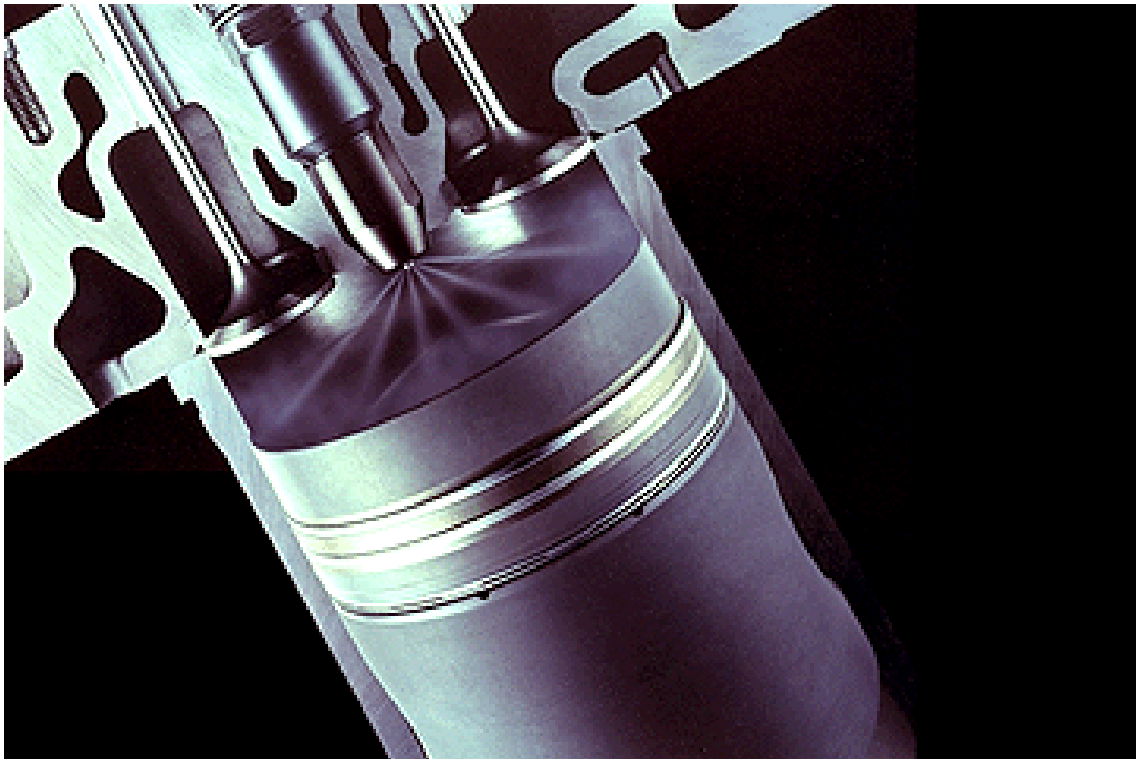




INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN

**DEPARTAMENTO DE DESARROLLO PROFESIONAL
FINNING SUDAMÉRICA**



Índice de Contenidos

Hoja de curso.....	2
Módulo I : Conceptos básicos.....	3
Finalidad de un sistema de combustible.....	3
Sistema de bombas y tuberías.....	3
Sistema de inyección unitaria.....	5
Cámaras de combustión.....	6
Sistemas de inyección mecánico – Conceptos.....	6
Condiciones de operación.....	12
Potencia producida.....	14
Reguladores o Gobernadores.....	16
Fundamentos de los combustibles diesel.....	18
Módulo II : Bombas Inyectoras.....	22
Sistema de inyección del tipo forjado.....	22
Sistema de inyección compacto (scroll).....	24
Sistema de inyección con medición por manguito.....	25
Calibración de bombas a manguitos.....	27
Sistema de inyección New Scroll.....	32
Módulo III : Sistemas de inyección unitaria.....	38
Sistema MUI.....	38
Sistema MEUI / EUI.....	41
Sistema HEUI.....	49
Sistema HEUI B.....	56
Módulo IV: Terminología y Seguridad.....	75
Terminología.....	75
Seguridad.....	80



Introducción a los Sistemas de Inyección

Código del Curso

Duración

24 horas

Objetivo del Curso

Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de aplicar los conceptos básicos descritos en el curso a cualquier sistema de inyección.

Análogamente, podrá realizar ajustes y calibraciones teniendo como conocimiento los fundamentos vistos en el curso.

Quiénes deben participar

Mecánicos y Técnicos de las distintas áreas de servicio de Finning Sudamérica

Prerrequisitos

Contenido del Curso

El curso se divide en 3 módulos:

- Módulo I : Conceptos básicos
- Módulo II : Bombas inyectoras
- Módulo III : Sistema de inyección Unitaria
- Módulo IV : Terminología y conceptos de Seguridad

Audiencia

Máximo: 10 personas

Mínimo: 6 personas

Instrucciones Especiales

Habilidades FinningPro Service

Certificables:

Relacionadas:

MÓDULO I : Conceptos Básicos

1. Finalidad de un Sistema de Combustible

La cantidad de combustible que consume un motor está relacionada directamente con la cantidad de potencia y el par motor necesarios. En general, cuanto mas combustible llegue a un motor, mayor será el par motor disponible en el volante.

El sistema de combustible suministra combustible limpio, en el momento indicado y en la cantidad adecuada para satisfacer la demanda de potencia.

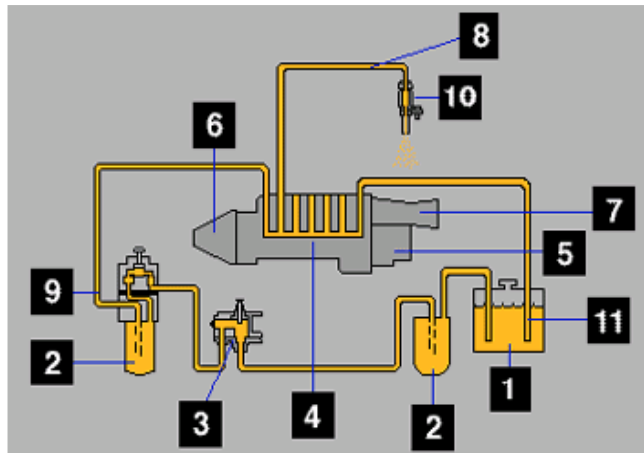
Los componentes del sistema de combustible hacen corresponder el suministro de combustible con la demanda de potencia del motor alterando la cantidad de combustible inyectada y el momento de la inyección.

Estas funciones son manipuladas por la bomba inyectora. Existen dos grandes grupos de sistemas de combustible:

- a) Sistema de bomba y tuberías
- b) Sistema de inyección unitaria, mecánica y electrónica

a) Sistema de bomba y tuberías

Los componentes básicos de este tipo de sistemas es el siguiente:

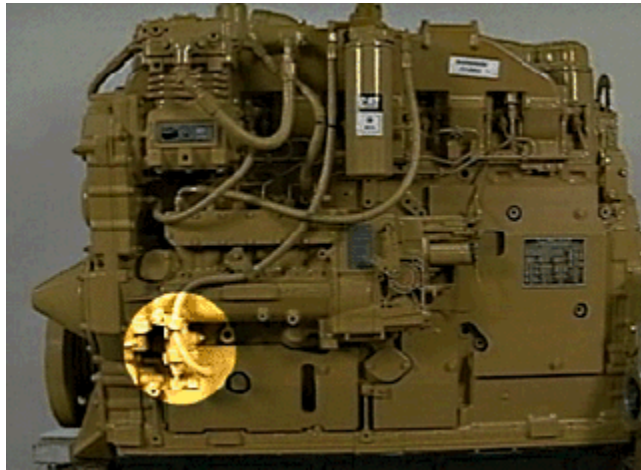


- 1- Tanque de combustible
- 2- Filtros de combustible
- 3- Bomba de transferencia
- 4- Bomba inyectora
- 5- Regulador
- 6- Mecanismo de avance de la sincronización
- 7- Control de la relación aire – combustible
- 8- Tuberías de alta presión
- 9- Tuberías de baja presión
- 10- Inyectores
- 11- Tuberías de retorno

El combustible comienza a circular al girar la llave de arranque del motor. Al girar la llave se activa un solenoide que permite la circulación de combustible desde la bomba de transferencia hacia la bomba inyectora.

La bomba de transferencia extrae combustible del tanque a través de los filtros. El filtro de combustible principal elimina las partículas grandes del combustible.

Ciertos sistemas disponen también de un separador de agua, que permite que el asentamiento del agua atrapada o condensada pueda ser extraída



La bomba de transferencia suministra flujo de combustible a baja presión a través de la tuberías. El combustible que sale de la bomba de transferencia ingresa al filtro secundario o final, el cual elimina las partículas y contaminantes diminutos que pueden dañar o taponar los inyectores. Los filtros secundarios se hallan ubicados entre la bomba de transferencia y la bomba inyectora.

A diferencia de los filtros de aceite, los filtros de combustible no poseen válvulas de derivación, es decir que si se tapan los filtros el combustible deja de fluir y el motor no funciona. Esto protege el motor contra el combustible sucio.

El combustible sale del filtro y pasa por un canal de combustible dentro de la carcasa de la bomba inyectora. Los elementos bombeantes miden y someten el combustible a presión.

La bomba inyectora está ubicada por lo general cerca de la parte delantera del motor, debido a que es impulsada por un engranaje a partir del árbol de levas.

Mas adelante veremos en detalle los distintos tipos de bombas.

Las tuberías de alta presión están construidas en acero y conectan la bomba inyectora con los inyectores o boquillas.

Las boquillas disponen de válvulas que se abren cuando la presión de combustible es suficientemente alta. Cuando se abre la válvula, el combustible se atomiza y se pulveriza en la cámara de combustión. Al final de la inyección, se produce una caída rápida de presión que cierra la válvula.

En la bomba inyectora se dispone mas combustible del que puede usar el motor, por esto se cuenta con la tubería de retorno, la cual dirige el exceso de combustible al tanque. Además elimina el aire del combustible, lo enfría debido a que se halla en movimiento.

Por último todos los sistemas de combustible disponen de métodos electrónicos o manuales para cortar el suministro de combustible.

b) Sistema de inyección unitaria

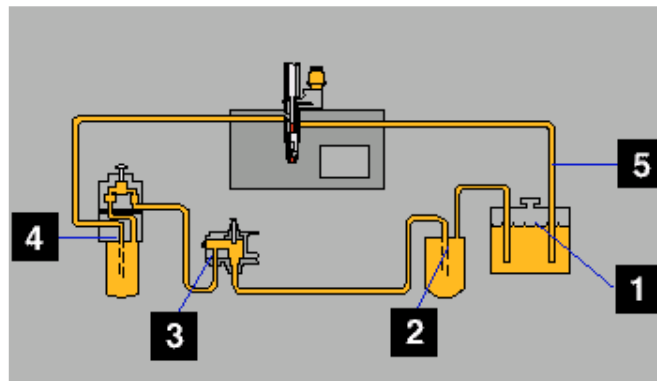
Este tipo de sistemas no utilizan una bomba de inyección tradicional, ya sea lineal o rotativa, sino que utilizan inyector-bomba unitarios.

Los inyector-bomba unitarios pueden dividirse según el tipo de quien los comanda y el accionamiento en:

1. Unidades Inyectoras MUI.
2. Unidades inyectoras EUI.
3. Unidades inyectoras HEUI.

Las unidades de inyección **MUI**, son comandadas y accionadas mecánicamente por un balancín que es movido por una tercer leva, con su propio levanta válvulas y varilla de empuje. El comando es realizado por una cremallera que posee cada inyector. Esta cremallera de cada inyector se halla vinculada a un eje de cremalleras que se encuentra conectado al regulador de velocidad.

Las unidades de inyección **EUI**, usan algunos de los componentes del sistema tradicional, como ser el tanque de combustible (1), filtro de combustible primario (2), bomba de transferencia de combustible (3), filtro de combustible final (4) y tubería de retorno (5).



En este caso la unidad de inyección es accionada por un balancín al igual que el caso anterior, pero el comando del combustible es realizado electrónicamente. Los inyectores se hallan montados en la culata.

En un sistema de inyección electrónico, el regulador mecánico, el avance de la sincronización y el control de la relación aire-combustible son reemplazados por componentes electrónicos. Tal es el caso que los sistemas EUI usan un Módulo de Control Electrónico (ECM) para contener algunos de los componentes electrónicos e información de programación.

Por último y el más moderno es el sistema **HEUI**, el cual es accionado hidráulicamente por una bomba hidráulica especial y comandado al igual que en el caso anterior electrónicamente.

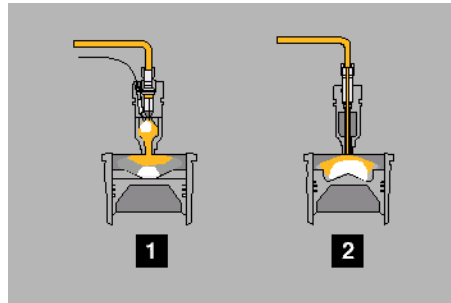
La operación del sistema HEUI es completamente diferente de cualquier otro sistema de combustible que este actuado mecánicamente. El sistema HEUI no requiere ajustes, los cambios en el rendimiento del motor se realizan instalando diferentes software en el ECM.

2. Cámaras de combustión

El diseño de la cámara de combustión afecta la eficiencia del combustible y el rendimiento del motor. El diseño del pistón y el método usado para inyectar combustible dentro del cilindro determinan la rapidez con que el combustible se quema por completo.

En los sistemas de bomba y tuberías, hay dos tipos de diseño de cámara de combustión:

- 1- cámara de precombustión o PC
- 2- Inyección directa o DI



En un diseño de cámara de combustión directa, el combustible se inyecta directamente en el cilindro a través de la boquilla o inyector.

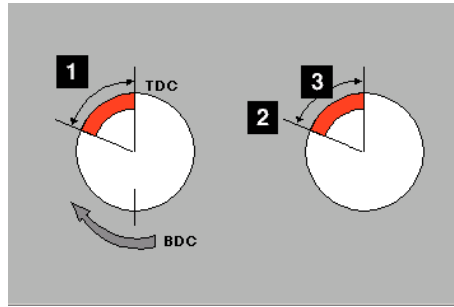
En un sistema de precombustión, la boquilla inyecta el combustible en una cámara de precombustión donde se inflama. Esto obliga al resto del combustible a pasar a la cámara principal, donde tiene lugar la combustión completa. En algunos motores se usan bujías incandescentes para calentar el aire al arrancar el motor.

3. Sistemas de inyección mecánico

Con el tiempo Caterpillar ha efectuado cambios de diseño importantes en el sistema de combustible. Los nuevos diseños han mejorado el rendimiento del motor y reducido las emisiones.

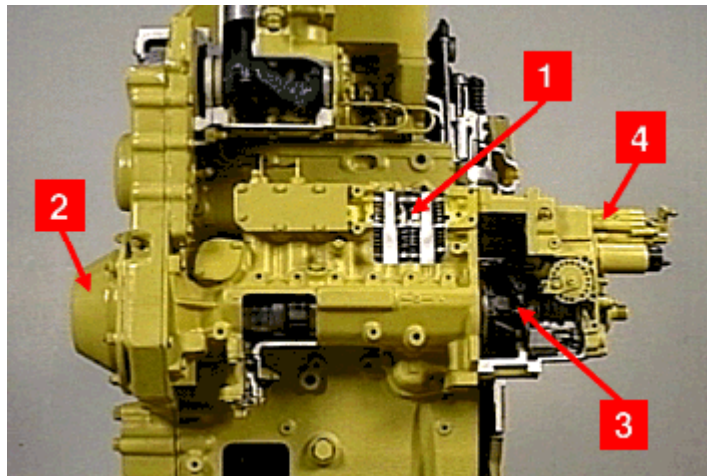
A continuación se explicará un Sistema mecánico de inyección de combustible que usa un regulador, una unidad de avance de la sincronización y un control de la relación de aire – combustible.

- **Momento en el que se produce la inyección:** en los motores diesel, el combustible se inyecta durante el tiempo de compresión, antes de que el pistón llegue al punto muerto superior. El principio básico de inyección de combustible es que se debe inyectar la cantidad apropiada de combustible en el momento oportuno para satisfacer las demandas de potencia.
- **Ventana de quemado:** el combustible requiere tiempo para quemarse. Se debe inyectar la cantidad adecuada de combustible en el momento indicado del tiempo de compresión para que se queme completamente. Esto se denomina Ventana de Quemado (1) y se mide en grados de giro del cigüeñal. La ventana de quemado se define por el punto inicial de la inyección o sincronización (2) y la duración de la inyección (3), que también se miden en grados.



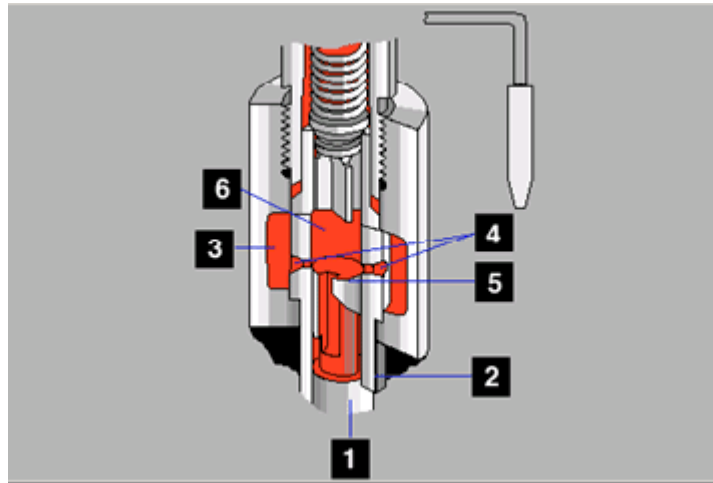
- **Componentes del Sistema mecánico:**

En un sistema de combustible mecánico, la bomba inyectora (1), el avance de sincronización (2), el regulador (3) y el control de la relación de combustible (4) funcionan en conjunto para controlar la inyección de combustible.



A medida que cambia la carga y la velocidad del motor, se deben inyectar cantidades variables de combustible en momentos diferentes para mantener las ventanas de quemado apropiadas. El momento en que se inyecta el combustible es controlado por una unidad de avance de sincronización, mientras que el regulador controla la cantidad de combustible suministrada al motor.

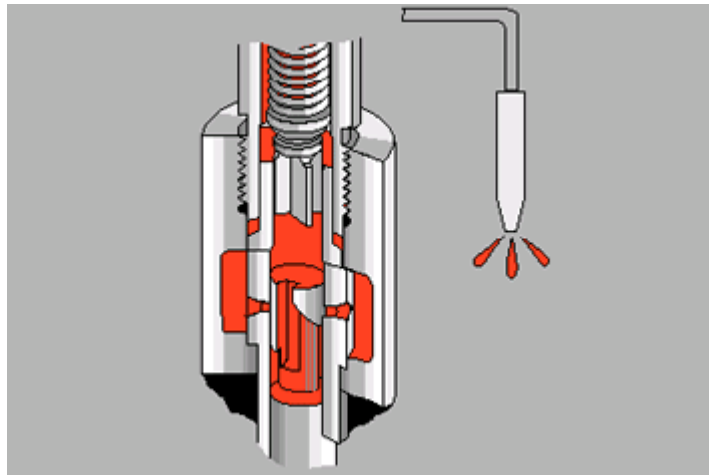
- **Bomba inyectora:** es el núcleo del sistema de combustible. Entender la forma en que opera es el primer paso crítico para entender la inyección de combustible. En un sistema de bombas y tuberías, las unidades inyectoras tienen un émbolo (1) dentro de un cuerpo cilíndrico (2). El émbolo se mueve hacia arriba y hacia abajo, siguiendo el movimiento del árbol de levas de la bomba de combustible.



El combustible a baja presión ingresa al canal (3) y sale del cuerpo cilíndrico por los orificios (4).

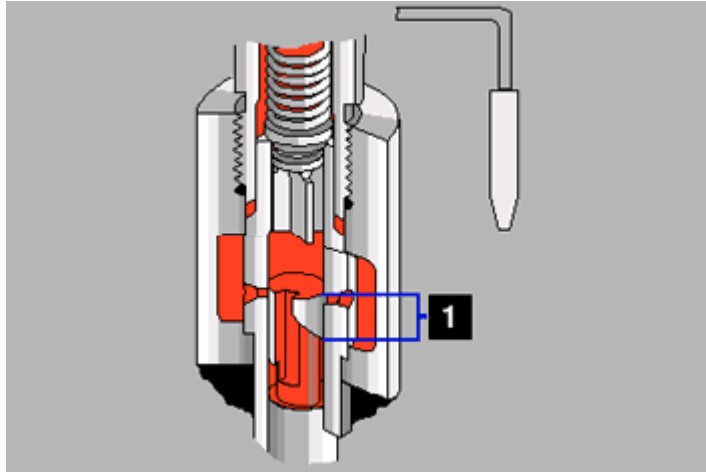
El émbolo tiene una ranura o hélice maquinada (5), cuando ésta se alinea con los orificios, el combustible pasa del orificio de entrada por la cámara de bombeo (6) al orificio de salida.

- **Comienzo de la inyección de combustible:**



Cuando la hélice bloquea los orificios, el combustible de la cámara de bombeo queda atrapado y forzado contra la boquilla. Es en este momento que comienza la inyección. Este punto se llama sincronización de inyección y se controla cambiando la posición del árbol de levas de la bomba de combustible.

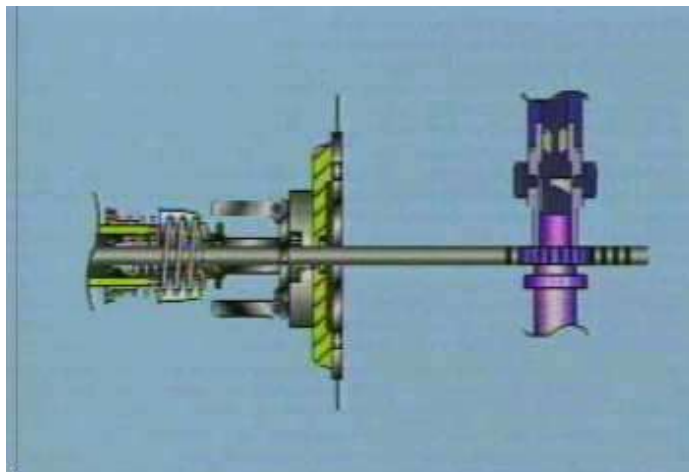
- **Duración de la inyección de combustible:**



La inyección se produce durante el tiempo en que las lumbreras están cerradas por la hélice. Este período se llama duración (1), cuanto mayor sea la duración mayor será la cantidad de combustible inyectada.

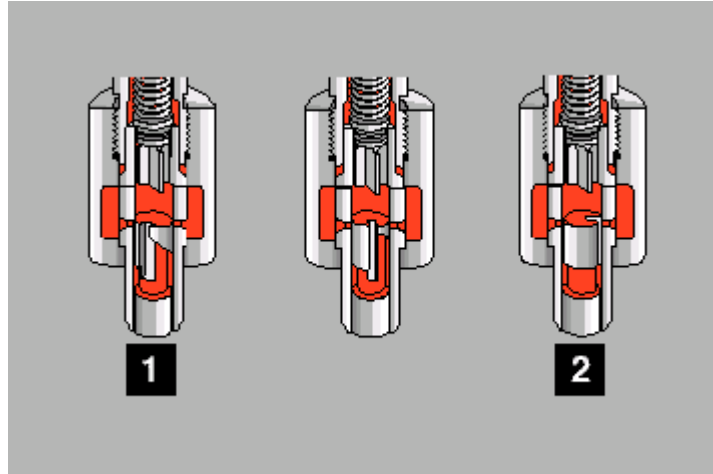
La duración viene controlada girando el émbolo en su interior, esto cambia la cantidad de hélice que existe entre las lumbreras. Las lumbreras se cierran antes (corte de combustible) o se dejan abiertas mas tiempo (suministro de combustible).

- **Regulador y cremallera:** la duración de la inyección viene controlada por el regulador y la cremallera. Todas las unidades bombeantes de combustible están conectadas al regulador por medio de la cremallera de control de combustible. Cuando el motor requiere mas combustible, sólo puede conseguirlo si aumenta la duración de la inyección. El regulador detecta la necesidad de combustible y mueve la cremallera.

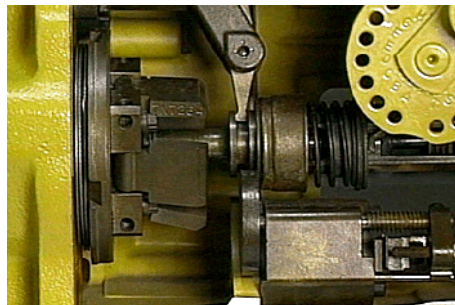


- **Posición de la hélice:** los émbolos pueden girar ligeramente en el interior del cuerpo cilíndrico, de modo que la hélice mantenga cerradas las lumbreras mas tiempo, aumentando la duración de la inyección. Esta posición se denomina Suministro de combustible (1).

A medida que disminuye la demanda de combustible, la cremallera se mueve hacia la posición de Corte de combustible (2) y las lumbreras se abren antes.



- **Funcionamiento del regulador mecánico:** los reguladores usan un sistema de pesas y resortes para mover la cremallera de control. Los resortes siempre tratan de mover la cremallera a una posición de entrega de combustible, mientras que las pesas tratan de mover la cremallera hacia la posición de corte de combustible. Cuando las fuerzas se equilibran, el motor opera a r.p.m estables.

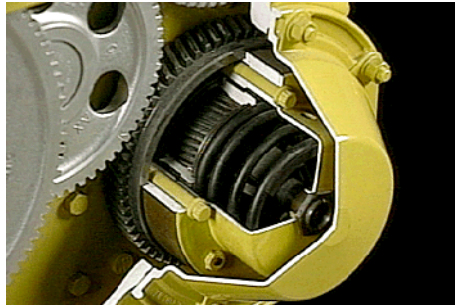


El suministro de combustible afecta directamente la velocidad del motor y la potencia producida. El mayor suministro de combustible aumenta la potencia del motor.

Los reguladores regulan el suministro de combustible para controlar la velocidad del motor entre un ajuste de bajas r.p.m y un ajuste de altas r.p.m, llamado velocidad baja en vacío y alta en vacío respectivamente.

- **Avance de sincronización:** a medida que cambian la carga y la velocidad del motor, se debe inyectar combustible en momentos diferentes para mantener el tiempo apropiado para la combustión. A medida que aumenta la velocidad del motor, el combustible debe inyectarse antes, esto es el Avance de la sincronización. A

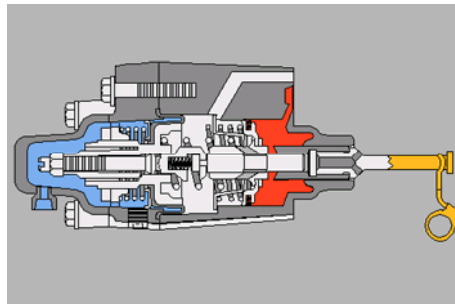
medida que disminuye la velocidad del motor, el combustible debe inyectarse más adelante.



