



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO**

**ESPE – LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADO**

---

**CONSTRUCCION DE HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS PARA LA  
CALIBRACION Y REPARACION DE BOMBAS DE INYECCIÓN EN  
V (CATERPILLAR)**

---

**REALIZADO POR:  
JUAN PABLO CRIOLLO P.**

**LATACUNGA - ECUADOR**

**NOVIEMBRE - 2004**

## **CERTIFICADO**

**Certificamos que el presente proyecto fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Juan Pablo Criollo P. Bajo nuestra dirección.**

### **DIRECTOR**

---

**Ing. Luis Mena**

### **CODIRECTOR**

---

**Ing. Germán Erazo.**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud a la Escuela Politécnica del Ejercito, porque de sus aulas llevo los conocimientos y gratos recuerdos que jamás olvidare especialmente, el reconocimiento imperecedero a mis profesores, quienes con tesón y confianza contribuyeron a que obtenga este titulo, que me comprometo llevarlo con dignidad.

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos

Que fueron siempre el pilar importante dentro de la culminación de mi etapa estudiantil, con su apoyo incondicional y sus palabras de aliento, en aquellas situaciones difíciles y me han capacitado para poner mis conocimientos al servicio de la comunidad y al de mi país.

## I.- INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de las herramientas para el armado, desarmado y calibración de las bombas de inyección en V, CATERPILLAR, se tuvo que realizar la investigación de los laboratorios de equipos de inyección especializados, que dan servicio a todos los sistemas diesel, con la ayuda de la empresa privada se ha facilitado la información teórica básica como practica, en lo referente al desmontaje, reparación, calibración, armado de estas.

Para cumplir con los objetivos del presente proyecto es necesario la construcción de herramientas especiales, para el desramado, armado y calibración; como son: una copa estriada para aflojar las tuercas racores, un perno extractor del manguito impulsor ahusado, perno traba del árbol de levas, un perno y arandela para colocar el manguito impulsor ahusado, bases para la calibración, un acople para la fijación de la bomba al banco de pruebas, una espiga para la sincronización de la bomba al motor.

Con estas herramientas se puede realizar prácticas en el laboratorio, pruebas de calibración, dependiendo de la carga, sin olvidar que para dichos trabajos de comprobación se añadirán tablas, las mismas que permitirán conocer los parámetros de medición de este tipo de bombas de inyección.

En esta tesis se ha intentado describir y analizar lo mas profundo posible cada parte del sistema de inyección CATERPILLAR, de manera que sirva a otros estudiantes e incluso profesionales como un libro de consulta relacionado con bombas de inyección.

El capitulo I, trata las razones por las que se están realizando este proyecto, tomando en cuenta también los objetivos que debemos cumplir al momento de realizar el proyecto.

El capitulo II, muestra lo que son los sistemas de inyección CATERPILLAR, las partes, funcionamiento de cada uno de estos.

El capitulo III, indica los componentes adicionales de la bomba de inyección CATERPILLAR, como son: el regulador y su funcionamiento a distintos niveles de funcionamiento del motor, el amortiguador de cierre del regulador, la bomba de transferencia, la unidad mecánica de avance automático a la inyección.

El capitulo IV, se centra en lo que es la construcción de acoples y herramientas especiales para el banco de pruebas y la bomba de inyección CATERPILLAR en V.

El capítulo V, da a conocer las operaciones de reparación de la bomba V-8 CATERPILLAR, es decir como se debe realizar el desarmado, armado y las inspecciones a la bomba antes que ingrese a la reparación de sus componentes.

El capítulo VI, se dirige a lo que son los requerimientos, las precauciones y el funcionamiento del banco de pruebas, así como los pasos que se debe seguir para la aprobación, y que se debe calibrar en estos tipos de bombas de inyección; también como se debe realizar la sincronización con respecto al primer cilindro del motor.

El capítulo VII, está dedicado a lo que son los ajustes que se realizan cuando la bomba de inyección se encuentra montado en el motor, antes que este se ponga en funcionamiento, ya que esto se debe tener muy en cuenta, y de esto dependerá que el motor se encienda.

## **II.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- ANTECEDENTES**

La formación profesional que se ha impartido en la Carrera de Ingeniería Automotriz se ve reflejado en las nuevas innovaciones en el campo de mantenimiento de las distintas marcas de motores diesel existentes en el medio, y para el respectivo aprendizaje de los estudiantes en el área de Motores Diesel y el respectivo sistema de alimentación y debido a que la institución no cuenta con el equipo necesario para el armado, desarmado y calibración de estos tipos de bombas de inyección.

En el país existen algunas marcas de vehículos pesados que utilizan este tipo de bombas de inyección en V "CATERPILLAR", para dar movimiento a estos vehículos, con lo que se consigue obtener un máximo de torque y potencia. Con este proyecto lo que se desea conseguir es, que los estudiantes tengan un entrenamiento en lo que se respecta al armado, desarmado y calibración de este tipo de bombas para que en lo posterior se complemente con los fundamentos teóricos impartidos en las aulas.

Con el proyecto se busca mejorar el aprendizaje de los estudiantes ampliando así el conocimiento de todos y cada uno de ellos a lo que se respecta a este tipo de bombas.

### **1.2.- JUSTIFICACION**

Debido a la falta de materiales didácticos el estudiante se encuentra con algunas incógnitas respecto al funcionamiento de sus elementos internos, herramientas para el armado y desarmado, y calibración de la bomba de inyección CATERPILLAR y con la construcción de estas



herramientas para este tipo de bombas, el alumno podrá realizar prácticas en el laboratorio para familiarizarse con este tipo de bombas.

Debido a esta razón es que se ha visto en la necesidad de adentrarnos en el estudio de este tipo de bombas no solo en las partes que la componen sino que también en el diseño de las herramientas para su armado, desarmado, fijación y acople de la bomba para su posterior calibración en el banco de pruebas

### **1.3.- OBJETIVOS**

#### **General:**

- ❖ Desarrollar la construcción de herramientas y accesorios para la calibración y reparación de bombas de inyección en V “CATERPILLAR”, con el fin de que el estudiante pueda familiarizarse y realizar practicas en este tipo de bombas.

#### **Específicos:**

- ❖ Realizar el estudio del sistema de inyección CATERPILLAR.
- ❖ Explicar la operación de un elemento de bombeo con medición por manguito usado en estas bombas.
- ❖ Mencionar y explicar de dos partes componentes de la bomba con medición por manguito.
- ❖ Aplicar todo el conocimiento impartido durante toda la carrera.
- ❖ Contribuir para el aprendizaje de los estudiantes en lo que se respecta al armado, desarmado y calibración de este tipo de bombas.
- ❖ Permitir que estas herramientas especiales sean el complemento a los ya existentes en el laboratorio de Motores Diesel.

### III.- BOMBA DE INYECCIÓN V-8 CATERPILLAR

#### 2.1.- DESCRIPCIÓN

Caterpillar es uno de los pocos fabricantes de motores que producen sus propias bombas para inyección de combustible. Estas se utilizan en los motores Caterpillar y no se suministran para ningún otro uso.

Las primeras bombas de inyección Caterpillar, designadas como bombas de cuerpo forjado, fueron las únicas usadas por esta marca durante muchos años. Utilizaban el método común de control de combustible por lumbrera y hélice (caracol) y, en muchos aspectos, eran semejantes a otras bombas en línea de aquel tiempo.

Las bombas Caterpillar recientes son una versión mejorada y modernizada de las viejas bombas de cuerpo forjado. Estas bombas se las conoce como de alojamiento compacto. Utilizan el mismo sistema de control por lumbrera y hélice (caracol) que las antiguas, pero cuentan con un regulador hidráulico Woodward, con un regulador hidromecánico, un control de la relación aire-combustible (aneroide) y con una unidad de sincronización variable. El alojamiento compacto se ofrece también para motores en línea o en V.

La bomba más reciente utilizada en los motores Caterpillar es el sistema New Scroll. Es muy semejante en diseño al de las bombas de alojamiento compacto y utiliza el sistema de lumbrera y hélice. Se construye, sin embargo, mucho más resistente. Es posible utilizar en ella presiones sumamente altas, hasta de 15000 PSI, debido a la resistencia del árbol de levas y de otras partes, lo que permite a la bomba cumplir los requisitos de emisión sin sacrificar potencia o economía de combustible.

La bomba de inyección Caterpillar se encuentra montada en los vehículos de gran tamaño como son algunos camiones pesados, este consta de ocho elementos de bombeo ubicados en dos bloques en V, con un solo árbol de levas es capaz de hacer trabajar a los ocho elementos en dos vueltas del cigüeñal y dependiendo su orden de inyección, inyectará en cada cilindro siguiendo este orden, y mediante esto el motor podrá realizar su ciclo de trabajo.

Todas las bombas Caterpillar independientemente de su tipo (de caracol, de medición por manguito), utilizan un solo elemento de bombeo por cilindro. Todas las bombas utilizadas en los motores de cuatro o de seis cilindros son bombas en línea. Las bombas para los motores V-8, tales como el 3208 y el 3408, usan la configuración en V.

Los principios aplicados en los sistemas de combustible Caterpillar son muy semejantes a los de otros sistemas, tales como el Bosch. Las bombas Caterpillar han sido diseñadas para trabajar con un mínimo de equipo y de herramientas especiales. La calibración de la bomba de inyección se hace en el mismo motor, en contraste con otros sistemas, cuyas bombas requieren ser calibradas en el banco de pruebas.

La función de la bomba de inyección en el sistema es elevar la baja presión de la bomba de transferencia en alta presión en el momento en que el pistón se encuentre realizando la carrera de compresión, esta presión de inyección debe poder vencer la alta presión de compresión del pistón, este tipo de bombas no poseen lubricación por parte del motor sino que todos los componentes internos de la bomba se encuentran lubricados con el mismo diesel que se encuentra circulando en su interior.

El tipo de bomba que va a ser objeto de nuestro estudio es el denominado "Bomba de inyección con dosificación o medición por manguito". Esta bomba, utiliza el principio de medición de combustible

semejante al de las bombas United Technologies PSJ y 100; sin embargo, en la versión Caterpillar, cada cilindro tiene su propio émbolo y camisa, los que a su vez están controlados por un regulador mecánico.

## 2.2.- CONSTITUCION DE LA BOMBA DE INYECCIÓN

La bomba de inyección V-8 Caterpillar se encuentra compuesta por diferentes partes los cuales se encuentran colocados en el interior de un cuerpo o armadura de hierro fundido con aleaciones. Estos componentes de detallan a continuación en la figura 2.1:



Fig. 2.1.- Constitución de la bomba de inyección CATERPILLAR

1. Coraza o cuerpo de la bomba.
2. Árbol de levas.
3. Soporte y contrapesos del regulador.
4. Collar de empuje.
5. Resorte de exceso de combustible.
6. Asiento del resorte.
7. Resortes del regulador.
8. Resorte del amortiguador de cierre.
9. Pistón del amortiguador de cierre.
10. Palanca en el eje del regulador.
11. Palanca de control.
12. Cubierta del regulador.
13. Pasador de tope de carga.
14. Palanca de tope de carga.
15. Tapa de la bomba.
16. Palanca de manguito de dosificación.
17. Eje de control del manguito.
18. Cubierta metálica de los contrapesos.
19. Engrane de impulsión de la bomba de transferencia.
20. Bomba de transferencia de combustible.
21. Conjunto elemento.
22. Propulsores o impulsores de rodillo.
23. Horquilla de empuje.
24. Manguito ahusado.
25. Limitador de velocidad del regulador.
26. Cubierta y regulación del tope del acelerador.
27. Válvula de ingreso de combustible.

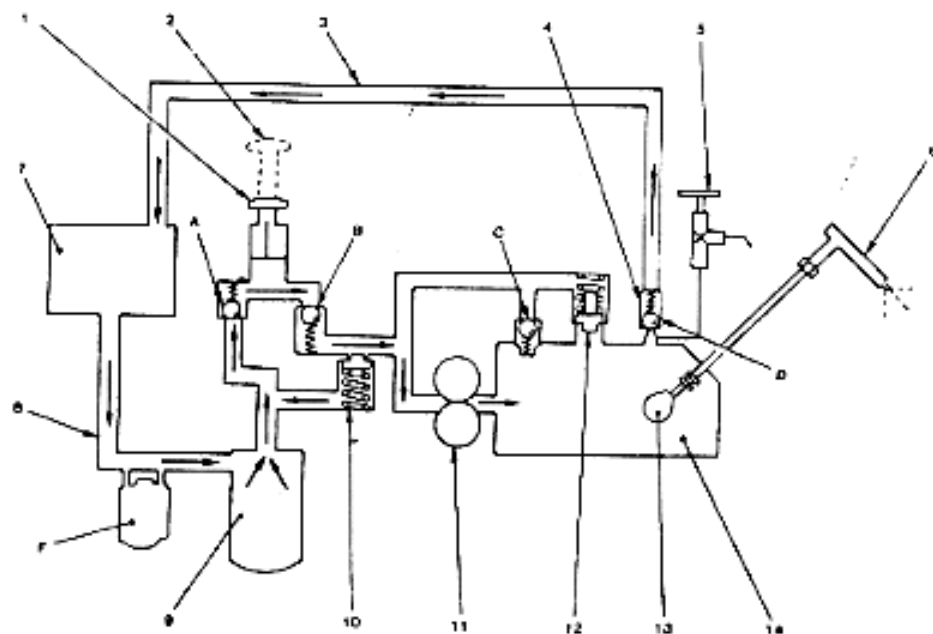
### **2.3.- CIRCUITO DE COMBUSTIBLE**

Los sistemas de combustible utilizados en los motores Caterpillar funcionan en forma similar a otros sistemas que tienen bombas de

inyección en línea. Sin embargo los sistemas Caterpillar tienen sus propias características para la bomba de inyección, inyector y regulador.

Existen dos tipos dentro de este sistema de inyección: el sistema de dosificación por manguito y el sistema de dosificación con espiral (ranura helicoidal). Su nombre proviene del tipo de dosificación en la bomba de inyección. Ambos sistemas son de alta presión, es decir los inyectores funcionan con el combustible a presión que viene de la bomba.

En la figura 2.2. se muestra un diagrama del sistema de dosificación con manguito y los números de referencia señalan las diversas piezas. El flujo de combustible se indica con las flechas. El sistema funciona como sigue:



- 1 Bomba de cebado (cerrada), 2 Bomba de cebado (abierto), 3 tubo de retorno, 4 válvula de purga constante, 5 purga manual, 6 inyector, 7 tanque de combustible, 8 tubo para combustible, 9 filtro, 10 válvula de derivación, 11 bomba de transferencia, 12 válvula de derivación, 13 leva, 14 cubierta de bomba de inyección, A, B, C Y D válvulas de retención, F separador de agua.

