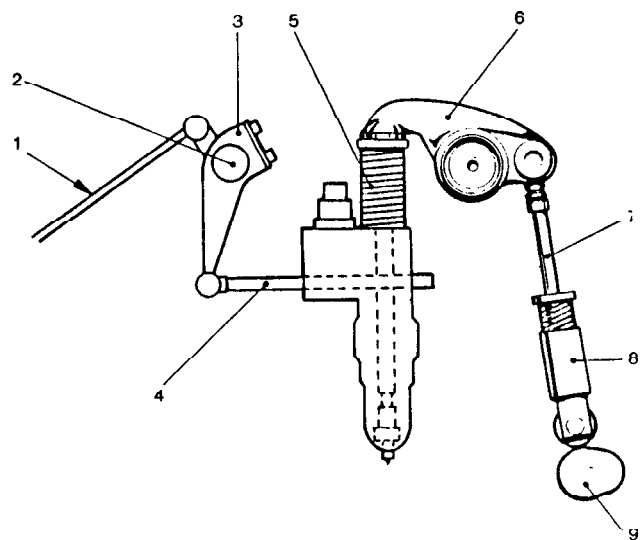
- a) El émbolo está en la parte superior de su carrera. Los orificios superior e inferior están abiertos y el combustible llena la cámara debajo del émbolo.
- b) El émbolo está en su carrera descendente. El borde de la hélice ha cubierto el orificio superior y el borde del émbolo ha cubierto el orificio inferior y se producen el bombeo y la inyección.
- c) La ranura anular del émbolo descubre el orificio inferior. Se descarga la presión debajo del émbolo y cesan el bombeo y la inyección.
- d) El émbolo continúa hasta la parte más baja de su carrera, antes de iniciar la carrera ascendente.

Se ilustra el émbolo más o menos en su posición intermedia. Si se lo hace girar en un sentido, la hélice cubrirá más pronto el orificio superior y se inyectará más combustible; si se lo gira en el sentido opuesto, se inyecta menos combustible. La rotación adicional en este sentido hará que la ranura vertical, maquinada en el émbolo al final de la hélice, quede alineada con el orificio superior, que es la posición

de corte de combustible. No ocurrirá el bombeo porque el orificio superior no estará cubierto por el borde de la hélice. Para efectuar el paro del motor se hace girar el émbolo a esta posición

#### Varillaje de control

El pedal o palanca del acelerador, accionados por el operador, están conectados por medio de varillaje con el gobernador que, a su vez está conectado con la cremallera de control; en la figura 29.6 se ilustra el mecanismo para un inyector. La varilla 1) de combustible del gobernador está conectada con el



**Fig. 29.6** Ubicación del inyector unitario y su varillaje de control: 1 varilla de combustible del gobernador, 2 tubo de control, 3 palanca, 4 cremallera, 5 impulsor, 6 balancín, 7 varilla de empuje, 8 levantador, 9 leva

tubo de control 2); éste, que está montando en la parte superior de la culata de cilindros debajo de la tapa de balancines, tiene montada la palanca de control 3). El extremo inferior de esta palanca acopla con la horquilla en el extremo de la cremallera de control de combustible.

La acción del gobernador, por medio de la varilla 1) de combustible hace girar el tubo de control 2) para mover la cremallera 4) del inyector hacia dentro o afuera, según se requiera, para controlar la cantidad de combustible entregada por el inyector.

### Construcción del inyector

En la figura 29.4 se ilustran la construcción de un inyector y sus piezas internas. En la figura 29.7, que muestra los componentes internos desarmados, se verá que el impulsor 1) y el émbolo 2) se instalan en la parte superior del cuerpo 8) del inyector con el resorte 3) del impulsor en el exterior. La conexión 5) de entrada de combustible y la conexión 4) de salida de combustible se atornilla en el cuerpo. El filtro de admisión está hecho con fibras metálicas comprimidas.

La tuerca 22) está atornillada en la parte inferior del cuerpo y retiene la mayor parte de las piezas internas, incluso la tobera 20) que sobresale por un agujero en la parte inferior de la tuerca.

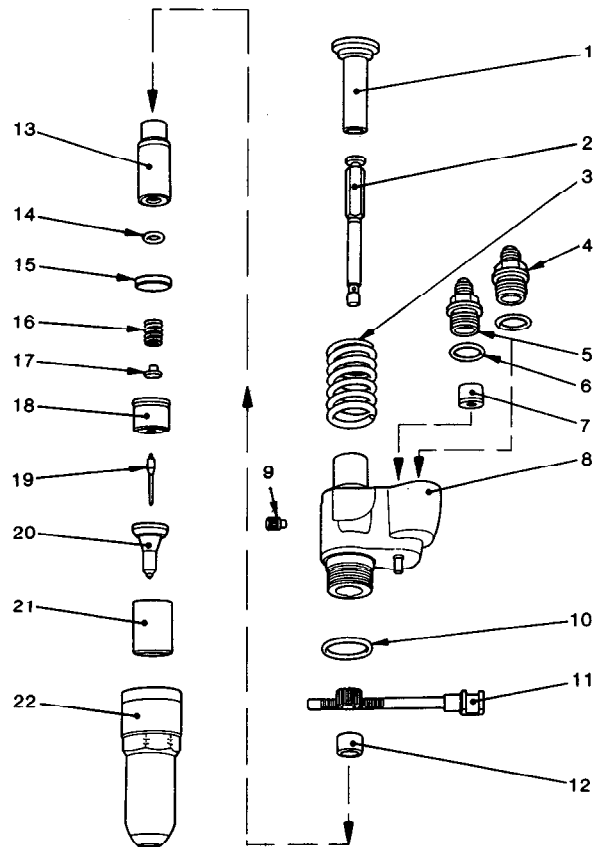
La cremallera 11) de control se instala en un agujero en el cuerpo del inyector y acopla con el engrane instalado encima del émbolo 2). El agujero en el engrane tiene un lado plano que coincide con una cara plana correlativa en un lado del émbolo. Esto permite que la cremallera haga girar el engrane y el émbolo y que éste funcione hacia arriba y abajo en el engrane. Las marcas en los dientes se deben alinear al armar.

### Desmontaje e instalación del inyector

Hay que quitar la tapa de balancines para tener acceso al inyector. Después se hace girar el cigüeñal hacia la derecha hasta que los balancines de ese cilindro estén libres, o sea que las válvulas estén cerradas. Para tener acceso al inyector, se sacan los tornillos del soporte de balancines para poder separarlos del inyector.

Se desconectan los tubos de combustible en el inyector y en la culata y se quitan el tornillo y la grapa de sujeción del inyector a la culata. Se aflojan los tornillos de ajuste que sujetan la palanca de control en el tubo de control para poder sacar la palanca de la horquilla o yugo en el extremo de la cremallera de control.

El inyector ya está libre y se puede sacar de su asiento con una herramienta extractora entre el cuerpo del inyector y la culata. Hay que cubrir el agujero para el inyector en la cubierta después de sacarlo para impedir la entrada de cuerpos extraños.



**Fig. 29.7** Componentes del inyector unitario:

1 impulsor, 2 émbolo, 3 resorte del impulsor, 4 salida, 5 entrada, 6 junta, 7 filtro, 8 cuerpo, 9 pasador de tope, 10 anillo sellador, 11 cremallera y engrane de control, 12 retén del engrane, 13 buje, 14 válvula de retención, 15 jaula de válvula de retención, 16 resorte, 17 asiento del resorte, 18 jaula de válvula, 19 aguja, 20 tobera, 21, desviador de derrama, 22 tuerca del inyector

DETROIT DIESEL

### Instalación del inyector

El asiento cónico del tubo para el inyector en la culata de cilindros debe estar libre de partícula de mugre y carbón; hay que llenar el inyector con combustible antes de instalarlo. El tornillo de la grapa se aprieta a la torsión especificada; no hay que apretar en exceso porque puede ocurrir trabazón dentro del inyector.

Después de instalar el inyector hay que sincronizarlo; también hay que ajustar la posición de la palanca de control de la cremallera y la holgura de las válvulas de escape, como se describe más adelante.

### Pruebas de los inyectores

Los inyectores se deben probar con un probador especial, como el ilustrado en la figura 29.8 para inyectores unitarios. Algunas pruebas son similares

a las que se hacen en otros inyectores, pero como en los unitarios hay bombeo e inyección, se necesitan pruebas adicionales, que se efectúan en el probador (llamado también comparador) como sigue:

1. Libre movimiento de la cremallera de control y del émbolo: Con esto se determina que el émbolo se mueva con libertad en el inyector y que la cremallera no se trabase.
2. Prueba de apertura de válvula y patrón de atomización: Se mueve el impulsor del inyector hacia arriba y hacia abajo para comprobar que la atomización de la tobera sea uniforme. También se determina la presión de apertura para inyección.
3. Prueba de alta presión: Se hace funcionar el inyector para producir alta presión, a fin de verificar si hay fugas externas.
4. Prueba de retención de presión: Se produce la presión en el inyector y se toma el tiempo para que caiga de 3150 kPa a 1750 kPa. Si el tiempo es menor de 15 segundos es que hay fugas internas excesivas. Las fugas podrían ocurrir entre el émbolo y su cavidad si están muy gastados o entre superficies internas correlativas.
5. Prueba de entrega de combustible: Es para comprobar la calibración del inyector con la medición de la cantidad de combustible que descarga al hacerlo funcionar 1000 carreras. En el probador se registran las carreras y se mide con precisión la cantidad de combustible que pasa por la tobera. Esta prueba se hace con la cremallera en la posición para máximo combustible.

### Reacondicionamiento del inyector

En la figura 29.7 se ilustran las piezas desarmadas de un inyector. Para desarmarlo, se sujeta en un dispositivo en posición invertida. Se saca la tuerca de inyector de la parte inferior del cuerpo. Con ello se pueden sacar las piezas internas del cuerpo. Para sacar el impulsor y el resorte se levanta la espiral inferior del resorte, se saca el pasador que retiene el impulsor en el cuerpo y se sacan ambos por la parte superior.

Se inspeccionan y limpian todas las piezas internas y se elimina el carbón. Las piezas hermanadas se pueden asentar para restaurarles el acabado y ajustes originales. Si un émbolo o su buje están gastados o dañados, hay que reemplazarlos como conjunto, pues son piezas hermanadas de fábrica.

Se utilizan escariadores (rimas) especiales para limpiar el interior del inyector. Se utilizan escariadores diferentes en el interior de la tobera, el asiento de la tobera en la base de la tuerca y en el cuerpo del inyector. Los orificios de la tobera se limpian con un alambre delgado sujeto en un tornillo de mano.

El exterior de la tobera se puede limpiar con un cepillo con alambres de latón, sin pulir en exceso. No se deben utilizar cepillos de acero porque pueden dañar los orificios de la tobera.

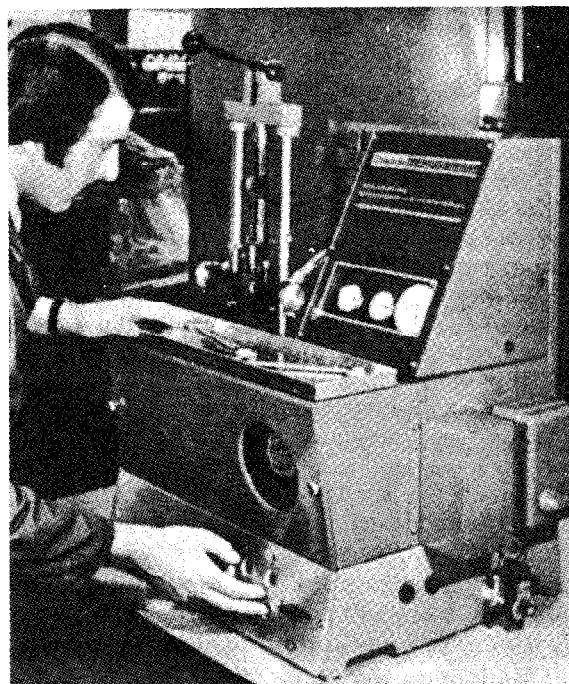


Fig. 29.8 Probador para inyectores unitarios

LUCAS

Los conductos internos y los agujeros en el inyector se pueden limpiar con escobillones especiales de alambre.

### Ajustes del inyector

Hay dos ajustes para controlar el funcionamiento de los inyectores:

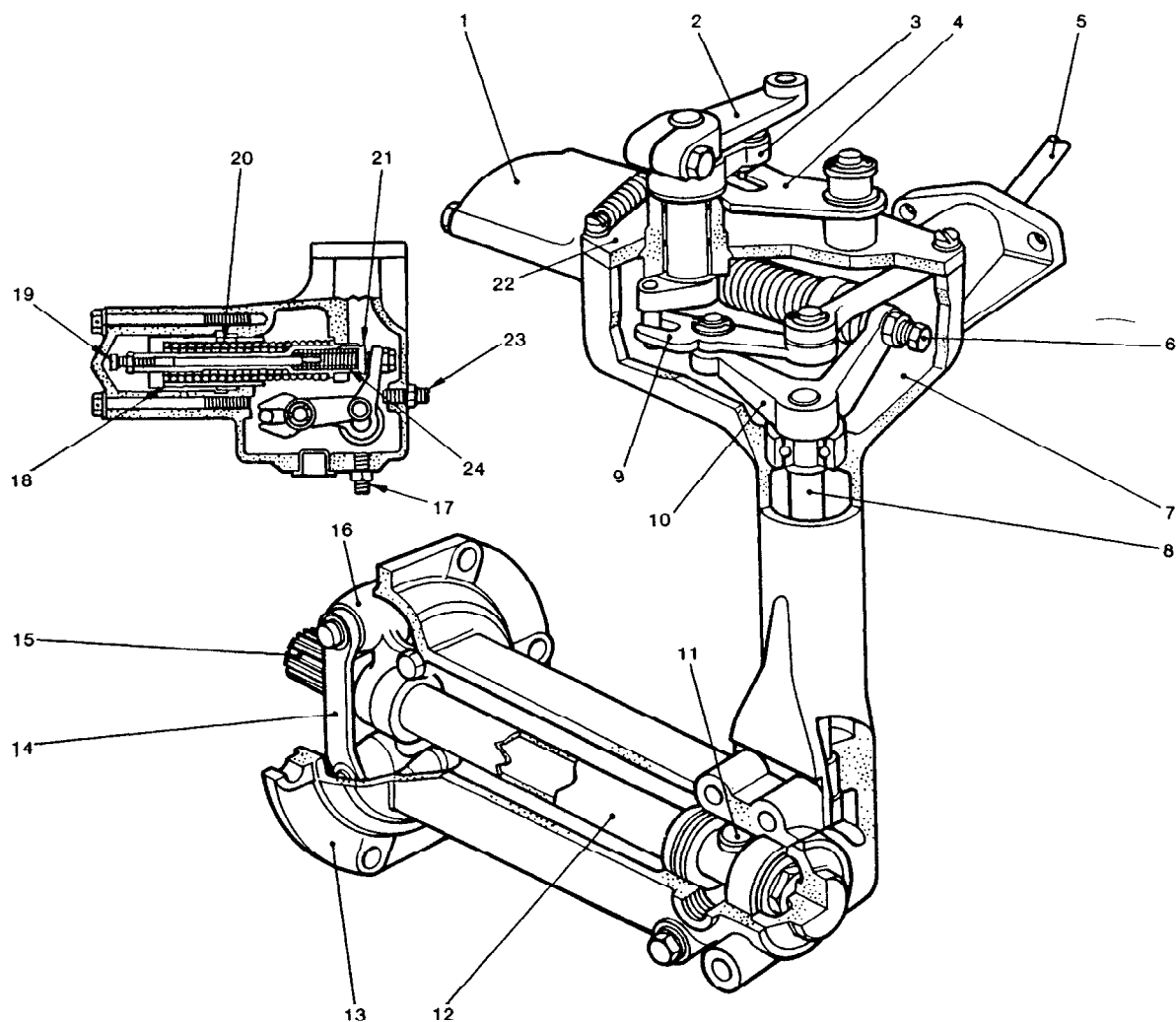
1. Sincronización del inyector para ajustarlo en relación con el árbol de levas del motor.
2. Palancas de control de la cremallera, en que se ajustan las palancas de acuerdo con la posición de las cremalleras.

Si se recuerda que los inyectores unitarios efectúan las funciones de bombeo y de inyección, el ajuste de la sincronización vendría a ser el equivalente del faseo de una bomba, con el cual se ajustan los elementos entre sí y también se sincronizan con el motor. El ajuste de las palancas de control de las cremalleras equivale a calibrar los elementos de bombeo de los inyectores, es decir ajustarlos para que entreguen la misma cantidad de combustible.

La sincronización de los inyectores y el ajuste de las palancas de control de las cremalleras se describen en encabezados especiales más adelante.

### Gobernador

Se utilizan diferentes gobernadores en los motores Detroit Diesel y pueden ser mecánicos o hidráulicos, de los tipos de velocidad limitada, de velocidad



**Fig. 29.9** Gobernador de velocidad limitada: 1 tapa del resorte, 2 palanca de control de velocidad, 3 palanca del eje del acelerador, 4 leva, 5 varilla de combustible, 6 tornillo de ajuste de abertura, 7 cubierta, 8 eje de mando, 9 palanca diferencial, 10 palanca del eje de mando, 11 horquilla, 12 eje de contrapesos, 13 cubierta de contrapesos, 14 retén, 15 eje, 16 contrapesos, 17 tornillo amortiguador, 18 retén del resorte, 19 ajuste de marcha mínima, 20 resorte de alta velocidad, 21 cazuela del resorte de marcha mínima, 22 tapa, 23 ajustador para arranque, 24 resorte de baja velocidad

DETROIT DIESEL

variable o de velocidad constante, según la aplicación del motor en que se emplean.

En la figura 29.9 se ilustra un gobernador de velocidad limitada, que controla la marcha mínima y la velocidad máxima del motor. El gobernador consta de tres subconjuntos:

1. Los contrapesos y su cubierta (13)
2. La cubierta de control (7)
3. La tapa (22) de la cubierta de control

Cuando ese gobernador se instala en un motor en línea, se monta en la parte delantera del soplador cuyo rotor superior lo impulsa, con lo que, cuando el motor está en marcha, los contrapesos (16) del gobernador girarán junto con el eje (15).

La fuerza centrífuga de los contrapesos en rotación se convierte en movimiento lineal del eje (12) de

contrapesos y se transmite por medio del eje (8) vertical de mando, a la palanca (10) del eje de accionamiento dentro de la sección de la cubierta de control del gobernador. Un extremo de la palanca actúa contra los resortes del gobernador de alta velocidad (20) y de baja velocidad (24); el otro extremo tiene un fulcro o punto de apoyo en el cual gira la palanca diferencial (9).