La unidad de avance de sincronización “avanza” o “retrasa” la inyección de combustible alterando el giro del árbol de levas de la bomba de combustible.

La sincronización de la inyección puede avanzarse o retrasarse, la sincronización de avance significa que el combustible se inyecta antes, mientras que la de retraso significa que el combustible se inyecta más adelante.

- **Control de la relación aire – combustible:** el sistema de combustible no puede operar aislado de otros sistemas del motor. En particular, el sistema de admisión de aire es crítico, es decir que el combustible no se quema completamente a menos que haya suficiente aire.



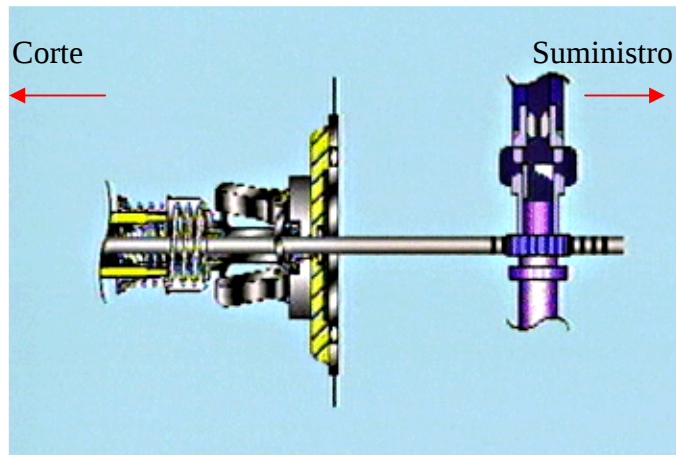
El control de la relación de combustible asegura que haya la cantidad apropiada de combustible inyectada para la cantidad de aire presente en el cilindro. Este sistema detecta la presión de refuerzo y “anula” la acción del regulador para impedir que se inyecte un exceso de combustible, lo que mejora las emisiones y la eficiencia de combustible.

El control de aire – combustible se haya montado en el regulador.

4. Condiciones de operación

Hasta el momento hemos tratado sobre los diversos componentes de la bomba inyectora y la forma en que funcionan la unidad de avance de sincronización y el regulador para ajustar la ventana de quemado.

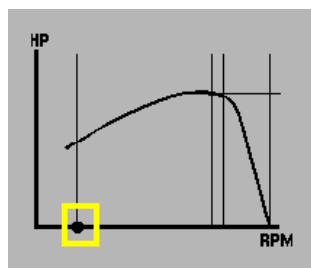
Fijémonos ahora en como funcionan juntos durante la operación del motor.



Durante la operación real, el motor normalmente funciona bajo carga. El regulador determina cuales son las rpm correctas del motor para la carga aplicada y mueve la varilla a la posición de Suministro o Corte de combustible para establecer las rpm adecuadas. El mecanismo de avance de sincronización detecta el aumento o la disminución de las rpm y varía la sincronización de la inyección para empezar la ventana de quemado en la posición correcta.

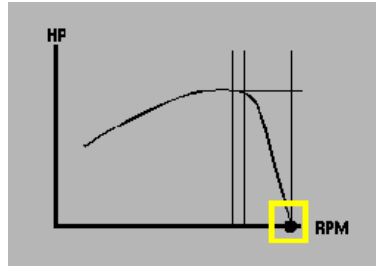
- Velocidad baja en vacío

Es la mínima velocidad a la que se permite que funcione el motor sin carga. Las bombas inyectoras están diseñadas de modo que suministren cantidades mínimas de combustible al motor



- Velocidad alta en vacío

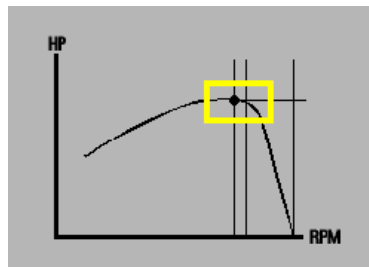
La velocidad alta en vacío son las rpm máximas que se permite que gire el motor sin carga



- Velocidad nominal

Todos los motores diesel tienen una clasificación llamada plena carga a la velocidad nominal. Estas son las rpm a las que el motor suministra una potencia nominal a plena carga.

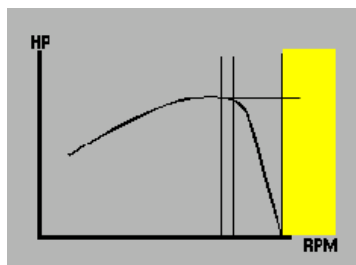
Las pesas y los resortes del regulador se hallan en equilibrio, cuando el motor funciona bajo carga, de manera de proporcionar unas rpm constantes.



- Exceso de velocidad

A veces los motores son operados de tal forma que las rpm son superiores a las altas en vacío. El regulador corta el suministro de combustible pero el motor sigue excediendo la velocidad máxima.

Esto se llama velocidad excesiva y normalmente es consecuencia de un error del operador.

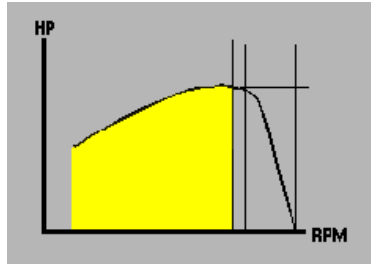




- **Sobrecarga del motor**

En ocasiones los motores están muy cargados, y aún cuando el regulador mueva la cremallera hasta la posición de suministro completo de combustible, las rpm del motor no aumentan. Esta operación se denomina sobrecarga del motor.

En estas circunstancias, el regulador no puede igualar los requisitos de potencia, ya que no se dispone de mas combustible.



Notas del Estudiante

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

5. Potencia producida

La potencia del motor se describe según la cantidad de ciertas características:

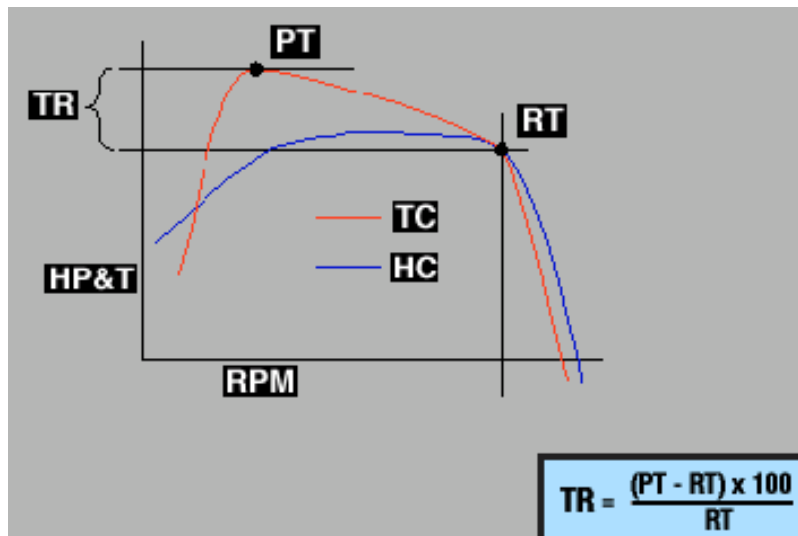
- **Par Motor:** es una fuerza de giro o torsión. El cigüeñal ejerce un par motor para hacer girar el volante, convertidores y dispositivos mecánicos.

- **Par Motor como capacidad de transporte de carga:** el par motor es también una medida de la capacidad de transporte de carga del motor.

La formula para el par motor es:

$$\text{Par motor (lb/pie)} = 5252 \cdot \text{Potencia HP} / \text{r.p.m}$$

- **Aumento de par:** este aumento se produce cuando se reduce la carga de un motor desde la r.p.m nominales. Este aumento de par se produce hasta lograr ciertas r.p.m, después de las cuales el par disminuye rápidamente. El máximo nivel de par alcanzado se llama para máximo.



TR= aumento de par

HP+T= potencia y par motor

TC= curva del par motor

HC= curva de potencia

PT= par motor máximo

RT= par motor nominal

- **Potencia:** es un valor nominal del motor que describe la cantidad de trabajo producido en un periodo o trabajo por unidad de tiempo.

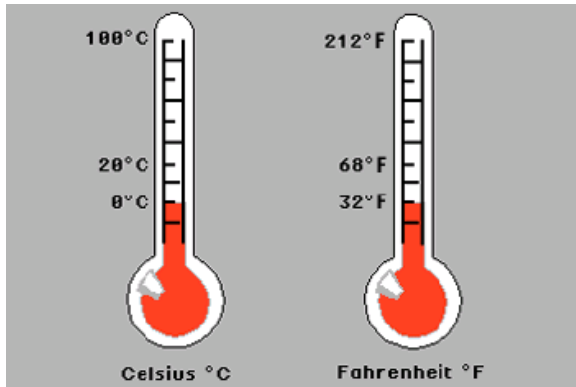
La potencia al freno es la potencia útil disponible en el volante, esta es menor que la potencia real porque se usa cierta energía para mover componentes del motor.

La formula para la potencia es:

$$\text{Potencia (HP)} = \text{r.p.m} \cdot \text{Par motor} / 5252$$

Para convertir	En	Multiplique por
HP métricos	Kilowats	0,7355
Kilowats	HP métricos	1,3596
HP (británicos)	Kilowats	0,746
Kilowats	HP (británicos)	1,340

- **Calor:** es una forma de energía producida por la combustión del combustible. La energía térmica se convierte en energía mecánica por medio del pistón y otros componentes del motor a fin de producir una potencia adecuada para el trabajo.
- **Temperatura:** es una medida de lo caliente o lo frío que está un objeto. Normalmente se mide con una escala Fahrenheit o Centígrada.

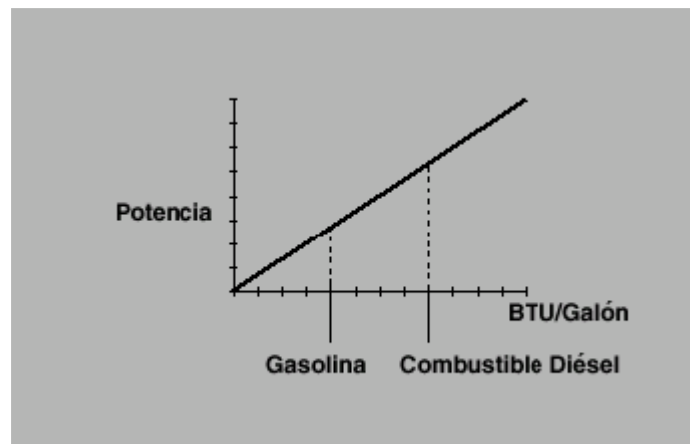


Para convertir °C en °F:
 $(1,8 \cdot ^\circ\text{C}) + 32$

Para convertir °F en °C:
 $(^\circ\text{F} - 32) / 1,8$

- **Unidad Térmica Británica:** la unidad térmica británica o BTU, se usa para medir el poder calorífico de una cantidad específica de combustible, o la cantidad de calor transferida de un objeto a otro. Una BTU es la cantidad de calor necesaria para aumentar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

La BTU se usa para describir el poder calorífico de un combustible. Los combustibles con altos valores de BTU generan más y, por lo tanto, más potencia. En general, el combustible diesel tiene un mayor valor de BTU que la gasolina.

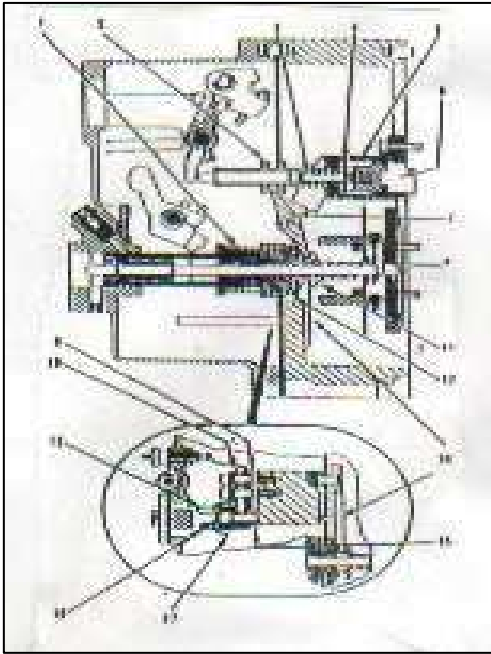


La BTU se utiliza también para describir el sistema de refrigeración. Cuantas más BTU elimina el refrigerante más eficiente será el sistema de enfriamiento.

6. Reguladores o Gobernadores

La finalidad del regulador es controlar las rpm a las que opera el motor. Dependiendo de cada motor y tipo de inyección, podemos encontrar varios modelos de reguladores:

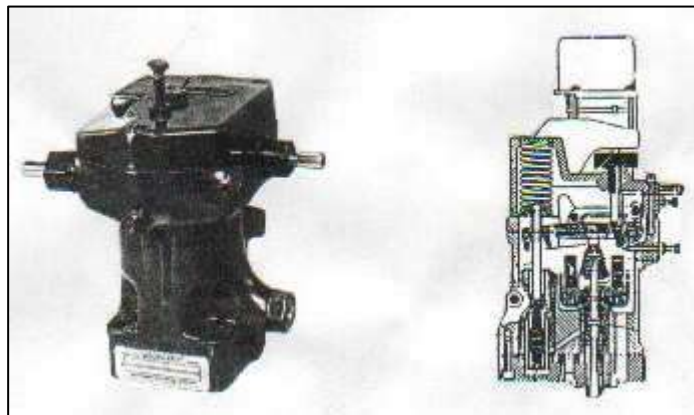
a) Gobernador mecánico asistido hidráulicamente: Se los utiliza en bombas inyectoras del tipo news scroll.



1 - resorte de carga - 2 manguito - 3 - válvula - 5 - servo - 6 cremallera - 7 - palanca - 8 - contrapesos - 9 - barra tope de carga - 10 - barra tope - 11 - manguito de desplazamiento - 12 - asiento de resorte - 13 - tornillo de ajuste a pleno torque - 14 - bulon de tope - 15 - resorte de par - 16 - tornillo de ajuste a plena carga - 17 - collar de tope.

b) Gobernador Hidráulico PSG (Gobernador de Presión Simple)

Es un regulador denominado Isócrono, lo cual nos indica que tiene la característica de no presentar caída de revoluciones cuando se le aplica una carga. En realidad, se presenta una caída pero la recuperación es inmediata, retomando las mismas rpm. Son de aplicación en Motores Industriales, Grupos electrógenos y Marinos.



1

The image displays two views of a 2301 1648 Shaving & Speed Control unit. The left view shows the front panel, which features a silver-colored metal faceplate. At the top, the text "2301 1648 SHAVING & SPEED CONTROL" is printed. Below this, there are eight circular control knobs labeled "ENTER SPEED", "ENTER", "SLS", "FASTER SLS", "LAST SLS SPEED", "LAST SLS", "STOP", and "REVERSE". A central label reads "WARRIETO" and "1648". Below the knobs, there is a terminal block with two rows of terminals. The right view shows the side of the unit, which is dark-colored and has a label that reads "2301 1648" and "1648".

estudiante.....

7. Fundamentos del combustible diesel

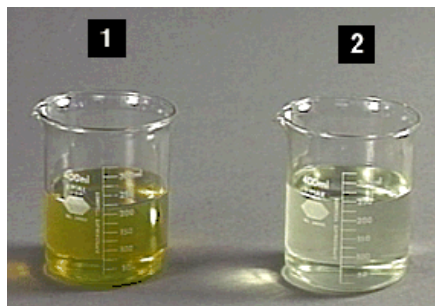
El combustible produce potencia en un motor diesel cuando se atomiza y se mezcla con aire en la cámara de combustión. La presión causada por el anillo del pistón al subir en el cilindro produce un aumento rápido de temperatura. Cuando se inyecta combustible, se inflama la mezcla y se desprende la energía del combustible. Un combustible perfecto se quemaría completamente, sin dejar residuos o humos, sin embargo no existen combustibles perfectos.

La calidad del combustible afecta el rendimiento y mantenimiento de cualquier motor. Es importante entender las propiedades básicas del combustible para poder juzgar la calidad del mismo.

Estas propiedades tienen un impacto en la operación de un motor:

1. **Peso específico:** El peso específico del combustible (1) es el peso de un volumen fijo de combustible comparado con el peso del mismo volumen de agua (2), a una misma temperatura.

Cuanto mayor sea el peso específico, mas pesado será el combustible y mas energía o potencia por volumen para la utilización del motor.



2. **Escala API:** el peso específico puede medirse en la escala de American Petroleum Institute (API).

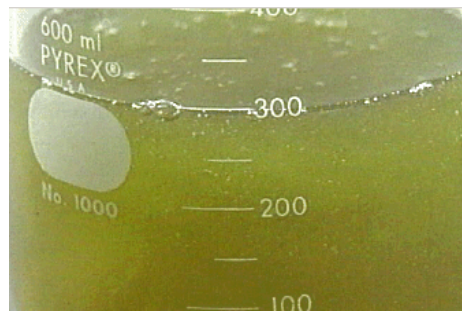
La escala es inversa al peso específico, cuanto mayor sea el número API mas ligero será el combustible. El combustible con un número API bajo proporciona mas potencia. Caterpillar recomienda combustibles de 35 grados API como mínimo. El queroseno puede tener una medida de 40 – 44 grados API.

Pesos Específicos y Densidades del Combustible		
Peso específico		Densidad
Grados API a 15°C (60°F)	Peso Especifico a 15°C (60°F)	Libras por Galón
35	.8498	7.076
36	.8448	7.034
37	.8398	6.993
38	.8348	6.951
39	.8299	6.910

3. **Viscosidad:** es una medida de la resistencia a fluir de un líquido. Una viscosidad alta significa que el combustible es espeso y no fluye fácilmente.
4. **Punto de enturbamiento:** es aquella temperatura a la que aparece una nube o niebla en el combustible.

Este aspecto es causado por el descenso de temperatura por debajo del punto de fusión de las ceras o parafinas que se producen naturalmente en los productos derivados del petróleo.

El punto de enturbamiento debe ser inferior a la temperatura mínima exterior, o ambiental para impedir el taponamiento de los filtros. Este valor viene determinado por la refinería.



5. **Azufre:** es un elemento natural en todos los petróleos crudos. Las concentraciones de azufre por encima del 0,5% pueden reducir considerablemente la duración del motor a menos que se tomen las medidas apropiadas.
6. **Ácido Sulfúrico:** cuando se quema el combustible con azufre en la cámara de combustión, se forman óxidos de azufre que reaccionan con el vapor de agua para formar ácido sulfúrico.
Si se condensan estos vapores ácidos, atacan químicamente las superficies de metal de las guías de válvulas, camisas de cilindros y pueden afectar cojinetes.

Para limitar la formación de ácido sulfúrico:

1. Mantener la temperatura del motor a mas de 80 °C evitando condensación
2. Usar un aceite con NBT suficiente para contrarrestar la formación de ácido.

7. **Índice de Cetano:** es una medida de la calidad de inflamación del combustible que afecta el arranque y la aceleración del motor.
Cuanto mayor sea el número de cetano, mayor será la rapidez con que se inflama. El cetano se clasifica usando un índice, Caterpillar recomienda:

- Cetano 35 para sistemas de combustible con cámara de precombustión
- Cetano 40 para sistemas de inyección directa

Los combustibles de bajo número de cetano puede causar retraso del encendido, dificultades de arranque y detonaciones; elevado consumo de combustible; humo blanco y olor durante el arranque en días fríos, entre otros.

Los aditivos de mejora de cetanos pueden reducir a menudo la cantidad de humo blanco durante el arranque en tiempo frío.

- 8. Contaminación de agua:** los contaminantes son elementos extraños que pueden introducirse en el combustible y causar problemas. El agua puede convertirse en un contaminante:
- a) Si se introduce en el combustible durante el envío
 - b) Si se produce condensación
- 9. Contaminación de sedimentos:** dentro de estos podemos encontrar:
- a) Óxidos
 - b) Incrustaciones
 - c) Escorias de soldadura
 - d) Polvo
 - e) Otros residuos que se introducen en los tanques

Notas del Estudiante

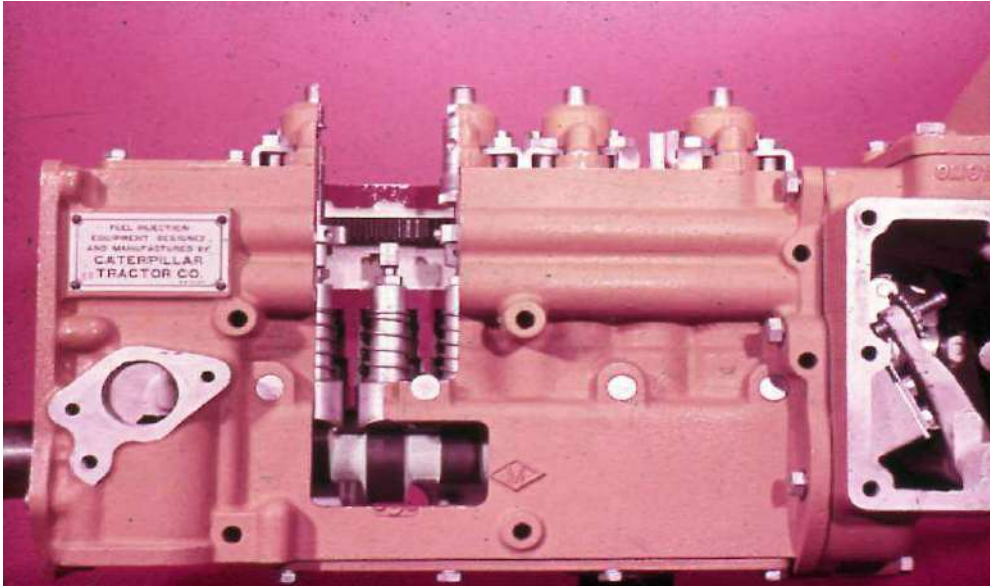
[illegible]

MÓDULO II: Bombas Inyectoras

1. Sistema de inyección del tipo forjado

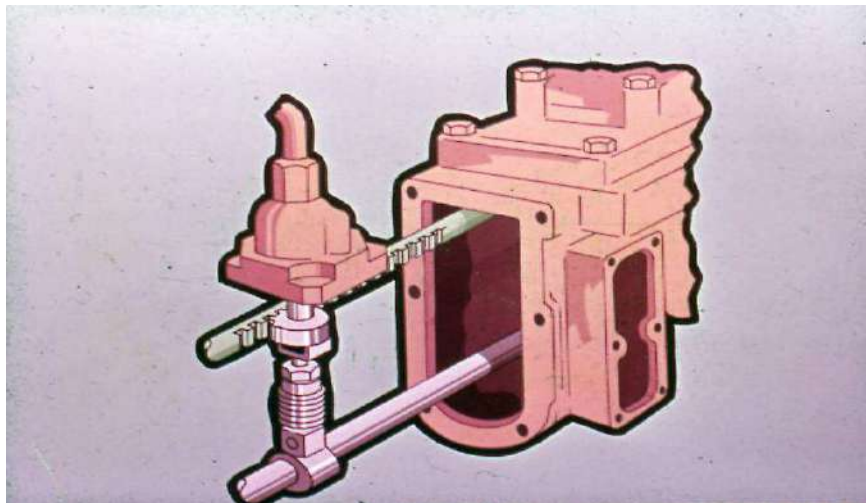
a- Descripción

Este sistema consta de elementos bombeantes del tipo scroll (hélice), montados sobre la parte superior del cuerpo de la bomba. Los elementos son accionados por cremallera y sincronizados por medio de horquillas regulables.



El sistema de combustible es del tipo presurizado, con una bomba inyectora separada y un inyector o boquilla por cada cilindro. El combustible es inyectado dentro de una cámara de precombustión y no directamente en el cilindro.

La bomba inyectora recibe combustible por el múltiple y lo envía a una elevada presión al inyector, donde es atomizado dentro de la cámara de precombustión.



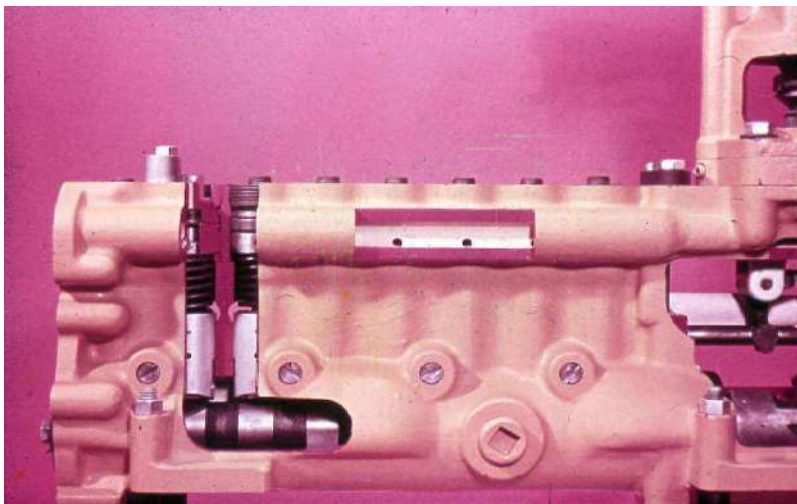
2. Sistema de inyección compacto (Scroll)

Este sistema de combustible fue diseñado para ser utilizado en motores de inyección directa. Este respecto al anterior presenta un menor consumo de combustible, emisiones estándar, entre otras. Las emisiones estándar requieren presiones de inyección mas altas, periodos de inyección mas cortos y sistemas de inyección más fuertes.