**Fig. 2.2.-** Diagrama del sistema de combustible con dosificador por manguito

Con el motor en marcha, la bomba de transferencia 11), que es de tipo engranes, toma el combustible del tanque 7) y lo entrega a la bomba de inyección 14). El combustible que sale del tanque pasa primero por el separador F) de agua y el filtro 9), antes de llegar a la bomba de transferencia 11); desde ésta, el combustible a presión llena la cubierta de la bomba de inyección. La presión de combustible con plena carga es de alrededor de 200 kPa.

Si la presión de combustible dentro de la cubierta es demasiado alta, se abrirá la válvula de derivación 12), para retornar parte del combustible al lado de entrada de la bomba de transferencia para reducir la presión de la cubierta de la bomba de inyección.

La bomba de inyección consta de una cubierta con un elemento de bombeo separado para cada cilindro, accionado por el árbol de levas de la bomba. En el diagrama solo se ilustran una leva 13), y un elemento de bombeo, que funcionan, en la forma usual para entregar una cantidad dosificada (medida) de combustible a alta presión al inyector 6) y este lo atomiza en la cámara de combustión.

La válvula 4) de retorno constante sirve para expulsar el aire (purgar) el sistema por que deja que el combustible retorne por el tubo 3) de retorno al tanque 7). Este flujo de combustible purga el aire de la bomba de inyección y ayuda a enfriarla.

La válvula de retención D) restringe el flujo hasta que la presión dentro de la cubierta es de unos 20 kPa. Algunos sistemas también tienen un tubo de retorno de combustible en la parte superior de los inyectores para llevar la pequeña cantidad de combustible que sale de ellos hasta el tanque.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> ED MAY, Motores Diesel, tomo II – Editorial Limusa.

## **CEBADO MANUAL**

El sistema tiene una bomba de cebado 1) manual para llenarlo con combustible y purgar el aire. Durante el cebado manual, el flujo de combustible es como sigue.

Cuando se tira (jala) de la palanca de la bomba de cebado 1) la presión negativa en ella hace que abra la válvula de retención A) y que la bomba succione el combustible del tanque 7) por el tubo 8) de entrada. Al empujar la palanca de la bomba, se cierra la válvula de retención A) y se abre la válvula de retención B). Si el sistema está seco, entonces primero pasará aire, luego aire y combustible y después solo combustible por la válvula de retención B) a la cubierta 14) de la bomba de inyección.

Con esto se pasa a un lado de la bomba de transferencia de combustible 11) al levantarse la válvula de retención C) de modo que pueda entrar a la cubierta de la bomba de inyección.

Cuando se sigue accionando la bomba de cebado, tomará combustible del tanque hasta que los tubos de combustible, el separador F) de agua, el filtro 9) y la cubierta 14) de la bomba de inyección estén llenos. Hay que abrir con la mano la válvula 5) para purgar el sistema. Se acciona la válvula de cebado con esa válvula abierta hasta que el flujo de combustible esté libre de burbujas. Si la presión del combustible sube a más de 140 kPa cuando se acciona la bomba de cebado, se abrirá la válvula 10) de derivación para que el combustible retorne a la entrada de la bomba de cebado.

El accionamiento de la bomba de cebado, además de cebar y purgar el sistema para tener combustible para el arranque, todas piezas móviles del sistema reciben el combustible que las lubrica antes de tratar de poner en marcha el motor. El fabricante recomienda lo siguiente.

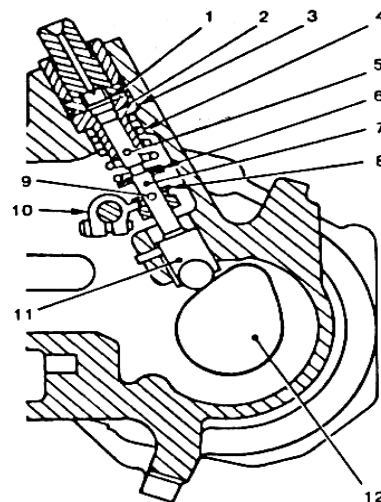


**Precaución:** El combustible Diesel es el único lubricante para las piezas móviles de la bomba de transferencia, en la cubierta de la bomba de inyección y en el gobernador. La cubierta de la bomba de inyección y en el gobernador. La cubierta de la bomba de inyección debe estar llena con combustible antes de hacer girar su árbol de levas.

## 2.4.- FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE BOMBEO

En la figura 2.3 se ilustra una sección de una bomba. Las partes móviles principales son: el árbol de levas 12), el propulsor 11), el embolo 7) y el barril 3). Cuando gira el árbol de levas mueve el embolo hacia arriba o abajo en el barril para enviar cantidades dosificadas de combustible por la válvula de retención 1) y la conexión en la parte superior de la bomba hasta los inyectores. El resorte 4) y el reten 6) mantienen el embolo contra el propulsor.

El combustible bombeado a los inyectores se dosifica por la posición del manguito dosificador 8), al cual puede mover hacia arriba o abajo la palanca 10) de control de manguito para variar la cantidad de combustible entregada por el émbolo 7).



*Sección de una bomba de combustible con dosificación por manguito: 1 válvula de retención, 2 cámara, 3 barril, 4 resorte, 5 entrada de combustible, 6 reten, 7 embolo, 8 manguito, 9 orificio de retorno, 10 palanca de control del manguito, 11 propulsor de rodillo, 12 árbol de levas*

**Fig. 2.3.-** Funcionamiento de los elementos de bombeo.

## 2.5.- OPERACIÓN DE LA BOMBA PRINCIPAL

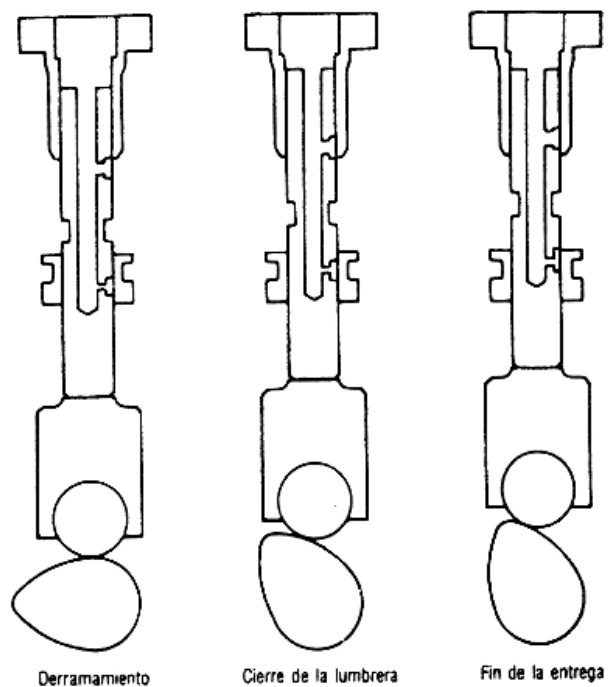
El combustible fluye desde el tanque principal a los filtros de combustible y posteriormente a la bomba de transferencia, que se encuentra localizada frente a la bomba principal (figura 2.4).



**Fig. 2.4.-** Bomba de transferencia.

Desde la bomba de transferencia fluye el combustible hacia la bomba principal aumentando su presión de 30 lb. /pulg<sup>2</sup> (2.1 Kg./cm<sup>2</sup>). La bomba de medición por manguito difiere también de otras bombas Caterpillar en que no se utiliza aceite para la lubricación del árbol de levas, los impulsores de rodillos y partes relacionadas. Todas estas partes, así como los émbolos y camisas, son lubricados con combustible diesel.

Por lo que todas las partes internas de la bomba siempre se encuentran sumergidas en combustible Diesel. A medida que el combustible pasa a los émbolos, entra a los mismos y llena el área sobre ellos (figura 2.5).



**Fig. 2.5.-** Embolo en el punto muerto inferior: el barril se va llenando de combustible

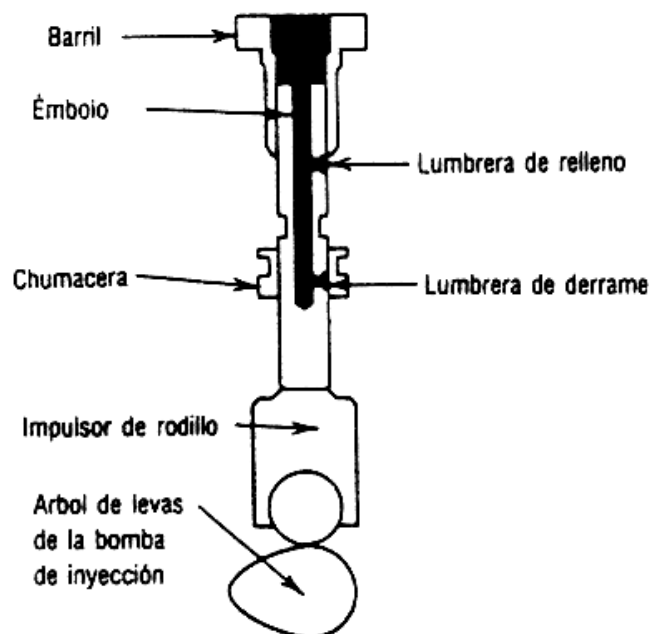
La inyección empezará cuando el árbol de levas suba a los émbolos de bombeo lo bastante como para cerrar la lumbrera de llenado. A partir de este momento, no entra más combustible al área sobre el embolo y el combustible es empujado hacia arriba, abriéndola válvula de entrega , para ser inyectado en el cilindro del motor.

Observe que ahora no solo estará cerrado la lumbrera de llenado, sino también la lumbrera de rebose. Si cuenta con un manguito de precisión ajustada al embolo y conectada al regulador. Mientras este manguito cubre a la lumbrera de rebose, se inyectará combustible.

Cuando el embolo se haya movido lo bastante hacia arriba, la lumbrera de rebose se moverá hacia arriba del manguito de control y todo el combustible a alta presión será rociado hacia el alojamiento. Esto es la abertura de la lumbrera y el final de la inyección. Es por medio del

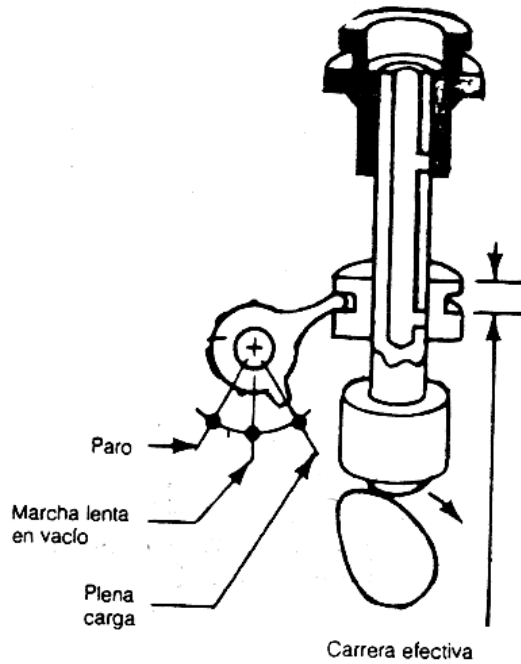
movimiento del manguito de control como se cambia la cantidad de combustible inyectado por carrera.

1. **Arranque.** En la posición de arranque (figura 2.6), el manguito de control se moverá a una posición fuera del PMI. Aquí se inyectará combustible durante un periodo lo mas largo posible antes de descubrir a la lumbrera de rebose. Se trata así de la entrega máxima.



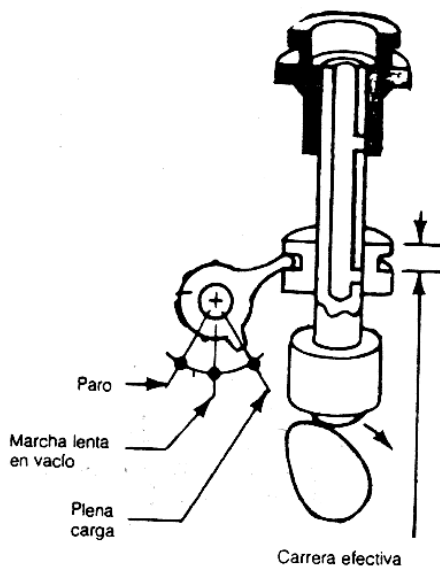
**Fig. 2.6.-** Posición de arranque. El manguito está a la mayor distancia del punto muerto inferior

2. **Marcha en vacío baja.** Cuando se opera en marcha en vacío baja, el manguito de control estará en una posición cercana al PMI. Con el manguito en esta posición, la carrera de inyección del embolo es muy corta antes de que se descubra a la lumbrera de rebose y cese la inyección. (Figura 2.7).



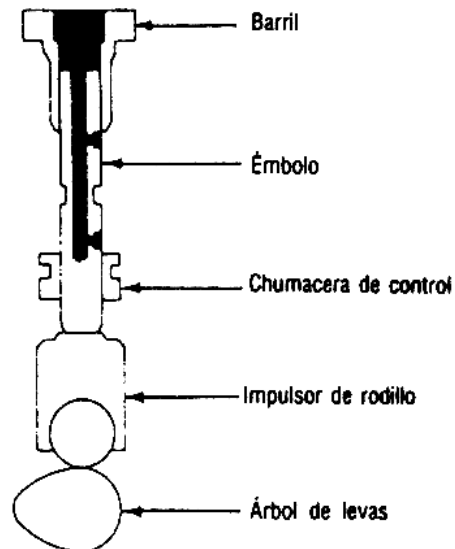
**Fig. 2.7.-** Marcha en vacío baja

3. **Carga plena.** A la entrega de carga plena (y en otras entregas en marcha en vacío alta y baja ), el manguito de control se mueve a una posición más alejada del PMI, pero no tanto como en la posición de arranque (figura 2.8). Aquí la inyección continúa durante un periodo más largo que en marcha en vacío baja. Así se logra un aumento en la entrega.



**Fig. 2.8.-** Plena carga

4. **Corte.** Cuando la palanca de control se mueve a la posición de corte (figura 2.9), el manguito de control está en su posición más baja. Al moverse el embolo hacia arriba, la lumbrera de rebose ya se ha descubierto y no se produce inyección.



**Fig. 2.9.-** Posición de corte. El manguito de control cerca del punto muerto inferior.

## 2.6.- DOSIFICACIÓN

La cantidad de combustible inyectado se controla con la posición del manguito en el embolo, lo cual determina cuando cesa la inyección y, por ende, la cantidad inyectada. La inyección siempre empieza en el mismo momento es decir, cuando está cerrado el orificio de entrada, y cesa cuando se abre el orificio de retorno. El operador por medio de sus controles, o el, puede variar lo anterior cuando hacen que el manguito de dosificación se mueva hacia arriba o abajo.