En la gama de baja velocidad, la fuerza centrífuga que transmiten los contrapesos actúa contra el resorte de baja velocidad hasta que su cazuela queda comprimida contra el émbolo del resorte de alta velocidad. Con esto, deja de funcionar el resorte de baja velocidad y el gobernador queda en la gama de velocidad intermedia, en la cual el operador puede controlar la velocidad.

Cuando se aumenta la velocidad del motor hasta el punto en que la fuerza centrífuga de los contrapesos vence la fuerza del resorte de alta velocidad, el gobernador vuelve a tomar el control directo del motor y limita la velocidad máxima.

Una varilla de control de combustible, conectada entre la palanca diferencial 9) en el gobernador y el tubo de control en la culata es el componente con el cual del gobernador cambia la graduación del combustible con las cremalleras de control de los inyectores (Fig. 29.12).

La marcha mínima del motor se determina con la fuerza centrífuga necesaria para balancear la fuerza del resorte 24) de baja velocidad. Para ajustar la marcha mínima se gira el tornillo 19) de ajuste de marcha mínima para cambiar la fuerza del resorte de baja velocidad.

La velocidad máxima sin carga se determina con la fuerza centrífuga necesaria para balancear la fuerza del resorte de alta velocidad. Esta fuerza se puede ajustar apretando o aflojando el retén 18) del resorte de alta velocidad para aumentar o disminuir la fuerza del resorte.

## Comprobaciones y ajustes durante la afinación (puesta a punto)

A continuación se enumeran las comprobaciones y ajustes que se pueden efectuar en un motor equipado con gobernador de velocidad limitada. Con otros tipos de gobernadores variarán los conceptos para ajuste del gobernador. Se debe consultar el Manual de Mantenimiento del motor para los detalles de los ajustes.

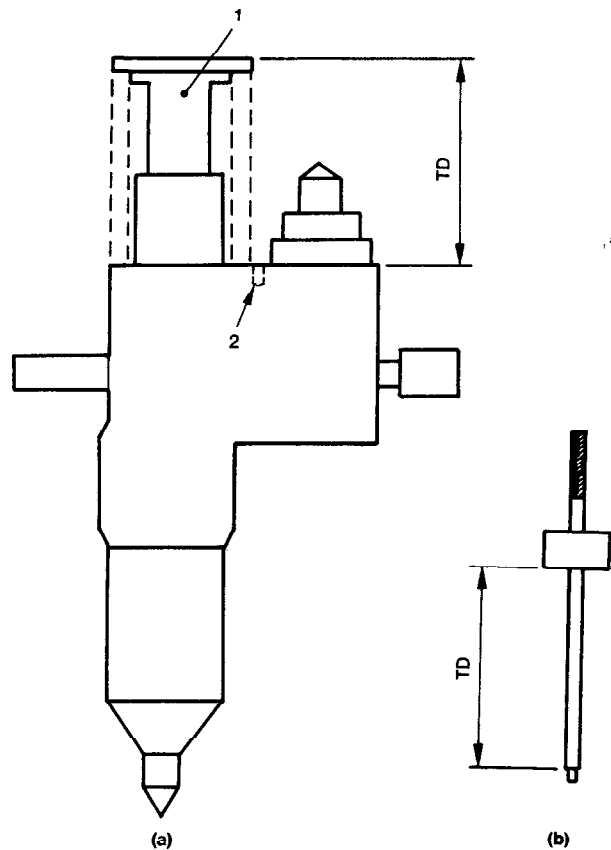
Los siguientes factores se pueden comprobar como parte de la afinación (puesta a punto) o durante los ajustes después del reacondicionamiento o reemplazo de la culata de cilindros, gobernador o inyectores. En este último caso, hay que comprobar los factores 1 a 4 antes de poner en marcha el motor.

1. Válvulas de escape
2. Sincronización ("tiempo") de inyectores
3. Abertura del gobernador
4. Palancas del cremalleras de control de inyectores
5. Velocidades máxima sin carga
6. Marcha mínima
7. Tornillo amortiguador

Cada uno de estos factores se menciona en seguida pero no se dan procedimientos detallados pues varían según el motor y sus componentes.

### Válvulas de escape

Estos motores de dos tiempos sólo tienen válvulas de escape, que pueden ser dos o cuatro por cilindro según el modelo. También se emplean puentes (cru-



**Fig. 29.10** Dimensión para sincronización del inyector unitario: a) inyector, b) calibrador; dimensión TD, 1 impulsor, 2 agujero de guía.

cetas) de válvulas que se ajustan antes que la holgura de válvulas.

Aunque las válvulas del motor no son parte del sistema de inyección de combustible, se necesita su ajuste correcto para el buen funcionamiento del motor, como se describe en el capítulo 6.

### Sincronización ("tiempo") de inyectores

La inyección, en todos los inyectores que tienen hélice para dosificación, empieza cuando el émbolo cubre el orificio de entrada. Esta característica determina el "tiempo" del inyector: para ponerlo a tiempo, hay que ajustar el impulsor a una altura definida en relación con el cuerpo. Todos los inyectores de un motor se deben ajustar a la misma altura para que tengan la misma sincronización (tiempo); con ello, cada inyector empezará la inyección en el momento correcto en relación con la posición del pistón del cilindro correspondiente.

Se utiliza un calibrador de sincronización para medir la dimensión de sincronización, que es la distancia desde la parte superior del impulsor del inyector hasta un agujero de guía en la parte superior del cuerpo. Esto se ilustra en la figura 29.10 en

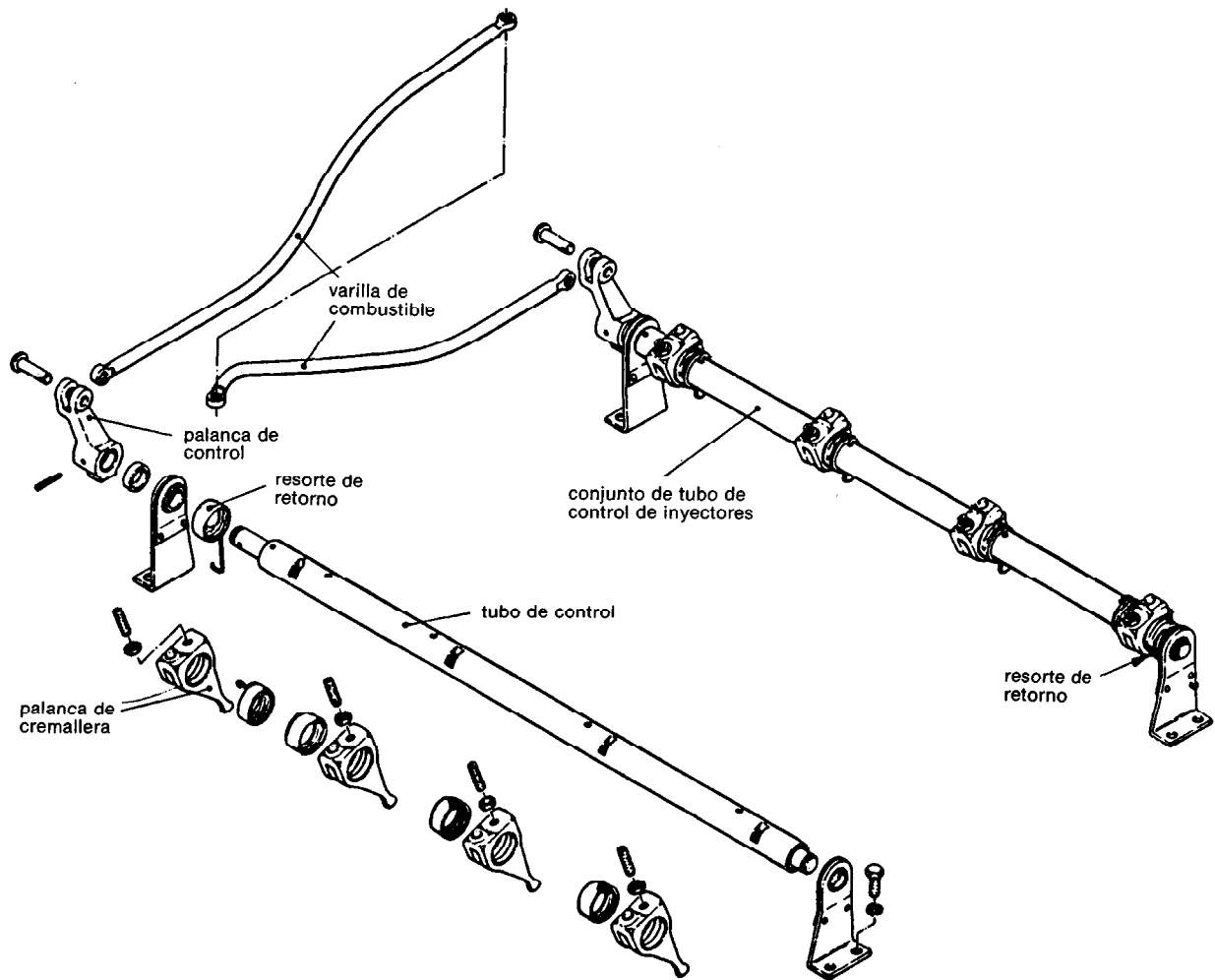


Fig. 29.11 Componentes para el control de las cremalleras de los inyectores unitarios

DETROIT DIESEL

donde a) es el contorno del inyector y b) es el calibrador de sincronización. Se señala la dimensión de sincronización (TD) en el calibrador y el inyector.

El extremo pequeño del calibrador se introduce en el agujero en el cuerpo del inyector y la parte plana del calibrador se emplea para comprobar la posición de la parte superior del impulsor. La parte plana apenas debe tocar la parte superior del impulsor, si la dimensión de sincronización está correcta.

Si la dimensión de sincronización está incorrecta como se determinó con el calibrador, se altera la longitud de la varilla de empuje del inyector para efectuar el ajuste. Esto variará la posición del balancín, con lo cual se mueve el impulsor del inyector hacia arriba o hacia abajo para obtener la dimensión correcta. Todos los inyectores se ajustan en el orden de encendido del motor; en un motor de dos tiempos se logra con una revolución completa del cigüeñal.

El ajuste se debe hacer cuando las válvulas de ese cilindro están abiertas por completo; con las válvulas en esta posición, el pistón estará cerca de la parte más baja de su carrera. El impulsor (levantador) que acciona la varilla de empuje del inyector estará en el talón de su leva del árbol de levas y el impulsor del inyector estará en la parte más alta de su carrera. Si se hace el ajuste en cualquier otra posición quedará incorrecto.

#### Abertura del gobernador

Se hacen ciertas comprobaciones del gobernador, que incluyen la abertura o espacio para baja velocidad, que se comprueba con el motor trabajando a su velocidad más rápida de ralentí. La abertura entre la cazuela del resorte de baja velocidad y el émbolo del resorte de alta velocidad está dentro de la cubierta del gobernador y hay que quitar la tapa superior del mismo para tener acceso. La abertura se comprueba con un calibrador de hojas de

0.40 mm. y, si está incorrecta, se gira el tornillo de ajuste. Este es un ajuste básico del gobernador.

### **Palanca de control de las cremalleras de inyectores**

La posición de cada cremallera debe ajustarse correctamente en relación con los demás inyectores y con el gobernador. El gobernador, por medio del tubo de control y de las palancas de control de las cremalleras de inyectores, mueve a éstas en forma simultánea para controlar la cantidad de combustible que se inyecta en las cámaras de combustión. Todos los inyectores deben tener su cremallera en la misma posición, a fin de inyectar la misma cantidad de combustible en todos los cilindros.

En la figura 29.11 se ilustran los controles de inyectores para un motor V-8. Un conjunto de tubo de control está montado con soportes en cada culata. Los tubos se extienden a toda la longitud de la culata y tienen la palanca de la cremallera de cada inyector. El extremo de la palanca se instala en la horquilla en el extremo de la cremallera de inyectores.

Las varillas de combustible están conectadas a través de una palanca diferencial con el mecanismo del gobernador y éste transfiere su acción por medio de las varillas hasta los tubos de control, con lo cual se hacen girar los tubos de control y las palancas montadas en ellos. Las palancas, a su vez, mueven las cremalleras hacia dentro o afuera de los inyectores, según lo determine la acción del gobernador, para variar la cantidad de combustible que entregan los inyectores. En esta forma, la acción del gobernador controla la velocidad y la potencia del motor.

Las palancas de las cremalleras tienen tornillos de ajuste a fin de poder cambiarlas de lugar en el eje de control para ajustarlas; el ajuste se hace con las cremalleras en la posición de máximo combustible.

Para efectuar el ajuste, primero se aflojan todas las palancas de control y se ajusta la palanca de la cremallera del cilindro No. 1 para que la cremallera esté en la posición de máximo combustible. Después, se ajustan las palancas de las cremalleras de los demás inyectores en la misma forma para que, al terminar el ajuste, todas las cremalleras queden en la posición de máximo combustible. Esto también significa que todas las cremalleras estarán en la misma posición en toda su carrera y que cada inyector entregará la misma cantidad de combustible.

## **Preguntas para repaso**

1. Describese la finalidad de cada una de las partes principales de un sistema de combustible con inyectores unitarios.
2. ¿Por qué se utiliza el nombre de inyector unitario?
3. ¿Qué ventaja se logra al tener flujo continuo de combustible en los inyectores?
4. Menciónense las partes externas de un inyector unitario.

Las palancas de cremalleras que se ilustran tienen un tornillo, de ajuste y están empujadas por resorte contra los tubos de control. En otros tipos se utilizan dos tornillos de fijación que también son ajustables.

### **Velocidad máxima sin carga**

Es un ajuste al resorte de alta velocidad en el gobernador; si está correcto, el gobernador no permitirá que el motor exceda de la velocidad máxima sin carga especificada. Con el motor en marcha y sin carga, se mueve el control de velocidad (pedal del acelerador o palanca de control) hasta la posición de máxima velocidad y se observan las rpm del motor. Si son superiores a las máximas especificadas, se gradúa el ajuste del resorte de alta velocidad, dentro de la cubierta del gobernador hasta que el motor esté a la velocidad máxima sin carga especificada.

### **Marcha mínima**

El tornillo de ajuste de marcha mínima es concéntrico con el ajuste para velocidad máxima sin carga en la cubierta del gobernador. Las rpm se ajustan a especificaciones, por ejemplo, 400 a 450 rpm.

### **Tornillo amortiguador**

El tornillo amortiguador es para hacer un ajuste en el gobernador con el motor en marcha mínima, a fin de lograr una marcha mínima suave.

## **Localización de un inyector con falla**

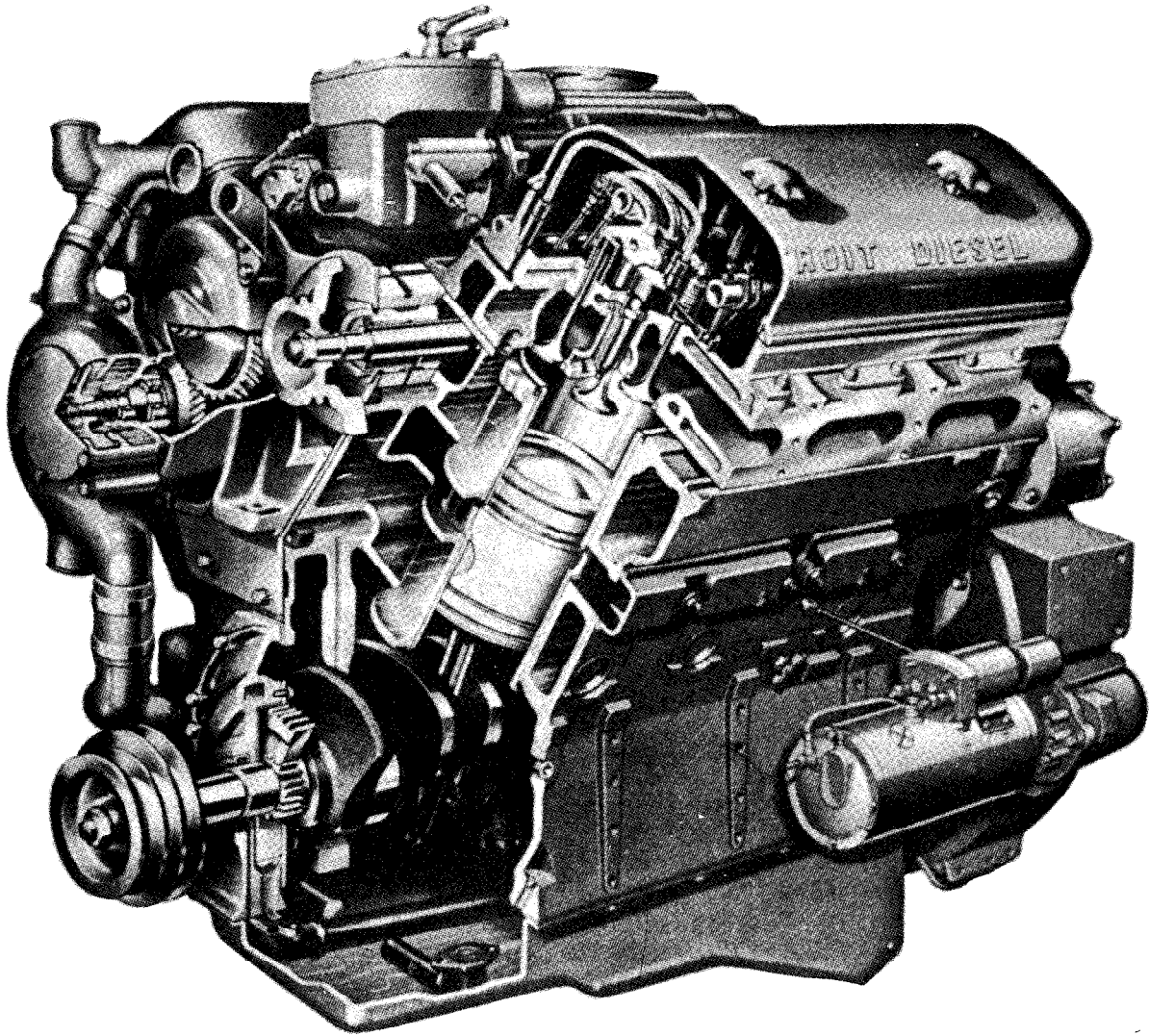
Para determinar si hay algún inyector con falla, hay que aislarlos uno por uno en el motor. El motor debe estar a su temperatura normal de funcionamiento y la tapa de balancines desmontada.

Con el motor en marcha mínima, se oprime el impulsor del inyector con un destornillador; esto evitará que funcione el inyector. Si éste se encuentra deficiente, no cambiarán ni el sonido ni la velocidad del motor. Si ese inyector no es el deficiente, entonces cambiará el sonido del motor y disminuirá la velocidad.

Se prueban todos los inyectores en esta forma hasta localizar el que está deficiente.