Las ventajas de la inyección directa respecto de los motores con cámara de precombustión son:

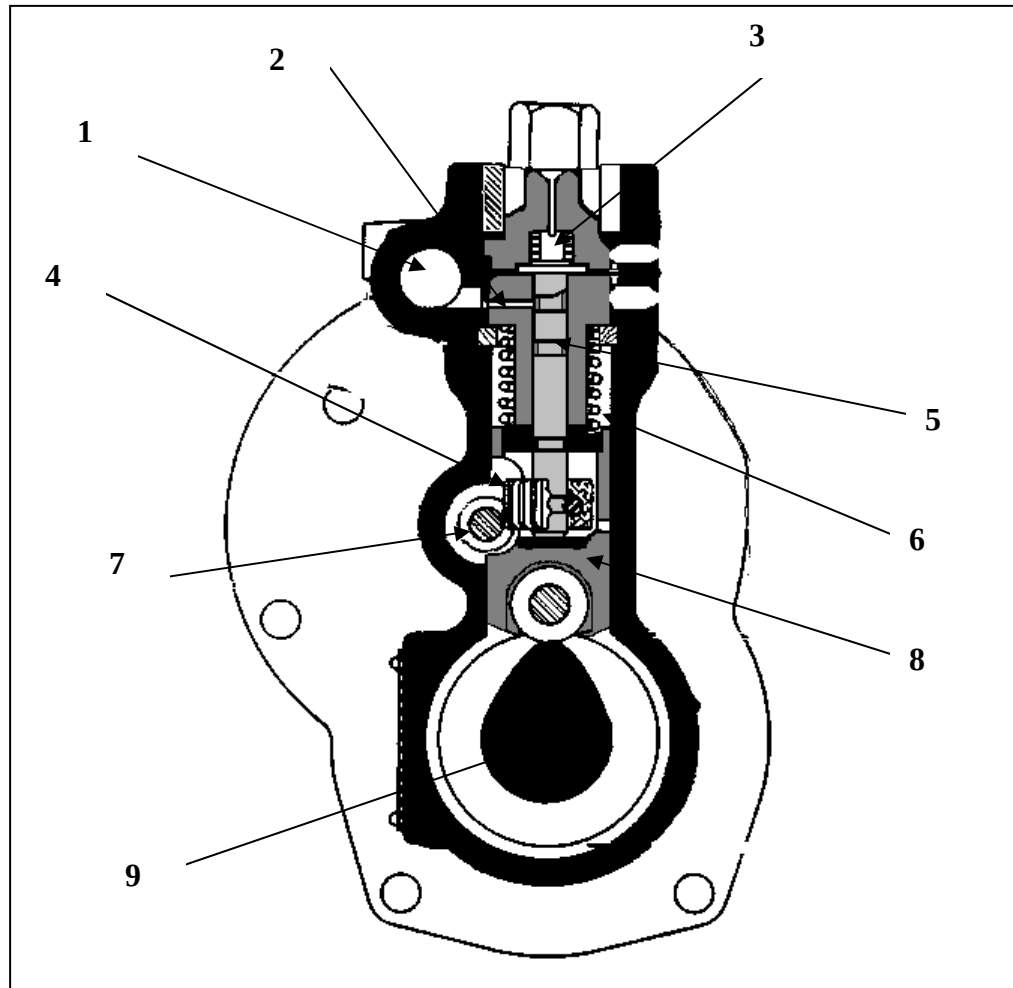
- Consume 10% menos de combustible.

Se requieren radiadores más pequeños debido a una menor irradiación de calor.



Los elementos bombeantes son del tipo hélice y se hallan montados en el interior del cuerpo de la bomba. Estos son accionados por una cremallera, mientras que la sincronización se hace por medio de arandelas de diferentes medidas, las cuales son utilizadas también para establecer un sellado entre las áreas de combustible y las de aceite.

b- Componentes y operación

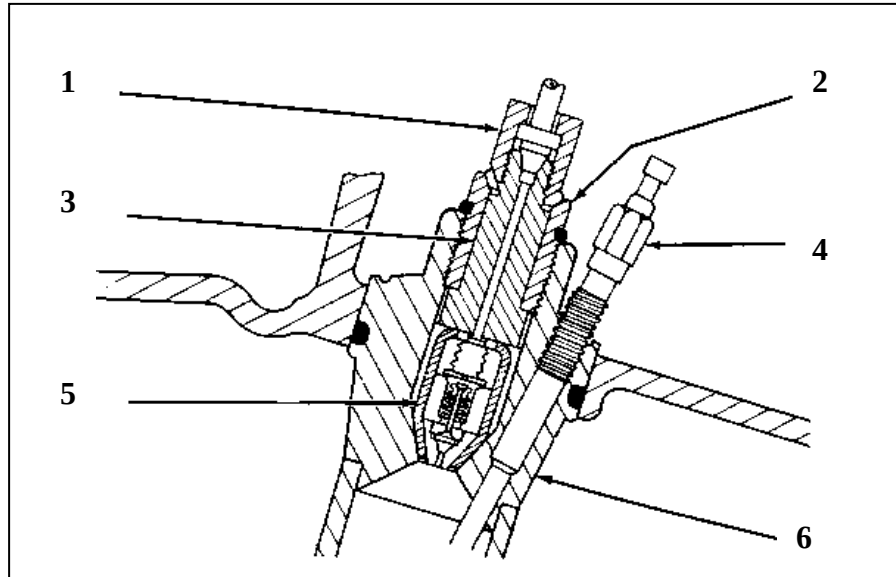


- 1- Múltiple de combustible
- 2- Lumbrera de entrada
- 3- Válvula de cheque
- 4- Segmento dentado
- 5- Émbolo
- 6- Resorte
- 7- Cremallera de combustible
- 8- Botador
- 9- Árbol de levas

Los émbolos y los botadores son movidos por los camones del árbol de levas y siempre recorren la carrera completa.

La cantidad de combustible bombeado es variado girando el émbolo en el cuerpo cilíndrico. La acción del regulador mueve la cremallera la cual gira el segmento dentado en la parte inferior del émbolo.

El inyector o boquilla recibe el combustible a presión de la bomba inyectora a través de la tubería de alta presión. La alta presión ingresa al inyector, la válvula de cheque dentro del inyector se abre y permite que el combustible ingrese a la cámara de precombustión.



- 1- Tubería de combustible
- 2- Tuerca
- 3- Cuerpo del inyector
- 4- Bujía incandescente
- 5- Tobera
- 6- Cámara de precombustión

3. Sistema de inyección con medición por manguito

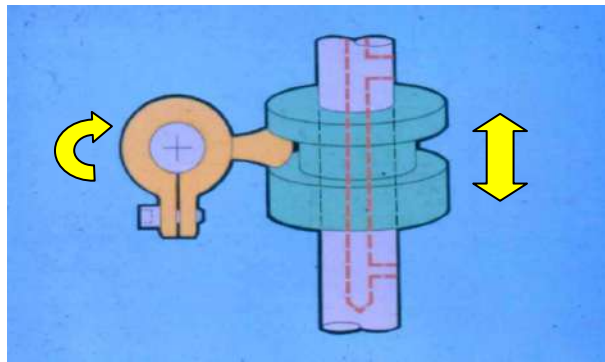
Este tipo de sistema de inyección se presenta de dos maneras, en línea y en V. Los elementos bombeantes no poseen hélice, sino que tienen un canal interior y lumbreras de entrada y salida de combustible.



La lumbrera inferior es controlada por el movimiento de un manguito que se desplaza sobre el elemento bombeante, mientras que la superior se abre y cierra por el movimiento del elemento dentro de la camisa.

No se acciona por cremallera, la sincronización se realiza por medio de horquillas dispuestas sobre una barra móvil que permite el desplazamiento de los manguitos. Cuanto más alta la posición de la manga en el émbolo de la bomba, mayor será la cantidad de combustible inyectado en cada carrera.

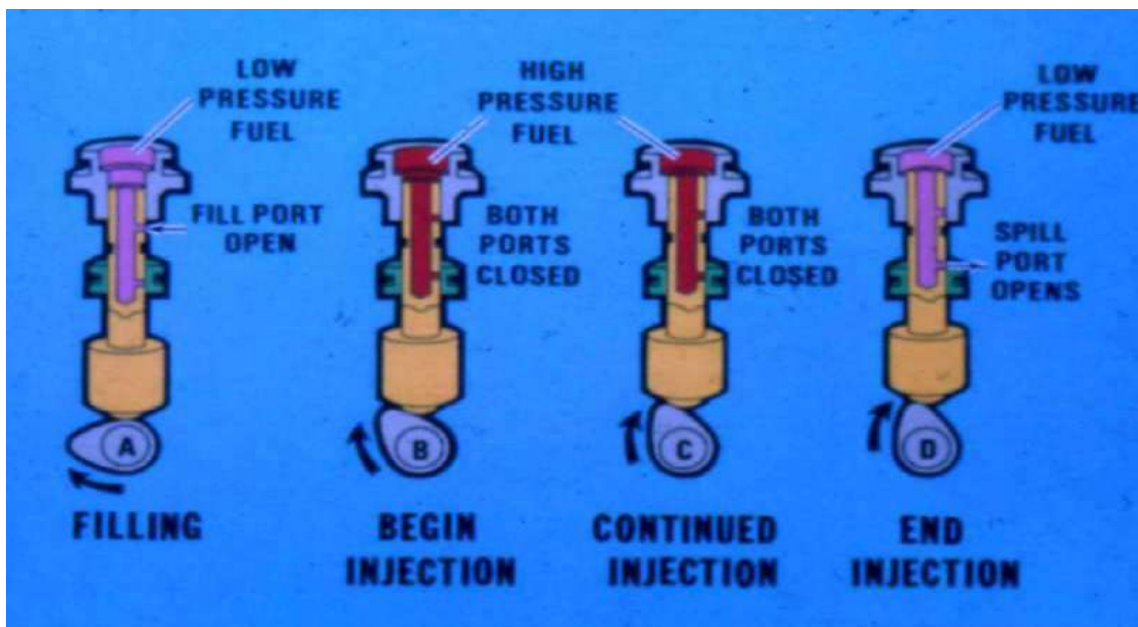
A continuación veremos como trabaja este tipo de sistema de inyección:



Como dijimos anteriormente, en este sistema se cambia la cantidad de combustible inyectado al cilindro cambiando la posición del manguito en el émbolo de la bomba. La Palanca de la figura está en contacto con el manguito y lo hace moverse. La rotación del eje de control de combustible hace que se mueva la palanca.

En la ilustración se aprecia también la lumbrera de entrada (superior) y la lumbrera de salida (inferior).

Cuando el motor está funcionando, la caja de la bomba de inyección se llena con combustible.



En la posición de llenado (posición A), la lumbrera de llenado está abierta y permite que el combustible a baja presión ingrese desde la caja de la bomba.

Cuando la leva mueve al émbolo hacia arriba en el interior del cuerpo cilíndrico, la lumbrera de llenado se cierra. Esta es la posición de comienzo de inyección (posición B)

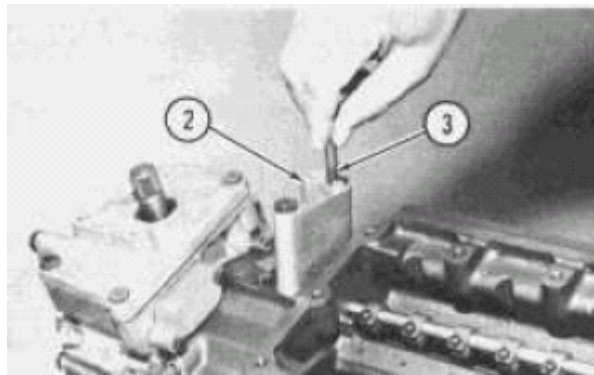
Ahora bien, la presión comienza a aumentar (posición C). Cuando la presión es lo suficientemente alta para abrir la válvula de la boquilla, el combustible es inyectado al interior del cilindro.

La leva levanta aún mas el embolo, por lo cual se abre la lumbrera de vaciado debido a que el manguito la descubre, disminuyendo la presión lo que trae aparejado el fin de la inyección (posición D).

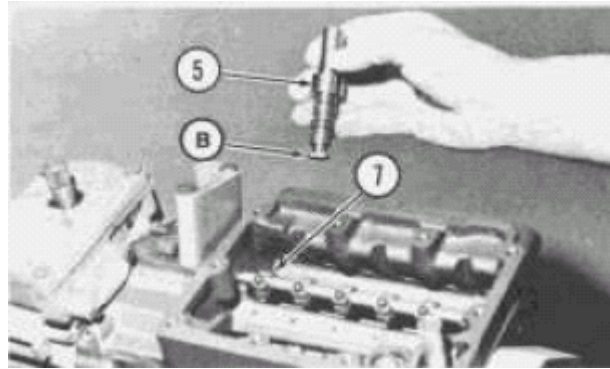
a) Calibración de la bomba a manguitos

- Bomba en línea

- 1- Para calibrar la bomba en línea, remueva la tapa del eje de parada del grupo de control. Después mueva la palanca de control del regulador a la posición de carga plena.
- 2- Instale el pasador de calibración. La caja de la bomba de inyección en línea utiliza un pasador de calibración que tiene marcada una dimensión de 17,373 mm en el diámetro grande.

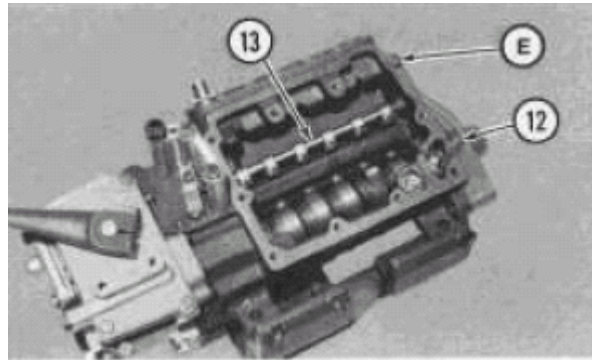


- 3- Instale el adaptador 5P-4226. Instale y apriete el tornillo inferior de sujeción a 20- 25 lb/pulg².
- 4- Afloje el buje de la bomba con la llave especial. Después levante y saque el conjunto del émbolo.

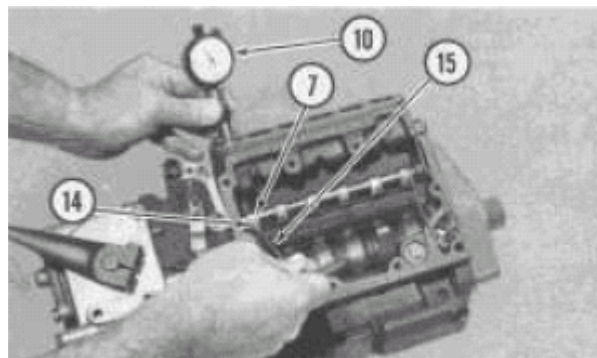


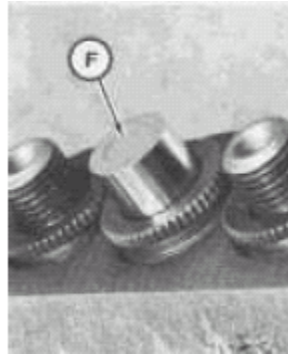
NOTA: La llave 8S-2243 está incluida en la 5P-4203 (Grupo de Herramientas 3P-1550)

- 5- Sujete la grampa 5P-6562 al eje de control de combustible en el extremo alejado del conjunto de la palanca acodada del regulador. Esta grampa de resorte mantiene al eje de control de combustible contra el fondo del agujero en el cuerpo de la caja.



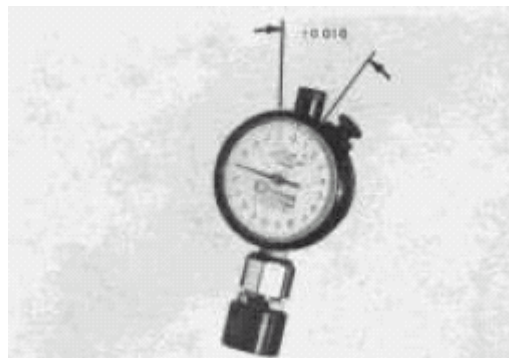
- 6- Instale el conjunto de la bomba de calibración 3P-1540 en un alojamiento de la bomba. Cuando instale la bomba de calibración, el área plana sobre el extremo de la bomba debe estar hacia el eje de control de combustible. Oprima el émbolo y gírela bomba de calibración 180 grados. Asegúrese de que el extremo de la palanca del manguito esté en la estría al extremo de la bomba.
Utilice el buje de la bomba 4N-0218 para sujetarla. Apriete el buje a 95 ± 7 N.m (70 ± 5 lb/ ft)





- 7- Ensamble el conjunto de la base 3P-2226 al indicador o comparador 3P-1568. Utilice un micrómetro para poner a cero el indicador cuando el extremo del pasador de contacto esté a ras del fondo de la base.
Coloque el conjunto del indicador sobre el conjunto de la bomba 3P-1540.

- 8- Afloje el bulón tipo “allen” sujetando la palanca de control del manguito en el eje de control de combustible.
Sujete el conjunto del indicador para que halla contacto completo entre la base del mandril y la parte superior de la bomba. Gire la palanca del eje de control de combustible hasta que la lectura del indicador sea cero. Apriete el bulón allen y revise la lectura del indicador, esta debe ser de $0 \pm 0,010$ milímetros.



- 9- Quite la bomba de calibración e instale una bomba estándar. Instale el manguito de manera que el extremo que tenga la brida más delgada quede hacia el resorte.
- 10- Calibre todas las bombas de la misma forma. El ajuste debe ser realizado con el émbolo ligeramente encima del cilindro. Cuando el perno de la palanca esté apretado, el émbolo bajará hasta estar dentro de las especificaciones.

PRECAUCIÓN: si después del ajuste el émbolo de la bomba sobresale de la parte superior del cilindro, realizar nuevamente el procedimiento.

- Bomba en V

- **Ajuste de la palanca transversal del motor**

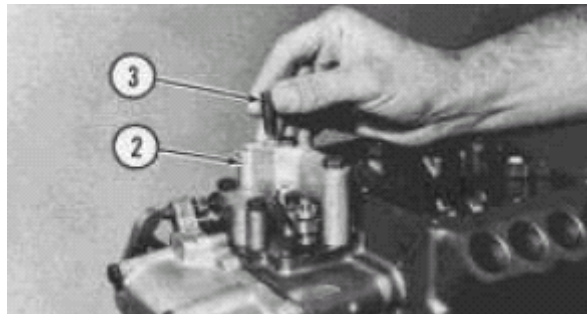
Este es un arreglo de la unidad del sistema de combustible con medición por manguito de tipo en V, que se utiliza en el motor 3208. Su diseño y construcción son similares a los de motor en línea excepto por los dos bancos de tipo V de las bombas y por la palanca transversal que las conecta.

La calibración se realiza de la misma forma que se hace en la bomba en línea.

Veamos ahora como se ajusta la palanca transversal.

NOTA: se debe realizar un ajuste de la palanca transversal cuando:

- **El motor está arrojando demasiado humo**
 - **No se puede lograr el pare automático total del combustible.**
 - **El motor funciona ásperamente**
 - **Cuando se reacondiciona la caja de la bomba**
- 1- Quite la tapa de la bomba de inyección y la tapa del grupo de control de par. Instale el pasador de 15,9410 milímetros de dimensión (la dimensión está en el diámetro grande del pasador).
 - 2- Instale el adaptador 4P-4226 y apriételo con los bulones que se proporcionan. Instale el tornillo inferior de sujeción y apriételo de 20 a 25 lb/ pulg.².



- 3- Quite con la llave todas las bombas de inyección de combustible.
- 4- Coloque la palanca del resorte sobre el eje de control de combustible bajo tensión girando el tornillo hacia fuera 3/8 de pulgada (9,5 milímetros).
- 5- Afloje el bulón de la palanca del tercer manguito desde adelante en cada lado y deslice las palancas hacia fuera para dejar espacio para colocar el calibrador sobre los ejes.
- 6- Coloque el calibrador sobre los ejes de control de combustible y muévalo para que la espiga encaje en el agujero.
- 7- Si se debe levantar el calibrador se permite un movimiento máximo de 0,008 pulgadas (0,203 milímetros) debajo de un lado del calibrador contra el eje del manguito. Utilice una sonda para revisar esta distancia.



- 8- Si se requiere un ajuste, afloje el bulón allen sujetando la palanca transversal.
- 9- Coloque el calibrador en la espiga y sujételo contra los ejes de control de los manguitos. Apriete el bulón transversal a 24 lb/ pulg² (2,8 N.m).

- **Calibración de la bomba**

Siempre que se ajuste la palanca transversal, las bombas deben recalibrarse.

- 1- Coloque la grampa 5P-6562, como se muestra, sobre el eje de control de combustible en el extremo alejado del conjunto de la palanca acodada del regulador.

NOTA: cuando se están calibrando las bombas de inyección en el lado esclavo se deben utilizar dos grampas 5P-6562, una en cada extremo del eje de control de combustible.

- 2- Instale el conjunto de la bomba de calibración 3P-1540 en el cilindro de la bomba. Cuando se esté instalando la bomba de calibración, el área plana del extremo de la bomba debe estar hacia el eje de control de combustible. Oprima el émbolo y gire la bomba de calibración 180 grados. Asegúrese que el extremo de la palanca de la manga esté en la estría al extremo de la bomba. Utilice el buje 4N-0218 para sujetar la bomba. Apriete el buje a 95 ± 7 N.m (70 ± 5 lb.ft).

NOTA: La bomba de calibración debe tener instalado el resorte 5P-6557. Las bombas de calibración anteriores tenían un resorte diferente.

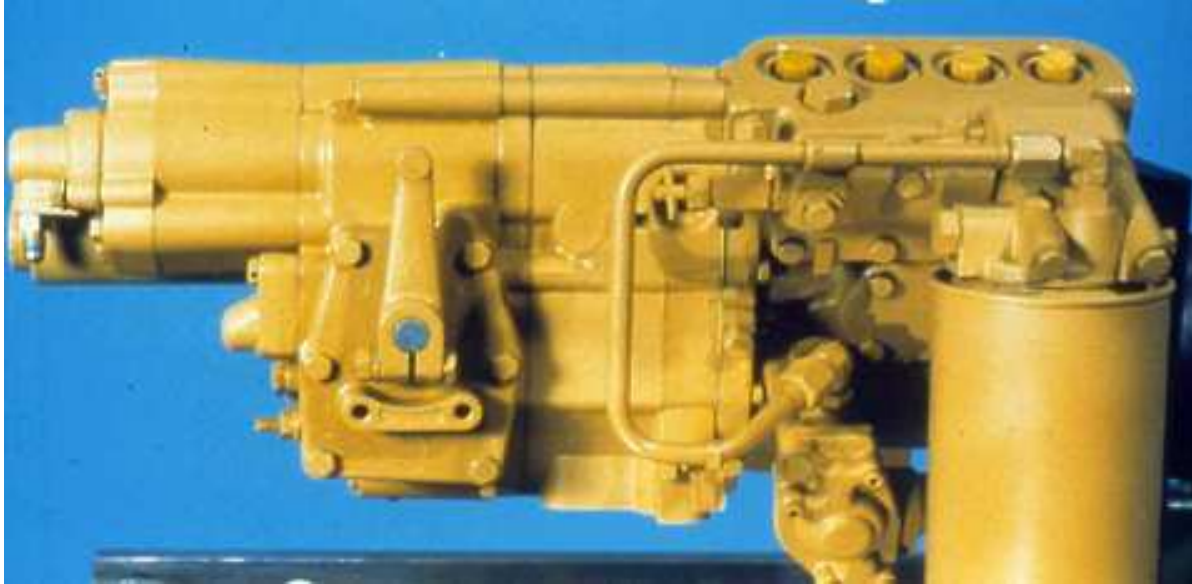
- 3- Ensamble el conjunto de la base del indicador 3P-1568. Utilice un micrómetro para poner a cero el indicador cuando el extremo del pasador de contacto roce con el fondo de la base. Coloque el conjunto del indicador en el conjunto de la bomba 3P-1540.
- 4- Afloje el bulón allen sujetando la palanca sobre el eje de control de combustible. Sujete el conjunto del indicador para que haga contacto completo entre la base del mandril y la parte superior de la bomba. Gire la palanca sobre el eje de control de combustible hasta que la lectura del indicador sea cero. Apriete el bulón allen y revise la lectura en el indicador. La lectura debe ser $0 \pm 0,010$ milímetros.
- 5- Quite la bomba de calibración e instale una bomba estándar. Instale el manguito de forma que el extremo que tenga la brida más delgada quede hacia el resorte. Repita este procedimiento de calibración para el resto de las unidades bombeantes.

NOTA: normalmente para obtener una lectura exacta al final del ajuste, se debe hacer un ajuste del émbolo, colocándolo suavemente en el cilindro. Cuando el bulón de la palanca está apretado, el émbolo bajará hasta estar dentro de las especificaciones.

PRECAUCIÓN: si el émbolo de la bomba sobresale de la parte superior del cilindro de la bomba después del ajuste, comience el procedimiento de nuevo.

4. Sistema de inyección New Scroll

Este tipo de bombas utiliza elementos bombeantes con hélice, montados en el interior del cuerpo y accionados por cremallera. La sincronización se realiza mediante arandelas intercambiables, pero de una sola medida para cada bomba, además se las utiliza para el sellado de las áreas de combustible y aceite.

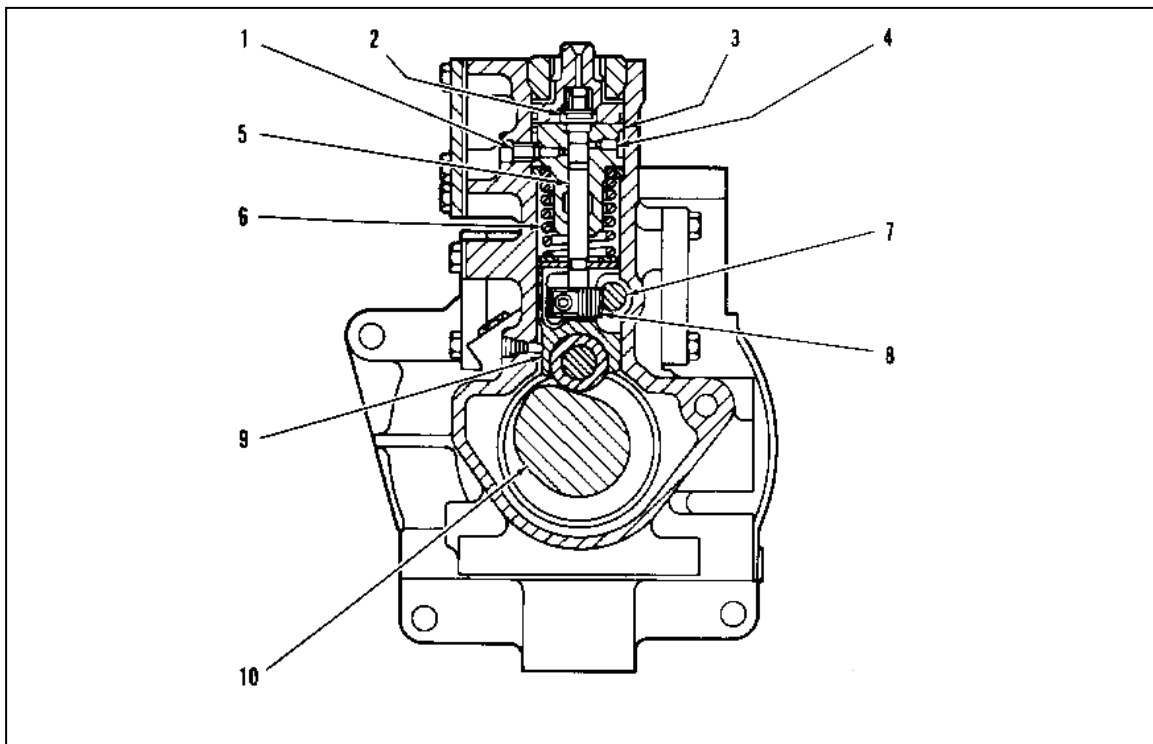


Las características principales de este tipo de sistema son las siguientes:

- Economía de combustible
- Bajas emisiones
- Menor radiación de calor

La bomba inyectora incrementa la presión del combustible y envía la cantidad exacta de combustible hacia el inyector. Dicha bomba cuenta con una unidad bombeante para cada cilindro del motor.