Cuando el manguito está tan abajo en el embolo que el retorno de combustible permanece abierto durante toda la carrera, no se producirá presión y no se inyectará combustible. Esta es la posición de corte de combustible del manguito.

Cuando se mueve el manguito hacia arriba en el embolo, se cerrará el retorno de combustible durante una parte de la carrera y se producirá presión para inyección. Esta es la posición de paso de combustible.

Al mover el manguito hacia arriba aumentará la cantidad de combustible inyectado; al moverlo hacia abajo se reducirá. Si se lo mueve hacia abajo lo suficiente, no habrá inyección y se parará el motor. Mediante la conexión entre el manguito de dosificación y el , se controla el motor. El operador a su vez puede con sus controles variar la fuerza del resorte del al mover el pedal o palanca del acelerador y con ello controla el funcionamiento del motor.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> ED MAY, Motores Diesel, tomo II – Editorial Limusa.

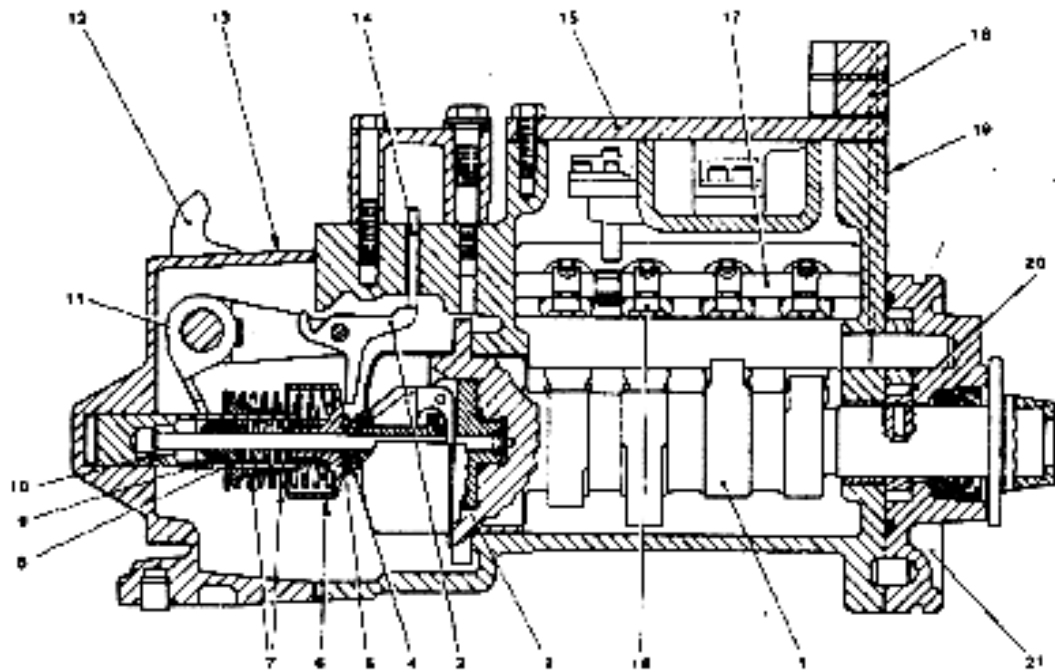
### **III.- COMPONENTES ADICIONALES DE LA BOMBA DE INYECCIÓN V-8** **CATERPILLAR**

#### **3.1.- REGULADOR DE VELOCIDAD**

En la figura 3.1 aparece un corte de la bomba de inyección completa para un motor en V. El árbol de levas se impulsa desde el extremo delantero (lado derecho de la ilustración). El regulador que está montado en la parte trasera de la bomba e impulsado por su árbol de levas. El soporte para los contrapesos está atornillado al extremo de árbol de levas y aquellos giran junto con el árbol.

En la ilustración aparecen las piezas principales de la bomba y el regulador. Se ilustra en la cubierta de la bomba, el eje 17) de control de manguito con las palancas 16) para los manguitos conectados al mismo, pero solo se puede ver la parte inferior de los elementos de bombeo. Los engranes para la bomba de transferencia se ilustran en sección en el extremo delantero de la bomba.





1 árbol de levas, 2 soporte y contrapesos del regulador, 3 palanca de tope de carga, 4 collar de empuje, 5 resorte de exceso de combustible, 6 asiento del resorte, 7 resortes del regulador, 8 resorte del amortiguador de cierre, 9 pistón del amortiguador de cierre, 10 orificio del amortiguador de cierre, 11 palanca en el eje del regulador, 12 palanca de control, 13 cubierta del regulador, 14 pasador de tope de carga, 15 tapa de la bomba, 16 palanca de manguito de dosificación, 17 eje de control de manguito, 18 conducto internote combustible, 19 cubierta de la bomba de inyección, 20 engrane de impulsión de la bomba de transferencia, 21 bomba de transferencia de combustible.

**Fig. 3.1.-** Corte de una bomba de dosificación por manguito y regulador para un motor en V

El regulador es mecánico y sus piezas funcionales principales son los dos contrapesos 2), el collar o collarín de empuje 4) y los resortes 7) del regulador; hay dos de estos. El principio de funcionamiento es similar al de los otros reguladores mecánicos porque los contrapesos en rotación debido a la fuerza centrífuga, aplican fuerza en un sentido contra el collar de empuje 4) y los resortes del regulador aplican fuerza en sentido opuesto.

Con el balanceo de estas fuerzas se obtiene la acción del regulador. El varillaje movido por el regulador, está conectado entre el collar de empuje y el eje 17) de control de manguito en la cubierta de la bomba. La acción del regulador puede girar el eje de modo que las palancas 16) de

manguito muevan a estos hacia arriba y abajo en los émbolos de la bomba para controlar la cantidad de combustible que entregan a los inyectores.

### **3.2.- FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR**

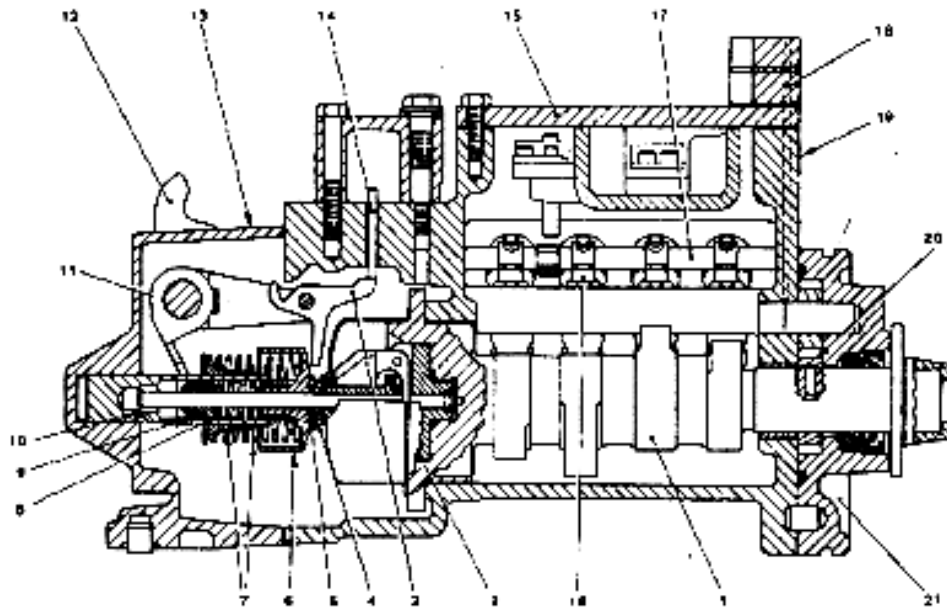
En las bombas de medición por manguito se utiliza un regulador mecánico. Algunos modelos utilizan también un amortiguador hidráulico para eliminar los saltos del regulador. Al aumentar la velocidad del motor, los contrapesos vuelan hacia fuera y mueven el manguito de empuje. Este movimiento lineal se transfiere en un movimiento giratorio para mover los manguitos de control de la bomba de combustible por medio de una articulación y una junta de bola y dado. Entonces los manguitos se mueven a una posición en que dan menos combustible. La velocidad del motor disminuye. Los contrapesos se repliegan ligeramente, provocando que las palancas hagan girar a las chumaceras de control hacia una posición que dé más combustible (separándose del pmi). Así se equilibra la velocidad del motor.

Con referencia a la figura 3.1 la acción del regulador es como sigue. La palanca 12) externa de control está conectada con la palanca interna en el eje 11) del regulador. El collar de empuje 4) que recibe las fuerzas opuestas de los contrapesos y los resortes esta conectado por medio de varillaje con el eje 17) de control de manguitos. Por tanto el movimiento de la palanca externa 12) hará que se mueva el eje 17) de control de manguitos, lo cual ocurre por la acción de la palanca interna 11) que apoya contra los resortes 7) del regulador. Esto mueve al collar de empuje 4) que, a su vez, mueve su varillaje para hacer girar el eje 17) de control de manguitos.

Si se mueve la palanca externa 12) para aumentar la fuerza de los resortes, entonces se hace girar el eje 17) que mueve a los manguitos de

dosificación hacia arriba para aumentar la cantidad de combustible entregada a los inyectores.

Si se coloca el control del regulador en una posición determinada, se mantendrá una determinada velocidad del motor. Cualquier aumento o disminución en las rpm del motor influirá en la fuerza centrífuga que actúa en los contrapesos del regulador y estos cambiarán su posición para mover el varillaje de control y el eje de control de los manguitos para disminuir o aumentar (según el caso) la cantidad de combustible que se inyecta y restaurar la velocidad del motor de acuerdo con la posición del regulador.<sup>3</sup>



1 árbol de levas, 2 soporte y contrapesos del regulador, 3 palanca de tope de carga, 4 collar de empuje, 5 resorte de exceso de combustible, 6 asiento del resorte, 7 resortes del regulador, 8 resorte del amortiguador de cierre, 9 pistón del amortiguador de cierre, 10 orificio del amortiguador de cierre, 11 palanca en el eje del regulador, 12 palanca de control, 13 cubierta del regulador, 14 pasador de tope de carga, 15 tapa de la bomba, 16 palanca de manguito de dosificación, 17 eje de control de manguito, 18 conducto internote combustible, 19 cubierta de la bomba de inyección, 20 engrane de impulsión de la bomba de transferencia, 21 bomba de transferencia de combustible.

**Fig. 3.1.-** Corte de una bomba de dosificación por manguito y regulador para un motor en V.

<sup>3</sup> ED MAY, Motores Diesel, tomo II – Editorial Limusa.

## **A. ARRANQUE DEL MOTOR**

Para el arranque del motor se requiere máximo combustible. La fuerza de resorte 5) de exceso de combustible, que está detrás del collar de empuje 4) es suficiente para empujar a este hacia la derecha.

Esto hace girar el eje de control de los manguitos, los cuales se elevan para entregar máximo combustible en los inyectores para el arranque.

Con el motor a unas 400 rpm, los contrapesos del regulador producen suficiente fuerza para comprimir el resorte 5) entre el collar 4) y el asiento 6) del resorte, con lo cual este ya no actúa una vez que el motor ya está en marcha y funciona con uniformidad. Después la acción del regulador controla la velocidad del motor.

## **B. CARGA MÁXIMA**

El movimiento de la palanca de control hacia la posición de alta velocidad comprime los resortes 7) del regulador, con lo cual se empujará el asiento 6) de resorte contra la palanca 3) de tope de carga máxima. Luego esta palanca hará contacto con el pasador 14) de tope de carga máxima y lo empujará hacia arriba hasta que llegue a su tornillo de tope. El movimiento de la palanca de control también hace girar el eje 17) de control de los manguitos y aumenta la cantidad de combustible inyectado. Cuando el pasador de tope de carga máxima toca con su tornillo de tope, el eje 17) ya no girará más. En estas condiciones, se entrega la máxima cantidad de combustible a los inyectores.

## **C. PARO MOTOR**

Al mover la palanca de control del regulador, con el motor en marcha, a la posición de corte de combustible, se eliminará la fuerza del resorte del regulador, lo cual hace que gire el eje 17) de control de los manguitos y que estos se muevan hacia abajo de modo que solo se inyecte una pequeña cantidad de combustible.

Se utiliza un solenoide de paro del motor que mueve al varillaje una distancia adicional, con lo que los manguitos de dosificación se mueven hacia abajo cierta distancia para que no haya entrega de combustible y se produzca el paro del motor.

### **3.3.- AMORTIGUADOR DE CIERRE DEL REGULADOR**

El regulador tiene un amortiguador de cierre “dashpot” que mantiene constante la velocidad del motor, consta de un pistón 9) pequeño dentro de un cilindro y un resorte que actúa para oponerse al movimiento de los contrapesos del regulador. El pistón se mueve dentro del cilindro que está lleno con combustible y este solo puede entrar o salir por un orificio pequeño 10), con lo cual el combustible amortigua cualquier movimiento del pistón. Esa amortiguación actúa en el regulador para impedir cualquiera de los cambios súbitos en su funcionamiento.

### **3.4.- BOMBA DE TRANSFERENCIA O ELEVADORA**

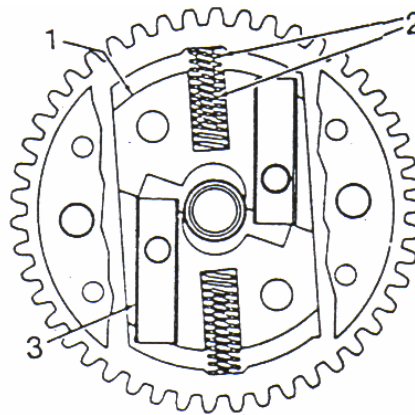
La bomba de inyección Caterpillar utiliza una bomba de engranes tipo externas para suministrar combustible a presión al alojamiento de la bomba. Como la operación de esta bomba es idéntica a la de todas las bombas de engranes externos, no se requiere de una explicación especial.



**Fig. 3.2.-** Bomba de transferencia o elevadora

### **3.5.- UNIDAD MECANICA DE AVANCE DE INYECCIÓN AUTOMÁTICO**

La unidad de avance automático de sincronización se instala al frente del árbol de levas de la bomba de inyección y se mueve por medio de los engranes de sincronización. El engrane motriz de la bomba de inyección de combustible se conecta al árbol de levas de dicha bomba por medio de un sistema de contrapesos, resortes, correderas y una brida (figura 3.4).



1. Contrapesos 2. Muelles 3. Correderas

**Fig. 3.4.-** Conjunto de avance automático.

Cada una de las dos correderas se mantiene en el engrane mediante un perno. Los dos contrapesos se pueden mover a lo largo de las guías dentro de la brida y sobre las correderas, pero la muesca para la corredera en cada contrapeso está a determinado ángulo con la guía de

dicho contrapeso dentro de la brida. Cuando la fuerza centrífuga (rotación) mueve los contrapesos alejándolos del centro, contra los resortes, las guías en la brida y las correderas en el engrane hacen que la brida gire un poco en relación con el engrane. Como el engrane está conectado al árbol de levas de la bomba de inyección de combustible, también se cambia la inyección de combustible. No se puede hacer ajuste alguno a estas unidades de avance automático de inyección.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Frank Thiessen y Davis Dale, Manual de Mecánica Diesel ; Prentice Hall, Hispanoamericana S.A.; Segunda Edición; Tomo III.