5. Menciónense las piezas internas de un inyector que efectúan a) la función de bombeo y b) la función de medición o dosificación.
6. Describese la forma en la cual el inyector unitario funciona como una bomba de inyección.
7. ¿Cómo se controla la cantidad de combustible entregada por un inyector?
8. ¿Se pueden probar los inyectores unitarios en un probador normal? Explíquese por qué.
9. Describanse en forma breve las pruebas que se puedan hacer en estos inyectores en el probador especial.
10. ¿Qué control del motor se logra con el empleo de un gobernador de velocidad limitada?
11. ¿Cuáles son las tres partes principales del gobernador de velocidad limitada de la figura 29.9?
12. Con referencia a la figura 29.9 describese cómo se transfiere el movimiento de los contrapesos del gobernador hasta la palanca diferencial.
13. ¿Cómo se transfiere la acción del gobernador a las cremalleras de control de los inyectores?
14. Describese la forma en que se sincroniza ("pone a tiempo") un inyector.
15. ¿Cuál es la finalidad de las palancas de control de las cremalleras?
16. Describese cómo se ajustan las palancas de control.
17. ¿Cómo se puede localizar un inyector con falla, instalado en el motor?





**Fig. 29.12** Motor Detroit Diesel V-6, vista en corte de un motor serie V-71 de 6 cilindros, dos tiempos, de alrededor de 7 litros de cilindrada. Los componentes que se ven son; inyector unitario, cremallera, palanca de control y tubo de control en la culata de cilindros; tr s de las cuatro válvulas de escape, la caja de aire y lumbreras de admisión de aire en la camisa del cilindro, el pistón con cinco anillos, el gobernador situado en la parte superior del motor entre los dos bancos de cilindros, la bomba del agua impulsada por engranes en la parte delantera del banco derecho y la bomba del aceite.

Este motor es V-6 con los bancos de cilindros a un ángulo de 60  entre sí. Hay un motor similar con ocho cilindros. Los motores de la serie V-71 pueden tener 6, 8, 12 o 16 cilindros y todos son del mismo diseño básico

DETROIT DIESEL

## Combustibles y lubricantes

El petróleo se formó hace millones de años en el fondo de los mares que entonces cubrían la mayor parte de lo que hoy es tierra. Se cree que el petróleo tuvo su origen en los cuerpos de los animales marinos que abundaban en gran variedad en esos tiempos. Estos, junto con los cuerpos de otros animales y restos de plantas quedaron, con el tiempo, cubiertos por capas de limo y con el paso de millones de años se han convertido en petróleo.

En la actualidad el petróleo se encuentra debajo de la superficie de la tierra y se utilizan métodos modernos de exploración para descubrirlo. Después, se taladran pozos para localizar el petróleo y llevarlo a la superficie. El petróleo crudo se conduce en oleoductos y buques tanque a las refinerías en donde se convierte en gasolina, otros combustibles, lubricantes y muchos otros productos.

El petróleo crudo suele ser muy espeso y su color varía desde amarillo, pasando por verde y hasta negro y hay que refinarlo antes de poder utilizarlo.

### Productos del petróleo crudo

El petróleo crudo se somete a numerosos procesos en las refinerías para obtener una variedad de productos. Uno de los primeros pasos, que es el que nos interesa, se llama fraccionado, en el cual se divide el petróleo en diversas fracciones, que se determinan por la temperatura a la cual se destilan las diversas partículas del petróleo. Se calienta el petróleo crudo en la parte inferior de un cilindro o torre alto y hueco y se convierte en vapor (Fig. 30.1). Cuando el vapor sube en la torre, se enfría y se destila en líquido. A diversos niveles en la torre, se recolectan las partículas o fracciones destiladas del petróleo crudo. Así las fracciones que no son muy densas se destilan hacia la parte superior de la torre y las más densas de destilan hacia la inferior o fondo. En esta forma se disponen las diversas fracciones del petróleo crudo para obtener una variedad de productos

del petróleo. Como se ve en la ilustración, el gas llega a la parte alta de la torre, mientras que el petróleo para hornos (combustóleo) es el más denso y se destila en el fondo de la torre. Luego se efectúan refinación y tratamiento adicionales en cada producto antes de que esté listo para usarlo.

En pocas palabras, los principales productos y sus usos son:

**Gas.** La fracción más ligera, que se utiliza como combustible doméstico e industrial y se envasa en recipientes de presión como gas licuado de petróleo (LPG).

**Disolventes.** Se utilizan en las industrias de pintura, química y otras industrias manufactureras.

**Gasolinas.** Una gran cantidad del crudo se procesa para combustible en los motores de gasolina.

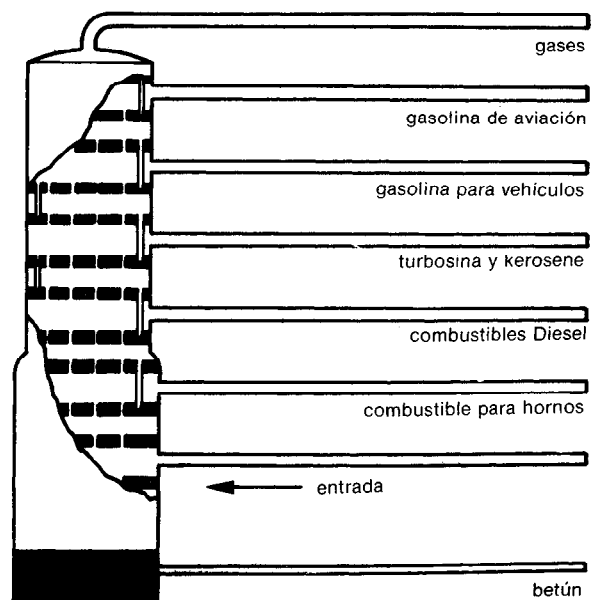


Fig. 30.1 Productos de la destilación del petróleo crudo

*Kerosene (petróleo diáfano) para motores.* Se utiliza en algunos motores y para calefacción y limpieza.

*Kerosene (petróleo diáfano) para iluminación.* Originalmente, representaba una gran cantidad del crudo refinado pues tenía gran demanda para iluminación. En la actualidad se utiliza para limpieza y calefacción.

*Destilado.* (Llamado gas-oil en muchos países.) Es el combustible para la mayor parte de los motores Diesel automotrices.

*Combustible Diesel.* Se utiliza como combustible en forma principal en motores Diesel muy grandes, como los motores marinos o equipos generadores. Tiene uso limitado en motores automotrices.

*Petróleo para hornos (combustóleo).* Contiene las fracciones más densas del crudo y se utiliza para alimentar hornos.

## Combustibles para motores Diesel

Los combustibles Diesel consisten, principalmente, en algunas de las partes más densas del petróleo crudo refinado. Las fracciones menos densas del combustible Diesel, como son volátiles, dan más facilidad de atomización y vaporación cuando se pulverizan en la cámara de combustión; las fracciones más densas, menos volátiles, le dan viscosidad al combustible a la vez que producen potencia y menor consumo. El combustible debe tener cierta viscosidad de modo que se adhiera una película en las piezas de las bombas e inyectores y actúe como lubricante; pero se necesita una baja viscosidad para permitir su fácil atomización en los inyectores.

Hay dos clases principales de combustible para los motores Diesel: destilado y combustible Diesel. Estas son normas británicas y hay normas de Estados Unidos similares relacionadas con ellas.

### Destilado

Es el combustible de empleo más común en todos los motores Diesel de alta velocidad en Australia, tales como camiones, tractores agrícolas, equipo para movimiento de tierras y motores estacionarios. Cumple con British Standard Class A y US Standard 2D.

### Combustible Diesel

Es mucho más viscoso que el destilado y no se debe utilizar en motores Diesel de alta velocidad en lugar del destilado, salvo que lo especifique el fabricante; produce dificultades al arranque, mal rendimiento y también obstruye los filtros con facilidad. Cumple con British Standard Class B y US Standard 4D.

## Propiedades de los combustibles Diesel

Estos combustibles tienen ciertas propiedades que los hacen adecuados para emplearlos en los motores Diesel.

*Viscosidad.* Como se mencionó, debe ser lo bastante baja para la atomización fácil al pulverizarlo en la cámara de combustión.

*Punto de inflamación.* Es la temperatura a la cual el combustible empieza a despedir un vapor, que se inflama de inmediato si hay una chispa o una llama. El punto de inflamación de los combustibles Diesel es de unos 55°C, lo cual los hace mucho más seguros para el manejo y el almacenamiento que la gasolina, que se vaporiza a todas las temperaturas atmosféricas normales.

*Temperatura de autoignición.* Es la temperatura a la cual el combustible atomizado se inflama y arde sin la ayuda de una chispa. Una baja temperatura de autoignición significa que el motor arrancará con facilidad y funcionará con menor "cascabeleo". Esta temperatura es de alrededor de 250°C para los combustibles Diesel.

*Cualidades adecuadas para ignición: número cetano.* El número cetano de un combustible Diesel es una medida de su calidad de ignición o de su facilidad para arder en la cámara de combustión. Los combustibles con bajo número cetano necesitan más tiempo para inflamarse después de inyectarlos, con lo que ocasionan una demora más larga, y cuando tiene lugar la ignición, habrá tendencia a un mayor "cascabeleo" cuando el combustible acumulado se inflama en forma súbita y aumenta la presión.

Por otra parte, si el número cetano es suficientemente alto (número cetano correcto), el combustible se inflamará y comenzará a arder casi tan pronto como empieza la atomización. Por tanto, la presión de combustión aumentará uniformemente y no habrá cascabeleo.

Para obtener el número cetano se hacen pruebas de un motor y se comparan los resultados con ciertos combustibles de referencia. Dado que el objetivo es tener un combustible con potencia adecuada y cualidades para ignición, el número cetano más alto que sea posible no siempre es el requisito final. Por tanto, en esta prueba no se incluyen sólo las cualidades de ignición, sino que se tienen en cuenta aspectos tales como el periodo de demora y la potencia producida en el motor.

*Contenido de azufre.* Todos los combustibles Diesel contienen cierta cantidad de azufre. Un contenido de azufre demasiado alto produce desgaste excesivo de los cilindros por la formación de ácidos en el aceite lubricante. Los combustibles no deben contener más de 0.5% de azufre.



*Ausencia de contaminantes.* Dado que las holguras en las piezas para inyección de combustible son tan pequeñas, que hay que impedir que entren al combustible los contaminantes en cualquier forma, como agua, polvo, herrumbre o incrustaciones, antes de poner el combustible en el tanque del vehículo. Los contaminantes pueden ocasionar costosos daños en un tiempo un tanto corto. Por tanto, es de máxima importancia el cuidado en el manejo y almacenamiento.

El tanque de combustible del vehículo se debe llenar preferentemente al terminar la jornada y no debe quedar parcialmente vacío durante la noche, porque se condensará la humedad en las superficies metálicas internas y entrarán gotas de agua al combustible.

Cuando los tanques de almacenamiento están sobre el nivel del piso, se utiliza un grifo de drenaje en el punto más bajo para eliminar el agua que se condense. También es deseable un periodo de asentamiento después de llenar esos tanques, a fin de tener tiempo para que el agua agitada con el llenado se vuelva a sedimentar.

Si se utilizan tambores para el combustible, deben estar acostados e inclinados para permitir que los contaminantes que puedan haber entrado al tambor se acumulen en el punto más bajo. El combustible se debe sacar con una bomba desde una parte alta en la base del tambor. Si los tambores no están bajo techo, también se deben almacenar inclinados para que no se les acumule el agua en la parte superior. Si se ha destapado un tambor, se debe volver a tapar o mantenerlo bajo techo y no expuesto a los elementos.

## Lubricantes para motores Diesel

Las condiciones que imponen los motores Diesel para el lubricante son más severas que para los motores de gasolina. En el motor de gasolina, se emplea menos aire del requerido en los cilindros, en teoría, para quemar el combustible. Sin embargo, en un Diesel se succiona aire para llenar todo el cilindro en cada carrera de admisión, por lo cual hay un exceso de aire presente (atmósfera oxidante) en el cilindro durante la combustión. Esto hace que haya formación de goma del aceite. El Diesel funciona con presiones de compresión y temperaturas muy elevadas, por lo cual el aceite está sometido a influencias más grandes que lo pueden descomponer que en el motor de gasolina. En todos los motores, queda algo de combustible sin quemar en la pared de los cilindros y diluye el aceite. En algunos motores Diesel, parte del combustible choca con la pared de los cilindros y diluye el aceite lubricante antes de que se inflame. El resultado es que el aceite se carga con partículas de carbón, gomas y barnices como productos de combustión parcial. Esto oca-

siona la formación de barnices y pegadura de los anillos de pistón.

Los aceites modernos incluyen aditivos químicos para evitar esos efectos de la combustión y la oxidación. Un aceite adecuado requiere las siguientes características generales:

1. Debe producir una película de aceite en la pared de los cilindros para evitar el desgaste y actuar como sello.
2. Debe tener baja fricción interna a fin de que no absorba potencia del motor.
3. Debe tener suficiente estabilidad para evitar la formación de gomas y barnices, pero ser lo bastante volátil para arder en forma limpia sin dejar residuos de carbón.
4. Debe poder disolver las resinas y barnices que se forman durante la combustión.

Las características 1 y 2 dependen de la viscosidad. Si ésta es muy elevada, el aceite tendrá alta fricción y quizá no mantendrá una película continua en la pared de los cilindros y en los cojinetes y puede ocurrir desgaste excesivo. En la actualidad se utilizan aceites de baja viscosidad.

Se emplean aditivos químicos para fortificar el aceite y cumplir con las características 3 y 4. Los aditivos son productos químicos solubles en el aceite; más adelante se describen los aditivos para el aceite.

### Propiedades del aceite

Un aceite lubricante satisfactorio para los motores debe tener ciertas características o propiedades. Debe tener la viscosidad correcta y resistir oxidación, formación de carbón, corrosión, herrumbre, presiones extremas y formación de espuma. Además, debe ser un buen limpiador (detergente), debe fluir a bajas temperaturas y tener buena viscosidad con temperaturas altas y bajas.

Ningún aceite mineral, en sí, tiene todas estas propiedades. Por ello, los productores de lubricantes incluyen cierto número de aditivos durante la preparación para dar las propiedades requeridas.

### Viscosidad

La viscosidad es una de las características más importantes del aceite lubricante; significa la tendencia del aceite a resistir el flujo. La viscosidad se puede describir como si estuviera dividida en dos partes: cuerpo y fluidez.

El cuerpo significa la resistencia a la penetración o perforación de la película de aceite durante la aplicación de cargas pesadas. Cuando se inicia la carrera de potencia, por ejemplo, las cargas en los cojinetes tienen un fuerte aumento. El cuerpo del aceite impide que la carga expulse la película de aceite que hay entre el muñón y los metales del cojinete. Esta propiedad amortigua las cargas de choque, ayuda a mantener buen sellamiento entre los anillos

del pistón y la pared de los cilindros y mantiene una película adecuada de aceite en todas las superficies de apoyo de los cojinetes cuando están sometidas a carga.

La fluidez tiene que ver con la facilidad con la cual el aceite fluye en las tuberías o conductos de aceite y se extiende en forma de película en las superficies en contacto. En algunos aspectos, fluidez y cuerpo son características opuestas, ya que mientras un aceite sea más fluido, tendrá menos cuerpo. El aceite que se usa en cualquier motor debe tener el cuerpo suficiente para trabajar como se mencionó en el párrafo anterior y la suficiente fluidez para correr libremente en todas las líneas de aceite y extenderse efectivamente en todas las superficies que hagan contacto.

La temperatura influye en la viscosidad. Cuando aumenta la temperatura se reduce la viscosidad y viceversa. Dado que las temperaturas del motor varían desde arranque en tiempo muy frío hasta la temperatura de funcionamiento, el aceite debe tener suficiente fluidez a bajas temperaturas. Al mismo tiempo, debe tener suficiente cuerpo para trabajar a altas temperaturas.

La viscosidad del aceite se determina con un viscosímetro, un aparato que determina el tiempo requerido para que pase una cantidad definida de aceite por una abertura de un diámetro definido. Durante esta prueba también se tiene en consideración la temperatura. Los números más bajos para viscosidad indican que ésta es más baja (aceite más delgado).

La Society of Automotive Engineers (SAE) clasifica la viscosidad en dos formas: para verano y para invierno. Los aceites de grado para invierno se prueban a 0°C y a 100°C. Hay tres grados: SAE-5W, SAE-10W y SAE-20W; la W indica que es grado para invierno. Los grados que no son para invierno no llevan el sufijo W y son SAE-20, SAE-30, SAE-40 y SAE-50.

Algunos aceites son de grado múltiple (multi-grado), o sea que equivalen, en viscosidad, a varios aceites de grado simple. Por ejemplo, un aceite SAE-10W-30, se puede comparar con aceites SAE-10W, SAE-20W y SAE-30; estos aceites tienen un alto grado de viscosidad.

#### **Aditivos para el aceite**

Los aceites para servicio severo o pesado incluyen muchos aditivos para ayudarlos a desempeñar sus funciones. Los aditivos son:

1. Mejoradores de índice de viscosidad
2. Depresores del punto de fluidez o congelación
3. Inhibidores de oxidación
4. Inhibidores de corrosión y herrumbre
5. Inhibidores de espuma
6. Detergentes y dispersantes
7. Aditivos para extrema presión.

A continuación se describe la finalidad de cada aditivo.

#### **Mejoradores de índice de viscosidad**

Cuando el aceite está frío, es más espeso y fluye con más dificultad que cuando está caliente. En otras palabras, se vuelve más viscoso cuando se enfría y menos viscoso cuando se calienta.

En algunos aceites la viscosidad cambia mucho con las variaciones en la temperatura; otros aceites tienen menos cambio en la viscosidad. A fin de tener una medida exacta de qué tanto cambiará la viscosidad del aceite según la temperatura, se adoptó la escala de índice de viscosidad. Un aceite con alto índice de viscosidad tendrá menor cambio en la viscosidad que uno con bajo índice.

Se han perfeccionado aditivos que mejoran el índice de viscosidad y en los aceites en que se emplean hay poco cambio en la viscosidad entre temperaturas muy bajas y las normales de funcionamiento.

#### **Depresores del punto de fluidez**

A bajas temperaturas, algunos aceites se vuelven tan gruesos que no fluyen. Se pueden incluir ciertos aditivos en el aceite que depriman o bajen el punto de temperatura al cual el aceite estará muy espeso y no fluirá. Estos aditivos mantienen fluido el aceite a bajas temperaturas para tener lubricación adecuada durante el arranque y funcionamiento inicial del motor en tiempo muy frío.