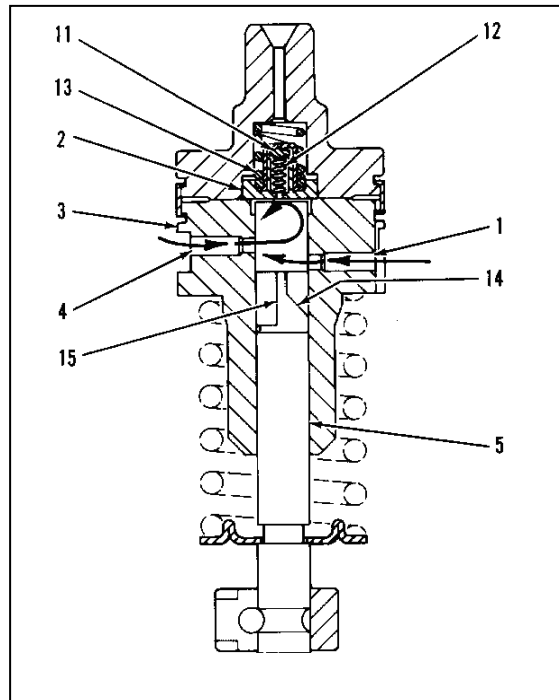
A continuación veremos el corte de una bomba para identificar sus componentes:



- 1- Lumbrera de llenado
- 2- Válvula de chequeo
- 3- Cuerpo cilíndrico
- 4- Lumbrera by pass
- 5- Émbolo
- 6- Resorte
- 7- Cremallera
- 8- Sector dentado
- 9- Botador
- 10- Leva

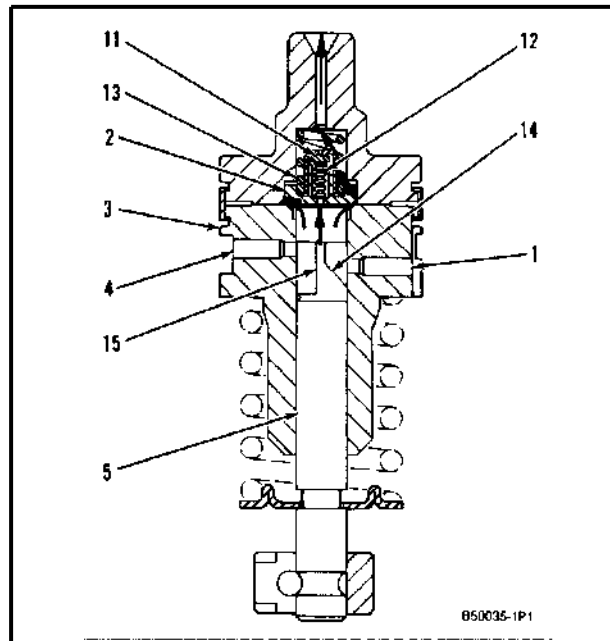
El elemento bombeante es movido por el camón del árbol de levas de la bomba inyectora. Cuando el árbol de levas gira el camón levanta el botador (9) y el émbolo (5). El émbolo siempre recorre la carrera completa dentro del cuerpo cilíndrico. Una vez que el camón deja de actuar sobre el botador, el resorte (6) regresa el émbolo y el botador hacia la parte inferior del cilindro.

Veamos detalladamente como funciona la unidad inyectora:



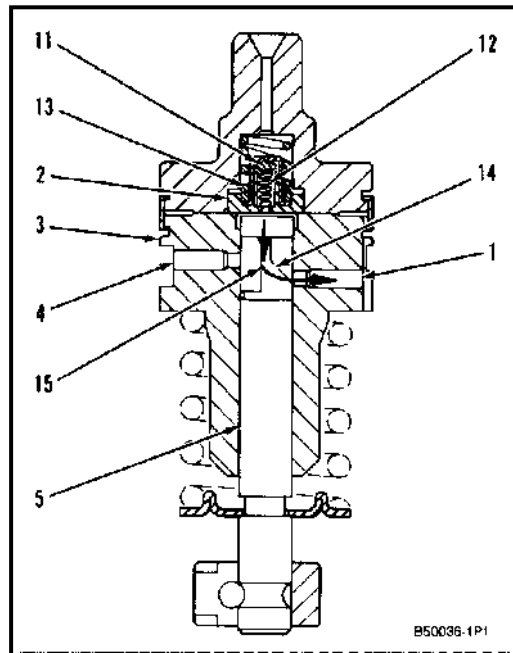
- 1- Lumbrera
- 2- Válvula de chequeo
- 3- Cuerpo cilíndrico
- 4- Lumbrera de by pass
- 5- Émbolo
- 11- Válvula de chequeo de flujo inverso
- 12- Resorte
- 13- Resorte
- 14- Hélice
- 15- Flanco

Cuando el émbolo está en la parte inferior del cuerpo cilíndrico, el combustible fluye desde la bomba de transferencia hacia la lumbrera (1) y la lumbrera de by pass (4). El combustible llena el área del cilindro (3) por encima del émbolo (5).



- 1- Lumbrera
- 2- Válvula de chequeo
- 3- Cuerpo cilíndrico
- 4- Lumbrera de by pass
- 5- Émbolo
- 11- Válvula de chequeo de flujo inverso
- 12- Resorte
- 13- Resorte
- 14- Hélice
- 15- Flanco

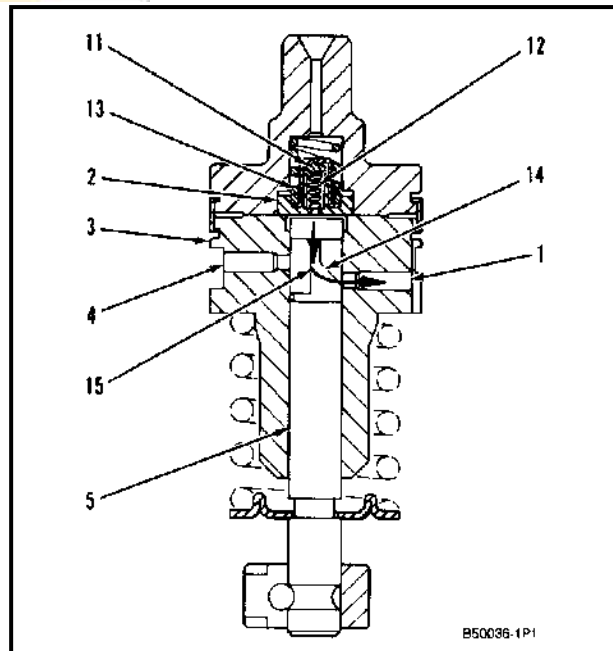
Luego que el émbolo comienza a subir, el combustible es forzado a salir por la lumbrera by pass (4) hasta que la parte superior del émbolo cierra dicha lumbrera. Como el émbolo sigue subiendo, la presión del combustible se incrementa aproximadamente 690 Kpa. (100 Psi), por lo cual la válvula de chequeo (2) se abre y permite que el flujo de combustible ingrese en la tubería de inyección y se dirija al inyector o boquilla.



- 1- Lumbrera
- 2- Válvula de chequeo
- 3- Cuerpo cilíndrico
- 4- Lumbrera de by pass
- 5- Émbolo
- 11- Válvula de chequeo de flujo inverso
- 12- Resorte
- 13- Resorte
- 14- Hélice
- 15- Flanco

Como el émbolo continua subiendo, la hélice (14) descubre la lumbrera (1). El combustible que está por encima del émbolo fluye a través del flanco (15), a lo largo del borde de la hélice (14) y sale por la lumbrera (1) volviendo al múltiple de combustible.

Este es el final de la carrera de inyección, el émbolo puede seguir subiendo, pero no se envía mas combustible al inyector.



Cuando la lumbrera (1) es descubierta por el émbolo (5) el inyector de combustible se cierra y el resorte (13) cierra la válvula de chequeo (2) cuando la presión por encima del émbolo cae aproximadamente por debajo de 690 Kpa (100 psi). En este momento la válvula de chequeo de flujo inverso (11) se abre.

Dicha válvula se cierra cuando la presión en la línea de inyección es de 6900 Kpa. (1000 psi.). Esta condición mantiene el combustible en la línea de inyección y por encima de la válvula de flujo inverso a una presión de 6900 Kpa. (1000 psi.).

NOTA: la válvula de flujo inverso (11) actúa deteniendo cualquier inyección secundaria de combustible entre las etapas de inyección.

Esta válvula es solo efectiva por debajo de 8250 Kpa (1200 psi) no siendo efectiva sobre esta presión.

Cuando el motor es detenido, la presión es liberada gradualmente a través de un pequeño canal en la cara inferior de la válvula de flujo inverso.

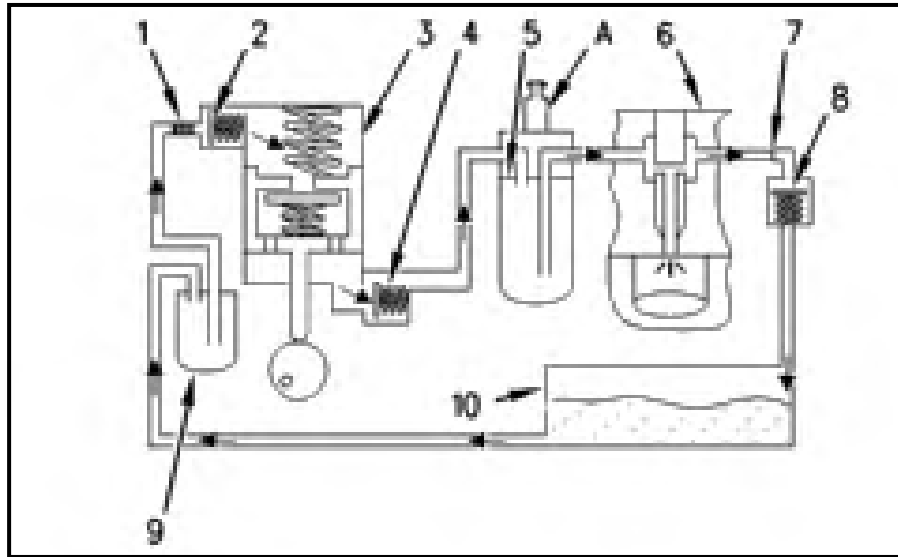
Cuando el émbolo vuelve a descender y descubre la lumbrera de by pass (4), el combustible comienza a llenar el área por encima del émbolo nuevamente y la bomba está lista para otra carrera de inyección.

La cantidad de combustible enviada desde la bomba inyectora hacia el inyector puede ser modificada rotando el émbolo, lo cual se realiza con el sector dentado (8) el cual encastra con la cremallera de combustible (7). El regulador mueve la cremallera girando los émbolos, la hélice (14) cambia la distancia entre la parte superior del émbolo y el punto donde la hélice descubre la lumbrera (1). En este caso se inyecta mayor cantidad de combustible.

Al detener el motor, el émbolo es rotado de manera que el flanco (15) de la hélice quede en línea con la lumbrera (1). En este caso el combustible saldrá por la lumbrera (1) y no se dirigirá hacia el inyector.

MÓDULO III: Sistemas de inyección Unitaria

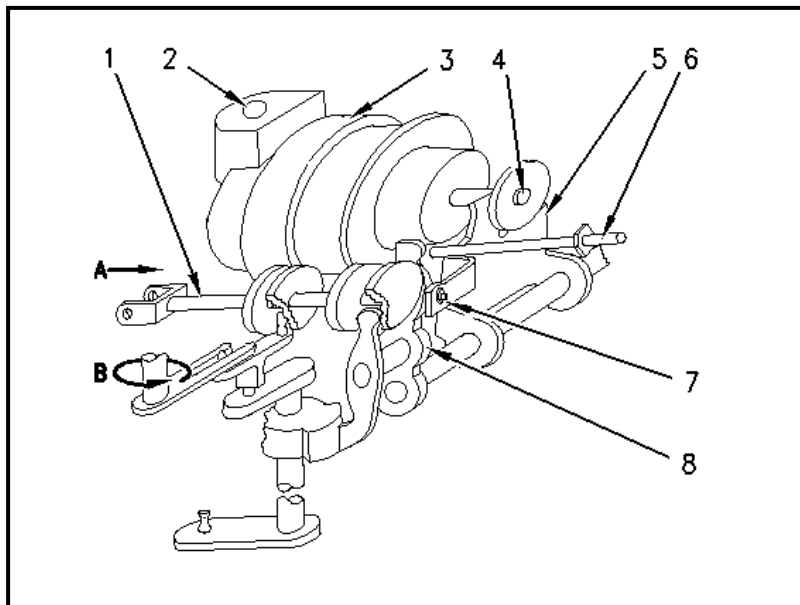
1. Sistema MUI (Unidad de Inyección Mecánica)



La bomba de transferencia de combustible (3) extrae combustible del tanque de combustible (10) a través de una rejilla en línea (1). La bomba de transferencia de combustible es integral con el regulador. El combustible se envía desde la bomba de transferencia de combustible a través del filtro de combustible (5) a un conducto taladrado en la culata (6). El conducto taladrado en la culata cruza un conducto que pasa alrededor de cada inyector unitario para proporcionar un flujo continuo de combustible a todos los inyectores. El combustible que no se ha usado sale de la culata y pasa a través del orificio regulador de presión (7) y la válvula de retención (8) antes de regresar al tanque de combustible (10). El orificio regulador de presión (7) está ubicado en el conjunto de tubo de retorno de combustible. Este orificio regulador de presión asegura la presión adecuada en la galería de combustible para el flujo de combustible a baja en vacío. La válvula de retención (8) evita que el combustible salga del conducto de combustible de la culata cuando el motor está parado.

Cuando hay aire en el lado de admisión del sistema de combustible, se puede usar la bomba de cebado de combustible (A) (si tiene) para llenar el filtro de combustible y el conducto de combustible que está en la culata. Se realiza esto antes de que arranque el motor. Cuando se usa la bomba de cebado, las válvulas de retención que están ubicadas en la bomba de cebado de combustible controlan el movimiento del combustible. El combustible se fuerza a través del lado de baja presión del sistema de combustible. Esto elimina el aire de las tuberías de combustible y de los componentes de vuelta al tanque de combustible.

El regulador transfiere los requisitos del operador al varillaje de control de la cremallera de los inyectores de combustible. El regulador recibe la velocidad deseada del motor a partir de la posición del acelerador. El eje de salida del regulador se mueve inmediatamente cuando se mueve el acelerador. El movimiento del eje de salida del regulador causa que el varillaje de control de la cremallera de los inyectores de combustible gire. Esto moverá las cremalleras de los inyectores de combustible. El cambio de la posición de la cremallera de los inyectores de combustible causará un cambio en la velocidad del motor. A medida que la velocidad del motor cambia, el regulador ajustará la cantidad de combustible que se entrega. Esto causará que el motor se estabilice en la velocidad (rpm) que corresponde a la posición de acelerador.



- (A) Salida de COMBUSTIBLE CONECTADO
(B) Entrada de COMBUSTIBLE CONECTADO desde el operador

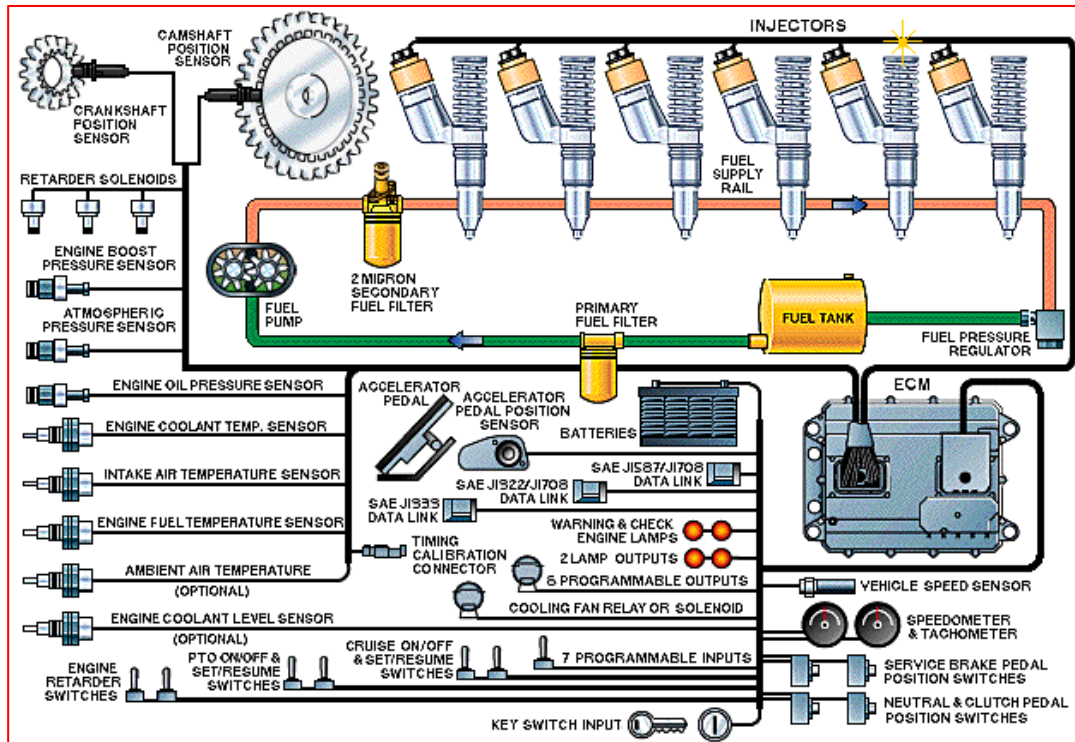
- (1) Eje de salida del regulador
- (2) Orificio de entrada
- (3) Control de la relación de combustible (FRC)
- (4) Eje retén
- (5) Palanca de Control de la relación de combustible (FRC)
- (6) Tornillo de ajuste de la palanca de límite
- (7) Tornillo de ajuste de la palanca del control de la relación de combustible
- (8) Palanca de límite

Notas del Estudiante.

Estudiante.....

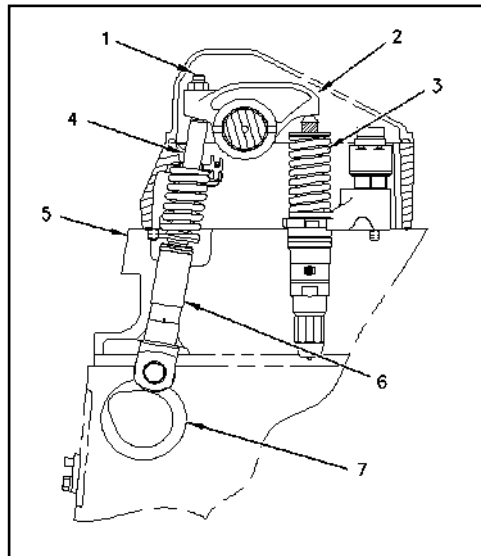
2. Sistema EUI / MEUI

Con la implementación del sistema MEUI, Caterpillar realiza sustanciales modificaciones en los sistemas de inyección de combustible. En síntesis la unidad de inyección mecánica evoluciona hasta convertirse en una unidad de inyección electromecánica, donde la diferencia más significativa es el reemplazo de la cremallera por un solenoide controlado por el ECM.



El combustible proveniente del tanque es enviado por la bomba de transferencia hacia los inyectores unitarios pasando por: el ECM (para refrigeración), filtros de combustible y galería de suministro en las culatas de cilindros. Los inyectores toman el combustible proveniente de la galería de suministro y lo inyectan dentro del cilindro. El excedente de combustible es enviado de retorno al tanque, un regulador de presión se encarga de mantener la presión en el sistema de combustible.

NOTA: Si el sistema de combustible requiere levantar la presión con la bombita manual, puede ser necesario bloquear la línea de retorno



- (1) Tuerca de ajuste (2) Conjunto de balancín (3) Inyector unitario (4) Varilla de empuje (5) Cabeza de cilindro (6) Levanta válvulas (7) Árbol de levas

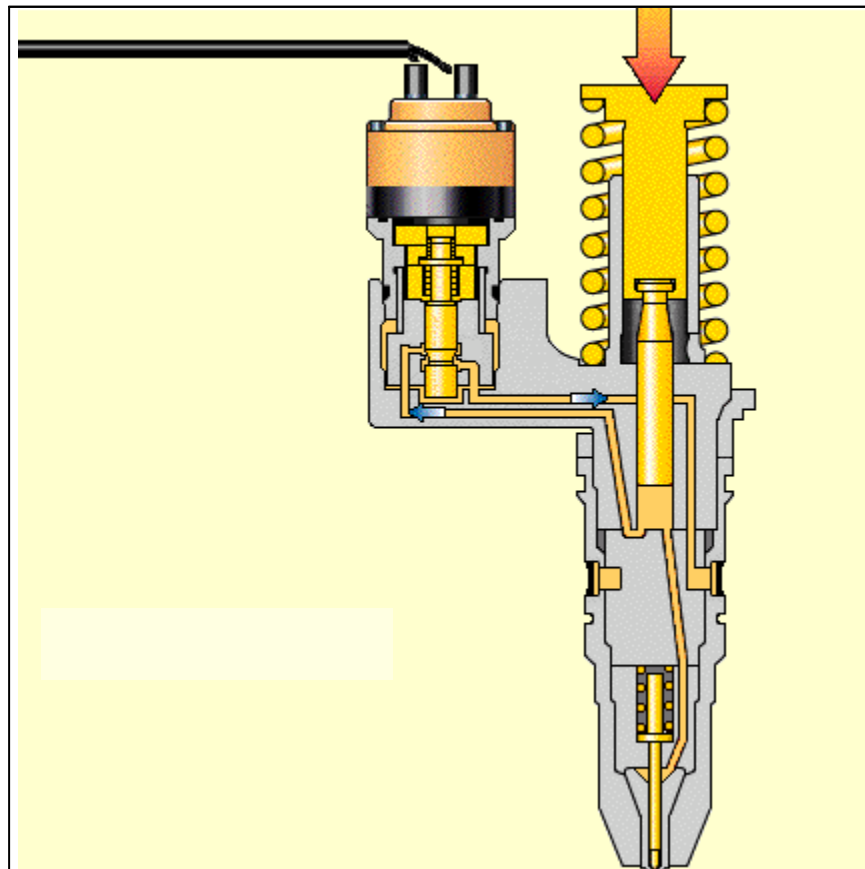
El mecanismo de los inyectores de combustible (3) proporciona la fuerza descendente necesaria para someter a presión el combustible en la unidad inyectora. Este mecanismo permite inyectar el combustible en la cámara de combustión.

La fuerza se transmite desde el lóbulo al inyector de combustible en el árbol de levas (7). La fuerza se transmite a través del levanta válvulas (6) a la varilla de empuje (4). La fuerza se transmite de la varilla de empuje (4) a la parte superior de la unidad inyectora a través del balancín (2). El tornillo de ajuste (1) permite ajustar el juego de los inyectores.

a) Operación del Inyector de combustible

1- Pre-inyección

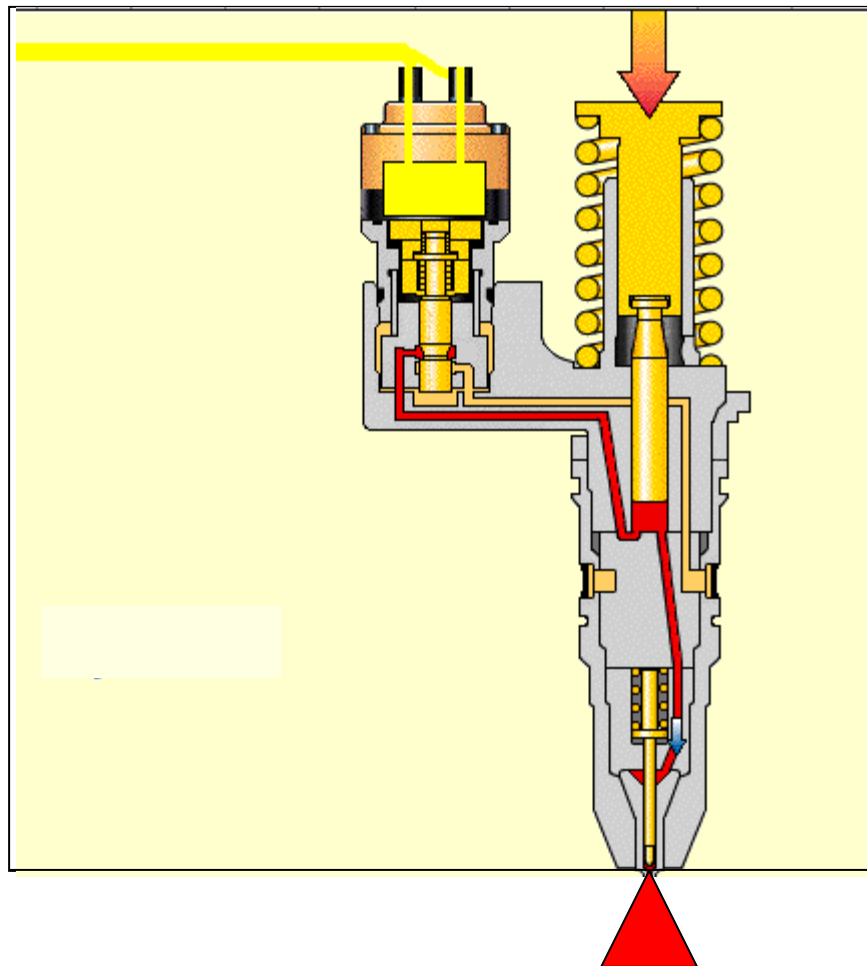
Cuando la carrera del émbolo esté en la parte superior, el combustible circula por los conductos de combustible de baja presión pasando al cuerpo. A continuación, el combustible pasa al conducto central el émbolo y a la cámara de bombeo ubicada debajo del émbolo. El inicio de la inyección de combustible se determina cuando el módulo de control electrónico (ECM) abra o cierre la válvula de cartucho. El módulo de control electrónico (ECM) determina la cantidad de combustible que se inyecta cuando se abra o se cierre la válvula de cartucho.