## **IV.- CONSTRUCCIÓN DE ACOPLES Y HERRAMIENTAS PARA EL BANCO Y LA BOMBA**

### **4.1.- INTRODUCCIÓN**

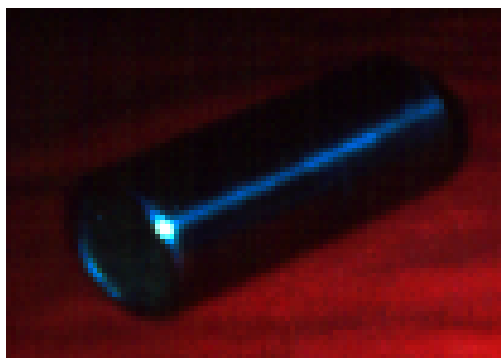
Para la calibración, de este tipo de bombas se ha visto en la necesidad de la fabricación de herramientas y acoples para la utilización del banco de pruebas Bacharach.

La base de este proyecto es la construcción de herramientas especiales para el armado y desarmado de las bombas Caterpillar en V, así como también de accesorios par la utilización del banco de pruebas BACHARACH en estas bombas.

En este capitulo se va a determinar la función para la que van a ser construidos estas herramientas especiales y acoples.

### **4.2.- COPA ESTRIADA PARA LAS TUERCAS RACORES DE IMPULSION**

Nos permite aflojar o ajustar las tuercas racores de impulsión que sostienen a los elementos de bombeo en el alojamiento del conjunto de bombeo.



**Fig. 4.1.-** Copa estriada para tuercas racores



#### **4.3.- PERNO EXTRACTOR DEL MANGUITO IMPULSOR AHUSADO**

Sirve para extraer el manguito impulsor ahusado que se encuentra en la parte delantera de la bomba, y al momento de apretar esta herramienta, se desmontará el manguito.



**Fig. 4.2.-** Perno extractor del manguito ahusado

#### **4.4.- HERRAMIENTA ASEGURADORA DE LA LEVA O TRABA DE LA LEVA**

Nos permite bloquear el movimiento del árbol de levas para que en el momento que se desee realizar fuerza sobre éste, no pueda girar y así podemos extraer los componentes que se encuentren adheridos a éste.



**Fig. 4.3.-** Traba de la leva

#### **4.5.- PERNO Y ARANDELA PARA INSTALAR EL MANGUITO IMPULSOR AHUSADO**

Se utiliza para la colocación del manguito impulsor ahusado cuando estamos realizando el respectivo ensamble de la bomba, esto es introduciendo el perno y la arandela en la rosca interna del árbol de levas, al momento en que se gira el perno el husillo tiende a introducirse éste en el árbol de levas.



**Fig. 4.4.-** Perno y arandela para instalar la brida

#### **4.6.- BASES PARA LA CALIBRACIÓN DE LA BOMBA EN EL BANCO**

Nos sirve para montar la bomba y fijarlo al banco de pruebas y proceder a calibrar en éste.



**Fig. 4.5.-** Base para la calibración de la bomba de inyección

#### 4.7.- ACOPLER PARA LA FIJACION DEL MANDRIL DEL BANCO A LA BOMBA

Nos permite para unir el banco de pruebas con la bomba para así poder dar el movimiento para cuando se vaya a realizar la respectiva calibración en la bomba de inyección.



Fig.4.6.- Acople para la fijación de la bomba

#### 4.8.- LLAVES HEXAGONALES

Nos sirve para desarmar los contrapesos del regulador que se encuentra en la parte trasera de la bomba de inyección este corresponde un hexágono 3/16".

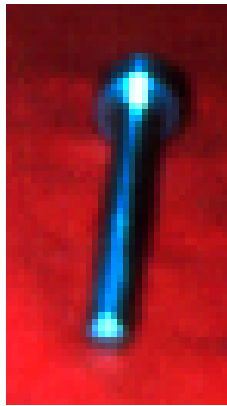
Con otro hexágono con medida de 1/4" se procede a desarmar lo que es la bomba de transferencia en la parte delantera de la bomba de inyección.



Fig. 4.7.- Llaves hexagonales

#### 4.9.- ESPIGA DE SINCRONIZACIÓN DE LA BOMBA

Nos permite verificar la sincronización de la bomba cuando vamos a desmontar la bomba del motor. Este se puede introducir por un agujero para tornillo en la cubierta de la bomba de inyección para que acople con una ranura en el árbol de levas de la bomba: cuando este se encuentra en la posición en que la ranura o muesca alinea con el agujero, lo cual se determina porque el pasador penetra en la muesca, el árbol de la bomba está en la posición correcta si el pistón N° 1 está en PMS en la carrera de compresión.



**Fig. 4.8.-** Espiga de sincronización de la bomba

## **V.- OPERACIONES DE REPARACIÓN DE LA BOMBA V-8**

### **CATERPILLAR**

#### **5.1.- INTRODUCCIÓN**

La calibración y la reparación de las bombas de inyección CATERPILLAR en V, se lo va a realizar utilizando las herramientas especiales y accesorios.

Hay que considerar la limpieza del lugar de trabajo donde estamos efectuando la revisión. Incluso las partículas más pequeñas de polvo abrasivo pueden ocasionar graves daños a la bomba, perjudicar su funcionamiento y acortar considerablemente su vida útil.

Las piezas desarmadas deben protegerse del polvo, suciedad y humedad hasta que se vayan a utilizar para su montaje, para hacerlo con eficacia, debemos sumergirlas en un baño de una mezcla de diesel con gasolina o gasolina con aceite. Deben tomarse precauciones en cuanto a protegerse las manos. En algunos casos se puede obtener la indicación del fabricante en cuanto al líquido que se debe utilizar para la limpieza y protección de las piezas. Se deben seguir las instrucciones que otorgan los fabricantes que se indican en la lista de repuestos.

#### **5.2.- EXAMEN PREVIO DE INSPECCIÓN**

##### **En bombas sin desmontar**

Antes de desarmar para realizar la reparación de la bomba primero debemos realizar pruebas para tener una idea de cual puede ser la posible causa para que el motor falle, ya que si no realizamos estas pruebas preliminares una reparación de estas puede resultar, tanto un gasto de

tiempo como de dinero, y sin embargo la falla seguiría en el motor; es por esta razón que primero debemos comprobar el buen funcionamiento.

Se deben realizar pruebas con la bomba de inyección sin desmontar del motor y verificar de forma visual y luego de esto sabremos entonces si debemos o no desmontarla la bomba del motor para posteriormente ser desarmada.

Si la bomba de inyección ya se encuentra desmontada del motor, en la mayoría de los casos se recomienda realizar pruebas a la bomba en un banco de pruebas. Solo después de esto sabremos si debemos o no realizar el desarmado de la bomba para su respectiva reparación.

Antes de desmontar la bomba del motor se sugiere lo siguiente:

- ❖ Comprobar si están correctamente ajustados el tope de la palanca en el eje del regulador de la bomba. Comprobar si al pisar el pedal, la palanca del acelerador se mueva con facilidad, realizar lo mismo hacia la bomba.
- ❖ En el caso en que el motor no llegue a arrancar primeramente de debe comprobar la presión de compresión del motor a ver si es el correcto y el numero de RPM's al cual el motor debe arrancar, si estos dos parámetros se encuentran en perfecto orden, se deberá buscar el daño directamente en la bomba. Se tiene que comprobar la presión existente en los elementos de la bomba.
- ❖ Si al momento de hacer girar la bomba se encuentra una resistencia en los elementos, esto significa que los elementos de bombeo y los inyectores se encuentran en buen estado. Si es el caso de que no se encuentre resistencia en estos, esto indicaría que no hay hermeticidad

en los elementos; es decir no existe presión en el conjunto de bombeo de la bomba.

- ❖ En algunos casos los fallos imputados a la bomba pueden ser causa de los inyectores, ya puede ser debido a la intromisión de suciedades en el combustible o debido a un deficiente cronograma de mantenimiento preventivo de todo el sistema de alimentación, y es por esto que en los inyectores se pueden producirse un taponamiento en las toberas. Razón por la cual si a los inyectores se les realiza un mantenimiento incorrecto darán como consecuencia, una atomización deficiente, mezcla pobre, combustión escasa y un excesivo humo en el escape, con lo que se acumularían depósitos de carbón y una pérdida de potencia. Para comprobar esto se debería realizar pruebas de pulverización de los inyectores; y si este fuere el caso se recomienda el respectivo cambio de las unidades afectadas.
  
- ❖ Para que los componentes internos de la bomba funcionen adecuadamente se tiene que utilizar combustibles limpios. El combustible diesel que se lo provee son de buena calidad pero por algún motivo ajeno hay la intromisión de suciedades y agua en el depósito de combustible. Para lo cual es necesario la utilización de trampas de agua y la disposición de filtros de combustible originales de marca, y de acuerdo a un tiempo determinado por el fabricante o de acuerdo a un cronograma de mantenimiento. Si no se pone atención a lo que es cambio de filtros estos tenderían a taponarse y por ende este podría convertirse en un fallo en el sistema de alimentación de combustible.
  
- ❖ Comprobamos el funcionamiento tanto de la bomba como de los inyectores esto es aflojando uno por uno las salidas de la bomba hacia los inyectores y de la misma manera las cañerías de llegada hacia los inyectores, entonces se verificará cual de los cilindros es el que se

encuentra con un funcionamiento anormal o en la mayoría de los casos cual de estos es el que no esta realizando su trabajo normal.

### **Examen preliminar en bombas desmontadas**

- ❖ Antes de que la bomba sea montada en el banco de pruebas se la debe limpiar exteriormente de las suciedades cuando se las desmonta del motor y lavarlas con una mezcla de diesel y gasolina, para que el banco de pruebas no se ensucie; luego de esto se montará al banco.
- ❖ Se debe comprobar presiones de los elementos de bombeo, caudales de suministro, según las hojas de especificaciones técnicas de la bomba, estos valores serán registrados en la orden de trabajo para que en lo posterior se lo pueda indicar al cliente, y para que según esto el cliente decida si se lo repara o no.
- ❖ Se desmontará la bomba del banco de pruebas. Con esto se ha demostrado que realizando pruebas en motor y en el banco de pruebas; que a la bomba de inyección se debe realizar un desarmado.

## **5.3.- DESARMADO DE LA BOMBA**

### **A. PREPARACIÓN DE LA HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS PARA EL DESARMADO**

- ❖ Poner en la mesa de trabajo todas las herramientas especiales para el desarmado de la bomba conjuntamente con una bandeja. La mesa deberá tener un tornillo de banco para poder sujetar a la bomba a este y poder desarmarlo.



- ❖ Se deberá tener un tablero o contenedor con sus respectivas divisiones para lo que son los elementos y demás piezas que componen la bomba.
- ❖ Antes de proceder al desarmado, se lo deberá realizar una limpieza externa de la bomba. Para lo cual se tiene que taponar los orificios tanto de combustible como de aceite existentes en la bomba. Limpiar exteriormente la bomba, ya puede ser, con gasolina o con diesel, para luego secarla con aire a presión.
- ❖ Dejar preparado todo lo concerniente para el desarmado de la bomba en una mesa de trabajo completamente limpia. Si no se cuenta con el accesorio de desensamble correcto, construya uno para sujetar con seguridad a la bomba en el tornillo de banco.

## **B. DESMONTAJE DE LA CUBIERTA O TAPA DE LA BOMBA**

- ❖ Retire la cubierta superior de la bomba, quitando también el empaque de éste y purgue el combustible. (figura 5.1).



**Fig. 5.1.-** Desmontaje de la cubierta o tapa

### C. DESMONTAJE DEL LIMITADOR DE VELOCIDAD DEL REGULADOR

- ❖ Retire la cubierta aflojando los pernos y quite el limitador de velocidad del regulador aflojando los pernos hexagonales (figura 5.2).



**Fig. 5.2.-** Desmontaje del limitador de velocidad del regulador

- ❖ También quitar la cubierta del perno de regulación del tope del acelerador (figura 5.3).



**Fig. 5.3.-** Desmontaje de la regulación del tope del acelerador

#### D. DESMONTAJE DEL REGULADOR MECÁNICO

- ❖ Extraiga los tornillos del alojamiento del regulador.
- ❖ Desmonte la tapa del regulador. (figura 5.4).



**Fig. 5.4.-** Desmontaje de la tapa del regulador

- ❖ Retire el asiento del resorte, resorte del regulador, resorte del amortiguador de cierre (figura 5.5).



**Fig. 5.5.-** Desmontaje de los componentes del regulador

- ❖ Quite el eje y la espiga del regulador sacándolos del alojamiento, retirando también la horquilla y el collar de empuje (figura 5.6).



**Fig. 5.6.-** Desmontaje de la horquilla y el collar de empuje

- ❖ Quite la palanca de tope de carga retirando el seguro en el eje y el pasador de tope de carga (figura 5.7).



**Fig. 5.7.-** Desmontaje de la palanca de tope de carga

- ❖ Una ligera cubierta metálica rodea los contrapesos. Desmóntela ahora (figura 5.8).



**Fig. 5.8.-** Desmontaje de la cubierta metálica de los contrapesos

- ❖ Mantenga fijo el árbol de levas de la bomba y quite los tornillos que sujetan los contrapesos del árbol de levas (figura 5.9).



**Fig. 5.9.-** Desmontaje de los contrapesos del árbol de levas

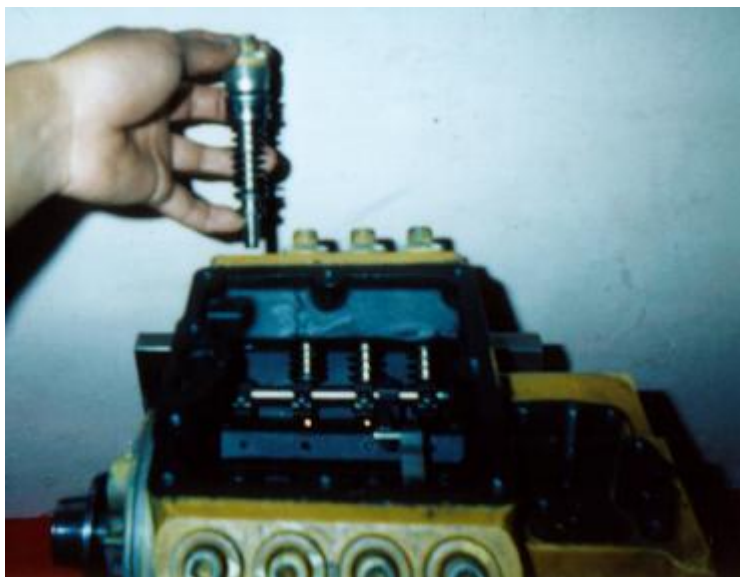
## E. DESMONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE BOMBEO

- ❖ Utilizando la copa especial estriada, afloje y quite los bujes que sostienen a los elementos de bombeo en el alojamiento (figura 5.10).