#### **Inhibidores de oxidación**

Cuando se calienta el aceite a temperaturas un tanto elevadas, y se lo agita de modo que se mezcle una cantidad considerable de aire, con él, el oxígeno del aire tiende a combinarse con el aceite y lo oxida. Dado que eso es lo que ocurre con el aceite del motor, es decir, que se calienta y agita o se rocía hacia el aire dentro del depósito, siempre ocurrirá cierta oxidación del aceite y, cuando se oxida, se desintegra y forma diversas sustancias perjudiciales. Algunos de los productos que se forman por la oxidación del aceite pueden producir un revestimiento similar al alquitrán, muy pegajoso, en las piezas del motor. Este material puede obstruir los conductos para aceite y restringir el funcionamiento de los anillos de pistón y válvulas. Un producto de la oxidación, un poco diferente; produce una sustancia similar al barniz que cubre las piezas del motor y tiene los mismos efectos dañinos. En las refinerías de petróleo se controla la refinación y se agregan ciertos productos químicos llamados *inhibidores de oxidación* para que el aceite resista la oxidación.

#### **Inhibidores de corrosión y herrumbre**

A altas temperaturas se pueden formar en el aceite ácidos que corroerán las piezas del motor, en espe-

cial los metales de cojinetes. Los inhibidores de corrosión del aceite la inhiben y actúan en dos formas. Desplazan el agua de las superficies metálicas para que las pueda cubrir el aceite. Además, tienen reacción alcalina para neutralizar los ácidos de la combustión.

#### *Inhibidores de espuma*

La acción de batido del aceite dentro del motor hace que se forme espuma. Cuando la hay, el aceite se derrama o se escapa por el sistema de respiración del motor. Además, el aceite con espuma no puede dar la lubricación normal de los cojinetes y piezas móviles. Por ello se agregan aditivos inhibidores de espuma en el aceite.

#### *Detergentes y dispersantes*

Los procesos de la combustión dejan depósitos de carbón en los pistones, anillos, válvulas y otras piezas. Además, también puede ocurrir cierta oxidación del aceite que producirá otros tipos de depósitos. Como resultado de estas condiciones, se acumulan los depósitos en las piezas del motor, reducen en forma gradual el rendimiento y apresuran el desgaste. Para evitar la formación de estos depósitos, se agrega al aceite un aditivo *detergente*.

El detergente afloja y desprende los depósitos de carbón, gomas y mugre y el aceite arrastra ese material desprendido.

Para evitar que se coagulen las partículas y poder mantenerlas finamente divididas, o sea dispersas, se agrega al aceite un *dispersante*. Sin el dispersante, las partículas se juntarían y formarían partículas más grandes que obstruirían el filtro de aceite y le reducirían su eficacia; también se pueden acumular en los conductos y restringir el paso de aceite a los cojinetes y otras piezas del motor. Esto se impide con el dispersante que hace posible que aumente la cantidad de contaminantes en el aceite sin que pierda su eficacia.

Los productores de lubricantes dan gran importancia a las propiedades de los dispersantes y de los detergentes. Si se pueden mantener suspendidos los contaminantes en el aceite en forma de pequeñas partículas, no se depositarán en las piezas del motor y se necesita menor cantidad de acción detergente.

#### *Aditivos para extrema presión*

En los motores automotrices modernos el aceite está sometido a altas presiones no sólo en los cojinetes sino también en el mecanismo de válvulas; éstos tienen resortes de válvulas muy fuertes y levas de gran alzada. Esto significa que las válvulas se deben mover en contra de una mayor carga de los resortes. Para evitar la expulsión del aceite desde esas superficies se utilizan los aditivos para extrema presión, que forman películas muy fuertes que ayudan al aceite pues protegen durante los momentos de extrema presión.

#### **Resumen del aceite y aditivos**

La *viscosidad* de un fluido es la medida de su resistencia a fluir; por ello, un líquido espeso tiene alta viscosidad y un líquido delgado tiene baja viscosidad. Los números SAE son para clasificar el aceite de acuerdo con su viscosidad. Los fabricantes de los motores recomiendan el número SAE que se debe emplear.

El *índice de viscosidad* es una comparación del cambio de la viscosidad del aceite a bajas y altas temperaturas.

Los *depresores del punto de fluidez* mantienen delgado el aceite a bajas temperaturas.

Los *inhibidores de oxidación* evitan la acción química con el aire dentro del depósito de aceite, que formaría gomas, barnices y lodos.

Los *inhibidores de corrosión* evitan la corrosión de las piezas metálicas.

Los *inhibidores de espuma* evitan que se forme espuma en el aceite cuando se lo bombea y lanza dentro del motor.

*Detergentes y dispersantes* Los detergentes impiden que se adhieran depósitos en las paredes de las piezas del motor y en el depósito de aceite. Los dispersantes dispersan los depósitos en el aceite, para que salgan al cambiar el aceite.

Los *aditivos para extrema presión* o contra rayaduras, aseguran que se retenga una película de aceite en piezas como las levas y los impulsores para evitar las rayaduras.

#### **Clasificaciones de servicio para el aceite**

Ya se mencionó que la viscosidad del aceite se clasifica con un número. También se clasifica en otra forma, llamada designación *para servicio*, es decir, de acuerdo con el servicio para el cual es adecuado.

Se han utilizado muchas clasificaciones, tales como ML, MM y MS para motores de gasolina y DG y DS para los Diesel. Esos aceites difieren en sus características y en el contenido de aditivos.

En la actualidad, se utilizan clasificaciones S para motores de gasolina y clasificaciones C para los motores Diesel.

Los aceites para motores de gasolina tienen las clasificaciones SA, SB, SC, SD y SE; cada letra indica que es para servicio más severo que la precedente. Por ejemplo, un aceite designado para Servicio SE, da mayor protección contra la oxidación del aceite, la formación de depósitos por altas temperaturas, la herrumbre y la corrosión que en un aceite SD o SC.

Para los motores Diesel se emplean las clasificaciones de Servicio CA, CB, CC y CD.

*Aceite CD.* Es para motores que trabajan en condiciones de máxima severidad como:

1. Bajas temperaturas y cargas ligeras continuas
2. Altas temperaturas y cargas pesadas continuas

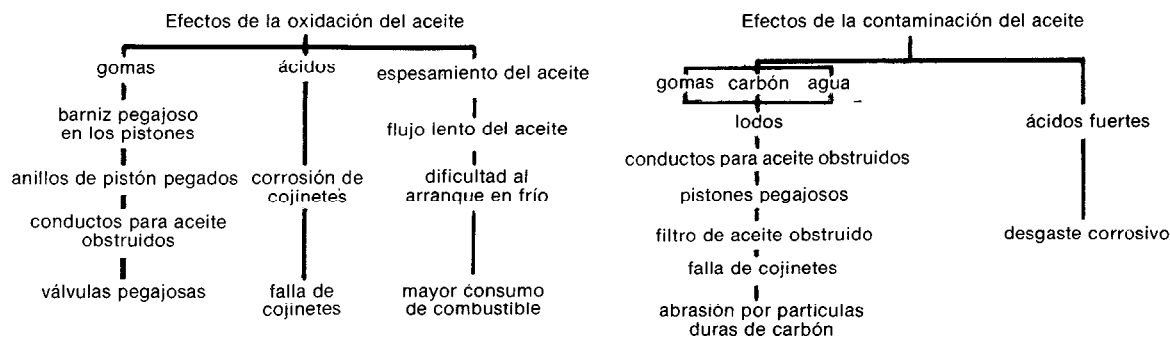


Fig. 30.2 Efectos de la oxidación del aceite y de la contaminación por la combustión

3. Empleo de combustibles con alto contenido de azufre o de volatilidad anormal.

**Aceite CC.** Se emplea para motores Diesel que trabajan en condiciones de servicio ligero a normal.

### Consumo de aceite

El aceite del motor se pierde en tres formas: se quema en las cámaras de combustión, se fuga en forma de líquido y se escapa desde el depósito (carter) en forma de nebulización (que también se quema en las cámaras de combustión si el motor tiene sistema de ventilación positiva). Hay dos factores principales que influyen en el consumo de aceite: la *velocidad de motor* y la *cantidad de desgaste de las piezas del motor*. La alta velocidad produce altas temperaturas que, a su vez, reducen la viscosidad del aceite, por lo cual se puede escapar con más facilidad por los anillos hacia la cámara de combustión, en donde se quema. Además, la alta velocidad produce un efecto centrífugo en el aceite que va a los muñones de biela. Por tanto, se envía más aceite a los cojinetes y se lo lanza después contra la pared de los cilindros.

A alta velocidad en un motor gastado, los anillos de aceite no pueden funcionar con eficacia, con lo cual llega cada vez más aceite a las cámaras de combustión. El sistema de ventilación o respiración del motor hace que pase más aire por el motor a alta velocidad y que se pierda más aceite en forma de nebulización.

Conforme se gastan las piezas del motor, aumenta el consumo de aceite. Los metales de cojinete gastados lanzan más aceite contra la pared de los cilindros; si esas paredes están cónicas, ovaladas o gastadas, impedirán la acción normal de los anillos de control de aceite. Los anillos no pueden cambiar de configuración con suficiente rapidez para adaptarse a la pared gastada cuando se mueven hacia arriba y abajo. En consecuencia, pasa más aceite a las cámaras de combustión en donde se quema y forma carbón en las válvulas, anillos y pistones; este carbón agrava la situación, porque reduce todavía más la eficacia de los anillos de aceite.

Si las guías de válvulas de admisión están gastadas también aumentará el consumo de aceite, ya que pasará por los vástagos de válvulas y llegará a las cámaras de combustión junto con el aire cada vez que se abren las válvulas de escape.

### Efectos del aceite incorrecto

Si se utiliza un aceite incorrecto o no recomendado para ese motor, surgirán problemas, lo mismo que si no se cambia el aceite a los intervalos recomendados. En cualquier caso, los aditivos perderán su eficacia.

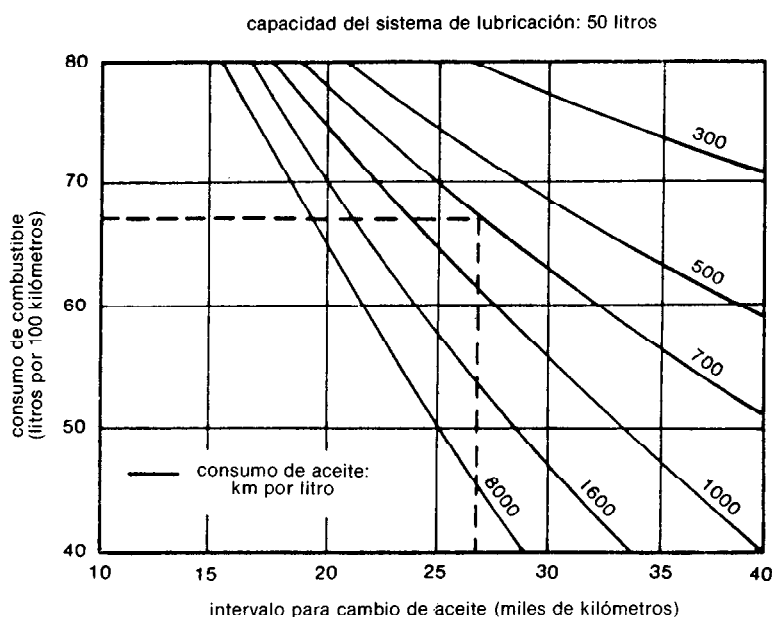
La oxidación del aceite ocurrirá por el contacto con el aire dentro del depósito; la combustión producirá contaminación. En la figura 30.2 se mencionan algunos efectos de ellas en el motor.

### Razones para los cambios de aceite

Desde el momento en que se pone el aceite nuevo en el depósito, empieza a perder su eficacia como lubricante. Esta pérdida gradual se debe, en gran parte, a la acumulación de diversas sustancias contaminantes y a la reducción en la eficacia de los aditivos. La combustión del combustible dejará gomas, ácidos y sustancias similares al barniz o también se pueden producir en el aceite con las altas temperaturas del motor. Además, el aire que entra al motor lleva consigo cierta cantidad de polvo; aunque el filtro funcione con eficiencia no retiene todo el polvo. Además, con el desgaste del motor se desprenden partículas metálicas. Todas estas sustancias circulan con el aceite. Cuando funciona el motor, se acumulan más y más contaminantes en el aceite. Al cabo de muchos kilómetros de operación, el aceite estará tan cargado con contaminantes que resultará peligroso. Si no se vacía y se pone aceite nuevo, el desgaste del motor aumentará con rapidez.

### Intervalos para cambio de aceite

Hay diversas formas para determinar cuándo se debe cambiar el aceite del motor. Las más sencillas y usuales se basan en los kilómetros recorridos, las horas de operación o un periodo fijo de tiempo.



**Fig. 30.3** Ejemplo de una gráfica para determinar los intervalos para cambio de aceite, en kilómetros

Otros métodos a veces se basan en gráficas o en análisis del aceite; éstos suelen ser usados para motores grandes o flotillas de vehículos.

#### *Kilómetros recorridos*

Es para vehículos que trabajan en carretera. Se especifica un intervalo, por ejemplo, de 10 000 km para motores que trabajan en condiciones normales. En servicio más severo, se requieren cambios con mayor frecuencia.

#### *Horas de trabajo*

Es para motores que no están en vehículos para carretera, en donde la distancia recorrida es muy corta en relación con las horas de operación y las horas de funcionamiento se usan para determinar cuándo se debe cambiar el aceite. Para ello, el motor tiene un cuenta-horas.

#### *Periodo de tiempo*

Cuando los motores no llegan a los kilómetros u horas de operación especificados dentro de un periodo fijo de tiempo, por ejemplo, 6 meses, hay que cambiar el aceite sin que importe lo poco que haya trabajado el motor durante ese tiempo.

#### *Método de gráficas*

Se puede utilizar un método con gráficas para determinar el intervalo de cambio de aceite de un motor determinado. Se tienen en cuenta el combustible consumido, el consumo de aceite y la capacidad del sistema de lubricación. En la figura 30.3 se muestra una gráfica basada en estos tres factores. Al emplearla, en lugar de un número fijo de kilómetros, se

pueden aprovechar las condiciones particulares de funcionamiento del motor para determinar si es posible prolongar el intervalo para cambio.

Para emplear la gráfica, hay que conocer el consumo de combustible y de aceite del motor, lo cual significa que se deben tener registros adecuados para contar con esa información. Supóngase, por ejemplo, que el consumo de combustible es de 67 litros por cada 100 kilómetros y el de aceite es de 1 litro por cada 700 kilómetros en un motor con capacidad para 50 litros de aceite en el sistema de lubricación, que incluye el depósito y los filtros. Para leer la gráfica:

1. Localícese 67 en la escala vertical de consumo de combustible en el lado izquierdo.
2. Trácese una línea horizontal hasta la curva marcada 700, como se señala con la línea discontinua. Esta es la curva de consumo de aceite de 1 litro en 700 kilómetros.
3. Trácese la línea discontinua en sentido vertical hasta la línea de base; llegará al 27 en la escala, que equivale a 27 000 kilómetros. Este es el intervalo permisible para el cambio de aceite en ese motor.

#### *Gráfica en horas*

En la gráfica de la figura 30.4 se muestra, en horas, el intervalo para cambio de aceite de un motor. La

N. del T.: En Europa, algunos países de América (y en Australia) el consumo se menciona en litros por 100 kilómetros. En Estados Unidos México y ciertos países de América, se menciona en kilómetros por litro. En este ejemplo, el consumo sería de 1.49 kilómetros por litro (kpl).



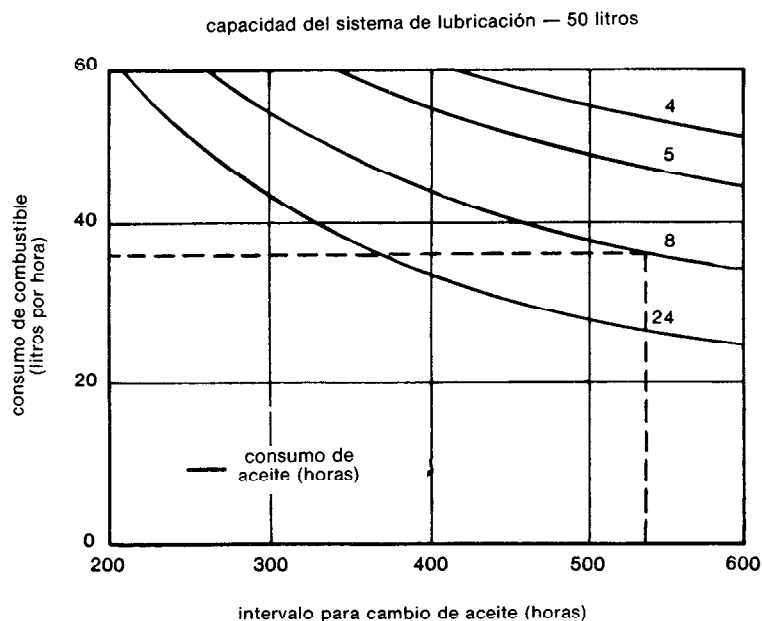


Fig. 30.4 Ejemplo de una gráfica para determinar los intervalos para cambio de aceite, en horas

CUMMINS

información para utilizar la gráfica en este caso es el consumo de combustible en litros por hora y el número de horas en que se consume un litro de aceite. Como ejemplo para utilizar la gráfica, si el motor consume 37 litros de combustible por hora y 1 litro de aceite cada 8 horas, entonces el intervalo para cambio sería de 530 horas, el cual se encuentra al trazar la línea discontinua como se ilustra.

Las dos gráficas son sólo ejemplos. Están basadas en un buen número de gráficas que aparecen en el Manual de Taller de Cummins para cada uno de sus tipos de motores y capacidades del sistema de lubricación.

### Análisis del aceite

Se pueden hacer análisis de laboratorio para determinar cuándo se debe cambiar el aceite. Después de varios análisis, se puede establecer un intervalo adecuado para los cambios.

El análisis de la muestra de aceite es para determinar:

1. Si la viscosidad es muy baja por la dilución debida al combustible
2. Si la viscosidad es muy alta debido a lodos y contaminación.
3. El contenido de sedimentos
4. La acidez (pH)
5. El contenido de agua
6. La cantidad de reducción de los aditivos
7. Si hay presentes metal u otro material extraño.

### Muestreo programado del aceite

Con un método para muestreo de aceite establecido

por Caterpillar se analiza una muestra del mismo, no sólo para comprobar si todavía se puede seguir utilizando sino también para determinar el grado de desgaste de diversas piezas del motor.

Cada pieza movable de motor tiene un grado normal de desgaste; cuando se desgastan, quedan suspendidas partículas microscópicas del metal en el aceite. La concentración de estas partículas se mide con un aparato llamado *espectrofotómetro de absorción atómica*. La concentración de partículas se utiliza como indicador de la cantidad de desgaste de diversos componentes del motor.