2- Inyección

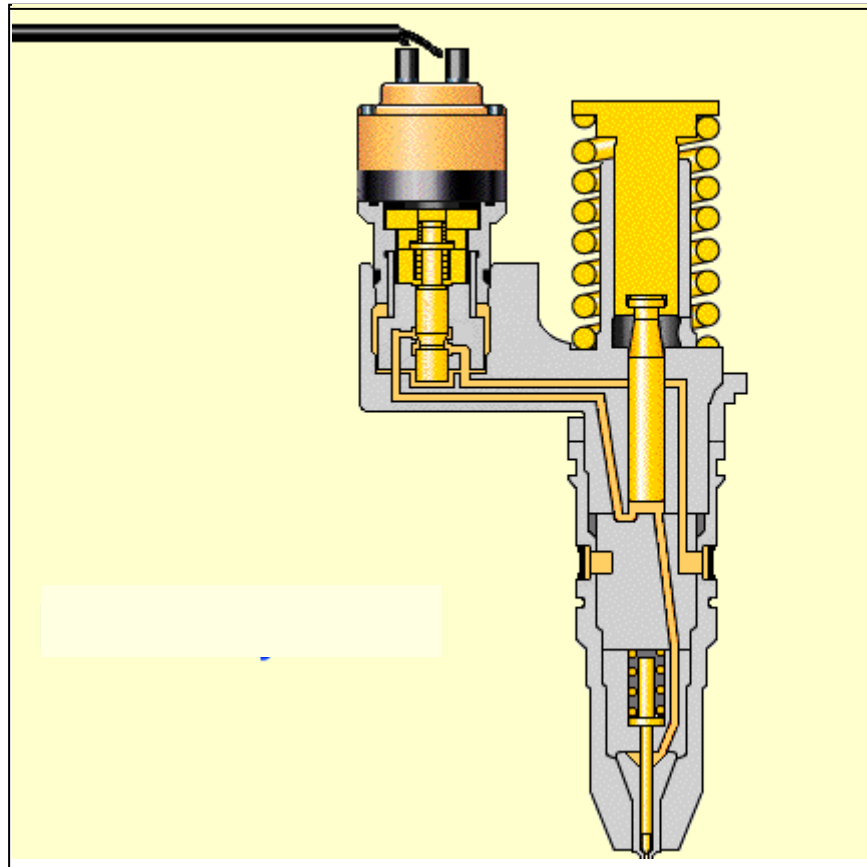
Cuando la carrera del émbolo esté en la parte inferior, el combustible circula por los conductos de combustible de alta presión. El combustible fluye a través de la válvula de cartucho abierta y pasa a los conductos de combustible de baja presión. Cuando la válvula de cartucho está cerrada o activada, se bloquea el paso de combustible por la válvula de cartucho. Esta obstrucción causa una subida en la presión de combustible y empieza la inyección. La inyección continúa hasta que la válvula de cartucho se desactive o se abra.

Durante la carrera de inyección de combustible, el combustible pasa a la cámara de bombeo por una válvula de boquilla. La válvula de boquilla tiene una válvula de aguja accionada por resorte. El combustible circula por el conducto de combustible alrededor de la válvula de aguja pasando a la cámara de la válvula. En la cámara de la válvula, la presión de combustible levanta la válvula de aguja del asiento. El combustible puede circular ahora por los orificios de la punta pasando a la cámara de combustión.



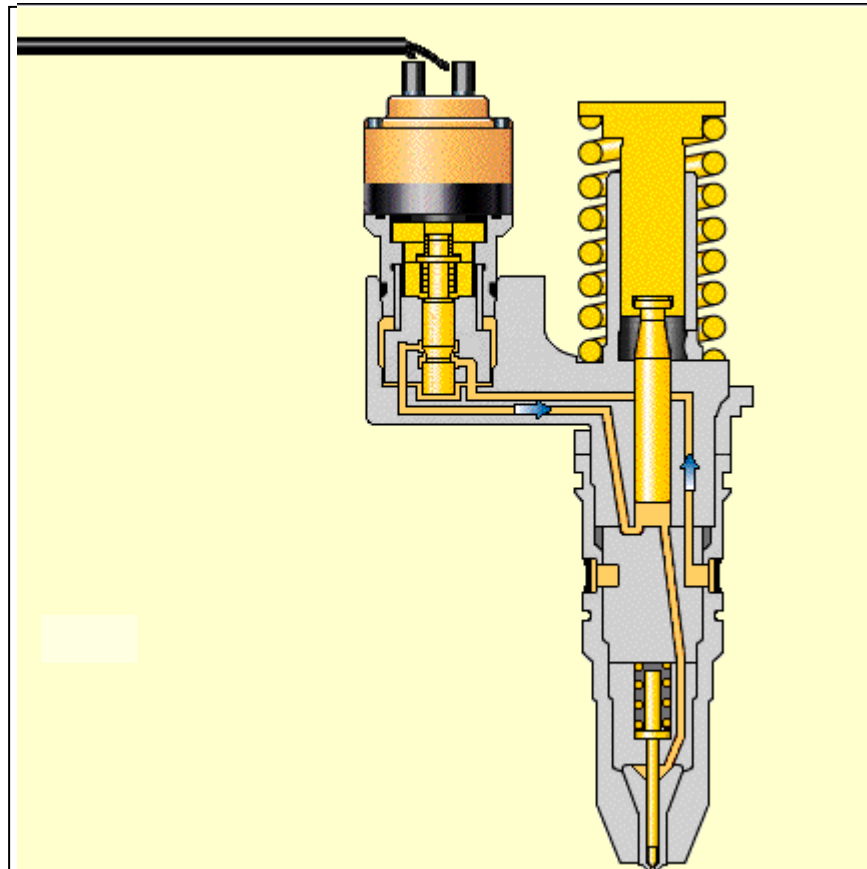
3- Fin de inyección

Se permite que el combustible circule por la válvula de cartucho. Esto causa una caída de presión y se detiene la inyección. El émbolo continúa forzando el paso de combustible a través de la válvula abierta de cartucho hasta que la carrera del émbolo alcance la parte inferior.

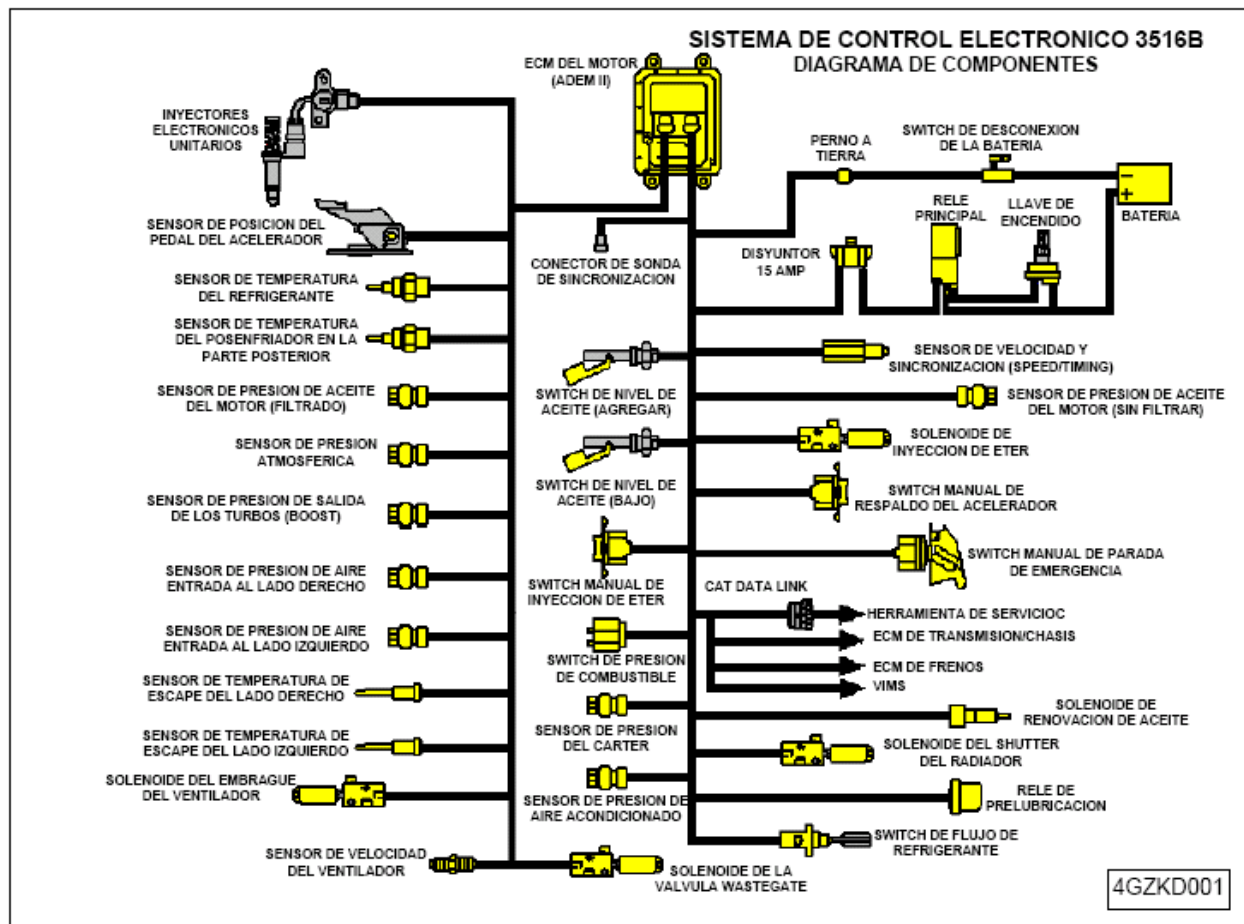


4- Llenado

El resorte del inyector de combustible hace volver el émbolo a la posición de arranque y el ciclo se repite.



b) Componentes del Sistema Electrónico de Control del Motor



Arriba se muestra el diagrama de componentes del sistema electrónico de control de los motores 3500B. El ECM del Motor se denomina ADEM II (Advanced Diesel Engine Management)

El ECM se encarga de la sincronización, gobernar la inyección y limitar la cantidad de combustible.

Muchas señales electrónicas son enviadas al ECM del motor por sensores, interruptores.

El ECM del motor analiza estas señales y determina cuándo y por cuánto tiempo se van a energizar los solenoides de los inyectores. El ECM suministra una señal de 105V DC

El inicio de la inyección y por lo tanto la sincronización está determinada por el inicio de la señal a los solenoides. La duración de la señal proveniente del ECM (y también las RPM) determina la cantidad de combustible suministrado por carrera.

La información sobre velocidad de giro del motor y la cantidad de combustible (que se refiere a la carga) es recibida por el control de sincronización en el ADEM II. Esta información determina el inicio de la inyección.



La información sobre la velocidad de giro del motor, la posición del pedal de aceleración y la presión de refuerzo es recibida por la porción del gobernador electrónico del ADEM II que envía la señal de cantidad de combustible deseado al control de inyección de combustible que controla la cantidad de combustible inyectado. El gobernador electrónico también recibe información del control de aire/ combustible y del control de torque.

Ya que el sistema limita el combustible para cada condición, en el sistema también se producen derrateos por protección. Se entiende por **derrateo** a la disminución intencional de potencia del Motor que realiza el ADEM II controlando la cantidad de combustible a inyectar. Este derrateo se puede producir por:

- Efectos de la altura sobre el nivel del mar
- Restricción en filtros
- Alarmas del motor debido a baja presión de aceite, altas temperaturas de refrigerante y/o del escape o por alta / baja presión de refuerzo.

Todas las mediciones de presión requieren del sensor de presión atmosférica para calcular la presión manométrica. Todos los sensores de presión en el sistema miden presión absoluta.

La lectura de todos los sensores de presión es comparada con la del sensor de Presión Atmosférica durante la calibración de sensores de presión que se ejecuta cada vez que se energiza la máquina.

El sensor de Presión Atmosférica Realiza 4 funciones principales:

- Compensación automática por altura (máximo derrateo de 24%)
- Compensación automática por restricción en filtros (máximo derrateo de 20%)
- Sirve de Patrón para el cálculo de presiones manométricas
- Sirve de Patrón para la calibración de sensores de presión.

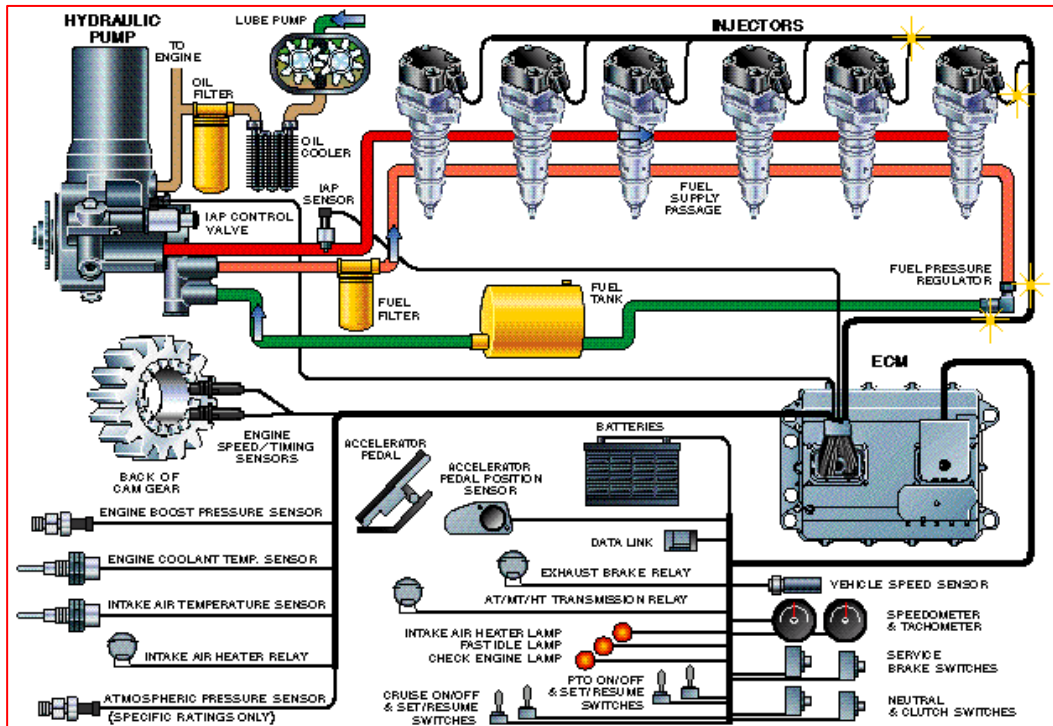
El sensor de Velocidad y Sincronización (Speed/Timing) recibe un suministro especial de 12.5V y cumple 4 funciones:

- Detección de la Velocidad del Motor
- Detección de la Sincronización del Motor
- Identificación del PMS de cada cilindro
- Protección contra rotación inversa

Otro sensor importante es el de Presión de Refuerzo (Boost). Este sensor es utilizado por el ECM para el control electrónico de la relación aire / combustible.

El ADEM II recibe un voltaje de suministro de 24V y a su vez suministra voltajes distintos a los componentes del sistema. El sensor Speed/Timing recibe 12.5V, los inyectores reciben 105V, los sensores análogos reciben 5V, los sensores digitales reciben 8V y el solenoide de control de la válvula de derivación de gases (waste gate) recibe entre 0 y 24V.

3. Sistema HEUI



El sistema de inyección electro hidráulico es la última tecnología utilizada por Caterpillar en sus sistemas de inyección de combustible.

Si bien el sistema MEUI explicado anteriormente es completamente electrónico, donde ya se habían eliminado el conjunto de bomba inyectora, tuberías e inyectores del tipo convencional, Antes el elemento bombeante era accionado mecánicamente, por el camón de levas del motor, varilla de levante y balancín, componentes que en el sistema HEUI, fueron eliminados y reemplazados por un sistema de alta presión de aceite.

Esto se logra por medio de una bomba de pistones axiales con mando de engranaje, de caudal fijo, que en combinación con una electro válvula y un ECM accionan unidades de inyección electro hidráulicas.

Este sistema consta de 6 componentes básicos:

- A- Inyectores
- B- ECM
- C- Bomba hidráulica HEUI
- D- Válvula IAPCV
- E- Bomba de transferencia
- F- Sensor IAP



A - Inyectores HEUI

El sistema de combustible utiliza una unidad inyectora controlada electrónicamente y actuada hidráulicamente. Todos los sistemas de combustible a gasoil poseen un émbolo y camisa para bombear combustible a alta presión dentro de la cámara de combustión. El sistema HEUI, utiliza aceite del motor a alta presión para accionar el émbolo.

El sistema HEUI usa aceite de lubricación presurizado de 6 Mpa (870 psi) a 28 Mpa (4061 psi) para bombear combustible desde el inyector.

El sistema HEUI opera como un cilindro hidráulico de manera de multiplicar la fuerza de la alta presión. Esta multiplicación de presión es realizada por la aplicación de la fuerza de la alta presión de aceite por medio de un pistón. El pistón es más grande que el émbolo, aproximadamente 6 veces. La presión de actuación del aceite genera la presión de inyección que es entregada por la unidad inyectora. La presión de inyección es 6 veces mayor a la presión de actuación del aceite aproximadamente.

B- ECM

El ECM se encuentra en el lado derecho del motor. El ECM es una computadora que provee un control electrónico total del rendimiento del motor. Este utiliza información que es entregada por varios sensores. Por medio de esta información, el ECM realiza ajustes en la entrega de combustible, presión de inyección y sincronización de la misma.

Dentro del ECM, se halla programado un mapa de rendimiento (Software), que define la potencia, curvas de torque y r.p.m.

C- Bomba hidráulica HEUI

La bomba hidráulica utilizada es una bomba a pistones de caudal fijo. Esta utiliza una cantidad de aceite del motor, lo presuriza para utilizarlo como presión de actuación que le entrega a los inyectores HEUI.

D- Válvula IAPCV

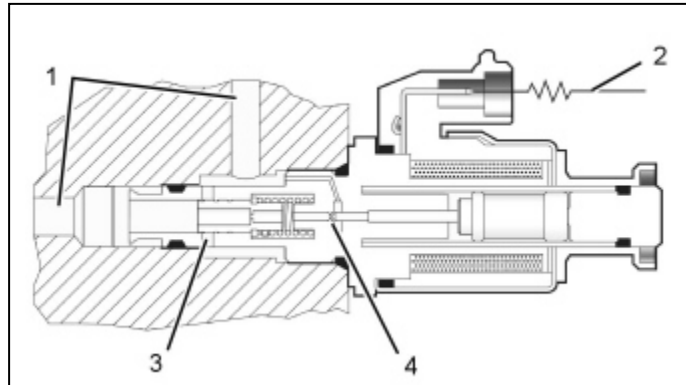
En la mayoría de los casos, la bomba produce exceso de flujo de aceite, la IAPCV descarga el exceso al drenaje de manera de controlar la presión de actuación deseada.

El ECM envía una corriente de control a la IAPCV, haciendo que la presión de actuación actual sea igual a la presión de actuación deseada, grabada en el software del ECM.

La operación de la válvula, la podemos dividir en tres etapas:

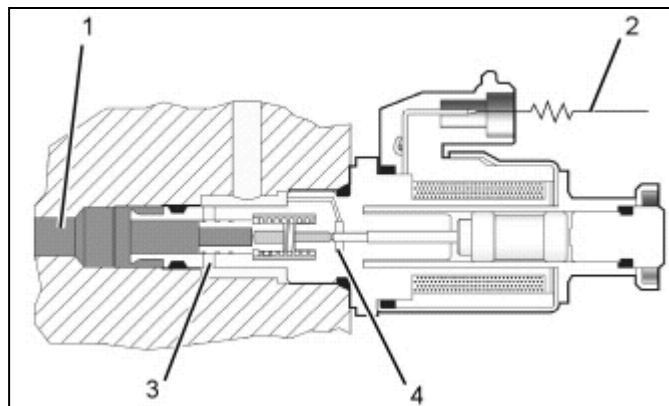
- Motor apagado
- Motor arrancando
- Motor funcionando

- **Operación de la válvula con el motor apagado**



Cuando el motor está apagado, no hay presión de salida de bomba, por lo que tampoco hay corriente en el solenoide de la válvula de control desde el ECM. Es decir, que el resorte actuador mantiene al pistón actuador hacia la izquierda, bloqueando completamente el pasaje a retorno (3).

- **Operación de la válvula con el motor arrancando**



Durante el arranque, la presión de actuación requerida es aproximadamente 6 Mpa (870 psi) para activar la unidad inyectora. Esta baja presión de actuación genera una baja presión de inyección de combustible, alrededor de 35 Mpa (5000 psi) que es utilizada como ayuda para el arranque.

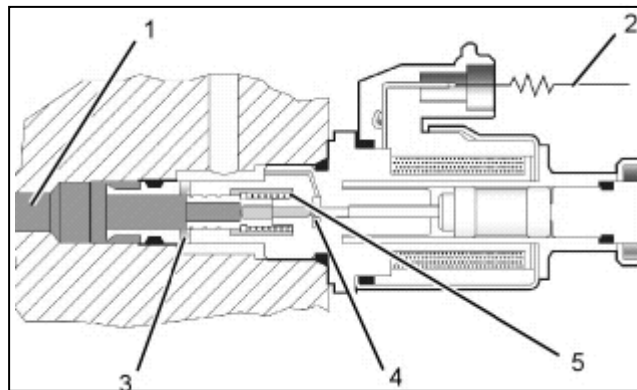
Para que el motor arranque rápidamente, la presión de actuación debe crecer rápidamente. A su vez, la bomba hidráulica de inyección está girando a la velocidad del motor, por lo que el flujo de bomba es muy bajo. El ECM envía una elevada corriente al solenoide de la válvula de control para mantener cerrada la válvula poppet, es decir que todo el flujo de drenaje es bloqueado.

La fuerza hidráulica que actúa a ambos lados del pistón actuador es la misma, por lo que el resorte actuador mantiene al pistón hacia la izquierda, manteniendo un flujo máximo hasta que la presión deseada de 6 Mpa (870 psi) es alcanzada. Ahora el ECM reduce la corriente en el solenoide para reducir la presión de control, la presión de control reducida permite que el pistón actuador se mueva hacia la derecha, reduciendo el flujo de salida para mantenerlo a la presión deseada de 6 Mpa (870 psi).

NOTA: si el motor ya a tomado temperatura, la presión que se requiere para arrancar el motor es mayor a 6 Mpa (870 psi). Es decir que los valores de presión deseada varían con la temperatura del motor.

Una vez que los inyectores están operando, el ECM controla la corriente de la válvula de control, es decir que mantiene la presión a 6 Mpa (870 psi) hasta que el motor arranca. El ECM monitorea la presión actual a través del sensor IAP localizado en el múltiple de aceite de alta presión. El ECM establece la presión de actuación deseada basándose en la información de varios de los sensores y envía una corriente determinada al solenoide de la válvula de control. También el ECM compara la presión actual y la deseada y ajusta los niveles de corriente de manera de igualar ambas presiones.

- **Operación de la válvula con el motor funcionando**



Una vez que el motor arrancó, el ECM controla la corriente de la válvula de control para mantener la presión deseada. El sensor IAP monitorea la presión actual, mientras que el ECM compara la presión actual y la deseada 67 veces por segundo y ajusta los niveles de corriente cuando las presiones no son iguales.

E- Bomba de transferencia

La bomba de transferencia se halla montada en la parte trasera de la bomba hidráulica y es la única parte que puede darse servicio.

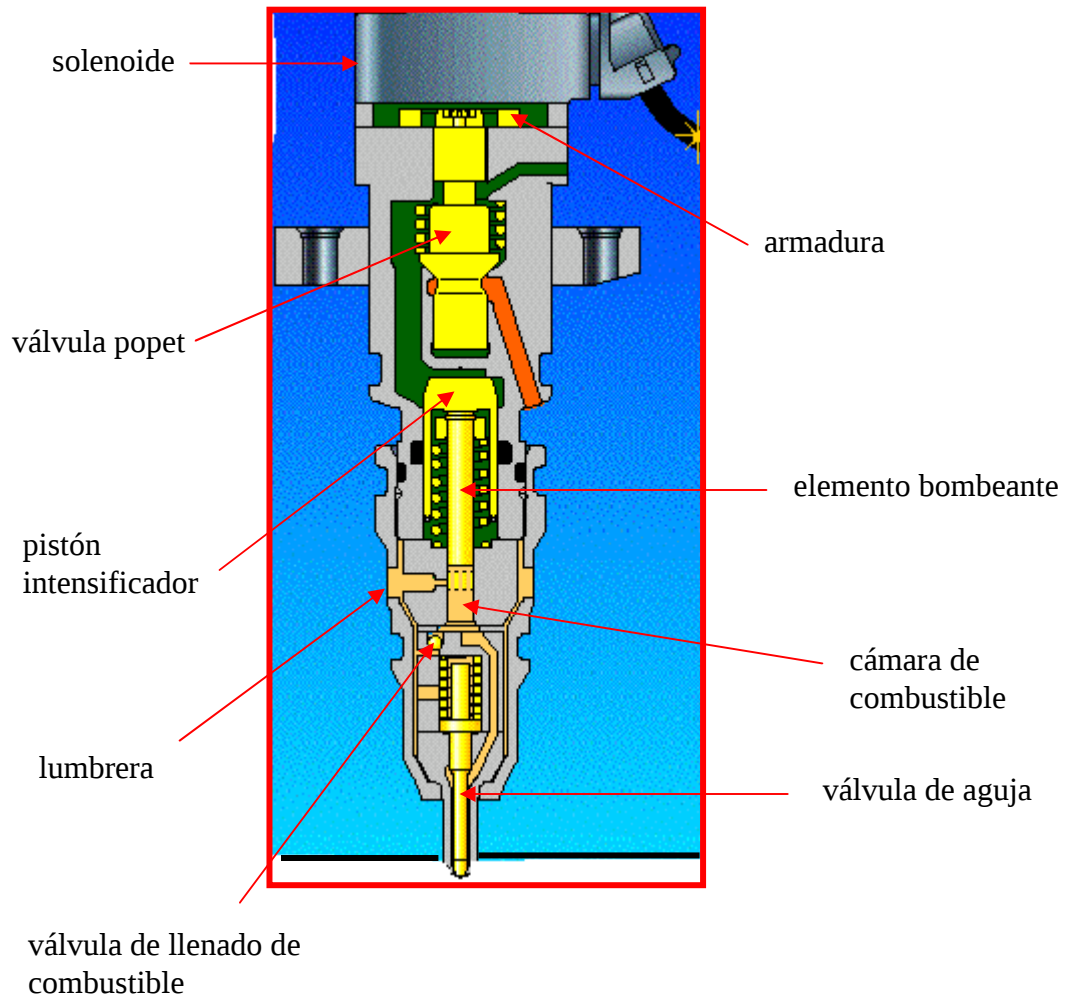
La bomba de transferencia envía combustible desde el tanque a la bomba hidráulica, también, presuriza el sistema a 450 Kpa (65 psi). Dicha bomba posee una válvula de alivio interna para proteger el sistema. El combustible presurizado es entregado a los inyectores.