**Fig. 5.10.-** Desmontaje de los bujes de los elementos

- ❖ Saque hacia arriba el conjunto de la bomba teniendo cuidado de no dejar caer o perder alguna parte (figura 5.11).



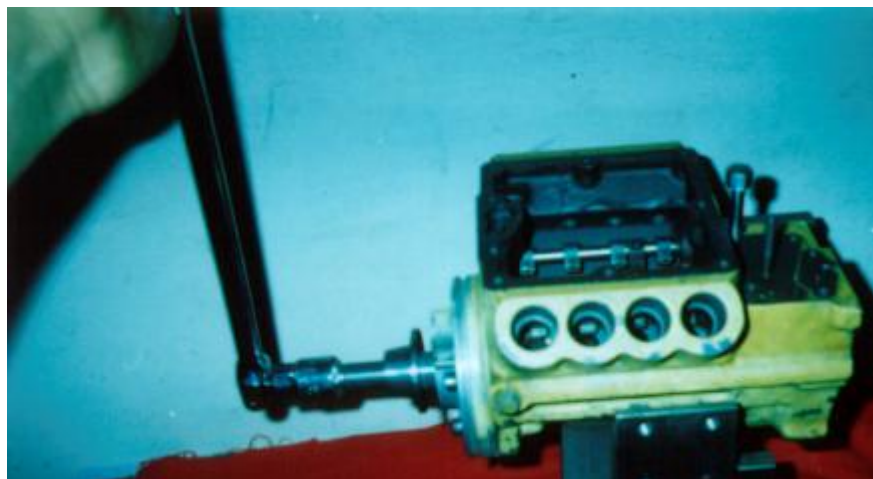
**Fig. 5.11.-** Desmontaje de los elementos de bombeo



- ❖ Coloque los conjuntos desmontados en un tablero con divisiones en orden para evitar que se mezclen las partes.
- ❖ Asegúrese de conservar los manguitos de control con sus respectivos émbolos. El embolo, el barril y el manguito están ajustados.

## **F. DESMONTAJE DEL MANGUITO IMPULSOR AHUSADO**

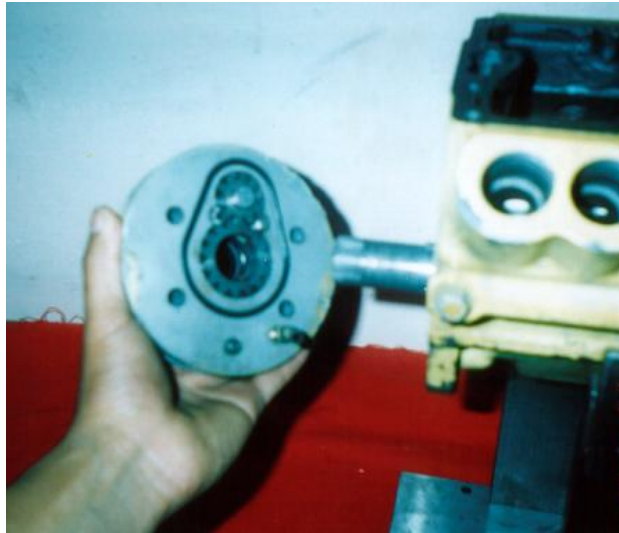
- ❖ Atornille el perno extractor en el manguito impulsor ahusado, en la parte delantera de la bomba.
- ❖ Con el perno o seguro del árbol de levas, sujetar el árbol de levas en la posición adecuada, para que este no tienda a moverse.
- ❖ Al apretar el perno extractor, se desmontará el manguito del eje del árbol de levas (figura 5.12).



**Fig. 5.12.-** Desmontaje del manguito ahusado

## G. DESMONTAJE DE LA BOMBA DE TRANSFERENCIA

- ❖ Aflojar los pernos hexagonales que sostiene a la bomba de transferencia y sacar la bomba, conjuntamente con la cuña que hace girar a los engranes (figura 5.13).



**Fig. 5.13.-** Desmontaje de la bomba de transferencia

## H. DESMONTAJE DEL ÁRBOL DE LEVAS

- ❖ Volteamos a la bomba de inyección y al mismo tiempo que se gira lentamente el árbol de levas, sáquelo de alojamiento (figura 5.14).



**Fig. 5.14.-** Desmontaje del árbol de levas



## I. DESMONTAJE DE LOS IMPULSORES DE RODILLO

- ❖ Cuando el árbol de levas ya se encuentre desmontado, giramos nuevamente la bomba de inyección; en este instante los impulsores de rodillo tienden a caer hacia el interior del alojamiento de la bomba. Entonces ordenamos los impulsores de acuerdo al número de cilindro al que pertenezca (figura 5.15).



**Fig. 5.15.-** Desmontaje de los impulsores de rodillo

## J. DESPIECE DE LOS ELEMENTOS DE BOMBEO

- ❖ Retirar en primer lugar la grapa de retención de media luna que sujeta a la cubierta y al barril.
- ❖ Desmante el resorte del embolo y el asiento del resorte.
- ❖ Saque el embolo del barril. Dejando los componentes de dicho elemento en la división a la que pertenece, según como se hayan desmontados. Y así continuar con el resto de elementos (figura 5.16).



**Fig. 5.16.-** Despiece de los elementos de bombeo

- ❖ Y es de esta manera como se obtiene el despiece de los elementos de bombeo.

## **5.4.- INSPECCION DE SERVICIO**

Para evitar la perdida de tiempo se deben revisar todos los componentes de la bomba de inyección al momento en que nos encontramos desarmándola, para que al instante en que vayamos a reponer todos los componentes de la bomba, que se encuentren averiadas no perdamos mucho tiempo en la reparación de esta.

### **5.4.1.- GENERAL**

#### **Revisar:**

- ❖ Estado de todos los pernos si es que no se encuentran aislados o rotos; estado de los pernos hexagonales; revisión de todos los empaques de la bomba; estriados, roscas de las tuercas racores de impulsión; roscas internas de los alojamientos de los elementos de bombeo.
- ❖ Señales de desgaste, corrosión, u otro daño en cualquier parte de la bomba de inyección, puede ser esta interna o externamente, desgaste anormal en la base de la bomba.
- ❖ Resortes cedidos o rotos, determinar que los resortes sean los mismos recomendados por el fabricante.
- ❖ Marcas de desgaste en la palanca de control del manguito, holgura o juego existente entre éste y el manguito.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> LOPEZ P, Optimización del Banco de pruebas Bacharach para la puesta a punto de la Bomba de Inyección Rotativa tipo DPA, Latacunga, 1999.

## 5.4.2.- PIEZAS INDIVIDUALES

### A. VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE BOMBEO

- ❖ Inspeccione los émbolos de bombeo, observando si presentan desgaste o excoiación.
- ❖ Verificar la parte lateral de los émbolos, si existen señales de desgaste, es decir rayas a lo largo del embolo lo que podría producirse una falta de estanqueidad, entre el embolo y el cilindro, con lo que provocaría una caída de presión en los elementos de bombeo.
- ❖ Si es el caso en que se debe cambiar los elementos de bombeo; se lo realizara a todo el conjunto de bombeo y no individualmente; es decir los émbolos, barriles y los manguitos de control.
- ❖ Cuando se realiza la inspección, tener mucho cuidado con intercambiar entre si los émbolos y los cilindros.

### B. VERIFICACION DE LA BOMBA DE TRANSFERENCIA

- ❖ Examinar cuidadosamente el alojamiento de la bomba de transferencia, para ver si presenta una excoiación y desgaste.
- ❖ Revisar los engranes. Observando si existen escamas y rebabas.
- ❖ El juego máximo entre los engranes y el cuerpo, medido con plastigage, no deberá exceder de 0.002 plg (0.05 mm).<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> DAGEL John F, Motores Diesel y Sistemas de inyección, Tomo 4 – Ed. Limusa, México.

### **C. VERIFICACION DE LAS VALVULAS DE PRESIÓN Y RACORES DE IMPULSION**

- ❖ Inspeccionar la superficie de contacto del asiento de las válvulas de presión, en referencia a desgastes irregulares, golpes que pueda tener esta, si este es el caso se deberá proceder a la sustitución de este elemento.
- ❖ Debido a que la válvula y el porta válvula son un conjunto único, no se puede sustituirse individualmente. Una perfecta verificación de estas válvulas de presión, se lo realiza en el banco de pruebas, para ver si existen fugas por estos, si este es el caso se procederá a reemplazarlo inmediatamente.
- ❖ Verificar los muelles de las válvulas para determinar si existen deformaciones, un desgaste irregular, etc. Si esto sucede se tiene que cambiar.
- ❖ Inspeccionar que los racores de impulsión mantengan sus roscas en perfecto estado, debiéndose sustituir los que se encuentren en mal estado.
- ❖ Comprobar el estado de las grapas de retención de media luna que sujeta a la cubierta y al barril. Si estos presentan alguna deformidad proceder a la respectiva sustitución.

### **D. VERIFICACION DE LOS MUELLES DE ACCIONAMIENTO ÉMBOLOS**

- ❖ Inspeccionar los muelles de accionamiento de los émbolos, que no existan deformaciones o desgastes irregulares en sus puntos

de apoyo, si o anterior se da, sustituir de inmediato por uno nuevo.

- ❖ Comprobar la tensión de accionamiento de los muelles del embolo tiene que estar de acuerdo con las especificaciones técnicas de la bomba de inyección, si estos se encuentran cedidos se tendrán que cambiar los que se encuentren defectuosos.
- ❖ Si la superficie de protección de los muelles se dañan, estos tienden a corroerse, y por ende tiene que ser cambiados ya que si no se lo hace estos se romperán en lo posterior ocasionando graves daños a la bomba.
- ❖ Comprobar si las arandelas (retenes) inferiores de los muelles se encuentran desgastadas, si esto es así procederemos al recambio de los que se encuentren averiados.

## **E. VERIFICACION DE LOS IMPULSORES DE RODILLO**

- ❖ Inspeccionar la superficie exterior del impulsor de rodillo, si es que no existe desgaste anormal; debido a golpes, rayaduras o deformaciones en su superficie.
- ❖ Comprobar si los golpes o rayas son tenues, si esto es así, se lo puede realizar una pulida de la superficie con una tela de pulir muy fina, con esto se logrará eliminar este desperfecto; pero si es demasiado fuerte, lo que se tendrá que hacer es cambiarlo por uno nuevo.
- ❖ Determinar de la misma manera la superficie externa de los rodillos, que estos no contengan rayaduras o deformaciones en

la superficie de deslizamiento, de no ser así se debe cambiar; pero se lo realizará todo el conjunto, es decir, el impulsor y el rodillo.

- ❖ En el instante en que ha terminado de pulir, este se lo deberá limpiar con gasolina, para eliminar todas limallas eliminadas.

## **F. VERIFICACION DEL ÁRBOL DE LEVAS**

- ❖ Verifique los lóbulos del árbol de levas viendo si hay escamas o raspaduras.
- ❖ Revise el juego correcto del alojamiento del árbol de levas, midiendo el muñón trasero del árbol de levas y el orificio interno del alojamiento. La diferencia (juego de giro del árbol de levas) no deberá exceder de 0.006 pulg. (0.15 mm).
- ❖ Mida la parte delantera de forma similar. El juego, en este caso, no deberá exceder de 0.002 pulg. (0.05 mm).
- ❖ Revisar el juego axial del árbol de levas. Este deberá ser de  $0.023 \pm 0.018$  pulg. ( $0.58 \pm 0.46$  mm). Si cualquiera de los juegos antes mencionados no es el especificado, cambie el árbol de levas.<sup>7</sup>
- ❖ Comprobar la alineación del árbol de levas entre puntos, mediante un reloj palpador, con base magnética; si este se encuentra desalineado se tendrá que sustituirlo.

---

<sup>7</sup> DAGEL John F, Motores Diesel y Sistemas de inyección, Tomo 4 – Ed. Limusa, México.

## **G. VERIFICACION DE LOS BOCINES DE ALOJAMIENTO DEL ÁRBOL DE LEVAS**

- ❖ Revisar que no exista un desgaste excesivo entre los apoyos del árbol de levas y alojamiento de este, si existe desgaste o algún tipo de anomalía en la superficie de deslizamiento se procederá a cambiarlo; ya que si esto sucede provocaría desperfectos tanto en el libre funcionamiento de la bomba como en el funcionamiento mismo del motor.

## **H. VERIFICACION DE L REGULADOR**

- ❖ Verificar todas las partes móviles del regulador, viendo si hay desgaste; entre ellas, deben incluirse las puntas de los contrapesos del regulador donde se ponen en contacto con el manguito de empuje, el propio manguito de empuje y las palancas de conexión.
- ❖ Revisar la protección que cubre a los contrapesos del regulador ya que éste deberá acomodarse fácilmente.
- ❖ Revisar las puntas de las palancas de control viendo si estos presentan desgaste.
- ❖ Inspeccionar los resortes que componen el conjunto regulador, así como cada uno de sus asientos; revisar también el estado de la palanca de tope de carga, si se encuentran daños reemplazar a estos.
- ❖ Verificar la palanca en el eje del regulador, los juegos existentes a causa del deterioro, si es el caso reemplazarlo a la brevedad posible.

## I. VERIFICACION DE LA CORAZA

- ❖ Inspeccionar la existencia de anomalías o deformaciones debido a golpes, grietas, fisuras o roturas de piezas en toda la estructura de la bomba tanto interno como exteriormente, si se encuentra cualquier daño en el cuerpo de bomba se tendrá de cambiar.
- ❖ Verificar si los impulsores de rodillo se deslizan con facilidad en sus alojamientos, y que estén alineados la ranura en el impulsor con la espiga del alojamiento. Si estos tienen una holgura excesiva se procederá a sustituirlos.
- ❖ Revisar si los pernos, roscas, tapones, espárragos, guías se encuentran en perfecto estado, para que ingresen con facilidad las partes.
- ❖ Comprobar si los ejes de control de los manguitos se deslizan fácilmente en el alojamiento, sin que exista ningún ajuste e impida el movimiento de éste.
- ❖ Cuando el / los ejes se deslizan con dificultad se procederá a realizar una limpieza de estos, y de sus alojamientos; y si su holgura es demasiado se debe realizar el reemplazo respectivo.
- ❖ Inspeccione el alojamiento y repare cualquier daño que se observe en las roscas.
- ❖ Las partes que han sido lijados para eliminar las deformidades a causa de golpes deberán ser limpiados para quitarle las impurezas.