Se analizan las muestras del aceite para la concentración de cinco o más elementos. Por ejemplo, el exceso de hierro suele señalar desgaste de la bomba del aceite, del cigüeñal o el árbol de levas o de las camisas de cilindros; el cromo señala desgaste de los anillos de pistón, puntos de apoyo y, en algunos casos, de los vástagos de válvulas. El cobre puede significar desgaste de los cojinetes de empuje; el aluminio, desgaste de pistones y metales de cojinete y el plomo también señala desgaste de los metales de cojinete. El contenido de silicio se utiliza como medida de la cantidad de polvo que entra al sistema de lubricación.

Las cantidades excesivas de cualquiera de esos elementos en el aceite es señal de una falla inminente y permite tomar la acción correctiva antes de que ocurra la falla. Se necesita el muestreo periódico del aceite del motor para establecer normas, a fin de poder observar cualquier tendencia anormal y aplicarla para descubrir un problema potencial.

## ***Preguntas para repaso***

1. ¿Cuáles son algunos de los productos del petróleo crudo?
2. ¿Qué es el proceso de fraccionación?
3. Enumérense las propiedades principales del combustible Diesel.
4. ¿Qué significa número cetano?
5. ¿Por qué es tan importante un bajo contenido de azufre en el combustible?
6. ¿Qué precauciones se pueden tomar para impedir la contaminación del combustible?
7. ¿Cuáles son las principales propiedades en el aceite lubricante para motores Diesel?
8. ¿Por qué se utilizan aditivos en el aceite lubricante?
9. ¿Qué es la viscosidad?
10. ¿Cuáles serán los posibles efectos de emplear un aceite sumamente grueso en el sistema de lubricación?
11. ¿Cuáles son las clasificaciones de la SAE para el aceite?
12. ¿Qué son las clasificaciones para servicio del aceite?
13. Enumérense los tipos de aditivos utilizados en el aceite lubricante para motores.
14. ¿Qué son los detergentes?
15. ¿Por qué se utilizan los dispersantes?
16. ¿Cuál es el posible efecto del empleo de aceite que no tenga inhibidores de oxidación?
17. ¿Cuáles son los beneficios del empleo de aditivos para extrema presión en el aceite?
18. Un aceite para motores Diesel tiene clasificación CD. ¿Qué significa?
19. ¿Cuáles son algunas de las causas del alto consumo de aceite?
20. ¿Por qué son necesarios los cambios periódicos del aceite?

En los motores Diesel, a menudo se instala equipo especial, que depende del tipo de vehículo o equipo en que se instala el motor. El equipo auxiliar incluye equipo eléctrico, frenos en el escape y el motor, compresor de aire y bomba hidráulica para la dirección. A continuación se describen algunos en forma breve.

### Freno en el escape

En algunos camiones se utiliza un freno en el escape, con lo cual el motor en sí actúa como freno para reducir el desgaste en el sistema de frenos normales.

El sistema de escape tiene una válvula de mariposa en la salida del múltiple de escape. Cuando se acciona el freno en el escape, se cierra la válvula de mariposa y se retiene la presión de compresión en el múltiple de escape y en los cilindros del motor. Esto actúa como freno en contra de la rotación del motor y se reduce la velocidad del vehículo. Los frenos en el escape son más eficaces a altas velocidades del motor.

### Freno motor

El freno Jacobs en el motor convierte al motor, de productor de potencia en compresor de aire que absorbe potencia, porque abre las válvulas de escape cerca del final de la carrera de compresión, con lo que la carga de aire comprimido se envía al escape.

La descarga de la presión de los cilindros en la parte alta de la carrera de compresión libera la energía que, en otra forma, habría estado disponible para ayudar al pistón en la carrera de expansión (descendente) que ocurre después. El resultado es una pérdida de energía en el motor que produce un efecto de retardación o frenaje.

Este freno es más eficaz a altas velocidades, por lo cual es importante tener la transmisión en la "velocidad" correcta. El conductor selecciona la "velocidad" (reducción) en la transmisión que permite tener alta velocidad, pero sin exceder de la velocidad gobernada del motor.

La apertura de las válvulas de escape se obtiene mediante un cilindro maestro y uno secundario

("esclavo") y un varillaje que funciona con el aceite lubricante a presión.

### Retardador hidráulico

Consta de un estator con aspas y un rotor, también con aspas, instalados en una cubierta entre el volante y el motor. Cuando se acciona el retardador se bombea el aceite del motor al retardador y se produce un acomplamiento hidráulico. El rotor en rotación atrapa el aceite y lo lanza contra las aspas del estator, que está fijo. Con esto se retarda la rotación del motor y se logra un efecto de frenaje.

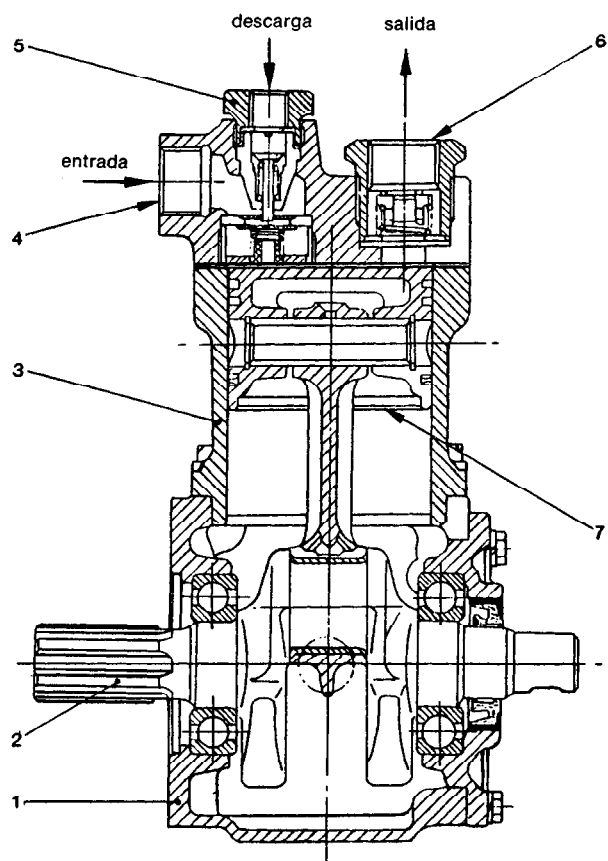
Cuanto más aceite se bombea al retardador, mayor es el esfuerzo de frenaje. Cuando se deja de accionar el retardador, se corta el paso de aceite y el rotor expulsa el aceite que haya dentro de la cubierta del retardador.

### Compresor de aire

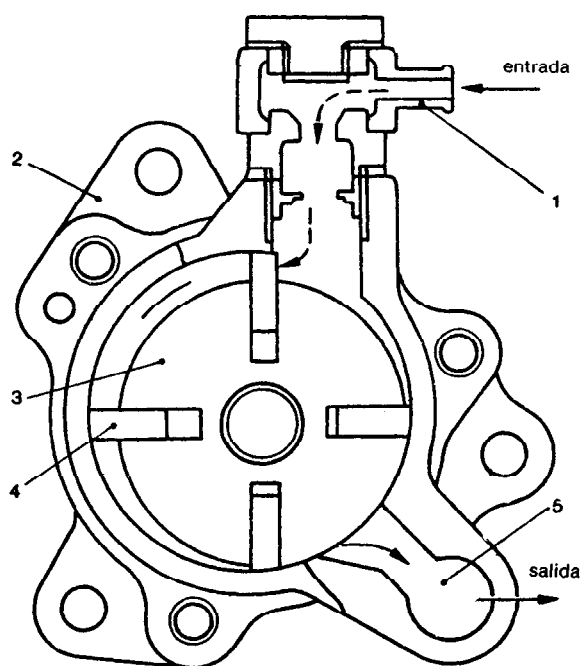
El compresor de aire se instala en los motores Diesel para accionar los frenos u otro equipo neumático. La impulsión puede ser por engranes, por acoplamiento con un eje conectado con el engrane auxiliar o con bandas (correas).

En la figura 31.1 se ilustra un corte seccional de un compresor; éste funciona en forma continua cuando el motor está en marcha. Cuando el pistón se mueve hacia abajo, la presión atmosférica hace que la válvula de entrada, que es plana, se levante de su asiento y deje pasar el aire al cilindro. Cuando el pistón inicia su carrera ascendente, el resorte cierra la válvula de entrada y se abre la válvula de salida. Luego, el aire comprimido fluye hacia el tanque durante la carrera ascendente del pistón.

Cuando la presión en el tanque llega a un valor predeterminado, un control de presión envía el aire al gobernador de aire en la cabeza del compresor. El aire a presión hace que el gobernador de aire se mueva hacia abajo para mantener abierta la válvula de entrada. El compresor sigue en marcha, pero no comprime el aire. Cuando se reduce la presión del aire en el tanque, el gobernador vuelve a su posición normal y se reanuda la compresión.



**Fig. 31.1** Compresor de aire en sección: 1 cuerpo del compresor, 2 cigüeñal, 3 cilindro, 4 entrada, 5 descargador o gobernador de aire, 6 salida, 7 pistón  
ISUZU



**Fig. 31.2** Bomba de vacío en sección: 1 entrada, 2 cubierta, 3 rotor, 4 aspa, 5 salida  
ISUZU

Los compresores pueden ser de uno o de dos cilindros. Las cabezas se pueden enfriar con el líquido enfriador del motor. La lubricación suele ser desde el sistema de lubricación del motor.

### Bomba de vacío

Las bombas de vacío pueden ser de tipo pistón o de aspas. Las de pistón son similares en sus funciones al compresor de aire, pero funcionan para extraer el aire de un tanque de vacío.

En la figura 31.2 se ilustra una bomba tipo aspas, que tiene un rotor con aspas que funciona dentro de una cubierta. El rotor está descentrado en la cubierta, de modo que las aspas se mueven en las ranuras cuando gira el rotor. Con esto se reduce el volumen de la cámara entre el rotor y la cubierta, con lo cual aumenta la presión al descargar el aire por el orificio de salida; esto tiene el efecto de crear una baja presión o vacío parcial en el orificio de entrada.

### Bomba de la dirección hidráulica

En los sistemas de dirección hidráulica se utiliza una bomba hidráulica impulsada por el motor para producir presión en un sistema de aceite hidráulico independiente y accionar el pistón y ariete hidráulicos u otro mecanismo de la dirección.

### Toma de fuerza

Una toma de fuerza (TdeF) (o PTO por sus siglas en inglés) es un mecanismo para utilizar la potencia del motor para accionar auxiliares tales como bombas y compresores que, a su vez, se emplean para impulsar equipos especiales. La brida de la TdeF, que se conecta con un acoplamiento con el equipo impulsado recibe su impulsión desde el cigüeñal del motor por medio de ejes y engranes.

## Preguntas para repaso

1. ¿Qué tipos de auxiliares se utilizan en los motores Diesel?
2. Describese, en forma breve, cómo funciona el freno en el escape.
3. ¿Qué es un freno en el motor?
4. ¿Dónde se instala el retardador hidráulico?
5. ¿Por qué se utiliza un compresor de aire?
6. Enumérense las partes principales de un compresor de aire.
7. ¿Qué sistema de control se utiliza cuando no se requiere que el compresor bombee el aire comprimido?
8. ¿Cómo se suele lubricar el compresor de aire?
9. ¿Por qué se instala bomba de vacío en algunos motores?
10. ¿Por qué se utiliza una toma de fuerza en algunos motores?

Diagnóstico, localización de dificultades o localización de fallas, son los nombres que se dan al procedimiento para definir un problema, encontrar su causa y, luego, corregir tanto la causa como el problema. Para poder llevarlo a cabo es necesario conocer la construcción y principios de funcionamiento de los diversos componentes del motor y contar con los manuales de taller para consultarlos y estudiar los procedimientos correctivos y las especificaciones.

Igual que en la solución de cualquier problema, hay que definirlo antes de realizar ninguna acción; para definirlo hay que obtener toda la información posible, estudiarla para determinar cómo se relaciona con el problema y decidir si hay necesidad de más información antes de poder efectuar un diagnóstico.

Quizá algún problema salte a la vista, tal como sobrecalentamiento si el nivel del líquido enfriador está bajo. Es posible que sólo sea el efecto y no la causa; el problema real puede ser tan sencillo como una conexión deficiente de manguera que permite fugas, o muy complejo, como una fuga interna de líquido enfriador que sólo ocurre con el motor caliente. No se debe confundir el efecto con la causa del problema. Por supuesto, el diagnóstico debe empezar con la información conocida, pero si se hacen preguntas al conductor, se hace funcionar el motor, se escuchan los ruidos o se comprueban los niveles de aceite y de líquido enfriador, se obtendrá información que se desconocía.

Una base general para la resolución de problemas es avanzar de lo conocido a lo desconocido y empezar por lo más fácil y seguir a lo más difícil. Esto se puede utilizar como base para el diagnóstico de quejas del motor; el primer punto está relacionado con la información y el segundo con las pruebas y verificaciones que se podrían hacer al buscar información adicional.

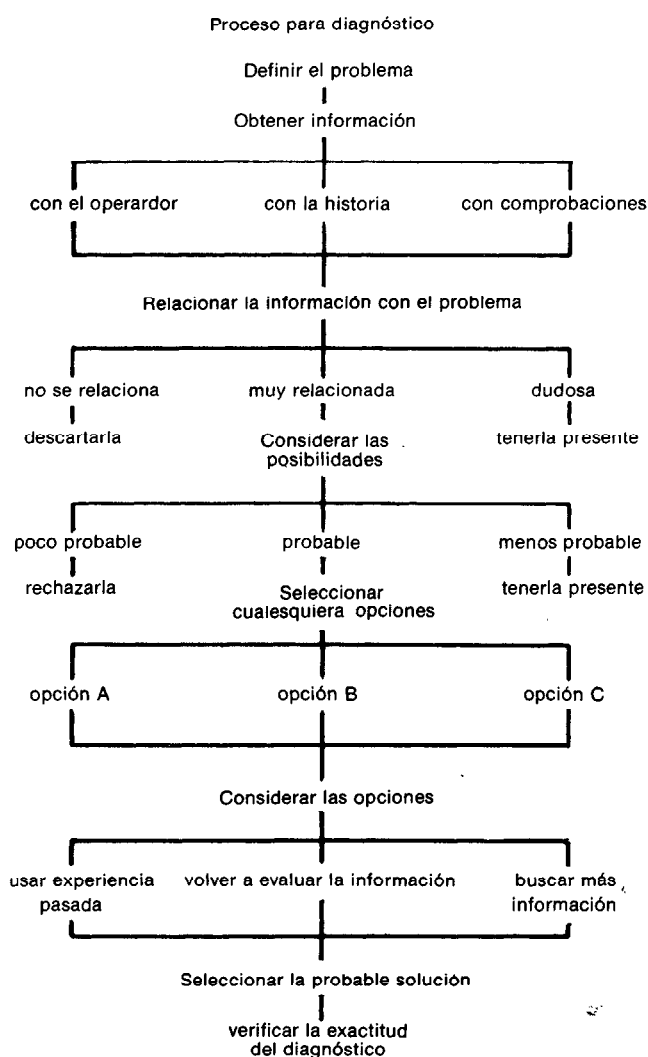


Fig. 32.1 Gráfica que muestra el orden lógico para el diagnóstico

### Procedimiento para el diagnóstico

El resumen de un procedimiento lógico es como sigue:

1. Definir el problema
2. Obtener información
3. Relacionar la información con el problema
4. Pensar en las posibilidades.
5. Seleccionar cursos alternos
6. Deducir una solución

Lo anterior se presenta en forma de una gráfica de flujo en la figura 32.1. Si se sigue un orden como el ilustrado se evitan las conjeturas y hacer un diagnóstico al tanteo. Hay que estudiar con detenimiento la gráfica y considerar los diversos puntos como un procedimiento lógico para el diagnóstico.

### Información para el diagnóstico

El tipo de información necesaria para diagnosticar problemas en el motor se puede dividir en 1) condiciones de operación, 2) historia del mantenimiento y 3) información observada.

### Condiciones de operación

Pueden tener un gran efecto en cualquier queja del motor, en particular cuando ocurren fallas mecánicas o desgaste prematuro. Se debe obtener cualquier información relacionada con la queja, tal como la carga en el motor, su velocidad, la temperatura del día, presión del aceite, temperatura del líquido enfriador, humo del escape, condiciones de los caminos, ruidos del motor y funcionamiento del motor.

### Historia del mantenimiento

Suministra información de antecedentes de la queja. Los registros indicarán si la queja ya había ocurrido y qué acción correctiva se tomó. También indicarán la cantidad de mantenimiento efectuado y el número de kilómetros u horas desde que se efectuaron el mantenimiento o las reparaciones.

### Información observada

Se puede obtener más información directa con la inspección y examen del motor. Su aspecto externo puede dar algo de información inmediata incluso antes de ponerlo en marcha. La limpieza del motor puede señalar si hay fugas de aceite o de líquido enfriador y, quizá, el tipo de condiciones en que trabaja el motor. Se puede hacer una inspección más detenida de las bandas del ventilador, núcleo del radiador y niveles de líquido enfriador y aceite. Puede ser necesario hacer funcionar el motor o efectuar un recorrido para obtener toda la información requerida.

### Conclusiones

El acopio de toda la información como se sugirió, no resuelve el problema. Hay que estudiar toda la información para determinar qué tan importante es para el problema y tener en cuenta si un fragmento de información puede o no apoyar las conclusiones a que se llegó con otro fragmento de información, hasta que se llega a una conclusión y a una solución del problema. Los problemas sencillos se pueden resolver con rapidez, pero los problemas comple-

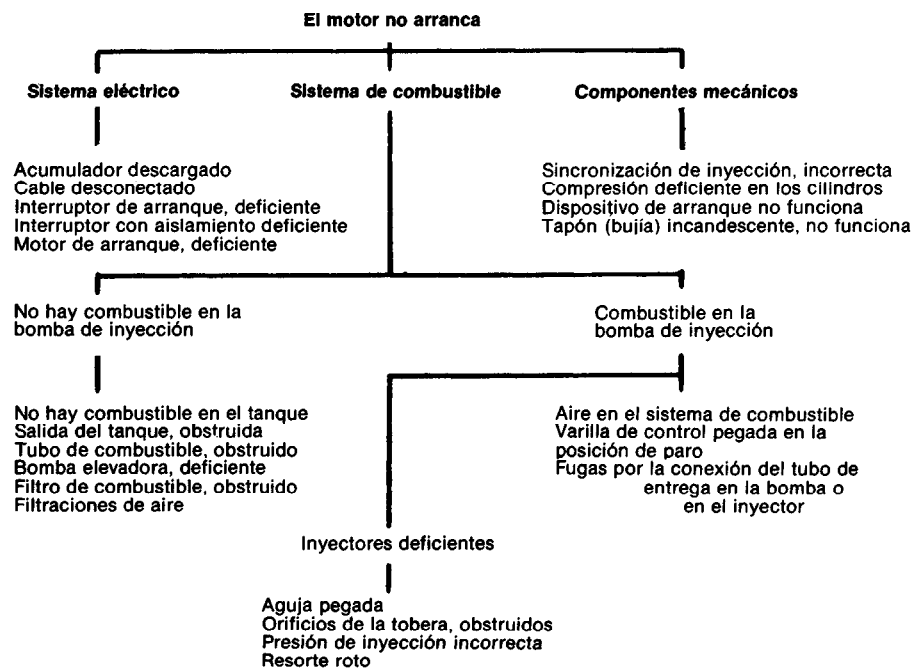


Fig. 32.2 Gráfica para localización de dificultades que muestra las posibles fallas cuando un motor Diesel no arranca

jos, inusitados, no se pueden resolver de inmediato e implicarán un proceso prolongado de razonamiento antes de llegar al diagnóstico definitivo.