F- Sensor IAP

El sensor IAP monitorea la presión de actuación de la inyección, este envía una señal de voltaje continuo al ECM. El ECM interpreta la señal y corrige la presión de actuación ajustando la corriente que llega a los solenoides del inyector.

a) Unidad de inyección HEUI

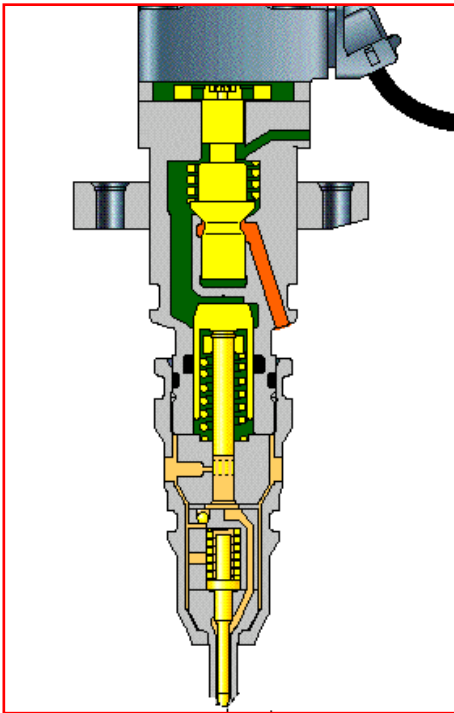
Principales componentes



La operación del inyector la podemos dividir en cinco etapas:

- Pre inyección
- Inyección piloto
- Espera
- Inyección principal
- Fin de inyección

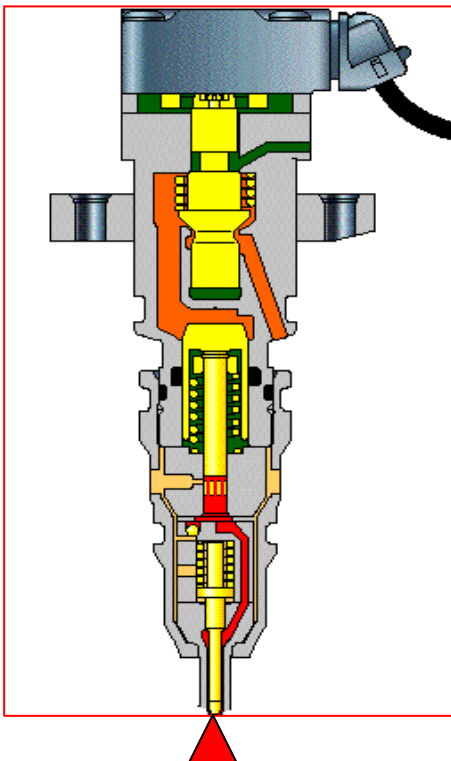
Pre inyección



Funcionamiento Pre inyección

- A - La válvula solenoide no esta activada.
- B - El aceite procedente de la línea de alta presión, no actúa sobre el pistón intensificador, manteniéndose inmóvil el elemento bombeante.
- C - Pasaje abierto al retorno.
- D - Presión de combustible de 65 psi

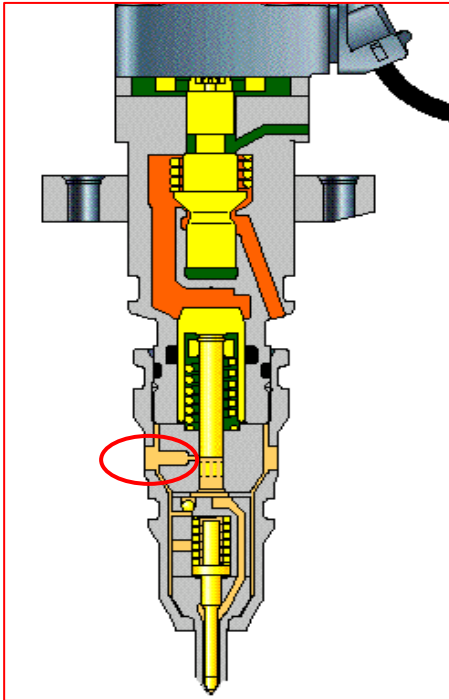
Inyección piloto



Funcionamiento Inyección Piloto

- A - La válvula solenoide esta accionada.
- B - El aceite procedente de la línea de alta presión, comienza a actuar sobre el pistón intensificador, iniciando el movimiento del elemento bombeante, dando comienzo así a la inyección.
- C - Pasaje de aceite cerrado al retorno.

Espera de inyección



Funcionamiento Delay

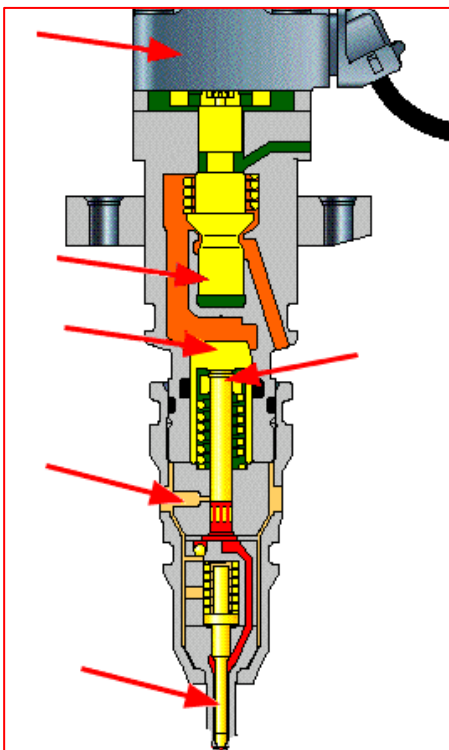
A-Válvula solenoide activada

B - El embolo ha realizado el 25% de su recorrido. Se encuentra con la lumbrera spill que conecta el combustible que esta a alta presión con la galería de alimentación. Momentáneamente finaliza la inyección debido a la caída de presión , lo que provoca el cierre de la válvula de aguja.

C – Pasaje de aceite cerrado al retorno.

D - La ranura del elemento bombeante se alinea con la lumbrera spill, liberando presión finalizando la inyección en forma momentánea.

Inyección principal



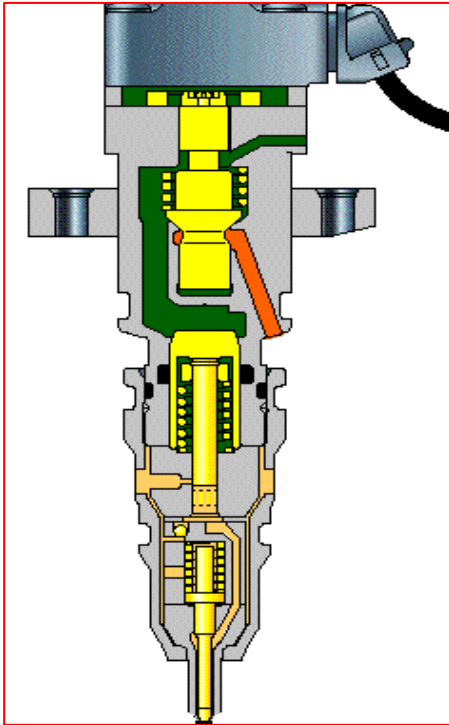
Funcionamiento Inyección Principal

A -válvula solenoide accionada.

B - El elemento bombeante continua descendiendo por acción de la presión de aceite cerrando la lumbrera spill y comprimiendo nuevamente el combustible de la cámara. Se abre nuevamente la válvula de aguja comenzando nuevamente la inyección.

C- La presión de inyección varía entre 4950 psi y 23500 psi dependiendo de los requerimientos del motor

Fin de la inyección



Funcionamiento Fin de la inyección

A - Válvula solenoide desactivada

B - Finalizo el proceso de inyección. El elemento bombeante detiene su recorrido, el resorte del grupo de bombeo lo impulsa hacia arriba ubicandolo para un nuevo proceso de inyección.

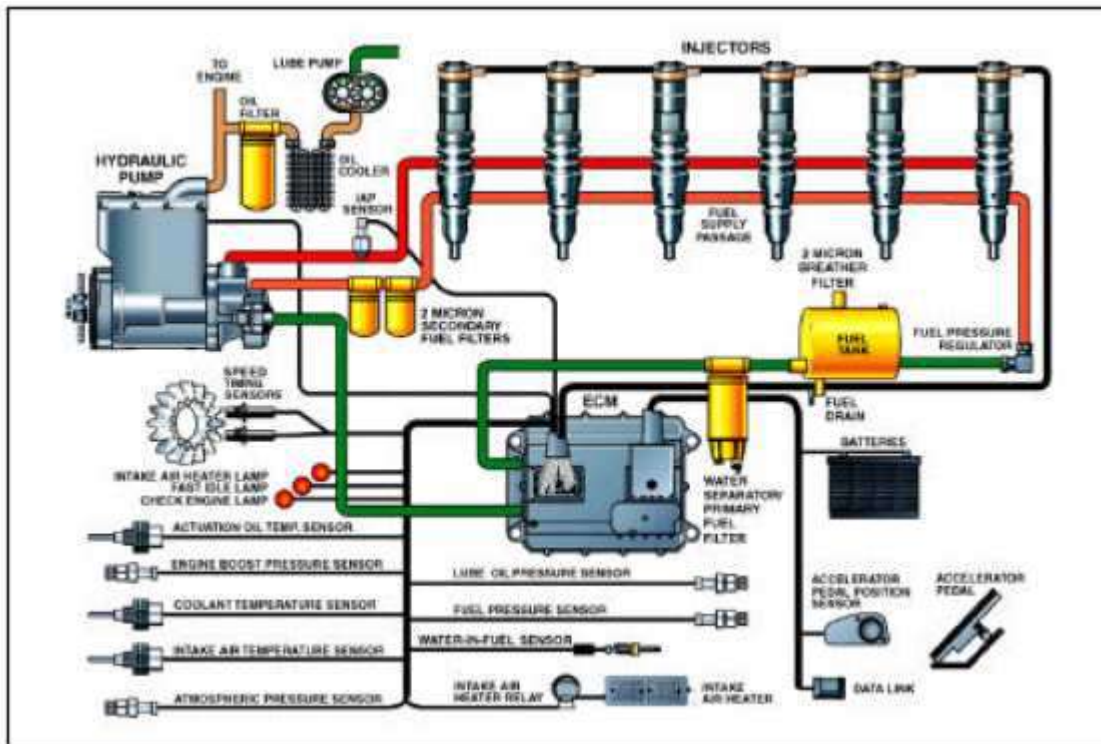
C - Pasaje de aceite abierto al retorno.

4. Sistema HEUI B

El sistema HEUI B en un motor C 9 que se muestra en el esquema, presenta importantes cambios con respecto al sistema HEUI de los motores 3126 B , que ya explicamos anteriormente.

Fundamentalmente los cambios se sitúan en tres componentes :

- **Bomba Hidráulica** - De caudal variable
- **ECM** - ADEM III
- **Unidades de Inyección** - Con control electrónico del DELAY.



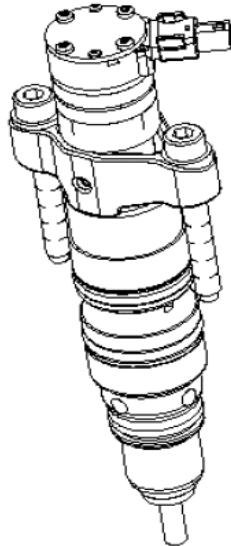
La operación del sistema HEUI es completamente diferente de cualquier otro sistema de combustible que este actuado mecánicamente. El sistema HEUI no requiere ajustes, los cambios en el rendimiento del motor se realizan instalando diferentes software en el ECM.

El sistema de combustible consta de cuatro componentes básicos:

- Unidad de inyección Electro- Hidráulica (HEUI)
- ECM
- Bomba hidráulica
- Bomba de Transferencia

La bomba de transferencia puede ser reparada. Los componentes internos del sistema HEUI no pueden ser reparados, es decir no pueden ser desarmados. El desarme de estos dañará el componente.

(A) Unidad de inyección HEUI



El sistema de combustible utiliza una unidad inyectora controlada electrónicamente y actuada hidráulicamente. Todos los sistemas de combustible a gasoil poseen un émbolo y camisa para bombear combustible a alta presión dentro de la cámara de combustión. El sistema HEUI, utiliza aceite del motor a alta presión para accionar el émbolo.

El sistema HEUI usa aceite de lubricación presurizado de 6 Mpa (870 psi) a 28 Mpa (4061 psi) para bombear combustible desde el inyector.

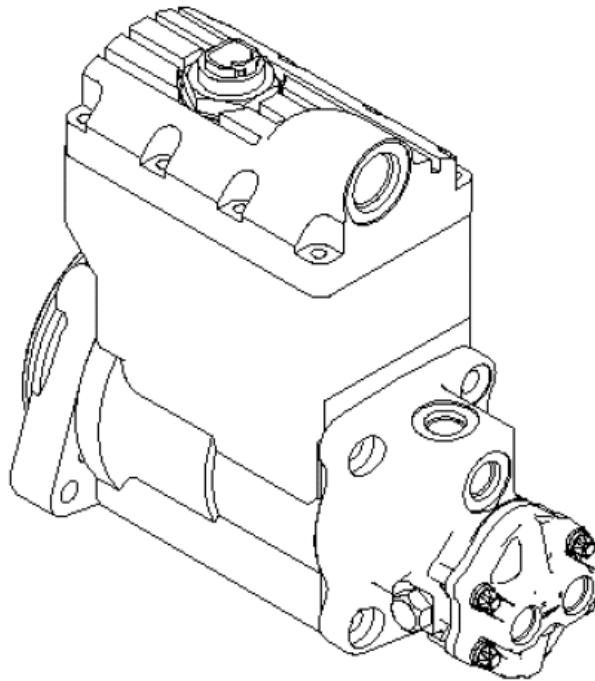
El sistema HEUI opera como un cilindro hidráulico de manera de multiplicar la fuerza de la alta presión. Esta multiplicación de presión es realizada por la aplicación de la fuerza de la alta presión de aceite por medio de un pistón. El pistón es más grande que el émbolo, aproximadamente 6 veces. La presión de actuación del aceite genera la presión de inyección que es entregada por la unidad inyectora. La presión de inyección es 6 veces mayor a la presión de actuación del aceite aproximadamente.

(B) E.C.M

El ECM se encuentra en el lado derecho del motor. El ECM es una computadora que provee un control electrónico total del rendimiento del motor. Este utiliza información que es entregada por varios sensores. Por medio de esta información, el ECM realiza ajustes en la entrega de combustible, presión de inyección y sincronización de la misma.

Dentro del ECM, se halla programado un mapa de rendimiento (Software), que define la potencia, curvas de torque y r.p.m.

(C) Bomba Hidráulica de inyección



La bomba hidráulica utilizada es una bomba a pistones de caudal variable. Esta utiliza una cantidad de aceite del motor, lo presuriza para utilizarlo como presión de actuación que le entrega a los inyectores HEUI.

(D) Bomba de transferencia

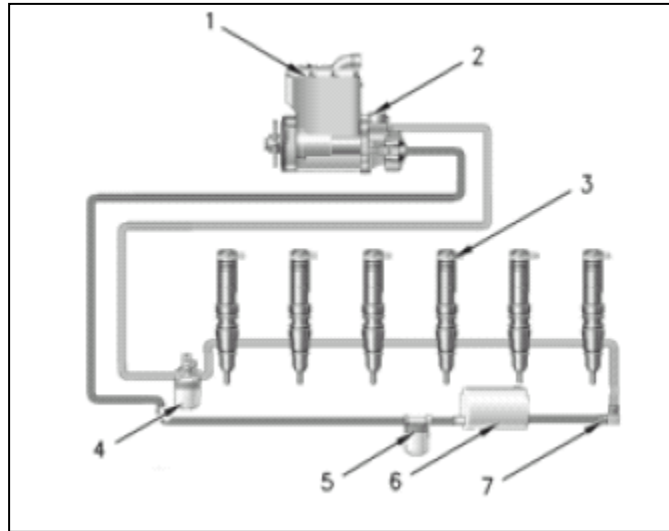
La bomba de transferencia se halla montada en la parte trasera de la bomba hidráulica y es la única parte que puede darse servicio.

La bomba de transferencia envía combustible desde el tanque a la bomba hidráulica, también, presuriza el sistema a 450 Kpa (65 psi). Dicha bomba posee una válvula de alivio interna para proteger el sistema. El combustible presurizado es entregado a los inyectores.

(E) Sensor de Presión de Actuación de la Inyección (IAP)

El sensor IAP monitorea la presión de actuación de la inyección, este envía una señal de voltaje continuo al ECM. El ECM interpreta la señal y corrige la presión de actuación ajustando la corriente que llega a los solenoides del inyector.

a) Circuito de combustible de Baja Presión



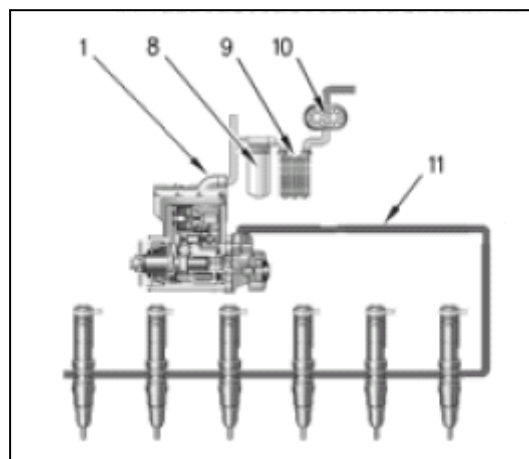
- (1) Bomba hidráulica
- (2) Bomba de transferencia
- (3) Unidad de inyección electro- hidráulica
- (4) Filtro Secundario
- (5) Filtro primario y separador de agua
- (6) Tanque
- (7) Regulador de presión

El sistema de baja presión cumple dos funciones:

- Proveer combustible a los inyectores para la combustión.
- Proveer un exceso de combustible para remover el aire del sistema y enfriar.

b) Circuito de Actuación de inyección

Flujo de Aceite





- (1) Bomba hidráulica
- (8) Filtro de aceite
- (9) Enfriador de aceite
- (10) Bomba de aceite del motor
- (11) Alta presión de aceite

El sistema de actuación de inyección cumple dos funciones:

- Proveer alta presión de aceite a los inyectores
- Regular la presión de inyección producida por la unidad inyectora cambiando la presión de aceite.

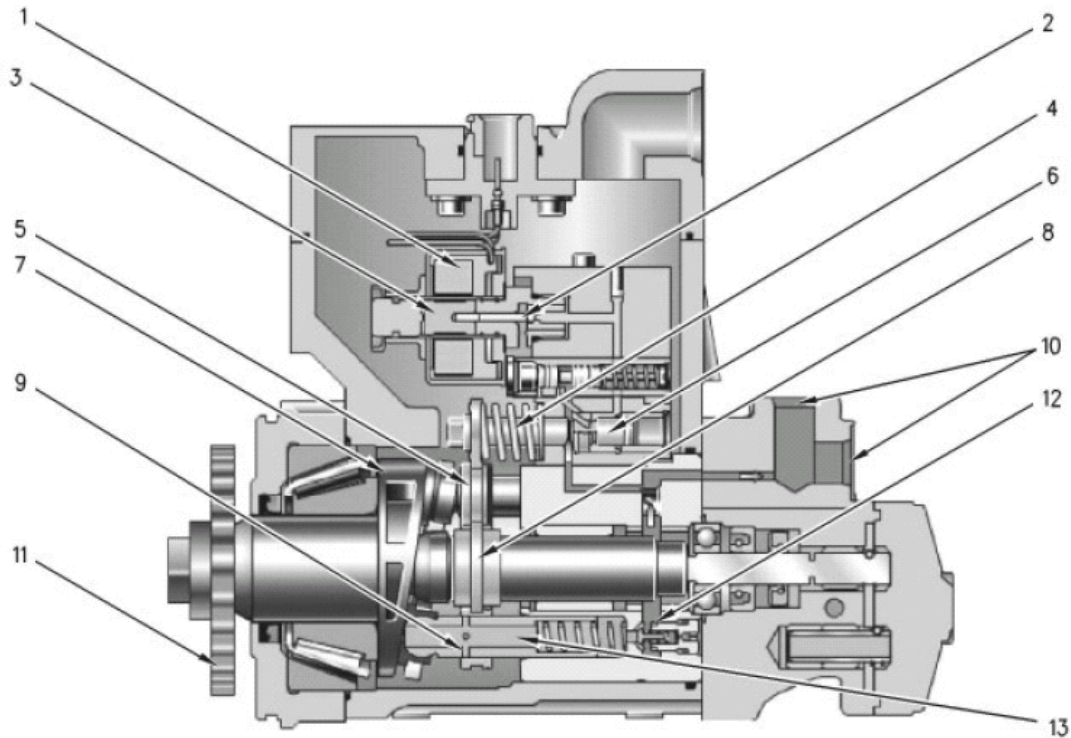
El sistema de actuación de inyección consta de cuatro componentes básicos:

- Bomba de aceite del motor
- Filtro de aceite del motor
- Bomba hidráulica
- Sensor de presión de actuación de inyección (IAP)

El aceite tomado del cárter es presurizado por la bomba de aceite del motor, el aceite fluye desde la bomba al enfriador, pasando por el filtro y luego ingresa a la galería principal. Un circuito separado del principal, dirige una cantidad de aceite para abastecer la bomba hidráulica de inyección. El aceite fluye a través de un tubo de metal, ingresando a la bomba y llenando el reservorio. Este aceite es utilizado durante el arranque para la bomba hidráulica hasta que se incrementa la presión del sistema de lubricación.

El aceite del reservorio es presurizado dentro de la bomba y enviado por el puerto de salida a elevada presión, ingresando a la tapa de cilindro y de aquí a los inyectores. Luego de ser utilizado retorna al carter a través de los conductos de la tapa de cilindros.

c) Control de la presión de aceite de actuación



- (1) Solenoide de la válvula de control
- (2) Válvula Poppet
- (3) Armadura
- (4) Resorte actuador
- (5) Camisas
- (6) Pistón actuador
- (7) Plato
- (8) Rueda
- (9) Puerto de llenado
- (10) Puerto de salida de la bomba
- (11) Engranaje de mando
- (12) Válvula check
- (13) Pistón

La bomba de caudal variable usa un plato angulado que rota. Los pistones no rotan, sino que se mueven de acuerdo a la angulación del plato dentro de las camisas.

La bomba hidráulica es comandada por el tren de engranajes delantera del motor. El plato se halla montado sobre el eje de mando, por lo cual la rotación del plato provoca el movimiento hacia adentro y afuera de las camisas.



Cuando el pistón se mueve hacia fuera, el aceite ingresa en el cilindro o camisa a través del pasaje de aceite del plato. El aceite es forzado a salir cuando el pistón ingresa a la camisa.

Cambiando la posición relativa de los puertos, cambia el volumen de aceite dentro del pistón. La ubicación de la camisa cambia continuamente y es determinada por el ECM, con esto se modifica el flujo de la bomba.

La posición de las camisas es cambiada de manera de controlar el flujo de salida de la bomba, es decir moviendo las camisas hacia las tapas izquierdas, el puerto de llenado queda a una distancia mayor, lo que incrementa la carrera efectiva y el flujo de salida. Moviéndolas hacia la derecha, la distancia es mas corta, lo que provoca una menor carrera efectiva y por ende un menor flujo de salida.

Las camisas están conectadas a la rueda (8). Una camisa se halla conectada al pistón actuador, es decir que moviendo el pistón actuador a la derecha o izquierda causa que la rueda y la camisa se mueva la misma distancia a la derecha o izquierda.

La presión de control es determinada por la cantidad de corriente desde el ECM al solenoide. Una pequeña cantidad del flujo de salida de la bomba se dirige a través de un pequeño pasaje al pistón actuador por un orificio a la cavidad del control de presión. La presión en esta cavidad es limitada por una válvula poppet, que al abrir permite que una cantidad de aceite sea drenada. La válvula poppet se mantiene cerrada por la fuerza de un campo magnético que actúa sobre la armadura. La fuerza del campo magnético determina que presión se requiere para vencer la fuerza del resorte actuador.

Un incremento en la corriente del solenoide causa un incremento en:

- Fuerza del campo magnético
- Fuerza en la armadura y válvula poppet
- La presión de control, que causa el movimiento del pistón actuador que provoca un mayor flujo

En el caso de reducir la corriente del solenoide, los efectos anteriores son inversos.

Hay tres componentes que trabajan juntos para controlar la presión de actuación:

- ECM
- Sensor IAP
- Válvula de control de bomba

Este circuito trabaja de la siguiente manera:

- El ECM determina una presión de actuación deseada de acuerdo a la información recibida por los sensores de entrada y el mapa de software.
- El ECM monitorea la presión actual a través de la señal constante del sensor IAP



- El ECM cambia continuamente la corriente de control de la válvula de control, lo que altera el flujo de salida.

Hay dos tipos de presión de actuación:

- Presión de actuación deseada
- Presión de actuación actual

La presión de actuación deseada, es aquella que requiere el sistema para un rendimiento óptimo del motor. Esta presión está determinada en el mapa del ECM, el ECM selecciona la presión de actuación deseada y dicha selección es en base a las señales de entrada de los sensores. La presión de actuación es constante solo bajo condiciones de carga y r.p.m estables.

La presión actual de actuación, es aquella que actúa sobre los inyectores. El ECM y el regulador de presión de la bomba están continuamente cambiando el flujo de salida. Este cambio constante hace que la presión actual de actuación se iguale con la presión deseada.

d) Operación de la válvula de Control de la bomba

La operación de la válvula, la podemos dividir en tres etapas:

- Motor apagado
- Motor arrancando
- Motor funcionando
- **Operación de la válvula con el motor apagado**

Cuando el motor está apagado, no hay presión de salida de bomba, por lo que tampoco hay corriente en el solenoide de la válvula de control desde el ECM. Es decir, que el resorte actuador mantiene al pistón actuador hacia la izquierda. La rueda y las camisas también son movidas hacia la izquierda, por lo que la bomba en este momento se encuentra en la posición de máxima salida.

- **Operación de la válvula con el motor arrancando**

Durante el arranque, la presión de actuación requerida es aproximadamente 6 Mpa (870 psi) para activar la unidad inyectora. Esta baja presión de actuación genera una baja presión de inyección de combustible, alrededor de 35 Mpa (5000 psi) que es utilizada como ayuda para el arranque.

Para que el motor arranque rápidamente, la presión de actuación debe crecer rápidamente. A su vez, la bomba hidráulica de inyección está girando a la velocidad del motor, por lo que el flujo de bomba es muy bajo. El ECM envía una elevada corriente al solenoide de la válvula de



control para mantener cerrada la válvula poppet, es decir que todo el flujo de drenaje es bloqueado.

La fuerza hidráulica que actúa a ambos lados del pistón actuador es la misma, por lo que el resorte actuador mantiene al pistón hacia la izquierda, manteniendo un flujo máximo hasta que la presión deseada de 6 Mpa (870 psi) es alcanzada. Ahora el ECM reduce la corriente en el solenoide para reducir la presión de control, la presión de control reducida permite que el pistón actuador se mueva hacia la derecha, reduciendo el flujo de salida para mantenerlo a la presión deseada de 6 Mpa (870 psi).

NOTA: si el motor ya a tomado temperatura, la presión que se requiere para arrancar el motor es mayor a 6 Mpa (870 psi). Es decir que los valores de presión deseada varían con la temperatura del motor.

Una vez que los inyectores están operando, el ECM controla la corriente de la válvula de control, es decir que mantiene la presión a 6 Mpa (870 psi) hasta que el motor arranca. El ECM monitorea la presión actual a través del sensor IAP localizado en el múltiple de aceite de alta presión. El ECM establece la presión de actuación deseada basándose en la información de varios de los sensores y envía una corriente determinada al solenoide de la válvula de control. También el ECM compara la presión actual y la deseada y ajusta los niveles de corriente de manera de igualar ambas presiones.

- **Operación de la válvula con el motor funcionando**

Una vez que el motor arrancó, el ECM controla la corriente de la válvula de control para mantener la presión deseada. El sensor IAP monitorea la presión actual, mientras que el ECM compara la presión actual y la deseada 67 veces por segundo y ajusta los niveles de corriente cuando las presiones no son iguales.