## **J. VERIFICACION DE LA TAPA Y DE LOS MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO**

- ❖ Comprobar si el eje de la palanca de acelerador tiene demasiada holgura en la tapa, si este es el caso se determinará si es por el eje o por los casquillos. Cualquiera que sea el caso se tendrán que sustituir las piezas dañadas.
- ❖ Colocar los retenes en la tapa en el alojamiento del eje del acelerador, en el momento en que se sustituyan los casquillos.
- ❖ Revisar los demás mecanismos de articulación del regulador, si tienen desgaste o alguna anomalía; teniendo que sustituir en el caso en que se encuentren desperfectos en estos.

## **K. VERIFICACION DE LA PRUEBA DE ESTANQUEIDAD DE LA BOMBA**

- ❖ Montar el conjunto de bombeo empapando con el aceite de pruebas en cada uno de sus cilindros, comprobando el libre deslizamiento en el interior y ajustamos las tuercas racores de impulsión con los respectivos aro sellos, de acuerdo al torque determinado en las hojas de especificaciones.
- ❖ Ensamblar el conjunto de la tapa del regulador, con sus respectivos empaques para evitar que por aquí empiece a fugar.
- ❖ Conectar en la entrada del combustible, un conducto (neplo) del aire a presión.
- ❖ Sumergir la bomba en un recipiente lleno de combustible o aceite de pruebas, comprobar la estanqueidad; introduciendo aire a una

presión de 2.5 a 3.0 bar. Si existe un pequeño indicio de fuga, se procederá a corregirlo, sustituyendo lo que son: empaques, anillos de retención, etc. Cuando las pérdidas son por los elementos o por las tuercas racores de impulsión, no se deben realizar un apriete, sino que, se deberá investigar las causas posibles para poder corregir el daño.

- ❖ Retirar la bomba del recipiente cuando ya se ha terminado de realizar la prueba, constatando que hemos conseguido un resultado satisfactorio.
  
- ❖ Desconectar el conducto del aire de la bomba, luego procedemos a secarlo con aire a presión.

## **5.5.- REPARACIONES Y REPOSICIONES**

Cuando tengamos que cambiar las piezas u componentes de la bomba, debemos estar seguros que el código de referencia sea el indicado para este tipo de bomba. Cada pieza tiene su código de referencia y este vendrá indicado en el conjunto de reposición.

Debemos tener en cuenta que las piezas que funcionan en conjunto, lo hacen a la par y si alguno de estos presentan un deterioro, se tendrá que cambiar el conjunto y más no individualmente. Cuando encontramos signos de desgaste, corrosión, o algún otro tipo de anomalía en las piezas componentes se deberá cambiar.

Cambiar todos los empaques, sellos y arosellos. El kit de reparación de la bomba contiene todo lo concerniente a sellos, empaques, arosellos, arandelas, etc. Esto para la mayor parte de las bombas, pero hay algunos componentes que son especiales, los cuales vendrán independientemente del kit.

## **5.6.- ORDEN DE MONTAJE**

Todas las piezas que fueron desmontados anteriormente se deben mantenerlos en una bandeja con gasolina y aceite o simplemente solo en diesel limpio, hasta el momento en que vayamos nuevamente a realizar el ensamblado de la bomba; los componentes se lo deberán montar los húmedos.

Los valores de torsión para el ajuste de las bombas variarán de acuerdo al tipo y al fabricante de estas.

### **A. PREPARACION DE LAS PIEZAS PARA EL ENSAMBLAJE EN EL CUERPO DE LA BOMBA**

- ❖ Colocar la bomba en una mesa completamente limpia y libre de objetos que no pertenezcan a la bomba.
- ❖ Empapar los alojamientos con limpiador de partes, enjuáguelos con disolvente y secarlos con aire comprimido.
- ❖ Colocar en orden las bandejas que contienen los componentes de la bomba a ser armada.
- ❖ Teniendo en cuenta el orden en que se colocó los elementos de bombeo en el tablero, se lo mantendrá para que al momento de montarlos nuevamente, no perdamos la ubicación del cilindro al que pertenecen.
- ❖ Lavar y secar muy bien las piezas que vamos a montar en la coraza aun cuando estas vayan a ser montadas nuevas, sin perder la ubicación dada por las respectivas divisiones del tablero.

- ❖ Limpiar y secar de la misma manera el cuerpo de la bomba, donde van a alojarse todos sus componentes.
- ❖ Tener en cuenta, siempre que las piezas que van a estar en continuo rozamiento, estén sumergidas en el aceite de pruebas para que al momento que realicemos el armado, estos estén húmedos y así evitar gripados entre las piezas.

## **B. ENSAMBLAJE DE LA BOMBA**

- ❖ El orden para el ensamblaje de la bomba se lo realizará de manera opuesta a como realizamos el desarmado; pero teniendo mucho en cuenta: la posición de los elementos de bombeo en el cuerpo de la bomba, ubicación correcta de los componentes en la bomba, ajustes correctos de todas las piezas constitutivas de la bomba.
- ❖ En todos los empaques, sellos y arosellos deberán ser colocarlos una capa fina de grasa para que con estos logremos una mejor hermeticidad al momento de los ajustes.

## VI.- PRUEBAS DE AJUSTE Y CALIBRACION DE LA BOMBA

### 6.1.- INTRODUCCIÓN

El banco de pruebas de la bomba de inyección es una herramienta de un valor inapreciable para el servicio de los sistemas de combustible de los motores diesel. Permite al mecánico probar y ajustar apropiadamente todos los tipos de bombas de inyección e inyectores antes de que sean puestos en servicio en el motor. En el banco de pruebas se puede realizar las siguientes comprobaciones:

1. Presión de transferencia o elevación de la bomba.
2. Entrega máxima de combustible.
3. Operación del avance.
4. Entrega en marcha en vacío alta.
5. Entrega en marcha en vacío baja.
6. Control de la torsión.
7. Fugas por retroceso.
8. Sincronización interna de la bomba.
9. Ajuste del aneroide.
10. Operación del regulador.
11. Fugas de combustible o aceite.
12. Arranque de bombas reparadas o nuevas.

Una bomba ajustada por medio del banco, dará una entrega correcta del combustible al motor en todas las condiciones de carga y velocidad; el exceso de combustible, la potencia inadecuada y otros problemas de esta naturaleza serán eliminados.

**Precaución.** Estas pruebas deben realizarse por personal calificado, que utilice las herramientas correctas, además de un buen banco de

pruebas. Un personal no calificado o que utilice prácticas incorrectas puede ocasionar daño a la bomba de inyección.

Aun cuando se cuentan con distintos tipos de bancos de pruebas, todos están diseñados para realizar las pruebas antes mencionadas en forma rápida y precisa.

Los bancos de pruebas modernos son más capaces de realizar tales pruebas que los anteriores. Si se va a utilizar un banco de pruebas antiguo, asegúrese, consultando el manual del operador, acerca de la operación y mantenimiento correcto del mismo

Existen varios tipo de banco de pruebas pero al que nos vamos a referir durante todo el capítulo es el banco de pruebas BACHARACH.

Los bancos de pruebas que fabrican reúnen todas las características requeridas por un banco de pruebas, las cuales son:

1. Capacidad para montar distintos tipos de bombas.
2. Motor con la potencia suficiente para poner en marcha la bomba a una velocidad constante, bajo todas las condiciones de entrega de combustible y de velocidad.
3. Un sistema impulsor que proporciona velocidades fácilmente variables, ya sea por impulso hidrostático o por un sistema de banda impulsora de velocidad variable.
4. Un sistema preciso de conteo, para contar las carreras de entrega, con fines de comparación con las cantidades de prueba.
5. Un sistema de recipientes graduados divididos en centímetros cúbicos (cc) para medir con exactitud la entrega de combustible.
6. Tanques de almacenamiento para el aceite de calibración y aceite de desperdicio.

7. Un tacómetro preciso (y sea digital o convencional) para registrar la velocidad de la bomba.
8. Otros distintos controles para ayudar a la velocidad y a la precisión de la pruebas.
9. Aceite para calibrar. El aceite usado debe cumplir los requerimientos SAE correspondientes a fluidos de pruebas. *No use combustible diesel.*

## 6.2.- REQUERIMIENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS



**Fig. 6.1.-** Banco de pruebas BACHARACH

Una prueba solo será tan buena como el equipo de pruebas que se use. Si se emplean equipos de alta calidad para la prueba y se siguen las especificaciones y los siguientes procedimientos de prueba, se reducirán al mínimo las inexactitudes de los resultados.

## A. BOQUILLAS DE CALIBRACIÓN

Se requerirán diferentes tipos de boquillas de calibración para probar los distintos modelos de bombas; pero también existen otros tipos de boquillas universales que funcionan para todo tipo de bombas de inyección. Asegúrese de solo usar el tipo de tobera que se pida en la especificación individual. A continuación se enlistan algunos de los tipos permisibles para el banco de pruebas Bacharach.

<b>Tipo</b>	<b>Presión de apertura</b>
(Banco de pruebas Bacharach)	(Lb. /plg <sup>2</sup> – atms)
DN12SD12	2500 – 170
AMBAC PCU25D050.5	
Placa de orificio (Std. SAE)	3000 – 204
AMBAC TSE77110 – 5/8	
Palca de orificio 0.5	1700 – 116

## B. CONDUCTOS DE INYECCIÓN

Se han fabricado varios tamaños de conductos (longitud y diámetro interior) para usos en servicio. Vea la especificación individual para emplear el tamaño adecuado, proveniente de las tablas de calibración de cada uno de los tipos de bombas de inyección.

## C. ACEITE DE CALIBRACIÓN

El aceite de calibración recomendado para la práctica es SAE J697d, este combustible de calibración debe cambiarse cada tres meses o después de calibrar 200 bombas (lo que suceda primero). El aceite de pruebas SAE J967d tiene los siguientes requisitos químicos y físicos:



Viscosidad cinemática a 100 <sup>0</sup> F.	
Centistokes (ASTM D445)	2.55 – 2.85
Densidad a 60 <sup>0</sup> F (ASTM 1298)	0.819 – 0.829
Punto de inflamación, copa cerrada, (ASTM D 93)	167 <sup>0</sup> F Min.
Color (ASTM D2273)	3 Máximo.
Agua y sedimentos (ASTM D22739)	0.01
Corrosión (ASTM D130)	Debe pasar clase 1
Corrosión galvánica (ASTM 5322-1)	Debe pasar 10 días
% de azufre por peso (ASTM D129)	0.4
Destilación a 5% de volumen (ASTM D86)	410 <sup>0</sup> F Máx.
Tendencia a la espuma a 75 <sup>0</sup> F (ASTM D8929)	5 Min. (soplado) 50
Estabilización de espuma a 75 <sup>0</sup> F goma (ASTM D892)	Anti – Gomosidad
Protección de herrumbre en panel, tratando con chorro de arena (ASTM D1748)	Debe pasar 100 horas
Punto nube (ASTM D2500)	14 <sup>0</sup> F Máx.
Componentes aromáticos (ASTM D2140)	12% Máx.

El aceite SAE J967d de viscosity Oil Co., y el Mobil Oil N° 68605 cumplen estos requisitos.

Este aceite de pruebas también se lo puede utilizar para la limpieza de los elementos componentes de la bomba de inyección.

#### **D. TEMPERATURATURA DEL ACEITE DE CALIBRACIÓN**

La temperatura del aceite de calibración en el banco de pruebas debe mantenerse entre 110 y 115<sup>0</sup>F (43 a 46<sup>0</sup>F) durante la prueba de la bomba de inyección.

La lectura de la temperatura debe tomarse tan cerca de la entrada como sea posible. El banco de pruebas debe estar equipado con un calentador y control termostático para mantener esta temperatura.

## E. BANCO DE PRUEBAS

Montar y accionar los tipos de bomba de acuerdo a las instrucciones del fabricante del banco de pruebas. Además el acople del banco de pruebas debe ser de tipo autoalineante con “cero” juego.

Algunos bancos de pruebas miden los flujos de combustible en centímetros cúbicos (cc), o mililitros (ml). Para convertir  $\text{mm}^3/\text{embolada}$  a centímetros cúbicos, use la siguiente fórmula: <sup>8</sup>

$$\text{Entrega en cc} = \frac{\text{mm}^3 / \text{embolada} \times N^\circ \text{ de emboladas}}{1000}$$

*Ejemplo:*

Si la especificación pide  $72 \text{ mm}^3 / \text{embolada}$  y el contador del banco de pruebas se ha ajustado a 500 emboladas, sustituya simplemente esos números en la fórmula y haga el siguiente cálculo:

$$\text{Entrega en cm}^3 = \frac{72 \times 500}{1000} = 36 \text{ cm}^3$$

Al probar las bombas de inyección tenga presente que las especificaciones se refieren a las rpm del motor, y que la mayoría de los tacómetros de los bancos de pruebas registran las rpm de la bomba que son la mitad de la velocidad del motor para motores con ciclo de cuatro tiempos.

---

<sup>8</sup> Frank Thiessen y Davis Dale, Manual de Mecánica Diesel ; Prentice Hall, Hispanoamericana S.A.; Segunda Edición; Tomo III.

### 6.3.- PRECAUCIONES AL PROBAR BOMBAS DE INYECCIÓN

Se deben observar las siguientes precauciones:

- ❖ Seleccionar la hoja de especificaciones técnicas concernientes a la bomba que vamos a realizar la calibración.
- ❖ Verificar el nivel del aceite del banco de pruebas el cual vamos a utilizar, si a este le hace falta, se lo completará con un aceite destinado para motores, hasta que alcance su nivel especificado.
- ❖ Comprobar el nivel del aceite de pruebas del banco, sí se encuentra con un nivel bajo, se procederá a completarlo con el aceite especificado SAE.
- ❖ Montar el juego de conductos de inyección según el tipo de bomba y el banco, determinado en la hoja de especificaciones.
- ❖ El banco de pruebas de be ajustarse para trabajar en la dirección correcta de rotación para la bomba que se va a calibrar.
- ❖ Purgar la bomba correctamente antes de proceder a cubicarla. Esta operación se lo realizará siempre que se haya drenado el combustible de la bomba.
- ❖ El aceite de pruebas debe estar a una presión de 1 a 2 bar, en el interior del cuerpo de la bomba.
- ❖ El aceite de pruebas deberá estar a una temperatura de  $40^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , porque es cuando este tiene menor dispersión para tomar las lecturas en las probetas, esta lectura se tomará en la parte inferior del mecanismo una vez transcurridos 15 segundos, debido a que el aceite

a quedado libre de espuma. Para tomar la lectura se deberá obviar las tres primeras pruebas y haber dejado escurrir las probetas por 30 segundos entre prueba y prueba.