### Gráficas para localización de fallas

Los fabricantes de motores Diesel publican diversos tipos de gráficas que ayudan a localizar las posibles fallas que puedan ocurrir. Las gráficas, por sí solas, no localizan ni corrigen los problemas, pero son una orientación y lista de comprobación que ayudarán en el diagnóstico.

La gráfica de la figura 32.2 es un procedimiento general para un motor que no arranca, queja que no es inusitada, pero que puede tener una gran variedad de causas que van desde una terminal sucia en el acumulador hasta la falla mecánica de alguna pieza del motor. Entonces, por supuesto, se requiere un procedimiento lógico para localizar la falla.

Se puede ver que hay tres posibilidades: sistema eléctrico, sistema de combustible y componentes mecánicos. Se trata de un primer paso lógico, pues para poner en marcha el motor hay que hacer funcionar el arranque, hay que inyectar combustible en los cilindros y debe estar en condiciones mecánicas satisfactorias. En la gráfica se presenta un orden, se dan las posibilidades y se dan cursos alternos de acción.

La gráfica de la figura 32.3 incluye algunas quejas con el sistema de combustible, se enumeran al-

gunas causas probables y se citan las comprobaciones o correcciones para subsanar la queja. Esta gráfica es una útil guía para el diagnóstico general del sistema de combustible de cualquier motor Diesel. Por supuesto, hay que interpretar la gráfica con respecto a los componentes de determinado motor.

En la figura 32.4 se presenta una gráfica muy completa para diagnóstico de dificultades, en la que las quejas aparecen en un lado y las causas en las columnas verticales. Se verá que las causas se han dividido en encabezados relacionados con los sistemas de aire, combustible, lubricación y enfriamiento así como métodos de manejo y mantenimiento y lo que requiere ajustes mecánicos o reparaciones.

## Mantenimiento

Mantenimiento (conservación) significa las acciones realizadas para mantener el motor en sus condiciones normales de funcionamiento, tales como comprobaciones, ajustes, lubricación, cambios de aceite, cambios de filtros, etc. El mantenimiento preventivo o mantenimiento programado son términos que se aplican al mantenimiento que se efectúa a intervalos periódicos, no sólo para asegurar que el motor tendrá un funcionamiento satisfactorio y evitar con ello costosos desperfectos, sino también para prolongar la duración útil del motor.

| Problema                            | Causa posible   | Comprobación o corrección  |
|-------------------------------------|---|--|
| Sobrecalentamiento del motor        | Inyector o inyectores deficientes<br>Sincronización de la inyección   | Probar, limpiar y ajustar<br>Comprobar sincronización  |
| Golpeteo en el motor                | Inyector o inyectores deficientes<br>Aire en el sistema<br>Sincronización de la inyección   | Probar, limpiar y ajustar<br>Purgar el sistema<br>Comprobar sincronización   |
| Humo negro en el escape             | Escurrecimiento de los inyectores<br>Filtro de aire obstruido<br>Sincronización atrasada de la bomba de inyección<br>Combustible de baja calidad<br>Ajuste incorrecto del tope de máximo combustible      | Limpiar y ajustar<br>Limpiar o reemplazar elemento<br>Comprobar y ajustar sincronización<br>Cambiar de combustible<br>Ajustar                  |
| Fallos en el motor                  | Inyector o inyectores deficientes<br>Tubo de entrega al inyector roto o con fugas<br>Aire en el sistema<br>Bomba de inyección deficiente  | Probar, limpiar y ajustar<br>Reemplazar o apretar tubo<br>Purgar el sistema<br>Reacondicionar la bomba   |
| El motor arranca; después se para   | Aire en el sistema<br>Bomba elevadora deficiente<br>Filtro obstruido<br>Poco combustible en el tanque   | Purgar el sistema<br>Probar funcionamiento de la bomba y reacondicionarla si es necesaria<br>Limpiar o reemplazar elemento<br>Llenar el tanque |
| El motor tiene poca potencia        | Sincronización de inyección atrasada o adelantada<br>Inyector o inyectores deficientes<br>Filtro de aire obstruido<br>Bomba elevadora deficiente; no entrega suficiente combustible                       | Comprobar y ajustar<br>Probar, limpiar y ajustar<br>Limpiar o reemplazar elemento<br>Comprobar y reacondicionar si es necesario                |
| El motor tiene marcha mínima brusca | Acción deficiente del gobernador<br>Inyector o inyectores deficientes<br>Bomba de inyección gastada (también produce otras fallas)<br>Una o más válvulas de entrega o resortes rotos en la bomba en línea | Ajustar si es posible<br>Comprobar, limpiar y ajustar<br>Comprobar, reacondicionar o reemplazar  |

**Fig. 32.3** Gráfica para localización de fallos con los problemas y sus causas posibles en el sistema de combustible

| Problemas                        | Localización de dificultades: motores diesel  |                        |                        |                         |
|----------------------------------|---|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                                  | Causas  | Sistema de combustible | Sistema de lubricación | Sistema de enfriamiento |
| Sistema de aire                  | Admisión de aire restringida                  |                        |                        |                         |
|                                  | Contrapresión alta en el escape               |                        |                        |                         |
|                                  | Trabajo en lugares cálidos o muy altos        |                        |                        |                         |
|                                  | Fugas de aire entre filtros y motor           |                        |                        |                         |
|                                  | Compresor del turbocomp. sucio                |                        |                        |                         |
|                                  | Uso incorrecto de dispositivo de arranque     |                        |                        |                         |
|                                  | Falta o restricción de combustible            |                        |                        |                         |
|                                  | Combustible de mala calidad                   |                        |                        |                         |
|                                  | Filtraciones de aire en tubos de succión      |                        |                        |                         |
|                                  | Tubos de combustible restringidos             |                        |                        |                         |
| Sistema de combustible           | Fugas internas o externas de combustible      |                        |                        |                         |
|                                  | Agujeros de tobera, obstruidos                |                        |                        |                         |
|                                  | Impulsión de la bomba, rota                   |                        |                        |                         |
|                                  | Bomba elevadora deficiente                    |                        |                        |                         |
|                                  | Conexiones flojas en inyectores               |                        |                        |                         |
|                                  | inyectores deficientes                        |                        |                        |                         |
|                                  | Varillaje del acelerador desajustado          |                        |                        |                         |
|                                  | Gobernador                                    |                        |                        |                         |
|                                  | Ajuste del tope de máximo combustible         |                        |                        |                         |
|                                  | Agua en el combustible                        |                        |                        |                         |
| Sistema de lubricación           | Bomba de inyección desajustada                |                        |                        |                         |
|                                  | Ajuste del control aire-combustible           |                        |                        |                         |
|                                  | Fugas internas y externas de aceite           |                        |                        |                         |
|                                  | Filtros de lubricante, sucios                 |                        |                        |                         |
|                                  | Control deficiente de aceite en los cilindros |                        |                        |                         |
|                                  | Conductos para aceite, obstruidos             |                        |                        |                         |
|                                  | Restricción en tubo de succión de aceite      |                        |                        |                         |
|                                  | Regulador de presión de aceite deficiente     |                        |                        |                         |
|                                  | Falta de aceite en el cárter                  |                        |                        |                         |
|                                  | Acete inadecuado para las cond. climat.       |                        |                        |                         |
| Sistema de enfriamiento          | Nivel de aceite muy alto                      |                        |                        |                         |
|                                  | Falta de líquido enfriador                    |                        |                        |                         |
|                                  | Bomba del agua, gastada                       |                        |                        |                         |
|                                  | termostatos deficientes                       |                        |                        |                         |
|                                  | Mangueras para agua dañadas                   |                        |                        |                         |
|                                  | Bandas (correas) de ventilador, flojas        |                        |                        |                         |
|                                  | Persianas de radiador, abiertas               |                        |                        |                         |
|                                  | Conductos para agua, obstruidos               |                        |                        |                         |
|                                  | Fugas internas de agua                        |                        |                        |                         |
|                                  | Entrador de aceite, obstruido                 |                        |                        |                         |
| Método de manejo y mantenimiento | Fugas o filtraciones por las juntas           |                        |                        |                         |
|                                  | Amortiguador de vibración, deficiente         |                        |                        |                         |
|                                  | Volante desbalanceado o flojo                 |                        |                        |                         |
|                                  | Fugas por las válvulas                        |                        |                        |                         |
|                                  | Anillos de pistón gastados o rotos            |                        |                        |                         |
|                                  | Holgura incorrecta de cojinetes               |                        |                        |                         |
|                                  | Juego longitudinal de cigüeñal, excesivo      |                        |                        |                         |
|                                  | Cojinetes principales, desalineados           |                        |                        |                         |
|                                  | Motor ya necesita reconstrucción              |                        |                        |                         |
|                                  | Cojinetes principales, dañados                |                        |                        |                         |
| Ajustes o reparaciones mecánicas | Fugas o filtraciones por las juntas           |                        |                        |                         |
|                                  | Amortiguador de vibración, deficiente         |                        |                        |                         |
|                                  | Volante desbalanceado o flojo                 |                        |                        |                         |
|                                  | Fugas por las válvulas                        |                        |                        |                         |
|                                  | Anillos de pistón gastados o rotos            |                        |                        |                         |
|                                  | Holgura incorrecta de cojinetes               |                        |                        |                         |
|                                  | Juego longitudinal de cigüeñal, excesivo      |                        |                        |                         |
|                                  | Cojinetes principales, desalineados           |                        |                        |                         |
|                                  | Motor ya necesita reconstrucción              |                        |                        |                         |
|                                  | Cojinetes principales, dañados                |                        |                        |                         |

**Fig. 32.4** Gráfica para diagnóstico dividida por problemas generales con el motor



### Procedimiento

Todos los fabricantes publican programas que señalan el trabajo que se debe efectuar a intervalos periódicos en sus motores y recalcan la necesidad del mantenimiento correcto y periódico. Cummins, por ejemplo, para hacer hincapié en la importancia del mantenimiento recomienda *diez* conceptos de mantenimiento que se aplican a todos los motores. Son los siguientes y se comentan a continuación:

1. Impedir la entrada de mugre al motor
2. Mantener una película de lubricante en todas las superficies de fricción.
3. Regular el combustible para el motor.
4. Controlar las temperaturas de funcionamiento.
5. Proteger contra la corrosión.
6. Dejar respirar el motor
7. Evitar la sobrevelocidad
8. Conocer las condiciones del motor
9. Corregir las dificultades mientras son sencillas.
10. Programar y controlar el mantenimiento.

#### *Impedir la entrada de mugre al motor*

La mugre y el polvo son abrasivos y la causa del mayor desgaste del motor. El polvo que entra con el aire de admisión puede ocasionar desgaste prematuro de los vástagos y guías de válvulas, camisas de cilindros y pistones. La mugre en el aceite lubricante raspa y gasta los metales de cojinete y muñones. El combustible contaminado dañará el equipo de inyección de combustible.

#### *Mantener una película de lubricante en todas las superficies de fricción*

El aceite reduce la fricción, sella, enfría, limpia y aminora el ruido. Si se hace funcionar un motor sin aceite se pegarán los pistones y cojinetes en unos cuantos minutos. La lubricación deficiente o marginal debida al aceite sucio o del tipo incorrecto, a la baja presión del aceite, dilución, conductos obstruidos en forma parcial y filtros obstruidos, producirán desgaste excesivo y una falla en un momento dado.

#### *Regular el combustible para el motor*

El combustible se debe entregar en las cámaras de combustión en el momento preciso en la cantidad correcta y en condición para que arda con facilidad y por completo. El exceso de combustible produce sobrevelocidad y falla del turbocargador. En un motor de aspiración natural, ocasiona todos los problemas relacionados con el humo en el escape y la dilución del lubricante. La escasez de combustible reduce la potencia del motor.

#### *Controlar las temperaturas de funcionamiento*

La temperatura del líquido enfriador se debe mantener entre 80°C y 90°C; si es inferior, el combustible no arderá con facilidad ni producirá toda la potencia. Si es superior, cuando el motor trabaja

con plena carga, el aceite lubricante se puede poner tan caliente y delgado que ya no lubricará con eficacia.

Para tener funcionamiento eficiente, todas las partes del sistema de enfriamiento del motor se deben mantener en buenas condiciones. Las camisas de agua perderán su capacidad de absorción del calor si están cubiertas con herrumbre, incrustaciones o mugre. La circulación de líquido enfriador se reduce cuando se desgasta la bomba del agua, se obstruyen los tubos del radiador y el enfriador de aceite o hay deslizamiento (patinaje) de las bandas.

#### *Proteger contra la corrosión*

El sistema de enfriamiento sufre corrosión salvo que el líquido enfriador contenga sustancias químicas para evitar la acción corrosiva. La causa principal de la corrosión son ácidos, sales o aire arrastrados por el líquido enfriador.

#### *Dejar respirar el motor*

El motor necesita grandes cantidades de aire para funcionar, o sea que debe tener libre respiración. Esto requiere que no haya restricciones en los sistemas de admisión de aire y de escape.

Muy poco aire equivale a demasiado combustible, lo cual ocasiona humo en el escape y la formación de carbón en las cámaras de combustión con los problemas relacionados. El exceso de combustible también puede arrastrar el lubricante de la pared de los cilindros y diluirlo.

Los filtros de aire sucios, las filtraciones por las válvulas, el silenciador obstruido o dañado producen restricción al paso del aire y los gases.

#### *Evitar la sobrevelocidad*

Un motor Diesel no se debe operar a más de la velocidad máxima gobernada para la cual está diseñado. En funcionamiento normal, el gobernador impide que el motor exceda de esa velocidad. Si se aumentan las rpm máximas con alteraciones al gobernador o si se permite que el peso del vehículo "empuje" al motor en una bajada, habrá sobrevelocidad y se dañará el motor.

Las fuerzas centrífuga y de inercia aumentan en forma considerable a altas velocidades y aplican cargas excesivas en las piezas si se excede de la velocidad nominal. La sobrevelocidad puede hacer que los pistones choquen contra las válvulas y se rompan; los seguidores de levas tendrán dificultades para seguir sus lóbulos de leva. También pueden ocurrir daños a los componentes para inyección de combustible.

#### *Conocer las condiciones del motor*

El motor produce señales de sus condiciones en forma constante, que deben interpretar el conductor o el mecánico de mantenimiento. Las lecturas de los indicadores de presión y temperatura, el humo

en el escape, la facilidad para el arranque y el funcionamiento general son indicadores útiles de las condiciones del motor. Otros conceptos son el consumo de aceite y de combustible, contaminantes en el aceite, pérdida de líquido enfriador, etc. Cuando se corrige una falla la primera vez que se nota, puede evitar daños a otras piezas y que ocurra un problema más grande que exigirá costosas reparaciones.

#### *Corregir las dificultades mientras son sencillas*

Si se efectúa el mantenimiento preventivo, que es una serie de comprobaciones, reemplazos, ajustes y reparaciones de relativa sencillez, se pueden evitar costosos daños y pérdidas de tiempo por desperfectos.

#### *Programar y controlar el mantenimiento*

El mantenimiento preventivo sirve para corregir ciertas condiciones del motor antes de que se conviertan en problemas. El mantenimiento programado se puede efectuar cuando sea más conveniente para el mecánico y el operador, con lo cual se evitan el mantenimiento o reparaciones de emergencia ocasionadas por mal funcionamiento o fallas del motor.

Se deben llevar registros de servicio a fin de poder programar el mantenimiento.

#### **Operación de un motor diesel**

La persona que va a operar por primera vez un motor Diesel, por cualquier motivo, primero debe estudiar todos los controles, indicadores e instrumentos del motor en sí, así como el embrague, transmisiones o engranajes, freno y cualquier otro equipo instalado en el motor en sí o en un vehículo. Debe conocer el método para arrancar el motor en climas templados y a temperaturas muy bajas que podrían requerir el empleo de dispositivos auxiliares para arranque.

Cuando está en marcha el motor, hay que observar todos los instrumentos e indicadores para tener la seguridad de que la presión del aceite está correcta, que el alternador produce carga y que la temperatura del motor está normal.

#### **Precauciones de seguridad.**

Los métodos seguros se vuelven automáticos si siempre se tiene cuidado de aplicarlos. Algunos aspectos que se deben observar al operar cualquier equipo con motor Diesel son:

- No fumar mientras se pone combustible
- No poner combustible con el motor en marcha
- Limpiar cualquier escurrimiento de combustible
- Mantener la ropa floja o el cabello largo alejados de cualquier maquinaria en movimiento o de maquinaria rotatoria en particular.
- Evítese ajustar, limpiar o lubricar el motor cuando está en marcha, excepto los ajuste especiales que se deben efectuar con el motor en marcha.
- No intentar ningún ajuste cuya realización se ignore.
- No quitar el tapón del radiador de un motor que está caliente, porque el líquido enfriador a presión saldrá con fuerza del radiador y ocasionará serias quemaduras.
- Evítese el contacto del cuerpo con el combustible a alta presión que se atomiza en la tobera del inyector durante las pruebas. Si llega a ocurrir, hay que ver al médico de inmediato.
- No se haga funcionar el motor en lugares cerrados en donde la acumulación de gases de escape pueda tener efectos tóxicos.
- Durante el arranque y el funcionamiento del motor, lo debe controlar una sola persona.
- El motor siempre se debe controlar desde el puesto del operador. Compruébese que la transmisión esté en neutral antes de tratar de poner en marcha el motor.
- Si hay otras personas que trabajen en las inmediaciones, hay que informarles que se va a poner en marcha el motor, operar cualquier equipo o mover un vehículo.
- Antes de poner en marcha el equipo móvil o vehículo, compruébese siempre que los frenos funcionen a fin de poder detener y poner en marcha la unidad.