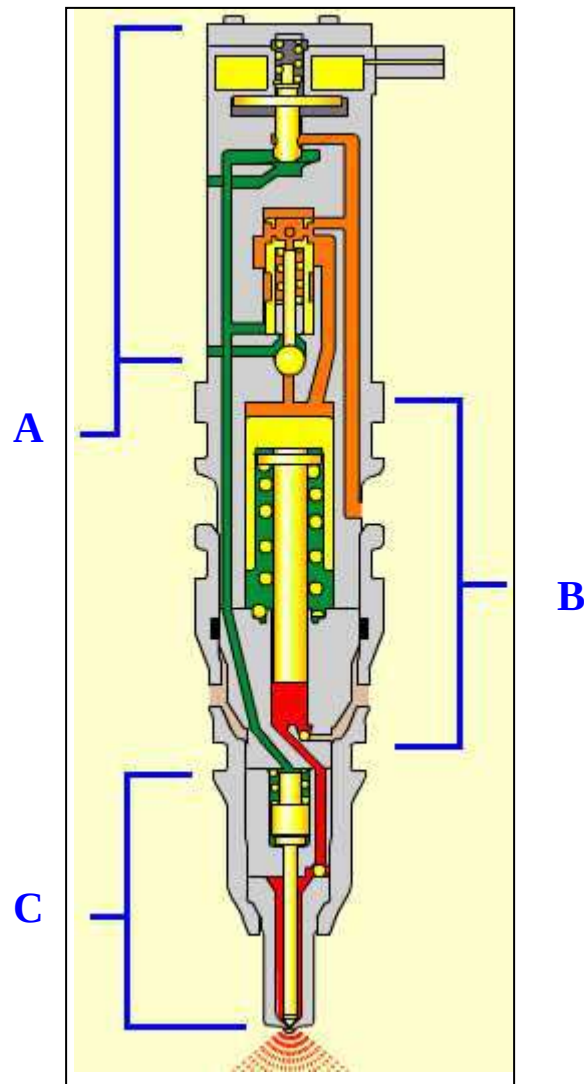
e) Operación de los inyectores HEUI

El inyector HEUI cumple dos funciones:

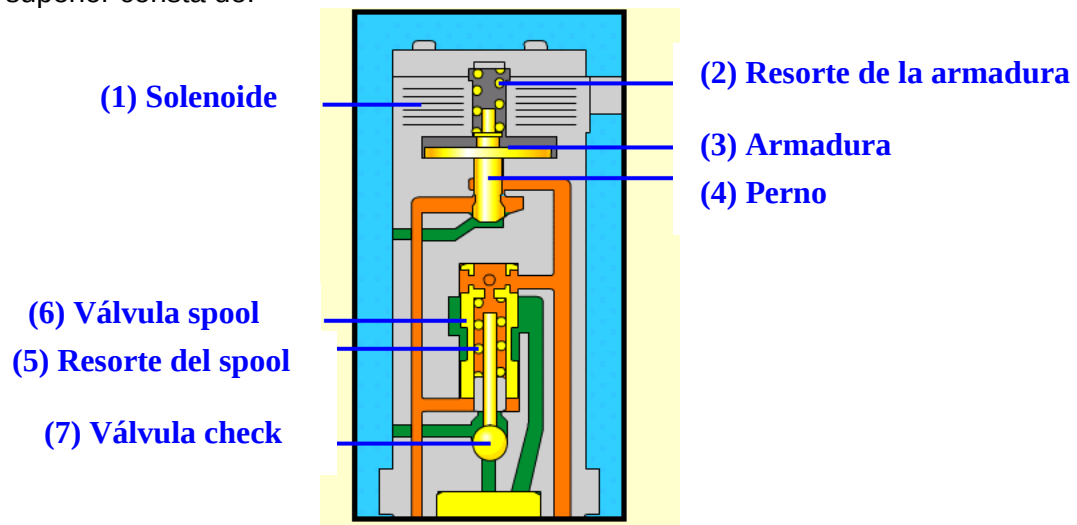
- Presuriza el combustible de 450 Kpa (65 psi) a 175 Mpa (25382 psi)
- Funciona como un atomizador
- Entrega la cantidad correcta de combustible atomizado dentro de la cámara
- Distribuye el combustible uniformemente dentro de la cámara de combustión

El inyector HEUI consta de tres partes mayores:

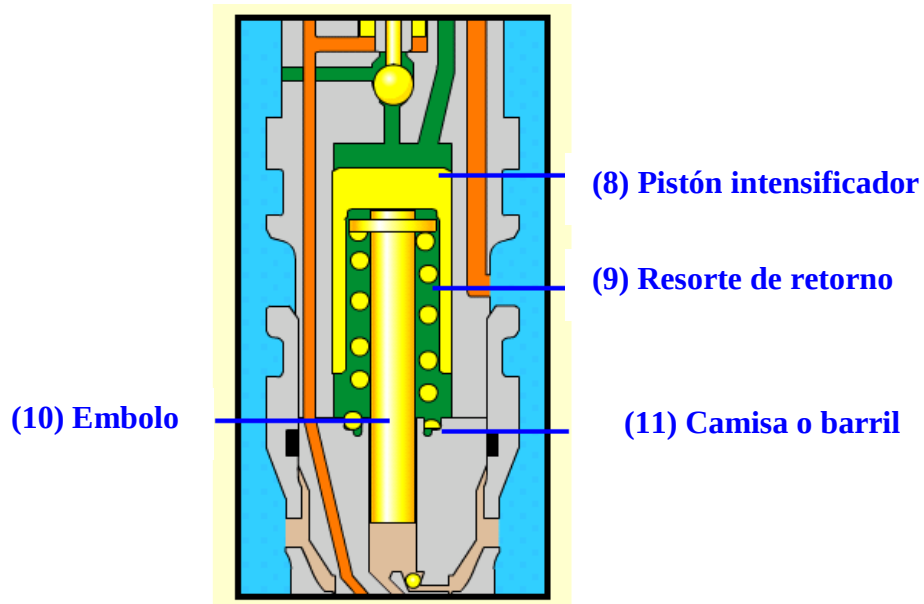
- Cuerpo superior o actuador (A)
- Cuerpo medio o unidad de bombeo (B)
- Cuerpo inferior o tobera (C)



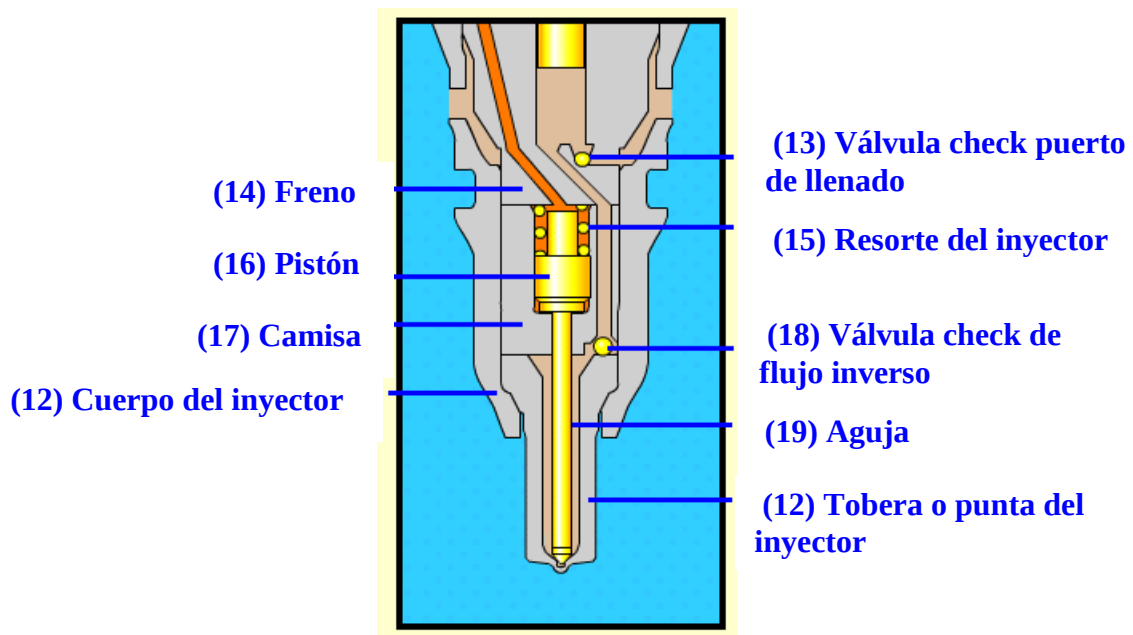
El cuerpo superior consta de:



La unidad de bombeo o cuerpo medio:



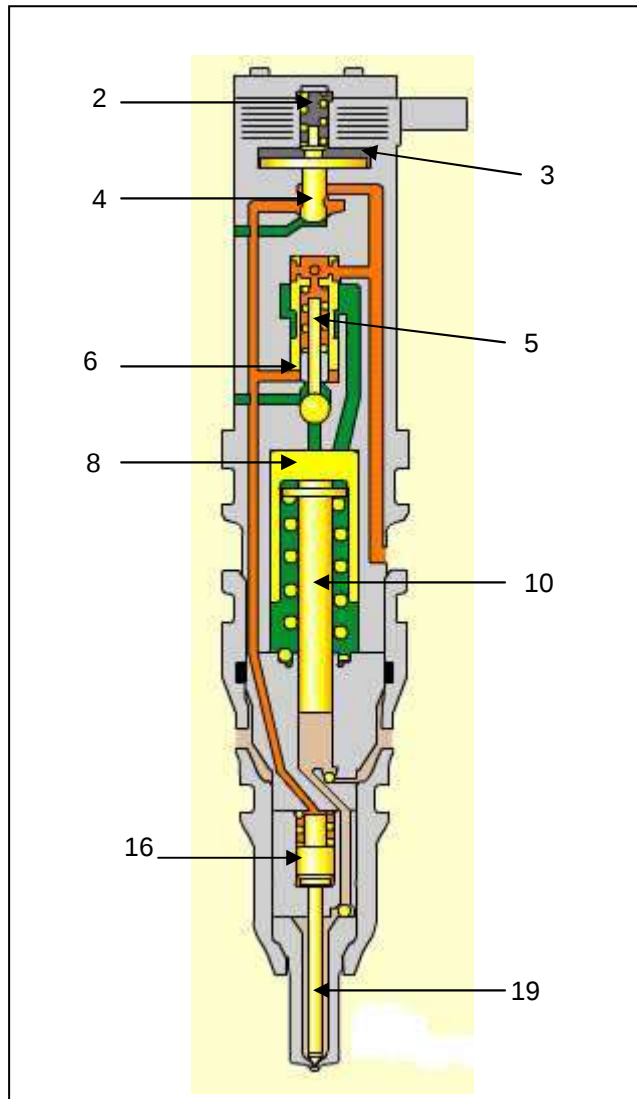
El cuerpo inferior posee los siguientes componentes:



El inyector HEUI opera en 5 etapas:

- Pre- inyección
- Inyección piloto
- Espera de inyección
- Inyección principal
- Llenado

Pre-inyección

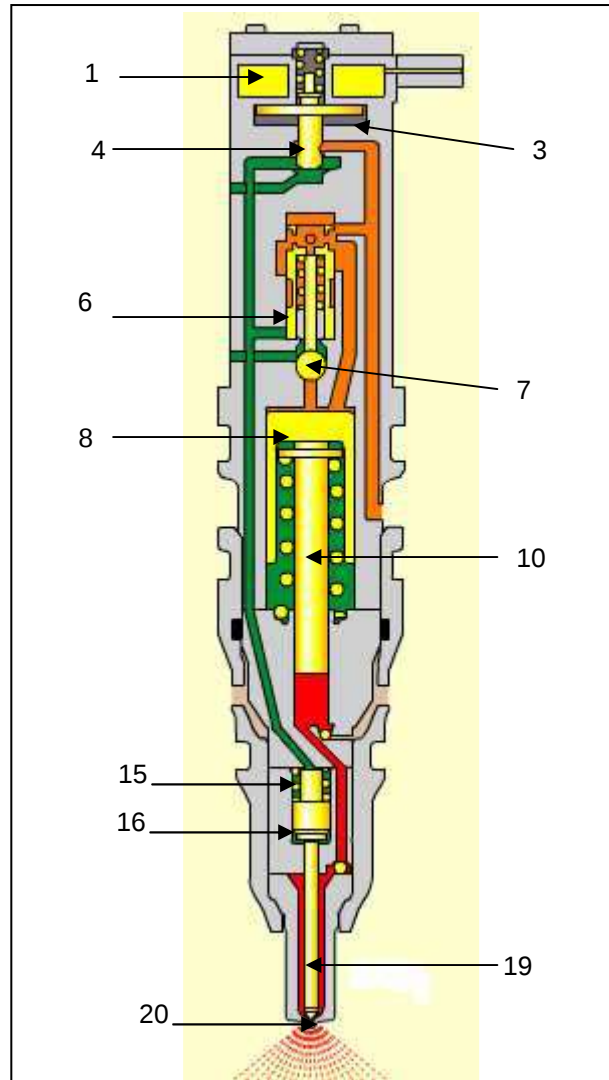


Esta etapa sucede cuando el motor está funcionando y el inyector está entre el ciclo de encendido. La aguja (10) y el pistón intensificador (8) están en la parte superior de las camisas, la cavidad debajo de la aguja se encuentra llena de combustible.

En el cuerpo superior, la armadura (3) y el perno (4) se mantienen hacia abajo por la acción del resorte de la armadura (2). La alta presión de actuación de aceite ingresa al inyector, el aceite fluye a través del perno (4) a la parte superior del pistón (16) provocando una fuerza hacia debajo de la aguja (19). Hasta ahora el combustible no ha sido inyectado.

El carrete o spool (6) se mantiene en la parte superior del cilindro debido a la acción del resorte del carrete (5), bloqueando la actuación del aceite desde el pistón intensificador. La presión de actuación es sentida a ambos lados del carrete, de manera que la fuerza hidráulica esté balanceada. La válvula spool se mantiene en la parte superior o en la posición cerrada debido a la fuerza del resorte del spool.

Inyección piloto



La inyección piloto ocurre cuando el ECM envía una corriente al solenoide (1), esta corriente crea un campo magnético que levanta la armadura (2) y el perno (3). Dicho perno posee un asiento superior y otro inferior. Cuando el perno es levantado por la armadura, el asiento superior cierra e impide el paso del aceite de actuación a la válvula check, por lo tanto el asiento inferior se abre y permite que el aceite de actuación situado sobre el pistón (16) se drene a través del pasaje (21).

La caída de presión sobre el spool causa una diferencia hidráulica que actúa sobre el spool, moviéndolo a la posición de apertura cuando la presión hidráulica actúa en la parte superior del spool. Esta presión hidráulica fuerza al spool hacia abajo, moviéndolo hasta que es detenido cuando el spool y el perno fuerza la válvula de chequeo (7) a través del pistón intensificador (8), sobre el asiento de la válvula dejándola en posición cerrada. Esto previene que la presión de actuación escape de la cavidad del pistón intensificador (8), mientras que la caída en la presión de actuación libera la fuerza hacia abajo sobre el pistón.



Ahora, el aceite de actuación fluye, pasando a través del spool que se encuentra abierto hacia la parte superior del pistón intensificador. El movimiento descendente del pistón y el émbolo (10) presuriza el combustible en la cavidad del émbolo y la tobera (20).

La inyección piloto es cuando la presión de inyección se incrementa de manera de vencer el resorte de la aguja (15) que levanta la aguja (19).

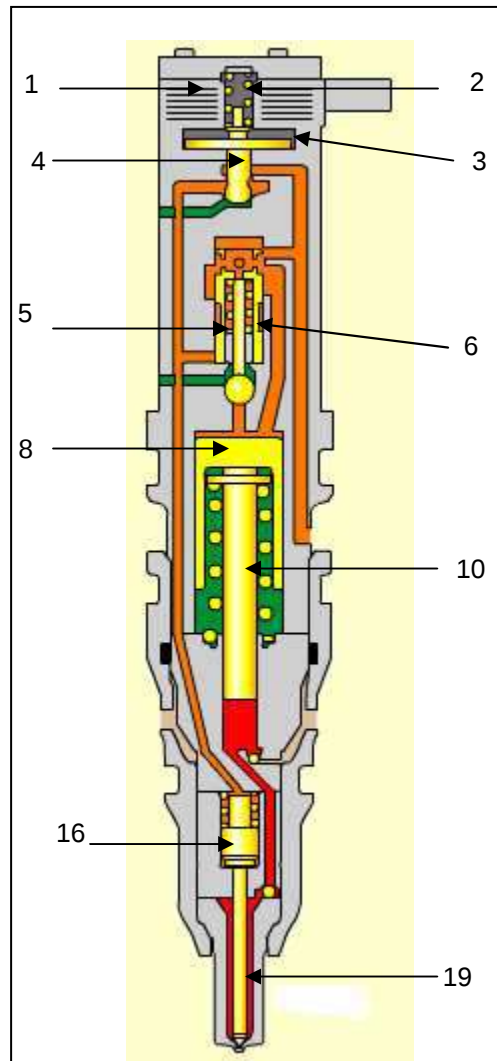
La inyección piloto continuará si existen las siguientes condiciones:

- El solenoide está energizado
- El spool permanece abierto
- Si no hay presión de actuación en la parte superior del pistón (16)

Espera de la inyección

La espera de la inyección ocurre cuando no hay corriente en el solenoide (1), es decir el solenoide se des-energiza. La armadura (3) se mantiene en la posición superior debido al campo magnético, pero cuando la armadura se des-energiza, el resorte (2) empuja la armadura y el perno (4) hacia abajo. El perno (4) asienta sobre el asiento inferior, cerrándolo y abriendo el asiento superior. Esto permite que la presión de actuación fluya hacia la parte superior del pistón (16), la fuerza hidráulica sobre este supera rápidamente la presión de inyección y la aguja (19) se cierra deteniendo la inyección.

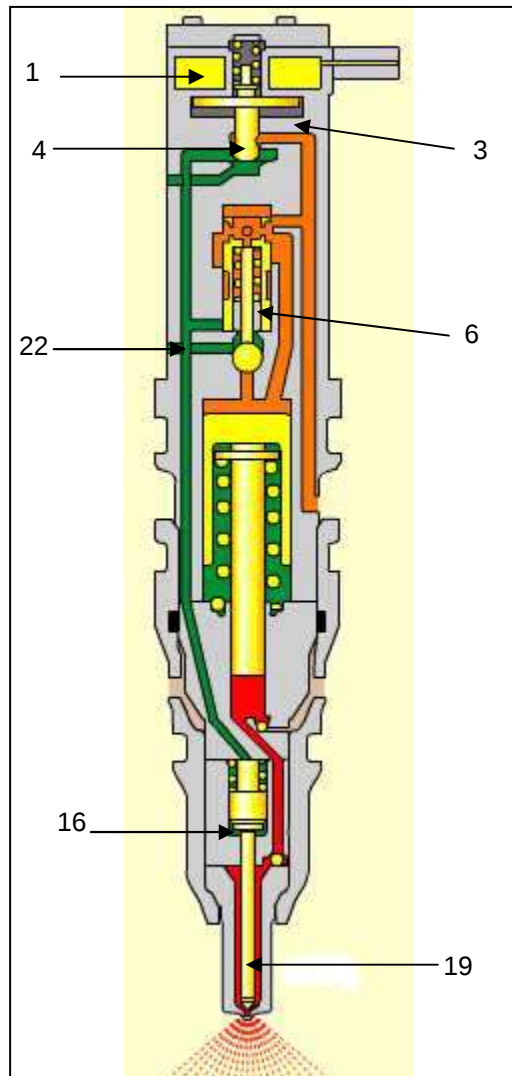
La presión de actuación debajo de la válvula spool (6) se incrementa y crea un balance de la fuerza hidráulica por encima y debajo del spool. El resorte del spool (5) actúa sobre el spool, cerrándolo lentamente, mientras que la presión de actuación continua fluyendo a través del spool hacia el pistón intensificador (8) y el émbolo (10). La presión de inyección se incrementa rápidamente en la cavidad de la tobera y el émbolo cuando la aguja se mantiene cerrada.



Inyección principal

La inyección principal ocurre cuando el solenoide (1) es re-energizado. El campo magnético es creado instantáneamente y la fuerza del campo levanta la armadura (3) y el perno (4), por lo tanto el asiento superior cesa el flujo de la presión de actuación, abriendo el pistón (16) y conectando la parte inferior del spool (6) a drenaje a través del conducto (22). La fuerza hidráulica que mantiene la aguja (19) cerrada, desaparece rápidamente y la presión de inyección levanta la aguja. Este es el momento de la inyección principal.

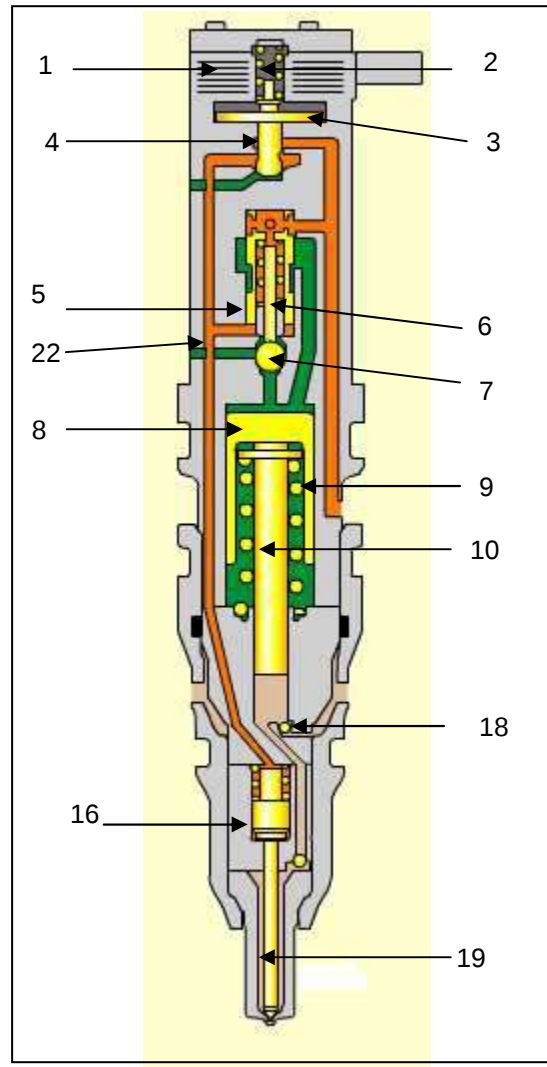
También se crea una diferencia de fuerzas hidráulicas sobre el spool, moviéndolo hacia abajo. La válvula check (7) es mantenida en la posición cerrado por el pistón intensificador, continuando la inyección principal mientras que el solenoide esté energizado.



Llenado

El ciclo de llenado comienza cuando el solenoide (1) es des-energizado. La armadura (3) y el perno (4) son forzados hacia abajo por el resorte de la armadura (2). El perno asienta en su apoyo inferior, mientras que el asiento superior se abre. La presión de actuación se almacena sobre el pistón (16). Estas presiones hidráulicas balancean el spool, el resorte (5) lentamente cierra el spool y detiene el flujo de aceite de actuación hacia el pistón intensificador (8).

Como el spool asciende, la válvula check (7) no se mantiene cerrada por la acción del pistón intensificador y el aceite en la cavidad del pistón intensificador levanta la válvula y drena por el conducto (22). El resorte (9) levanta el émbolo (10) y el pistón intensificador (8) lo que genera que el aceite salga de la cavidad del pistón intensificador. La válvula check (18) debido al ingreso de combustible es movida del asiento y el émbolo se eleva, lo que permite que el combustible fluya dentro de la cavidad del émbolo. El ciclo de llenado se completa cuando el émbolo y el pistón se encuentran en la parte superior del cilindro y la cavidad del émbolo está llena de combustible.





El motor utiliza tres tipos de componentes electrónicos:

- (1) Componentes de entrada
- (2) Componentes de Control
- (3) Componentes de salida

(1) Un componente de entrada es aquel que envía una señal eléctrica al ECM. La señal que envía varía los siguientes parámetros:

- Voltaje
- Frecuencia
- Ancho del pulso

La variación de la señal es en respuesta a cambios en algún sistema específico. Algunos componentes de entrada son:

- Sensores de velocidad y tiempo
- Sensor de temperatura de refrigerante

El ECM interpreta las señales como una información acerca de condiciones, ambiente y operación del motor.

(2) Un componente de control (ECM) recibe las señales de entrada, los circuitos internos evalúan dichas señales y proveen energía a los componentes de salida.

(3) Un componente de salida opera con un módulo de control. Los componentes de salida reciben energía eléctrica y la utiliza en una de las dos maneras, ya sea para mejorar el rendimiento de trabajo, o bien, para proveer información. Por ejemplo, un solenoide que mueve un émbolo mejorará el rendimiento de trabajo, el componente tendrá funcionalidad para regular el motor.

Otro ejemplo sería el panel de luces o la alarma que provee información al operador del estado del motor.

Estos componentes proveen la habilidad de controlar electrónicamente la operación del motor, la que proporciona las siguientes ventajas:

- Mejoramiento del rendimiento
- Mejoramiento en el consumo de combustible
- Reducción en los niveles de emisión



MÓDULO IV: Terminología y Seguridad

1. Terminología

Sensores analógicos - Los sensores analógicos que se usan en el sistema EUI se activan mediante una fuente de alimentación de $5,0 \pm 0,5$ VCC que está dentro del ECM. Los sensores analógicos producen una señal de salida de CC que puede variar de +0,2 a +4,6 VCC.

Los siguientes son sensores analógicos:

- Sensor de temperatura del refrigerante
- Sensor de presión de salida del turbocompresor
- Sensor de presión de admisión del turbocompresor
- Sensor de presión atmosférica
- Sensor de presión del aceite (dentro y fuera de los filtros)
- Sensor de presión del cárter

Sensor de presión atmosférica - Este sensor mide la presión barométrica. Envía una señal al módulo de control electrónico (ECM) para usar en el control y operación del motor.

Antes del punto muerto superior (APMS) - El APMS son los 180 grados de rotación del cigüeñal antes de que el pistón llegue al punto muerto superior en el sentido normal de rotación.

Calibración - La calibración es un ajuste electrónico de una señal del sensor.

Enlace de datos CAT - El enlace de datos es una conexión eléctrica para comunicarse con otros dispositivos exteriores basados en microprocesadores que usan el enlace de datos. Entre estos dispositivos se incluyen transmisiones electrónicas, tableros electrónicos y sistemas de mantenimiento. El enlace de datos también es el medio de comunicación usado para programar y localizar fallas con la herramienta de servicio electrónico.

Interruptor de flujo de refrigerante - El interruptor detecta el flujo de refrigerante del agua de las camisas. Este interruptor envía una señal al ECM cuando no hay flujo y el motor está en marcha. El ECM enviará una señal al sistema monitor de la máquina para advertir al operador sobre el problema.

Sensor de temperatura del refrigerante - Este sensor mide la temperatura del refrigerante del agua de las camisas. Envía la señal al ECM. La temperatura del refrigerante del motor se usa en la operación de la modalidad en frío. La temperatura del refrigerante se usa para proteger el motor. Se usa también la temperatura del refrigerante para optimizar el rendimiento.