Las tablas de calibración u hojas de especificaciones técnicas de las bombas de inyección indican que se deben calibrar a una temperatura de 20°C, para los ensayos y las pruebas de cubicación, por lo tanto, al realizarlos a una temperatura de 40°C  $\pm$  3°C, se tendrá que dar una tolerancia a las lecturas de las probetas un 2%.

#### **6.4.- FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

En la figura 6.1 se muestra una maquina de pruebas típica. El banco de pruebas Bacharach, utilizado para las bombas de inyección CATERPILLAR, va a tener los siguientes dispositivos:

- ❖ Un soporte para el montaje, del tipo caja para sujetar la bomba al banco de pruebas.
- ❖ Un acople para transmitir el giro del banco a la bomba, con un diseño cónico interno, servirá para hacer girar en cualquier sentido y a las distintas velocidades, según como esté indicado en las tablas de calibración de este tipo de bombas.

*Precaución:* La bomba se debe girar en la dirección que se muestra en los datos de prueba y que se indica en la placa de la bomba. Si la rotación es incorrecta, se causarán graves daños a la bomba.

- ❖ Un conjunto de tubos de inyección de alta presión con un diámetro interior de 2 mm X 6 mm de diámetro exterior, (o la que se especifique en la hoja de especificaciones técnicas de la bomba), para conectar las salidas de la bomba a un conjunto apareado de inyector, ajustados a una presión de apertura de 175 bar.

- ❖ Un mecanismo de corte automático que dirija el combustible de prueba de los inyectores a las probetas graduadas durante el periodo mencionado en los datos de la prueba y que después desvíe el combustible hacia algún drenaje.
- ❖ Un conjunto de probetas graduadas para medir el caudal de cada inyector, y una probeta mayor para medir el volumen de las demasías del combustible.
- ❖ Un sistema de alimentación de combustible que de una capacidad adecuada a presión constante en la entrada de la bomba.
- ❖ Un manómetro de presión y un vacuómetro para probar la salida y la eficiencia de la bomba de alimentación.

## **A. NORMAS GENERALES**

Se debe observar las siguientes precauciones:

- ❖ La maquina de pruebas debe ajustarse para trabajar en la dirección correcta de rotación para la bomba que se va a probar.
- ❖ La bomba no debe trabajar con flujos bajos durante periodos largos con velocidades altas.
- ❖ La bomba no debe trabajar durante periodos largos con el control de paro en la posición de cerrado.
- ❖ Se debe utilizar un adaptador adecuado para la maquina de pruebas.
- ❖ A menos que se indique otra cosa, se debe utilizar conexiones de alta presión estándar radiales antes que se realice el montaje en el banco.

En los datos de la prueba se especifica la información y notas explicativas sobre su uso.

- ❖ Ceba completamente la bomba antes de realizar las pruebas, y también en todas las ocasiones en que se indique el plan de pruebas.

## **B. OPERACIÓN**

En los datos de prueba se explican posibles variaciones para algunas bombas.

- ❖ Conecte el tubo de alimentación de combustible con la entrada de la bomba y conecte el tubo de demasías o retorno.
- ❖ Comience a suministrar combustible a una presión de alimentación para llenar la bomba. Trabaje la bomba a 100 rpm, cuando salga el aceite de pruebas libre de burbujas de aire de las purgas, vuelva a apretar la válvula de purga.
- ❖ Afloje las conexiones en el lado del inyector, y la de las cañerías de alta presión o, si las hay en la máquina de pruebas, abra las válvulas de purga en los inyectores.
- ❖ Trabaje la bomba a 100rpm, cuando fluya el aceite de pruebas libre de aire de todos los tubos de alta presión, vuelva a apretar las conexiones o cierre las válvulas de purga.
- ❖ Revise la bomba después de cebarla para ver si tiene fugas de combustible en todas las superficies de las juntas, las conexiones y los sellos de aceite. Las bombas de inyección no deben tener fugas, cuando estén trabajando ni cuando estén paradas.

## **6.5.- TABLAS DE CALIBRACIÓN**

### **A. INTRODUCCIÓN**

No existe un procedimiento estándar de prueba aplicable a las bombas de inyección CATERPILLAR. Una hoja de especificaciones técnicas se deberá tener para cada tipo de bombas de inyección, obteniendo de estos los números de despacho correspondientes. Para el tipo de bomba que ha sido objeto de este estudio, se darán los pasos para el escojtitamiento de la tabla de calibración correcta, además de la correcta interpretación de esta.

### **B. SECUENCIA DE LECTURA**

Para el caso de este tipo de bomba escogeremos la tabla de calibración correcta, de acuerdo a la codificación de la bomba de inyección, y este es la tabla que se indica a continuación:

<b>HOJA DE REGLAJE BOMBA DE INYECCIÓN "CATERPILLAR"</b>		
<b>DENOMINACION</b>	<b>DENOMINACION CAT</b>	<b>TIPO DE MOTOR</b>
Bomba de inyección	9N6286 Sleeve metering	3208 (Vehicular) 8 cilindros
Regulador	4N565	
<b>VALORES DE AJUSTE DE LA BOMBA</b>		
<b>Régimen</b>	<b>Carreras o emboladas</b>	<b>Caudal</b>
<b>r.p.m.</b>	<b>Nº</b>	<b>cm. /100 emb.</b>
1250	100	7
500	100	5
300	100	1.5
100	100	10
<b>VALORES DE AJUSTE DEL REGULADOR</b>		
<b>Régimen nominal superior</b>	<b>Régimen intermedio</b>	<b>Régimen nominal inferior</b>
<b>Corte</b>		<b>Ralentí</b>
<b>r.p.m</b>	<b>r.p.m</b>	<b>r.p.m</b>
1100	400	100
1150	500	200
1200	600	250
1250	650	300



## **6.6.- PRUEBAS DE AJUSTE Y CALBRACION**

Las pruebas de ajuste y calibración para una bomba de inyección CATERPILLAR son los siguientes:

- ❖ Examen preliminar.
- ❖ Puesta en fase de la bomba de inyección.
- ❖ Equilibrio de caudales de la bomba.
- ❖ Ajuste y comprobación del regulador.
- ❖ Presión del alojamiento de la bomba.
- ❖ Punto de equilibrio del sistema de combustible.
- ❖ Sincronización del primer elemento de bombeo.

## **6.7.- EXAMEN PRELIMINAR**

El examen preliminar de la bomba de inyección se lo realizará con la bomba de inyección montada en el motor con el fin de determinar:

- ❖ Que cada elemento de la bomba envíe la cantidad exacta de combustible.
- ❖ Que la bomba de transferencia absorba y llene el interior del cuerpo de la bomba.
- ❖ Que el motor mantenga el ralentí y pueda realizar el corte del envío del combustible.

El segundo examen se lo realizara con la bomba de inyección montada en el banco de pruebas, sin antes limpiarlo exteriormente de suciedades, antes de que se lo monte al banco.

Al calibrar cualquier tipo de bomba de inyección. Revisar siempre la codificación del regulador, y de la bomba misma en la hoja de especificaciones técnicas.

Los reglajes básicos que se van a realizar en este tipo de bombas CATERPILLAR, montadas en el banco de pruebas son los siguientes:

- ❖ Verificación de la cantidad de combustible.
- ❖ Ajuste de la dosificación de combustible máximo.
- ❖ Verificación de la marcha en vacío alta y baja.

De estas operaciones se determinará si la bomba solo debe ser calibrada o reparada y calibrada.

Los procedimientos a seguir para montar la bomba son:

- ❖ Coloque en el banco los soportes para fijación de la bomba.
- ❖ Seleccione el soporte para fijación de la bomba.
- ❖ Coloque la bomba en el soporte, conectando al árbol de levas su correspondiente acople.
- ❖ Conecte la manguera de suministro de combustible a la entrada de la bomba.
- ❖ Conecte las cañerías de alta presión en cada uno de los racores de impulsión de la bomba de inyección y las boquillas de calibración del banco de pruebas.
- ❖ Compruebe que el banco de pruebas tenga, el nivel de aceite de pruebas completo, para el ensayo.
- ❖ Regular la presión de la alimentación de combustible del banco de pruebas a 1.5 bar.



**Fig. 6.2.-** Montaje de la bomba en el banco

#### **6.8.- PUESTA EN FASE DE LA BOMBA DE INYECCIÓN**

Para este tipo de bombas de inyección V-8 CATERPILLAR, los que contengan la dosificación por manguito, no se puede realizar la puesta en fase de los elementos de bombeo; ya que no se puede determinar si hay o no un desfase entre estos, lo que se realiza en estos casos es determinar si existe desgaste en los rodillos de los propulsores o también en la superficie de los lóbulos del árbol de levas, para cualquiera de los dos casos, se debe realizar un recambio de los propulsores o también del árbol de levas. A diferencia de los otros tipos de bombas de inyección CATREPILLAR, como por ejemplo, los de alojamiento compacto, en los que se los puede poner en fase colocando o retirando arandelas de calibración entre el elemento y el propulsor.

## **6.9.- EQUILIBRIO DE CAUDALES DE LA BOMBA**

Todas las bombas de inyección ya sean estas en configuración en línea, rotativas o para nuestro caso la configuración en V, deberán inyectar hacia todos los cilindros del motor, el mismo caudal de combustible, a los distintos números de revoluciones del motor, para obtener un funcionamiento equilibrado en el motor, la cantidad de aire y combustible para las distintas revoluciones del motor deben ser constantes en todos los cilindros y tener una buena combustión de los gases y así aprovechar toda la energía del combustible.

Si hay una diferencia de caudales entre los cilindros, la relación aire/combustible cambiará y por ende se producirá un desequilibrio en la potencia de cada cilindro, con lo que el funcionamiento del motor va a ser anormal.

El equilibrio de caudales en este tipo de bombas de inyección, va a estar determinado por el ajuste de la altura de los manguitos de dosificación, y esto se lo consigue moviendo la palanca de control de los manguitos de dosificación, aflojando con una llave allen el tornillo de esta palanca. Entonces se subirá o bajará la palanca dependiendo la cantidad de combustible que deba inyectarse, para esto debemos basarnos en las hojas de especificaciones técnicas.

El equilibrio de caudales de la bomba se tiene que hacerlo para las distintas revoluciones del motor, esto es arranque, marcha mínima, pique y a plena carga, esto es para que en el instante en que se monte la bomba en el motor, no se tenga inconvenientes respecto a su normal funcionamiento a los distintos niveles de funcionamiento del motor.

## 6.10.- AJUSTE Y COMPROBACION DEL REGULADOR

### AJUSTE DE COMBUSTIBLE MÁXIMO

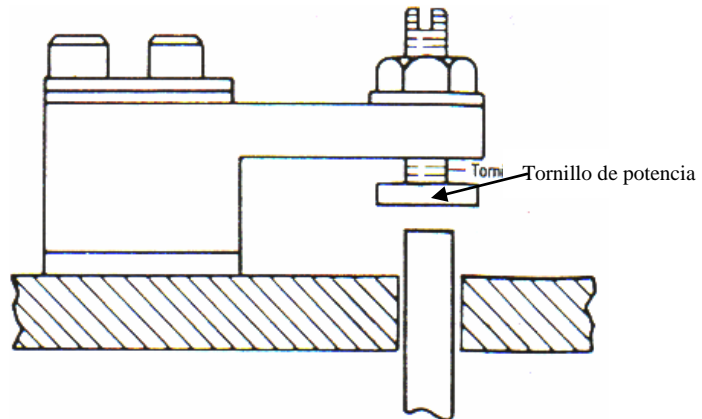
- ❖ Gire el tornillo de ajuste en dirección contraria a las manecillas del reloj seis o siete revoluciones.
- ❖ Coloque la palanca del estrangulador en marcha en vacío baja.
- ❖ Usando el probador de circuito, conecte la punta a una buena tierra y la otra al resorte de torsión.
- ❖ Avance la palanca de control a la posición de *marcha en vacío alta* hasta que la lámpara parpadee.

**NOTA:** Este procedimiento solo se aplica en la bomba en V, en el caso de las bombas en línea gire simplemente el tornillo del alojamiento del adaptador hasta que se encienda la lámpara.

- ❖ Compare esta lectura con la que viene indicada en la especificaciones correspondientes a la bomba en que se trabaja.
- ❖ Si se requiere un ajuste, proceda como se indica a continuación:
  1. En las bombas con tornillo de potencia (figura 6.4), ajuste dicho tornillo hasta obtener la lectura correcta de acuerdo a las especificaciones técnicas de la bomba.<sup>9</sup>

---

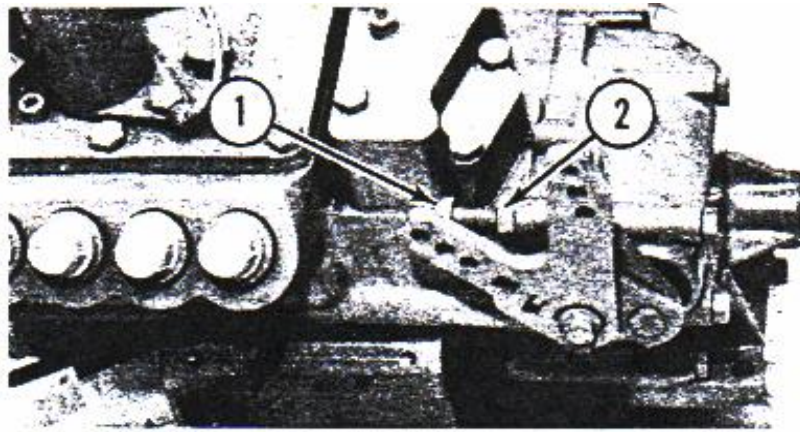
<sup>9</sup> DAGEL John F, Motores Diesel y Sistemas de inyección, Tomo 4 – Ed. Limusa, México.



**Fig. 6.3.-** Ajuste de máximo combustible en las bombas con tornillo de potencia

### MARCHA EN VACÍO BAJA

- ❖ Verifique la marcha en vacío baja de acuerdo a las tablas de calibración, si está incorrecta ajuste el tornillo (figura 6.4), hasta que se encuentre dentro de los límites.