## **Preguntas para repaso**

1. ¿Qué significa diagnóstico?
2. ¿Cuáles son algunos de los requisitos básicos para efectuar un diagnóstico correcto?
3. Menciónese la diferencia entre el efecto y la causa de un problema en el motor.
4. Cítese una base que se pueda utilizar para la resolución de problemas.
5. Enumérense los puntos principales en un procedimiento para diagnóstico.
6. Consúltase la gráfica de la figura 32.1 y exprese la razón de cada paso.
7. Selecciónese un problema como "sobrecalentamiento" o "el motor no arranca" y establéz-

- canse los pasos lógicos para diagnosticar el problema.
8. Con la gráfica de la figura 32.4 localícense las causas posibles de fallos en el motor.
  9. Menciónense algunas de las causas posibles de la baja potencia del motor y, luego, localícense esas causas en la gráfica.
  10. ¿Por qué hay que diagnosticar el problema antes de intentar corregirlo?
  11. ¿Qué significa mantenimiento?
  12. ¿Por qué es importante el mantenimiento periódico?
  13. Estúdiense los diez conceptos para mantenimiento enumerados en el texto para decidir: *a)* si todos son de igual importancia, *b)* si algunos son más importantes que otros y cuáles son; *c)* si se deberían incluir conceptos adicionales?
  14. ¿Cuál es la base para todos los métodos seguros?
  15. Menciónense las cosas que se deben evitar cuando un motor está en marcha.
  16. Menciónense algunas de las precauciones que se deben tomar al poner en marcha un motor o mover un vehículo en una zona de trabajo.

# El sistema métrico y el Sistema Internacional (SI)

El sistema de medidas utilizado en Australia es el Sistema Internacional conocido también por sus siglas SI.

## Unidades base

En este sistema se utiliza cierto número de unidades base y de unidades derivadas. Las unidades derivadas se forman por combinaciones de las unidades base y las más comunes son:

| Unidad    | Símbolo | Medición de               |
|-----------|---------|---------------------------|
| metro     | m       | longitud                  |
| kilogramo | kg      | masa                      |
| segundo   | s       | tiempo                    |
| ampere    | A       | corriente eléctrica       |
| kelvin*   | K       | temperatura termodinámica |

\*Para temperaturas normales se utiliza la escala Celsius (°C)

Al SI se le llama un sistema coherente de unidades, porque la forma de derivar unidades de las unidades básicas es constante y no varía. Para las unidades derivadas, el producto de dos cantidades unitarias es la unidad de la cantidad resultante, por ejemplo, 1 metro  $\times$  1 metro = 1 metro cuadrado ( $m^2$ ).

Se pueden utilizar símbolos, que no son abreviaturas para representar los nombres de las unidades. Se utilizan letras mayúsculas para ciertos símbolos y minúsculas para otros; hay que respetarlos para representar la unidad en forma correcta y evitar confusiones con otras. Los símbolos de las diversas unidades aparecen entre paréntesis en los siguientes párrafos.

Se utilizan letras mayúsculas para los símbolos cuando la unidad recibe el nombre de una persona, por ejemplo, W es el símbolo de watts. Sin embargo, cuando se escribe el nombre completo, se utilizan minúsculas, por ejemplo, watt.

## Múltiplos y submúltiplos

Se agregan prefijos a las unidades base para señalar unidades mayores o menores. La combinación se escribe en una sola palabra, por ejemplo, milímetro (mm) o megawatt (MW). Los prefijos más comunes son:

| Prefijo | Símbolo | Factor para multiplicación      |
|---------|---------|---------------------------------|
| giga    | G       | $\cdot 10^9 = 1\,000\,000\,000$ |
| mega    | M       | $\cdot 10^6 = 1\,000\,000$      |
| kilo    | k       | $\cdot 10^3 = 1\,000$           |
| centi   | c       | $10^2 = 100$                    |
| deci    | d       | $10 = 10$                       |
| mili    | m       | $\cdot 10^{-3} = 0.001$         |
| micro   | $\mu$   | $\cdot 10^{-6} = 0.000\,001$    |

\*Preferido. Se recomienda que los múltiplos y submúltiplos estén a intervalos de  $10^3$ .

## Unidades derivadas

Son las derivadas de las unidades base. Algunas tienen nombres especiales; otras, se expresan al combinar las unidades de las cuales se derivan, por ejemplo: metro cúbico ( $m^3$ ) y metro por segundo (m/s). Algunas unidades derivadas con nombres especiales son:

| Unidad | Símbolo  | Medición de            |
|--------|----------|------------------------|
| newton | N        | fuerza                 |
| joule  | J        | trabajo                |
| pascal | Pa       | presión y esfuerzo     |
| watt   | W        | potencia               |
| volt   | V        | potencial eléctrico    |
| ohm    | $\Omega$ | resistencia eléctrica  |
| farad  | F        | capacitancia eléctrica |
| hertz  | Hz       | frecuencia             |

La base de un sistema de medición se relaciona con tres cantidades físicas y las normas en las cuales se basan estas cantidades. Estas unidades son longitud, masa y tiempo. El SI está basado en el metro

(longitud), el kilogramo (masa) y el segundo (tiempo). Los patrones de esas medidas se conservan en Francia. Estas tres unidades base, así como otras unidades base y derivadas, se explican en forma breve en los siguientes párrafos.

### Longitud

El metro (m) es la unidad base de la cual se derivan todas las demás unidades de longitud.

1000 metros (m) = 1 kilómetro (km)

1000 milímetros (mm)

= 1 metro (m)

100 centímetros (cm)

= 1 metro (m)

### Superficie (área)

El metro cuadrado (m<sup>2</sup>) es la unidad de superficie (longitud × anchura). Esta unidad del SI se deriva del metro.

1 metro (m) × 1 metro (m)

= 1 metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

1 kilómetro (km) × 1 kilómetro (km)

= 1 kilómetro cuadrado (km<sup>2</sup>)

1 hectárea (ha)

= 10 000 metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

### Volumen

La unidad de volumen es el metro cúbico (m<sup>3</sup>). Se utilizan tres unidades para encontrar el volumen (longitud × anchura × altura). En un cilindro, el volumen es el área de la base por la altura. El volumen se expresa, en general, en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>) o en milímetros cúbicos (mm<sup>3</sup>).

1 m × 1 m × 1 m

= 1 metro cúbico (m<sup>3</sup>)

1 mm × 1 mm × 1 mm

= 1 milímetro cúbico (mm<sup>3</sup>)

### Fluidos

El volumen de un fluido se mide en litros (L). No es unidad base ni derivada pero se permite porque era parte del sistema métrico decimal. Un litro (L) es la milésima parte de un metro cúbico. El mililitro es una unidad más pequeña.

1000 mililitros (mL) = 1 litro (L)

### Masa

La materia es cualquier cosa que nuestros sentidos nos dicen que existe y la masa de un objeto es la cantidad de materia que contiene, expresada en kilogramos (kg). El patrón de referencia para la masa es un cilindro de platino e iridio que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, en Sevres, cerca de París. La masa de ese cilindro es el patrón o norma de un kilogramo (kg).

1000 kilogramos (kg) = 1 tonelada (t)

1000 gramos (g) = 1 kilogramo (kg)

No se deben confundir la masa y el peso. La masa es la cantidad de materia y se pueden compa-

rar diferentes cantidades de materia con la comparación de su peso en kilogramos. El peso es la fuerza debida a la gravedad que actúa sobre la masa, que varía mucho a diferentes altitudes como se demuestra con la ingravidez de los objetos en el espacio exterior.

### Tiempo

La unidad base de tiempo es el segundo, que se utiliza en todos los sistemas de medición. Las otras unidades son el minuto, la hora y el día.

### Temperatura

El kelvin (K) es la unidad de temperatura termodinámica, pero no se utiliza en mediciones cotidianas de temperatura; para éstas se emplea la escala Celsius (°C), llamada antes escala en centígrados, denominación que ha dejado de usarse.

Punto de ebullición del agua = 100°C

Punto de congelación del agua = 0°C

La relación entre kelvin (K) y Celsius es:

$K = ^\circ C + 273$

### Fuerza

La fuerza es lo que tiende a cambiar el estado de movimiento de un cuerpo. Una fuerza puede detener un objeto o ponerlo en movimiento. Los términos comunes de empuje y tracción son, en realidad "fuerza de empuje" y "fuerza de tracción". La gravedad también es una fuerza.

La unidad de fuerza es el newton (N) y se define como la fuerza que, aplicada a una masa de un kilogramo, le daría una aceleración de un metro por segundo al cuadrado (m/s<sup>2</sup>); en forma más simple, un newton (N) es la fuerza que ocasionaría que una masa de un kilogramo (kg) acelerase a razón de un metro por segundo al cuadrado (m/s<sup>2</sup>).

El efecto de la gravedad en un cuerpo en caída libre producirá una aceleración de 9.8 metros por segundo al cuadrado (9.8 m/s<sup>2</sup>); una aproximación práctica es de 10 m/s<sup>2</sup> y se puede utilizar para encontrar la fuerza en newtons que actúa sobre cualquier masa como resultado de la gravedad.

Será más fácil entender lo anterior si se considera una masa de 1 kg en reposo sobre una mesa. Esta masa recibe la influencia de la gravedad pero no se puede mover. Si se la deja caer, entonces la aceleración de la masa será de alrededor de 10 m/s<sup>2</sup>. Con la definición del newton, la fuerza aplicada para producir la aceleración debe ser de alrededor de 10 newtons. Si la masa era de 6 kg, la fuerza aproximada será de 60 N.

### Trabajo

La unidad de trabajo es el joule (J). Es el trabajo efectuado cuando se mueve una fuerza de un newton (N) una distancia de un metro en la dirección de la fuerza.

1 joule = 1 newton × 1 metro

**Energía**

Puede considerarse que la energía es trabajo almacenado o la habilidad para desarrollar trabajo. Se expresa también en joules.

**Potencia**

La unidad de potencia es el watt (W). La potencia es la velocidad con la cual se efectúa el trabajo, es decir, el trabajo efectuado por segundo. Un watt (de potencia) es un joule (de trabajo) hecho en un segundo.

un watt = 1 joule por segundo

El watt se utiliza para potencia mecánica y potencia eléctrica; para ésta:

un watt = un volt  $\times$  un ampere.

Los motores de combustión interna se clasifican en kilowatts (kW).

**Presión**

La unidad de presión es el pascal (Pa). Es el mismo valor que para el esfuerzo o tensión; para la presión se utiliza siempre el nombre de pascal.

1 pascal (Pa)

= 1 newton por metro cuadrado ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

1000 pascales

= 1 kilopascal (kPa)

1000 kilopascales

= 1 megapascal (MPa)

El pascal es una unidad muy pequeña y para fines prácticos, casi siempre se emplea el kilopascal (kPa). Las lecturas pequeñas se expresan en términos de milímetros de mercurio (mm Hg).

**Esfuerzo**

Este término significa la carga en una pieza mecánica, tal como la superficie de un cojinete. El esfuerzo es la fuerza en cada metro cuadrado ( $\text{m}^2$ ) o cada milímetro cuadrado ( $\text{mm}^2$ ) de la superficie en la cual se aplica la carga. Se puede considerar como newtons por metro cuadrado ( $\text{N}/\text{m}^2$ ) o newtons por milímetro cuadrado ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ). El esfuerzo y la presión se expresan con la misma unidad: pascales, kilopascales o megapascales.

**Vacío**

Las lecturas de vacío, es decir de las presiones inferiores a la atmosférica se expresan en milímetros de mercurio (mm Hg). También se pueden expresar con lecturas negativas de kilopascales (kPa).

**Torsión (par)**

Es una fuerza de torcimiento o de rotación. Si se aplica una fuerza perpendicular de un newton en un extremo de un brazo que tenga un metro de longitud de modo que el brazo tienda a girar en torno a su extremo opuesto, se produce una torsión (par) de un newton por metro ( $\text{N} \cdot \text{m}$ ). La torsión se expresa en newton por metro ( $\text{N} \cdot \text{m}$ ). Es igual a la fuerza en newtons (N) multiplicada por su distancia perpendicular desde el punto de rotación en metros (m).

También se puede expresar en newtons por milímetro ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ ).

**Velocidad**

Se deriva de las unidades de distancia y tiempo. Se expresa en términos de:

metros por segundo (m/s) o

kilómetros por hora (km/h)

Para la navegación marítima y aérea se utiliza el nudo (1.852 km/h)

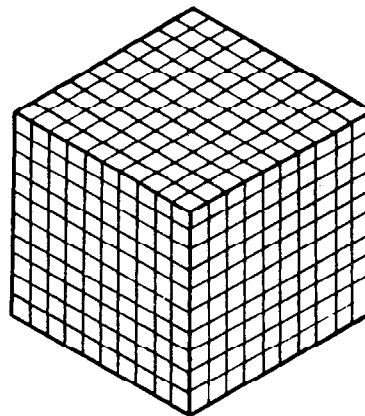
**Frecuencia**

La unidad es el hertz (Hz) y la frecuencia es el número de ciclos por segundo. El kilohertz (kHz) es de empleo muy común.

**Densidad**

Es la masa por unidad de volumen y se expresa en términos de gramos por centímetro cúbico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) o en toneladas por metro cúbico ( $\text{t}/\text{m}^3$ ). Un centímetro cúbico de agua, en las condiciones especificadas, tiene una masa de un gramo.

Para el volumen de un líquido, se utiliza el término mililitro en vez de centímetro cúbico ( $\text{cm}^3$ ). Queda claro que un litro de agua (1000 mililitros) tiene una masa de un kilogramo (1000 gramos).



Relación de las unidades métricas básicas. El cubo tendría una arista de 10 cm (La ilustración no está a escala).

**Relación de unidades**

La relación entre las unidades de base comunes se puede entender al observar el cubo ilustrado. Se verá que el cubo consta de cierto número de cubos pequeños, 1000 en este caso. Si cada cubo pequeño tiene una arista de 10 mm o de 1 cm de longitud, entonces, la longitud de la arista del cubo grande es de 100 mm o de 10 cm.

Las unidades se relacionan en la siguiente forma:

arista del cubo grande = 100 mm

= 10 cm

área de cada lado =  $100 \text{ cm}^2$

volumen del cubo =  $1000 \text{ cm}^3$

arista del cubo pequeño = 10 mm  
 = 1 cm  
 área de cada lado = 100 mm<sup>2</sup>  
 = 1 cm<sup>2</sup>  
 volumen del cubo pequeño = 1 cm<sup>3</sup>  
 número de cubos pequeños en el  
 cubo grande = 1000

El cubo grande contendría un litro de agua.

Un litro de agua tendría una masa de un kilogramo (kg)

El cubo pequeño contendría un mililitro de agua

Un mililitro de agua tendría una masa de un gramo (g)

Hay 1000 gramos en un kilogramo

Hay 1000 mililitros en un litro

### Aplicaciones automotrices

Se presentan algunas especificaciones como guía para los valores de las unidades. No corresponden a ningún vehículo o condición de operación en particular.

| Concepto   | Especificación típica |
|--|-----------------------|
| potencia del motor                                 | 90 kW                 |
| torsión (par) del motor                            | 420 N m               |
| diámetro de los cilindros                          | 101 mm                |
| carrera de pistones                                | 127 mm                |
| desplazamiento por cilindro                        | 1017 cm <sup>3</sup>  |
| cilindrada (6 cilindros)                           | 6.1 litros            |
| velocidad de los pistones                          | m/s                   |
| presión del aceite                                 | 200 kPa               |
| vacio en el múltiple                               | 380 mm Hg             |
| presión del líquido enfriador                      | 50 kPa                |
| fuerza de resortes de válvulas                     | 300 N                 |
| presión de la bomba de combustible                 | 15 kPa                |
| capacidad del tanque de combustible                | 150 L                 |
| capacidad del sistema de enfriamiento              | 27 L                  |
| capacidad del depósito de aceite                   | 20 L                  |
| aceite en el filtro                                | 1.5 L                 |
| capacidad de aceite de la transmisión              | 9 L                   |
| torsión para tornillos de culata                   | 70 N m                |
| termostato abre a                                  | 85°C                  |
| diámetro de los tambores de freno                  | 260 mm                |
| superficie de forros (balatas) de freno, por rueda | 130 mm <sup>2</sup>   |
| esfuerzo de frenaje                                | 400 N                 |
| vacio para el reforzador de frenos                 | 250 mm Hg             |
| presión de los frenos hidráulicos                  | 2500 kPa              |
| fuerza de resortes del embrague                    | 600 N                 |
| diámetro del embrague                              | 250 mm                |
| presión de neumáticos (llantas)                    | 280 kPa               |
| radio de giro de neumáticos                        | 300 mm                |
| capacidad del acumulador                           | 43 Ah                 |
| bombillas (focos): faros delanteros                | 50 W                  |
| luces traseras                                     | 6 W                   |
| régimen del alternador                             | 20 W                  |
| tensión de resortes de escobillas                  | 2.4 N                 |
| velocidad  | km/h                  |
| aceleración  | m/s <sup>2</sup>      |
| consumo de combustible                             | 28 L/100 km*          |
| consumo de aceite                                  | 1 L/1000 km           |
| tracción en la barra de tiro                       | 4.5 kN                |

\*N. del T: En Europa, Australia y algunos países de América se utiliza el sistema de litros por 100 kilómetros. En Estados Unidos, México y otros países de América el consumo se determina en kilómetros por litro (kpl). En este ejemplo, serían 3.57 kpl (100/28).

### Tablas de conversión

**Tabla de conversión:** milímetros a pulgadas (aprox.)

| mm | in    | mm | in    | mm  | in    |
|----|-------|----|-------|-----|-------|
|    |       | 33 | 1.299 | 67  | 2.638 |
|    |       | 34 | 1.339 | 68  | 2.677 |
| 1  | .039  | 35 | 1.378 | 69  | 2.716 |
| 2  | .079  | 36 | 1.417 | 70  | 2.756 |
| 3  | .118  | 37 | 1.457 | 71  | 2.795 |
| 4  | .157  | 38 | 1.496 | 72  | 2.835 |
| 5  | .197  | 39 | 1.535 | 73  | 2.874 |
| 6  | .236  | 40 | 1.575 | 74  | 2.913 |
| 7  | .276  | 41 | 1.614 | 75  | 2.953 |
| 8  | .315  | 42 | 1.654 | 76  | 2.992 |
| 9  | .354  | 43 | 1.693 | 77  | 3.031 |
| 10 | .394  | 44 | 1.732 | 78  | 3.071 |
| 11 | .433  | 45 | 1.771 | 79  | 3.110 |
| 12 | .472  | 46 | 1.811 | 80  | 3.150 |
| 13 | .512  | 47 | 1.850 | 81  | 3.189 |
| 14 | .551  | 48 | 1.890 | 82  | 3.228 |
| 15 | .590  | 49 | 1.929 | 83  | 3.268 |
| 16 | .630  | 50 | 1.968 | 84  | 3.307 |
| 17 | .669  | 51 | 2.008 | 85  | 3.346 |
| 18 | .709  | 52 | 2.047 | 86  | 3.386 |
| 19 | .748  | 53 | 2.087 | 87  | 3.425 |
| 20 | .787  | 54 | 2.126 | 88  | 3.465 |
| 21 | .828  | 55 | 2.165 | 89  | 3.504 |
| 22 | .867  | 56 | 2.205 | 90  | 3.543 |
| 23 | .906  | 57 | 2.244 | 91  | 3.583 |
| 24 | .945  | 58 | 2.283 | 92  | 3.622 |
| 25 | .984  | 59 | 2.323 | 93  | 3.661 |
| 26 | 1.024 | 60 | 2.362 | 94  | 3.701 |
| 27 | 1.063 | 61 | 2.401 | 95  | 3.740 |
| 28 | 1.102 | 62 | 2.441 | 96  | 3.779 |
| 29 | 1.141 | 63 | 2.480 | 97  | 3.819 |
| 30 | 1.181 | 64 | 2.519 | 98  | 3.858 |
| 31 | 1.220 | 65 | 2.559 | 99  | 3.898 |
| 32 | 1.260 | 66 | 2.598 | 100 | 3.937 |

*Nota:* Se puede obtener valores más pequeños si se corre el punto decimal, por ejemplo: 0.1 mm = 0.0039 in (0.004 in aprox.) 0.01 mm = 0.0004 in.