Sensor de presión del cárter - Este sensor mide la presión del cárter. Envía la señal al ECM. La información se usa para advertir al operador de una alta presión del cárter.

Velocidad deseada en rpm - Las rpm deseadas se introducen en el regulador electrónico dentro del ECM. El regulador electrónico usa una entrada del sensor de velocidad /sincronización. El regulador usa una entrada del sensor de temperatura del refrigerante. Esta información determina las rpm deseadas del motor.



Código de diagnóstico - Un código de diagnóstico es una indicación de un problema o suceso en el sistema de inyectores unitarios electrónicos (EUI).

Sensores digitales - Los sensores digitales que se usan en el sistema EUI se activan por medio de una fuente de alimentación de $8,0 \pm 0,5$ VCC para el sensor de temperatura de escape y una fuente de alimentación de $12,5 \pm 1,0$ VCC para el sensor de sincronización dentro del ECM. Los sensores digitales producen una señal de modulación de duración de impulsos o de ciclo de trabajo. Los sensores digitales que se usan son el sensor de temperatura del escape y el sensor de velocidad /sincronización.

Corriente continua (CC) - La corriente continua es el tipo de corriente que circula de manera uniforme en un solo sentido.

Analizador y Programador de Control Electrónico (ECAP) - El Analizador y Programador de Control Electrónico (ECAP) se usa para programar y diagnosticar los diversos controles electrónicos.

Módulo de Control Electrónico (ECM) - El ECM es la computadora de control del motor. El ECM suministra corriente a los componentes electrónicos para el EUI. El ECM supervisa los datos que provienen del EUI. El ECM se comporta como un regulador para controlar las rpm del motor.

Control electrónico del motor - El control electrónico del motor es un sistema electrónico completo. El control electrónico del motor supervisa la operación del motor en cualquier condición

Técnico Electrónico (ET) - El ET es una herramienta de servicio electrónico de Caterpillar que se usa para diagnosticar y programar una variedad de controles electrónicos.

Memoria programable y borrrable de sólo lectura (EPROM) - La memoria programable y borrrable de sólo lectura (EPROM) es un chip de memoria.

Sensor de temperatura del escape - Estos sensores miden la temperatura del gas de escape que llega a los turbocompresores. El sensor envía una señal al ECM. La temperatura del escape se usa para reducir la potencia del motor. Esto se hace para impedir que se produzcan daños adicionales si se alcanza una temperatura inaceptable debido a una avería del motor. El ECM enviará una señal al sistema monitor de la máquina para advertir al operador sobre el problema.

Sensor de presión del aceite filtrado - Este sensor mide la presión del aceite del motor fuera de los filtros. Envía la señal al ECM. El ECM supervisa la presión del aceite y advierte al operador a través del sistema monitor de la máquina con el sensor de presión de aceite.

Archivo de modificación de parámetros (Flash) - Se trata de un método de transferir software por el enlace de datos con una herramienta de servicio electrónico.

Interruptor de restricción del filtro de combustible - El interruptor detecta una restricción en el filtro de combustible. El interruptor envía una señal al ECM si se detecta una restricción inaceptable. El ECM enviará una señal al sistema monitor de la máquina para advertir al operador sobre el problema.



Inyector de combustible - El inyector de combustible es un inyector unitario accionado mecánicamente y controlado electrónicamente. El inyector combina el bombeo, la dosificación electrónica de combustible y los elementos inyectores en una sola unidad.

Control de la relación de combustible (FRC) - Se trata de un límite que se basa en el control de la relación de combustible a aire. Se usa para controlar las emisiones. Cuando el ECM detecta una mayor presión de salida del turbocompresor, éste aumenta el límite del FRC para permitir que llegue más combustible a los cilindros.

Posición de combustible - La posición del combustible es una señal dentro del ECM. Esta procede del regulador electrónico. La señal pasa al control de inyección de combustible y se basa en la velocidad deseada del motor, la relación de combustible, la posición nominal y la velocidad del motor.

Mazo de cables - El mazo de cables es el haz de cables que conecta todos los componentes del sistema de inyectores unitarios electrónicos.

Control de sincronización de la inyección - El control de sincronización de la inyección consiste en el empleo de inyectores unitarios electrónicos para proporcionar un control electrónico total de la sincronización de inyección de combustible.

Alimentación del interruptor de llave - El ECM se enciende cuando detecta el voltaje de la batería. El voltaje de la batería es enviado por el interruptor de llave. Cuando cesa el voltaje, se apaga el ECM.

Pantalla de cristal líquido (LCD) - La pantalla LCD forma parte del tablero monitor. El tablero monitor se usa para mostrar información al operador sobre el estado de los sistemas de la máquina e información de diagnóstico.

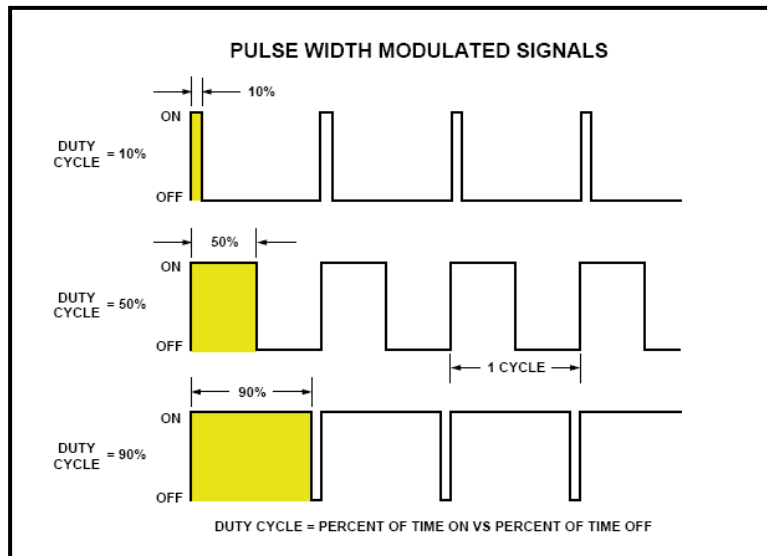
Circuito abierto - Un circuito abierto es una conexión eléctrica interrumpida. La señal o el voltaje de suministro no puede llegar a su destino.

Parámetro - Un parámetro es un valor programable que afecta las características o el comportamiento del motor y de la máquina.

Contraseña - Una contraseña es un grupo de caracteres numéricos o alfanuméricos. Está diseñada para limitar el cambio de información en el ECM. El sistema de inyectores unitarios electrónicos requiere contraseñas correctas de fábrica para borrar ciertos sucesos registrados. Se requieren también las contraseñas de la fábrica para cambiar los parámetros de configuración.

Módulo de personalidad - El módulo de personalidad se refiere al software teledescargado en el módulo pequeño de color azul. El módulo se inserta en el ECM. Contiene todas las instrucciones (software) para el ECM y los mapas de rendimiento para aplicaciones específicas.

Modulación de duración de impulsos - Es un tipo de señal electrónica digital que corresponde a una variable medida. La duración del impulso (señal) viene controlada por la variable medida y cuantificada por una cierta relación. Esta relación es el porcentaje de "tiempo activado" dividido por el porcentaje de "tiempo desactivado". Esta señal es generada por el sensor de velocidad /sincronización.



Ejemplo de modulación de duración de impulsos

Límite de combustible nominal - El límite de combustible nominal indica la máxima posición de combustible permisible. El límite de combustible nominal producirá la potencia nominal para esta configuración del motor.

Voltaje de referencia - El voltaje de referencia es un voltaje regulado usado por el sensor a fin de generar un voltaje de señal.

Sensor - Los sensores se usan para detectar un cambio de presión, temperatura o movimiento mecánico. Cuando se detecta uno de estos cambios, el sensor convierte el cambio en una señal eléctrica.

Indicador de "código de servicio" - Este indicador se usa para advertir al operador de la presencia de diagnósticos activos.

Cortocircuito - Un cortocircuito es un circuito eléctrico conectado erróneamente a un punto no deseado. Por ejemplo, se establece un contacto eléctrico con el bastidor siempre que un cable al descubierto roce con el bastidor de la máquina.

Señal - Una señal es un voltaje u onda usada para transmitir información que va típicamente de un sensor al ECM.

Sensor de velocidad /sincronización - Este sensor suministra una señal de modulación de duración de impulsos al ECM. El ECM interpreta esta señal como la posición del cigüeñal y la velocidad del motor.

Sincronización estática - La sincronización estática es la base para la sincronización de inyección de combustible y la operación del mecanismo de las válvulas. La sincronización estática viene determinada por el anillo de referencia de sincronización y el alineamiento del grupo de engranaje trasero y el pasador de sincronización del árbol de levas.



Subsistema - Un subsistema es una parte del sistema de inyectores unitarios electrónicos relacionado con una cierta función.

Voltaje de suministro - El voltaje de suministro es un voltaje constante suministrado a un componente para proporcionar corriente eléctrica para la operación. Este voltaje puede ser generado por el ECM. También puede ser voltaje de la batería de la máquina suministrado por los cables de la máquina.

Mazo de cables en "T" - Se trata de un mazo de cables de prueba diseñado para permitir la operación normal del circuito y la medición del voltaje de forma simultánea. Típicamente, el mazo de cables se inserta entre los extremos de un conector.

Modalidad confidencial - La modalidad confidencial es el número total de cambios en todos los parámetros del sistema.

Sensor de la presión de admisión del turbocompresor - Este sensor mide la presión del aire de admisión en los tubos en el sistema de inducción de aire y envía señales al ECM.

Sensor de la presión de salida del turbocompresor - Este sensor mide la presión de aire del múltiple de admisión y envía una señal al ECM.

Parada definida por el usuario - Se trata de una entrada de interruptor al ECM. La parada definida por el usuario permite al propietario de la máquina instalar un sistema comercial. Este sistema se usa para parar el motor. El ECM termina la inyección de combustible cuando se conecta la entrada del interruptor a tierra.

Ventilador de velocidad variable - El ventilador de velocidad variable es un sistema que usa aceite hidráulico para impulsar un motor de impulsión. El motor de impulsión está conectado al ventilador de enfriamiento del motor. La velocidad del motor se controla regulando la cantidad de aceite que llega al motor de impulsión del ventilador. La regulación del flujo de aceite se logra por medio de un solenoide. El solenoide está controlado por el ECM. El ECM usa el sensor de temperatura de refrigerante para determinar la velocidad del ventilador.

2. Seguridad

Hay varias etiquetas de advertencia colocadas en el equipo. La ubicación exacta de los peligros y la descripción de los mismos se cubren en esta sección. Familiarícese con todos los avisos de advertencia.

Cerciórese de que todas las etiquetas de advertencia sean legibles. Limpie las etiquetas de advertencia o reemplácelas si no se pueden leer las palabras. Reemplace las ilustraciones si no son legibles.

Cuando limpie las etiquetas de advertencia, utilice un trapo, agua y jabón. No use disolvente, gasolina u otro compuesto químico fuerte para limpiar las etiquetas de advertencia. Los disolventes, la gasolina, o los compuestos químicos fuertes pueden aflojar el adhesivo que pega dichas etiquetas. El adhesivo flojo permitirá que se caigan las etiquetas.

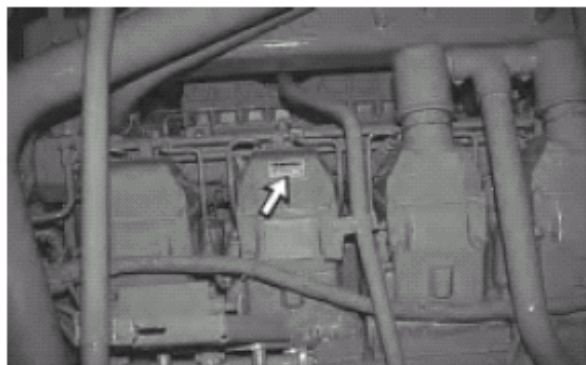
Reemplace cualquier etiqueta de seguridad que esté dañada o que falte. Si hay una etiqueta de seguridad en una pieza que se tenga que reemplazar, coloque una etiqueta de seguridad igual en la pieza de repuesto.

A continuación se detalla algunas de las indicaciones más relevantes:



NO OPERE NI TRABAJE EN ESTA MÁQUINA A MENOS HAYA LEÍDO Y ENTENDIDO LAS INSTRUCCIONES Y ADVERTENCIAS DE LOS MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. DE NO SEGUIR LAS INSTRUCCIONES O RESPETAR LAS ADVERTENCIAS SE PUEDEN PRODUCIR LESIONES GRAVES O MORTALES. PÁNGASE EN CONTACTO CON CUALQUIER DISTRIBUIDOR CATERPILLAR PARA OBTENER MANUALES DE REPUESTO. USTED TIENE LA RESPONSABILIDAD DE CUIDAR LA MÁQUINA DE FORMA APROPIADA.

Al trabajar en el motor se deben tener en cuenta las indicaciones de alerta. Por ejemplo en la tapa de válvulas del motor figura la siguiente leyenda

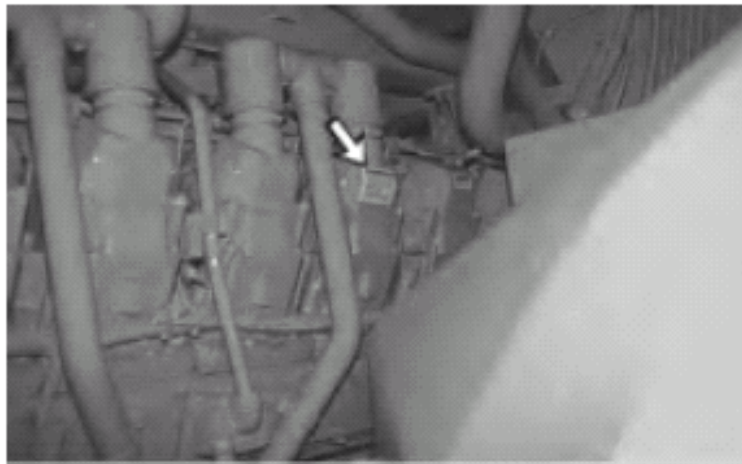




ADVERTENCIA

Si se quitan las tapas del cárter sin esperar quince minutos después de hacer una parada de emergencia, un fuego repentino puede causar lesiones al personal.

No vuelva a arrancar el motor hasta que se haya corregido la causa de la parada de emergencia.



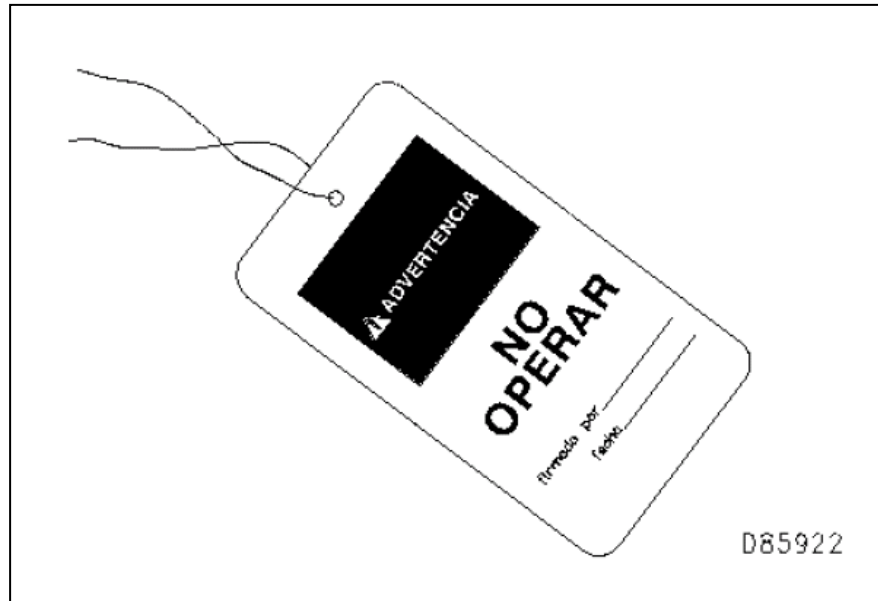
ADVERTENCIA

El levantamiento o sujeción incorrecta puede hacer volcar la máquina, causando lesiones y averías.

1. Use la barra espaciadora adecuada.
2. Quite el conjunto delantero de canaleta de soporte del turbocompresor.
3. Conecte dos cables adecuados a la barra espaciadora y a los cáncamos de levantamiento del motor.
4. Quite las tuberías de agua del posenfriador si rozan con el aparejo de levantamiento.

a) Procedimientos generales al realizar una reparación

- 1- Cuelgue una etiqueta de advertencia Instrucción Especial, SSHS7332, "NO OPERAR" o una etiqueta similar en el interruptor de arranque o en los controles antes de dar servicio o hacer reparaciones a la máquina.



- 2- Póngase casco, anteojos y demás equipo de protección que requiera la obra.
- 3- No se ponga ropa o alhajas sueltas que se puedan trabar en los controles u otras piezas de la máquina.
- 4- Asegúrese de que todos los protectores y tapas estén bien sujetos en la máquina.
- 5- Mantenga limpia a la máquina. Inspeccione la plataforma, las pasarelas y los escalones.
- 6- Fije todos los artículos sueltos que no formen parte de la máquina. Fije las herramientas y otros artículos.
- 7- Nunca guarde fluidos de mantenimiento en envases de vidrio. Drene todos los fluidos en recipientes adecuados.
- 8- Preste atención a todos los reglamentos locales que gobiernan el descarte de fluidos.
- 9- Use con cuidado todas las soluciones de limpieza.
- 10- Informe de todas las reparaciones necesarias.
- 11- No permita que suban a la máquina personas no autorizadas.
- 12- Haga todo el mantenimiento de la siguiente manera, a no ser que se especifique de forma diferente:
 - Máquina en un suelo horizontal.
 - Freno de estacionamiento conectado.
 - Palanca de levantamiento de la caja en la posición HOLD (Fijo).
 - Control de la transmisión en la posición NEUTRAL.
 - Motor parado.
 - Interruptor de arranque del motor en la posición OFF (Desconectado) y la llave sacada.
 - Interruptor general en la posición OFF y la llave sacada.
 - Ruedas bloqueadas.



b) Prevención contra quemaduras

Refrigerante

A la temperatura de operación, el refrigerante del motor está caliente y bajo presión. El radiador y todas las tuberías a los calentadores o al motor contienen refrigerante caliente o vapor. Cualquier contacto puede causar quemaduras graves. El vapor puede causar lesiones personales.

Compruebe el nivel del refrigerante sólo después de que se haya parado el motor. Asegúrese de que la tapa de presión del sistema de enfriamiento esté fría para poder sacarla con la mano desprotegida. Quite lentamente la tapa para aliviar la presión.

El aditivo del sistema de enfriamiento contiene álcali. El álcali puede causar lesiones personales. No permita que el álcali entre en contacto con la piel, los ojos o la boca.

Espere a que los componentes del sistema de enfriamiento se enfríen antes de drenarlo.

Aceites

El aceite y los componentes calientes pueden causar lesiones personales. No permita que el aceite caliente entre en contacto con la piel.

A la temperatura de operación, el tanque hidráulico está caliente.

Quite la tapa de llenado del tanque hidráulico sólo después de que el motor se haya parado. La tapa de llenado debe estar suficientemente fría como para poder tocarla. Abra lentamente la tapa de llenado del tanque hidráulico para aliviar la presión.

Alivie toda la presión en los sistemas de aire, de aceite, de combustible y de enfriamiento. Alivie la presión antes de desconectar o quitar toda tubería, conexión, o cualquier artículo relacionado.

Baterías

Las baterías despiden gases inflamables que pueden explotar.

No fume mientras observa el nivel de electrolito de las baterías.

El electrolito es un ácido. El electrolito puede causar lesiones personales. No permita que el Electrolito entre en contacto con la piel o los ojos.

Use siempre gafas de seguridad cuando trabaje con baterías.

c) Prevención de incendios o explosiones

Todos los combustibles, la mayoría de los lubricantes y algunas mezclas de refrigerante son inflamables.

- 1- Las fugas de combustible o el combustible que se derrame sobre superficies calientes o componentes eléctricos pueden causar un incendio.
- 2- No fume mientras se reabastece de combustible o mientras esté en un área de reabastecimiento de combustible. No fume en áreas donde se da carga a baterías o en lugares donde se almacenan materiales inflamables.
- 3- Limpie y apriete todas las conexiones eléctricas.. Compruebe diariamente los cables eléctricos para ver si están sueltos o deshilachados. Apriete todos los cables eléctricos flojos antes de operar la máquina. Repare todos los cables eléctricos deshilachados antes de operar la máquina.



- 4- Mantenga todos los combustibles y lubricantes almacenados en recipientes marcados de manera apropiada, fuera de alcance de personas no autorizadas. Guarde todos los trapos aceitosos y demás material inflamable en un recipiente de protección.
- 5- No suelde ni corte con soplete tuberías o tubos que contengan fluidos inflamables. Limpie completamente las tuberías o tubos con un disolvente no inflamable antes de soldarlos o cortarlos con soplete.
Saque todo material inflamable (combustible, aceite, basura, etc.) antes de que éstos se acumulen en la máquina.
- 6- No exponga la máquina a llamas.
- 7- Deben estar correctamente instalados los protectores térmicos que resguardan los componentes calientes del escape contra el rociado de aceite o de combustible en caso de que se rompa una tubería, tubo o sello.

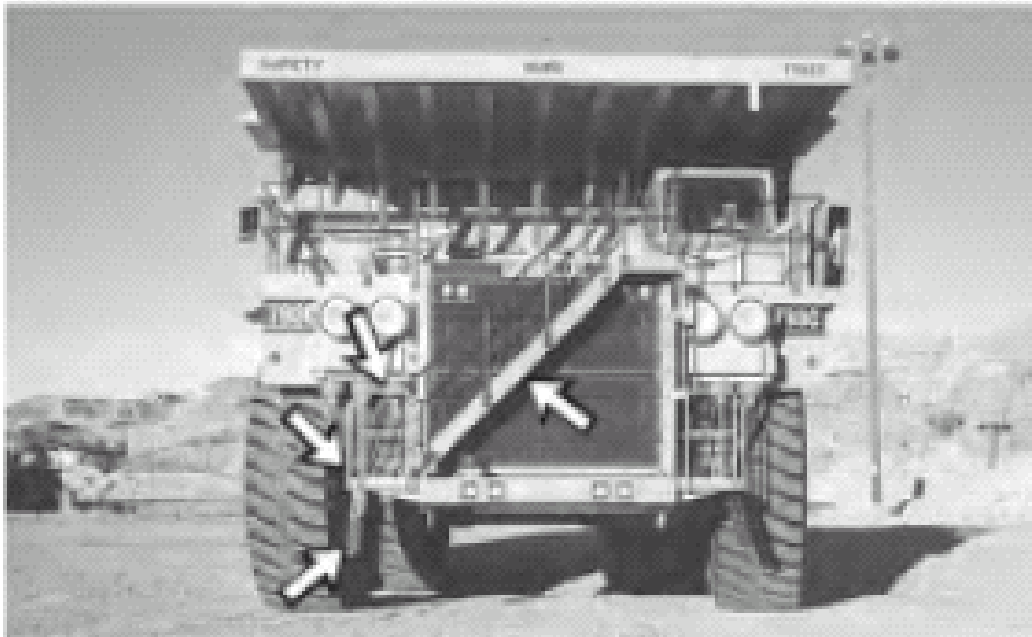
d) Éter

- 1- El éter es venenoso e inflamable. Inhalar vapores de éter o el contacto repetido del éter con la piel puede causar lesiones personales. Use el éter sólo en lugares bien ventilados.
- 2- No fume mientras reemplaza los cilindros de éter. Use el éter con cuidado para evitar incendios.
- 3- No almacene los cilindros de éter a la luz directa del sol, ni a temperaturas superiores a 40°C (102°F).
- 4- Descarte los cilindros de éter en un lugar aprobado. No perforo los cilindros de éter. No queme los cilindros de éter.
- 5- Mantenga los cilindros de éter fuera del alcance de personas no autorizadas.

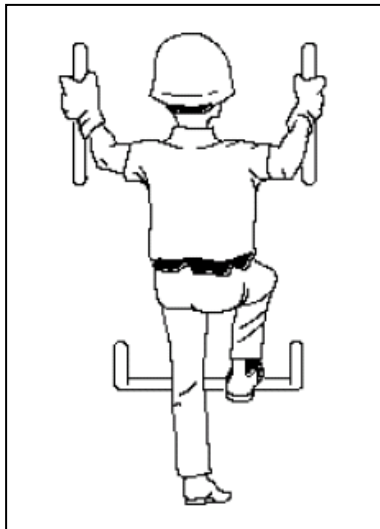
e) Tuberías, tubos y mangueras

- 1- No doble tuberías de alta presión. No golpee tuberías de alta presión. No instale tuberías, tubos o mangueras dobladas. No instale tuberías, tubos o mangueras dañadas.
- 2- Repare las tuberías, tubos y mangueras flojas. Repare las tuberías, tubos y mangueras dañadas. Las fugas pueden causar incendios.
- 3- Inspeccione con cuidado las tuberías, tubos y mangueras. No busque fugas con la mano. Use una tabla o un cartón para ver si hay fugas. Vea detalles sobre la penetración de fluidos en el Manual de Operación y Mantenimiento, "Información general sobre peligros".
- 4- Apriete todas las conexiones al par de apriete recomendado.
- 5- Reemplace las piezas si encuentra cualesquiera de lo siguiente:
 - Conectores de extremo dañados, con fugas o desplazados.
 - Capa exterior raída o cortada.
 - Alambre de refuerzo al descubierto.
 - Hinchazones de la capa exterior.
 - Indicios de retorcimiento o aplastamiento de la parte flexible de la manguera.
 - Alambrado de refuerzo incrustado en la capa exterior.
- 6- Cerciórese de que todas las abrazaderas, protectores y guardas térmicas estén instalados correctamente para evitar vibraciones, fricción con otras piezas y recalentamiento durante la operación.

f) Subida y bajada de la Máquina



Suba a la máquina solamente por los lugares que tengan escalones y asideros. Baje de la máquina solamente por los lugares que tengan escalones y asideros. Antes de subirse a la máquina, limpie los peldaños y los pasamanos. Inspeccione los escalones y asideros. Haga todas las reparaciones que sean necesarias.



Enfrente la máquina cuando se suba a la máquina o baje de ella. Mantenga un contacto de tres puntos con los escalones y los asideros.

Nota: Tres puntos de contacto pueden ser dos pies y una mano. Tres puntos de contacto también pueden ser dos manos y un pie.



No se suba a una máquina en movimiento. No se baje de una máquina en movimiento. Nunca salte de una máquina en movimiento.

No trate de subirse a la máquina llevando herramientas o pertrechos.

No trate de bajarse de la máquina llevando herramientas o pertrechos. Use una cuerda para izar el equipo a la plataforma.

No use los controles como asideros al entrar o salir del compartimiento del operador.

El cumplimiento de estas normas y otras referentes a algún trabajo específico a realizar nos ayudan a evitar daños personales y a los equipos a los que le damos servicio.

Estas normas se hallan en el Manual de Operación y Mantenimiento.