**Tabla de conversión:** fracciones de pulgada a decimales y milímetros (aprox.)

| in    | in   | mm    | in    | in    | mm    |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1/64  | .016 | 0.40  | 33/64 | .516  | 13.10 |
| 1/32  | .031 | 0.79  | 17/32 | .531  | 13.49 |
| 3/64  | .047 | 1.19  | 35/64 | .547  | 13.89 |
| 1/16  | .063 | 1.59  | 9/16  | .563  | 14.29 |
| 5/64  | .078 | 1.98  | 37/64 | .578  | 14.68 |
| 3/32  | .094 | 2.38  | 19/32 | .594  | 15.08 |
| 7/64  | .109 | 2.78  | 39/64 | .609  | 15.48 |
| 1/8   | .125 | 3.18  | 5/8   | .625  | 15.87 |
| 9/64  | .141 | 3.57  | 41/64 | .641  | 16.27 |
| 5/32  | .156 | 3.97  | 21/32 | .656  | 16.67 |
| 11/64 | .172 | 4.37  | 43/64 | .672  | 17.07 |
| 3/16  | .188 | 4.76  | 11/16 | .688  | 17.46 |
| 13/64 | .203 | 5.16  | 45/64 | .703  | 17.86 |
| 7/32  | .219 | 5.56  | 23/32 | .719  | 18.26 |
| 15/64 | .234 | 5.95  | 47/64 | .734  | 18.65 |
| 1/4   | .250 | 6.35  | 3/4   | .750  | 19.05 |
| 17/64 | .266 | 6.75  | 49/64 | .766  | 19.45 |
| 9/32  | .281 | 7.14  | 25/32 | .781  | 19.84 |
| 19/64 | .297 | 7.54  | 51/64 | .797  | 20.24 |
| 5/16  | .312 | 7.94  | 13/16 | .813  | 20.64 |
| 21/64 | .328 | 8.33  | 63/64 | .828  | 21.03 |
| 11/32 | .344 | 8.73  | 27/32 | .844  | 21.43 |
| 23/64 | .359 | 9.13  | 55/64 | .859  | 21.83 |
| 3/8   | .375 | 9.53  | 7/8   | .875  | 22.23 |
| 25/64 | .391 | 9.92  | 57/64 | .890  | 22.62 |
| 13/32 | .406 | 10.32 | 29/32 | .906  | 23.02 |
| 27/64 | .422 | 10.72 | 59/64 | .922  | 23.42 |
| 7/16  | .438 | 11.11 | 15/16 | .938  | 23.81 |
| 29/64 | .453 | 11.51 | 61/64 | .953  | 24.21 |
| 15/32 | .469 | 11.91 | 31/32 | .969  | 24.61 |
| 31/64 | .484 | 12.30 | 63/64 | .984  | 25.00 |
| 1/2   | .500 | 12.70 | 1     | 1.000 | 25.40 |

## Unidades comunes en sistema métrico SI y conversiones

| <i>Factores de conversión (aproximados)</i> |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <i>Cantidad</i>                             | <i>Unidad métrica o SI y símbolo</i>                                   | <i>Unidades inglesas a métricas o SI</i>         | <i>Unidades métricas o SI a inglesas</i>  |
| <b>Longitud</b>                             | milímetro (mm)   | 1 in = 25.4 mm                                   | 1 mm = 0.0394 in                          |
|   | centímetro (cm, 10 mm)   | 1 in = 2.54 cm                                   | 1 cm = 0.394 in                           |
|   | metro (m, 100 cm)  | 1 ft = 305 mm                                    | 1 m = 3.28 ft                             |
|   | kilómetro (km, 1000 m)   | 1 yd = 0.914 m<br>1 milla = 1.61 km              | 1 km = 0.621 milla                        |
| <b>Masa</b>                                 | gramo (g)  | 1 oz = 28.3 g                                    | 1 g = 0.0353 oz                           |
|   | kilogramo (kg, 1000 g)   | 1 lb = 454 g                                     | 1 kg = 2.20 lb                            |
|   |  | 1 stone = 6.35* kg                               | 1 kg = 0.157 stone*                       |
|   | tonelada (t, 1000 kg)  | 1 tonelada larga 1.02t                           | 1 t = 0.984 tonelada larga                |
| <b>Area</b>                                 | centímetro cuadrado (cm <sup>2</sup> )                                 | 1 in <sup>2</sup> = 6.45 cm <sup>2</sup>         | 1 cm <sup>2</sup> = 0.155 in <sup>2</sup> |
|   | metro cuadrado (m <sup>2</sup> , 10 000 cm <sup>2</sup> )              | 1 ft <sup>2</sup> = 929 cm <sup>2</sup>          | 1 m <sup>2</sup> = 10.8 ft <sup>2</sup>   |
|   | hectárea (ha, 10 000 m <sup>2</sup> )                                  | 1 acre = 0.405 ha                                | 1 ha = 2.47 acres                         |
|   |  |  |   |
| <b>Volumen</b>                              | centímetro cúbico (cm <sup>3</sup> )                                   | 1 in <sup>3</sup> = 16.4 cm <sup>3</sup>         | 1 cm <sup>3</sup> = 0.061 in <sup>3</sup> |
|   | metro cúbico (m <sup>3</sup> , 1 000 000 cm <sup>3</sup> )             | 1 ft <sup>3</sup> = 28 300 cm <sup>3</sup>       | 1 m <sup>3</sup> = 35.3 ft <sup>3</sup>   |
| <b>Volumen (líquidos y gases)</b>           | mililitro (mL)   | 1 fl oz = 28.4 mL                                | 1 mL = 0.0352 fl oz                       |
|   | litro (L, 1000 mL)   | 1 pinta = 568 mL**                               | 1 litro = 1.76 pintas***                  |
|   | kilolitro (kL, 1000 L, 1 m <sup>3</sup> )                              | 1 gal = 4.55 litros**                            | 1 kL = 220 gal****                        |
|   |  |  |   |
| <b>Intervalo de tiempo</b>                  | segundo, minuto (min, 60 s), hora (h, 60 min); no cambian las unidades |  |   |
| <b>Velocidad</b>                            | kilómetro por hora (km/h)  | 1 mph = 1.61 km/h                                | 1 km/h = 0.621 mph                        |
| <b>Fuerza</b>                               | newton (N)   | 1 lbf = 4.45 N                                   | 1 N = 0.225 lbf                           |
| <b>Torsión (par)</b>                        | newton • metro (N • m)   | 1 lb ft = 1.36 N • m                             | 1 N m = 0.737 lb ft                       |
| <b>Presión</b>                              | kilopascal (kPa)   | 1 psi = 6.89 kPa                                 | 1 kPa = 0.145 psi                         |
| <b>Presión (para meteorología)</b>          | milibar (mb, 0.1 kPa)  | pulgada de mercurio = 33.9 mb<br>1 atm = 101 kPa | 1000 mb = 29.5 pulgadas de mercurio       |
| <b>Energía</b>                              | kilojoule (kJ)   | 1 Btu = 1.06 kJ                                  | 1 kJ = 0.948 Btu                          |
|   | megajoule (MJ, 1000 kJ)  | 1 therm = 106 MJ                                 | 1 MJ = 0.009 48 therm                     |
|   | kilowatt-hora (kWh, 3.6 MJ)  | 1 therm = 29.3 Wh                                | 1 kWh = 0.034 therm                       |
|   |  |  |   |
| <b>Vacio</b>                                | milímetros de mercurio (mm Hg)   | 1 in = 25.4 mm                                   | 1 mm = 0.0394 in                          |
| <b>Potencia</b>                             | kilowatt (kW)  | 1 hp = 0.746 kW                                  | 1 kW = 1.34 hp                            |
| <b>Temperatura</b>                          | grado Celsius (°C)   | °C = (°F - 32) 1.8      °F = (°C × 1.8) + 32     |   |

\*El stone se emplea en Inglaterra en las básculas para pesar personas.

\*\*En el sistema de Estados Unidos los valores son:

1 pinta = 473 ml

galón = 3.78 litros

\*\*1 litro = 2.11 pintas

1 kL = 264 galones





---

# Índice

---

- Aceite lubricante, 151-159
  - aditivos, 154-155
  - análisis del aceite, 158
  - cambios del aceite, 156-158
  - clasificaciones para servicio, 155
  - condiciones en el motor, 153
  - consumo de aceite, 156
  - petróleo crudo, 151
  - propiedades, 153-154
  - refinación del crudo, 151
  - toma de muestras, 158-159
- Bomba de dirección hidráulica, 161
- Bomba de inyección:
  - motor de dos cilindros, 57
  - motor de un cilindro, 57
- Bomba de inyección Caterpillar
  - bomba con dosificación por espiral, 130-131
  - bomba con dosificación por manguito, 125-128
  - bomba de cuerpo forjado, 133-134
  - calibración dosificada por manguito, 134
  - gobernador, 128-130
  - sincronización dosificación por manguito, 129-131
- Bomba de inyección en línea, 51-58
  - acoplamientos, 59, 62
  - avance automático, 56-57
  - carrera de bombeo, 53-55
  - carrera efectiva, 53
  - componentes, 52-53
  - control del combustible, 52-55
  - cremallera de control, 54
  - funcionamiento, 51-52
  - reacondicionamiento, 63-64
    - sincronización con el motor, 60
  - sincronización por escurrimiento, 61
  - servicio (reparación), 62-64
  - calibración, 64-65
  - desmontaje e instalación, 59
  - faseo, 64
  - marcas de sincronización, 60-61
  - pruebas, 64
  - sincronización (tiempo), 55, 59-60
- válvula de entrega, 54-55
- Bomba de inyección, tipo distribuidor: (DPA), 67-69
  - avance de la inyección, 70
  - funcionamiento, 67-69
  - válvulas de entrega, 70-71
  - reacondicionamiento, tipo VE, 82
  - servicio (reparación), 78
  - sincronización (tiempo), DPA, 77
  - sincronización (tiempo), VE, 78
  - servicio, 76-82
  - desmontaje, 76-77
  - instalación, 77
  - pruebas, 80
  - reacondicionamiento, tipo DPA, 79-80 (VE), 71
  - avance de la inyección, 70
  - carrera de émbolos, 73-74
  - construcción, 71
  - disposición del sistema, 67
  - funcionamiento, 70
- Bomba de vacío, 161
- Calibración, bomba de combustible, 64-65, 133, 144
- Combustible Diesel, 152
  - contenido de azufre, 152
  - normas, 152
  - número cetano, 152
  - propiedades, 152
  - refinación, 152
- Compresor de aire, 160
- Control de aire y combustible:
  - Bosch, 104-105
  - Caterpillar, 124
  - Cummins, 117
- Curva de torsión, 104
- Diagnóstico de fallas:
  - base para, 162
  - fallas de los inyectores, 43
  - inyector que no descarga, 43
- Dispositivos auxiliares para arranque, 34
  - accionamiento, 35
  - bujías incandescentes, 35
  - termostato, 34
- Enfriamiento de la carga del aire, 18-19
- Equipo auxiliar, 160-161
- Filtros:
  - combustible, 29-34
  - elementos del filtro de aire, 3-8
- Filtros de aire, 3-8
  - indicador de restricción, 5
  - servicio, 4-6
  - tipos, 3-8
- Filtros de combustible, 29-32
  - alarma por contenido de agua, 31
  - diseño, 30-32
  - filtro primario, 32
  - secundario, 32
  - sedimentador, 31
  - tipos, 30
- Freno de escape, 160
- Freno de motor, 160
- Gobernador de control de torsión, 90-91
- Gobernadores:
  - Caterpillar, 92, 101, 127
  - control de la torsión (par), 90-91, 104
  - Cummins, 107-108, 111-113
  - Detroit Diesel, 141-145
  - finalidad, 83
  - hidromecánico, 101-102
  - terminología, 105
  - tipos de, 83, 85
    - de velocidad constante, 83
    - de velocidad máxima, 83-84
    - de velocidad variable, 84-87
- Gobernadores hidráulicos:
  - CAV, 97-98
  - funcionamiento básico, 95-96
  - para bomba de distribuidor DPA, 96
  - Woodward, 98-99
- Gobernadores mecánicos, 84-95
  - ajustes, 84
  - Bosch, 88-89
  - Caterpillar, 127
  - controles, 87
  - de muelle de hoja, 91-92
  - para bombas DPA, 94
  - para bombas VE, 92-94

Gobernadores neumáticos, 102-103  
controles, 103-104  
Gráficas para diagnóstico de fallas:  
el motor no arranca, 162  
fallas de los inyectores, 48  
fallas en el sistema de combustible,  
163  
fallas generales con el motor, 164

#### Ilustraciones de motores:

Caterpillar, 136  
Cummins, 13, 123  
Detroit Diesel, 23, 147  
Perkins, 75

#### Inyectores, 38-42

características de diseño, 41-42  
Caterpillar, 133-134  
construcción, 38  
Cummins PT, 107, 109-110  
Detroit Diesel, 139-143  
funcionamiento, 48-50  
inyectores unitarios, 140-143  
patrón de atomización, 39-40, 47  
tipo cápsula, 41, 135-136  
tipo lápiz, 41, 136  
toberas, 40-41

#### Inyectores Cummins PT

ciclo de inyección, 113-114  
con tope superior, 112  
diseño, 110-112  
funcionamiento, 110-113  
sin tope superior, 112  
(véase también Servicio a Inyectores Cummins PT)

#### Inyectores Detroit Diesel

ajuste, 144  
ajuste, palanca de cremallera, 148  
desmontaje e instalación, 143  
inyectores que no descargan, 148-149  
inyectores unitarios, 140-141, 143  
pruebas, 143-144  
sincronización, 146-147

#### Inyectores Roosa Master, 136

#### Manómetros, 21-22

Mantenimiento, 164-167  
conceptos importantes, 164-167  
definición, 164

#### Marcas de sincronización para inyección, 60-61, 77, 119-120

#### Motor Bedford, ilustraciones, 37

#### Motor Caterpillar, ilustraciones, 124-136

#### Motor Cummins, ilustraciones, 13, 111

#### Motor Detroit Diesel, ilustraciones, 23, 150

#### Motor Perkins, ilustraciones, 75

#### Postenfriador, 19

#### Precauciones de seguridad, 167

#### Regulación con el gobernador:

métodos para, 84  
necesidad de, 83  
Respiración del motor, 15  
Respiraderos del motor, 8-9  
Retardador hidráulico, 160

#### Servicio a los filtros de combustible, 33

#### Servicio a los inyectores, 43-50

desmontaje, 43  
fallas, 50  
instalación, 43-44  
limpieza, 44-45  
localización de un inyector eficiente, 43  
pruebas, 46-47  
para desarmar, 44  
reacondicionamiento, 48  
seguridad, 46

#### Servicio a inyectores Cummins PT

ajustes, 118  
con tope superior, 121  
desmontaje e instalación, 121  
posición para graduación, 119-121  
servicio, 121-122  
sin tope superior, 120-121

#### Servicio al sistema de combustible, 33-34

#### Servicio al turbocargador, 20-22

comprobaciones, 22  
diagnóstico de fallas, 21-22  
instalación, 22

#### Sistema de admisión de aire, 1-3

componentes, 2  
finalidad, 1  
mantenimiento, 10-11

#### Sistemas de combustible, 24-27

agua en el sistema, 32-33  
bombas elevadoras y de transferencia, 27-29  
componentes, 27-28  
filtros, 29-32  
purga, 33  
tipos, 25

#### Sistemas de combustible con bomba tipo distribuidor, 26-27

#### Sistemas de combustible con bomba tipo en línea, 26

#### Sistema de combustible Caterpillar, 125

bomba de dosificación por manguito, 125-130  
bombas de cuerpo forjado, 130-131  
control de aire combustible, 131-132  
dosificación por espiral, 130-131  
dosificación por manguito, 125-130  
gobernador, 128-130  
inyectores tipo lápiz, 136-137  
localización del PMS, 132  
servicio a los inyectores, 136  
toberas de cápsula, 135-136  
(véase también Bombas de inyección Caterpillar)

#### Sistema de combustible por conducto principal común, 139

#### Sistema de combustible Cummins PT, 25, 107-123

bomba de combustible, 110, 119  
componentes, 108-110, 114  
control de aire y combustible, 117-118  
funcionamiento de los inyectores, 112-115  
gobernador, 109, 115-116  
inyectores, 110, 112-113  
resortes del gobernador, 118  
servicio, 118-122  
sistema básico, 107-108  
(véase también Servicio, a los inyectores Cummins)

#### Sistema de combustible Detroit-Diesel, 139-140

afinación y ajuste, 144-146  
componentes, 141  
gobernador, 144-145  
inyector que no descarga, 140  
inyectores, 140-144  
sincronización de los inyectores, 146-147  
(véase también Inyectores Detroit Diesel)

#### Sistema de combustible, 24-27

agua en el sistema, 32-33  
bombas elevadoras de transferencia y, 27-29  
componentes, 27-29  
filtros, 29-32  
purga, 33-34  
tipos, 25-26

#### Sistema de combustible con inyectores unitarios (véase Sistemas de combustible Detroit Diesel)

#### Sistema de enfriamiento: interenfriador, 18-19

#### Sistema de escape, 11

#### Sistema de escape, 11

#### Sistema de escape, 11

#### Sistema de escape, 11

#### Sistema métrico, 169-173

aplicaciones automotrices, 172  
conversiones, 172  
definiciones, 170-171  
tablas de conversión, 172

#### Soplador, motores de dos tiempos, 3, 18

#### Supercargador, 18

(véase también turbocargador)

#### Toberas, véase Inyectores

#### Turbocargador, 15-23

componentes, 16-18  
diseños, 17-18  
enfriamiento por líquidos, 19-20  
funcionamiento, 15  
funcionamiento en el motor, 20  
ventajas, 20