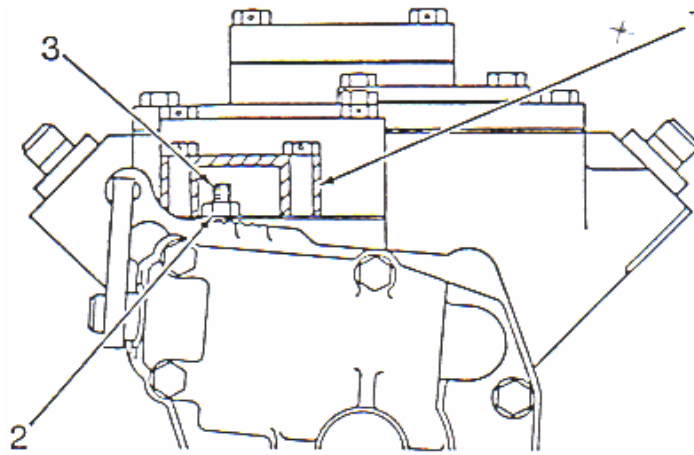


**Fig. 6.4.-** Tornillo de ajuste de marcha en vacío baja

### MARCHA EN VACÍO ALTA

- ❖ De acuerdo a las revoluciones especificadas hojas de especificaciones técnicas, mantener el estrangulador en la posición totalmente abierta y verifique la velocidad de marcha en vacío alta.

- ❖ Si es incorrecta, ajustar con el tornillo de marcha en vacío alta (figura 6.5), o bien, el regulador puede estar defectuoso.



**Fig. 6.5.-** Tornillo de ajuste de marcha en vacío alta

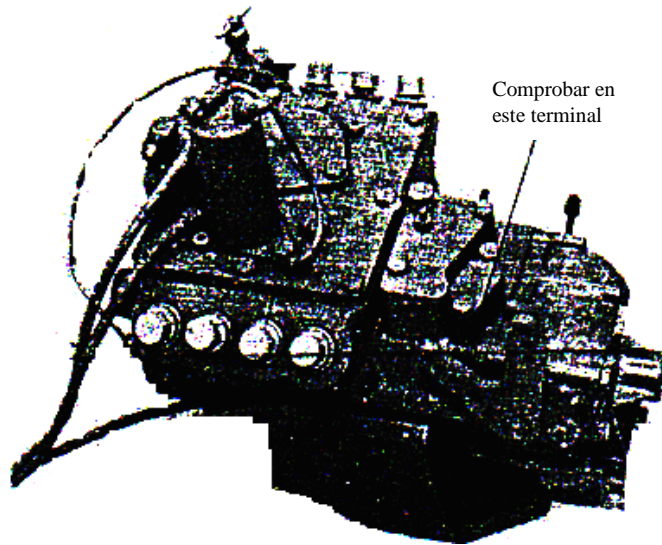
### **6.11.- PRESION DE ALOJAMIENTO DE LA BOMBA**

- ❖ Desmonte el pequeño tapón de la cubierta superior de la bomba.
- ❖ Instale un manómetro de presión de 0 a 60 PSI (0 a 4 Kg/cm<sup>2</sup>) en este orificio, con un amortiguador para reducir las pulsaciones de presión.
- ❖ Ponga el motor a las revoluciones de carga plena y verifique la presión.
- ❖ Compare la lectura con las especificaciones.

### **6.12.- PUNTO DE EQUILIBRIO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

- ❖ Conecte una lámpara de continuidad o probador de circuito al tornillo, en la parte superior de la cubierta de tope de carga plena (figura 6.6), conecte el otro extremo del probador a una tierra sin pintura en la bomba de inyección.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> DAGEL John F, Motores Diesel y Sistemas de inyección, Tomo 4 – Ed. Limusa, México.



**Fig. 6.6.-** Terminal a usar para verificar el punto de equilibrio

- ❖ Ponga en marcha el motor en vacío alta y cargue el motor hasta que se encienda la lámpara de prueba. Anote esta velocidad.
- ❖ Repita el paso anterior un par de veces, para asegurarse de que se anotó la velocidad correcta.
- ❖ Deje en marcha en vacío el motor durante dos o tres minutos antes de proceder a apagarlo.
- ❖ Revise el libro de especificaciones, buscando la velocidad del *punto de equilibrio*. La velocidad obtenida deberá corresponder a la que aparece anotada en el libro.
- ❖ Si no es la misma, ajuste la velocidad de marcha en vacío alta hasta que se alcance.

### **6.13.- SINCRONIZACIÓN DEL PRIMER ELEMENTO DE BOMBEO**

El combustible inyectado por la bomba de inyección debe ingresar hacia los cilindros en el tiempo de compresión, unos grados antes que el



pistón del motor corone el PMS, para que inicie su combustión de la mezcla A/C. Por lo tanto una vez determinado el equilibrio de caudales de cada uno de los elementos de bombeo y ajustada la sincronización de estos, se procederá a determinar el punto exacto de inyección del primer elemento, a fin de facilitar el calado de la bomba y el motor, con el fin de que el combustible ingrese a los cilindros en el momento preciso y exacto para que con esto se obtenga una combustión perfecta de la mezcla A/C.

Un método para verificar la sincronización de la bomba de inyección es el de flujo de combustible, similar al método de escurrimiento empleado en otras bombas en línea. Con el método de flujo, se verifica la posición real del pistón con respecto al punto en el cual el embolo de la bomba corta (cierra) el orificio de entrada en su barril. Este es el punto de inyección; por lo tanto, la sincronización que en realidad se comprueba es la posición antes del PMS, para ver si está correcta para el “tiempo” de la inyección.

Para esto se conecta en el elemento N° 1 una tubería en forma de “cuello de cisne” en racor de impulsión de dicho elemento, se hace ingresar combustible a la bomba a una presión de 1.5 bar, poniendo un recipiente en la parte inferior de la bomba para recoger el combustible derramado durante la prueba.

Entonces se hace girar el árbol de levas de la bomba en sentido de giro del motor, hasta cuando el combustible tienda a fluir por la tubería, cuando ya sale combustible de la bomba y con el extremo del tubo dentro del recipiente, se hace girar el accionamiento de la bomba, con lentitud hasta que el embolo de la bomba cubra el orificio de entrada en su barril y el flujo de combustible se reduzca entre 12 y 18 gotas por minuto.

Entonces al determinar la posición exacta de la inyección del primer elemento, se utiliza un pasador de sincronización que se puede introducir por un agujero para tornillo, que tiene en la cubierta de la bomba, para que

ingrese en la ranura que posee el árbol de levas, si no es así se tendrá que ajustar la sincronización.

Lo anterior no es el procedimiento completo, sino una descripción somera del método. Se hacen comprobaciones adicionales para determinar la exactitud del PMS, que se describen en los manuales de taller.

## **VI.- INSTALACION Y AJUSTES DE LA BOMBA DE INYECCIÓN V-8** **CATERPILLAR EN EL MOTOR**

### **7.1.- INTRODUCCIÓN**

En este capítulo vamos a determinar los ajustes complementarios al momento en que la bomba de inyección ha salido de la actividad de calibración, en el banco de pruebas. Luego de esto se van a ejecutar unos ajustes terminales pero ya montado en el motor, es decir, últimos ajustes que lo vamos a realizar con el motor encendido.

### **7.2.- MONTAJE DE LA BOMBA EN EL MOTOR**

- ❖ Con la espiga de sincronización instalada en la bomba de inyección y el tornillo de 5/16 plg en el engrane de sincronización del motor, deslice la bomba a su posición. Instale los tornillos de montaje, los tubos de inyección y los tubos de suministro.
- ❖ Atornille el impulsor del tacómetro en el árbol de levas de la bomba y apriételo.
- ❖ Quite las dos espigas de sincronización.
- ❖ Gire dos revoluciones el motor y trate de insertar de nuevo las espigas, deberán seguir alineadas, en caso contrario, vuelva a ajustar la sincronización.<sup>11</sup>
- ❖ Quite las espigas de sincronización y vuelva a instalar los tornillos y tapones de la cubierta.
- ❖ Monte el alojamiento del impulsor del tacómetro.

---

<sup>11</sup> DAGEL John F, Motores Diesel y Sistemas de inyección, Tomo 4 – Ed. Limusa, México.

### **7.3.- CALADO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN V-8 CON EL MOTOR**

La bomba de inyección se sincroniza (pone a tiempo) con el motor para que el árbol de levas de la bomba accione los émbolos en el momento preciso en relación con la posición de los pistones en los cilindros. Esto se hace con el pistón N° 1 en PMS en la carrera de compresión.

Se cuenta con un pasador de sincronización que se puede introducir por un agujero para tornillo en la cubierta de la bomba de inyección para que acople con una ranura en el árbol de levas de la bomba; cuando este se encuentra en la posición en que la ranura o muesca alinea con el agujero, lo cual se determina porque el pasador penetra en la muesca, el árbol de la bomba está en la posición correcta si el pistón N° 1 está en PMS en la carrera de compresión.

El orden para comprobar la sincronización de la bomba con el perno de sincronización es como sigue:

1. Hágase girar el cigüeñal para que el pistón N° 1 quede en PMS en la carrera de compresión.
2. Sáquese el tapón o el tornillo del agujero para el pasador en la parte delantera de la bomba.
3. Introdúzcase la punta del pasador por el agujero para sincronización.

Si la sincronización está correcta, el extremo del pasador entrará en la muesca del árbol de levas; el tornillo de sincronización utilizado para encontrar el PMS entrará en el agujero roscado en el volante.

Si la sincronización no está correcta, hay que quitar el pasador y el tornillo y ajustar la sincronización. Para ello, se cambia de lugar el engrane de impulsión en relación con el árbol de levas de la bomba. Para tener

acceso al engrane y sus tornillos de sujeción, se quita una tapa en la parte delantera de la tapa de engranes de sincronización.

Para sincronizar hay que liberar el engrane de impulsión para moverlo en relación con el árbol de levas de la bomba; luego se sujeta el árbol con el pasador de sincronización y se hace girar el volante a su posición correcta de PMS. Se aprieta el engrane y se vuelve a comprobar la sincronización como se describió.<sup>12</sup>

#### **7.4.- AIRE EN EL SISTEMA**

Una vez que la bomba de inyección, ha sido reparada y posteriormente calibrada, luego montada en el motor, todos los conductos de ingreso de combustible se encontrarán vacíos, por lo que se deberá realizar el trabajo de llenado de todos estos conductos; entonces el próximo paso que se realizará es el trabajo de cebado y purga del aire de todos los conductos de alimentación.

#### **7.5.- CEBADO**

El cebado y purga del aire de los conductos de combustible se lo debe realizar siempre que se monte la bomba de inyección, se cambie filtros, cuando por circunstancia en que se aflojen las cañerías ingresan a estos aire, o cuando se desmonte o cambie cualquier elemento del sistema de alimentación de combustible.

Cuando se ha montado la bomba de inyección en el motor y por la existencia de aire en el sistema de alimentación, se procederá al cebado y purga de todos los conductos de ingreso de combustible del sistema; para lo cual se seguirá el siguiente procedimiento:

---

<sup>12</sup> ED MAY, Motores Diesel, tomo II – Editorial Limusa.

- ❖ Antes de realizar el cebado y purga del sistema, se debe revisar que las superficies aledañas a los tornillos de purga se encuentren limpias de suciedades, para evitar que ingresen materias extrañas y ocasionen averías en el sistema.
- ❖ Se bombeará combustible desde el tanque utilizando la bomba de cebado contenido en el sistema de alimentación de combustible.
- ❖ Primero se va a cebar y purgar el filtro de combustible, a través del tornillo de purga que posee éste, hasta que el interior de este se llene, y salga solamente combustible libre de burbujas de aire.
- ❖ Luego se va a purgar la bomba de inyección, haciendo llegar combustible hacia el interior de la bomba de inyección, procediendo a llenar la cubierta de esta, hasta que del interior de esta brote solamente combustible libre de aire.
- ❖ Limpiar la superficie de los conductos de alta presión y aflojamos dos o tres conductos de llegada hacia los inyectores y con acelerador a fondo procedemos a dar unos arranques hasta que por estos fluya combustible libre de aire.
- ❖ Entonces procedemos a ajustar los conductos y arrancamos el motor y lo mantenemos en ralentí.
- ❖ Y por ultimo con el motor en funcionamiento procedemos a secar todas las superficies que se encuentren mojadas por el combustible derramado, verificamos si existen fugas por los conductos, tanto, de alta presión como de baja presión, tornillos de purga, si este es el caso procedemos nuevamente a reajustar.

## **CEBADO MANUAL**

El sistema tiene una bomba de cebado manual para llenarlo con combustible y purgar el aire. Durante el cebado manual, el flujo de combustible es como sigue.

Cuando se tira (jala) de la palanca de la bomba de cebado la presión negativa en ella hace que abra la válvula de retención y que la bomba succione el combustible del tanque por el tubo de entrada. Al empujar la palanca de la bomba, se cierra la válvula de retención y se abre la válvula de retención. Si el sistema está seco, entonces primero pasará aire, luego aire y combustible y después solo combustible por la válvula de retención a la cubierta de la bomba de inyección.

Con esto se pasa a un lado de la bomba de transferencia de combustible al levantarse la válvula de retención de modo que pueda entrar a la cubierta de la bomba de inyección.

Cuando se sigue accionando la bomba de cebado, tomará combustible del tanque hasta que los tubos de combustible, el separador de agua, el filtro y la cubierta de la bomba de inyección estén llenos. Hay que abrir con la mano la válvula para purgar el sistema. Se acciona la válvula de cebado con esa válvula abierta hasta que el flujo de combustible esté libre de burbujas. Si la presión del combustible sube a más de 140 kPa cuando se acciona la bomba de cebado, se abrirá la válvula de derivación para que el combustible retorne a la entrada de la bomba de cebado.

El accionamiento de la bomba de cebado, además de cebar y purgar el sistema para tener combustible para el arranque, todas piezas movibles del sistema reciben el combustible que las lubrica antes de tratar de poner en marcha el motor. El fabricante recomienda lo siguiente.

**Precaución:** El combustible Diesel es el único lubricante para las piezas movibles de la bomba de transferencia, en la cubierta de la bomba de inyección y en el gobernador. La cubierta de la bomba de inyección y en el gobernador. La cubierta de la bomba de inyección debe estar llena con combustible antes de hacer girar su árbol de levas.<sup>13</sup>

## 7.6.- COMPROBACIONES DE SERVICIO

Para comprobar la perfecta sincronización de la bomba conjuntamente con el motor, se deberá tener en cuenta que el pistón del cilindro N° 1 del motor se encuentra en el PMS, en la carrera de compresión, y para esto se destapará el tapa válvulas y ver si las válvulas están sueltas, es decir, sin accionamiento, entonces verificamos en la parte delantera del motor, en algunos tipos, en la parte posterior en el alojamiento del volante en otros tipos de motores; que el perno de sincronización, ingrese en el agujero roscado del alojamiento del volante o en los engranes de sincronización , en la parte delantera del motor, si este ingresa con facilidad, entonces se dirá que el pistón se encuentra en el PMS, luego con el perno de sincronización de la bomba de inyección, introducimos en el agujero que se encuentra en el alojamiento de este, y tiene que ingresar con facilidad si esto ocurre entonces la sincronización está bien determinado. Si no ocurre tenemos que coger bien la sincronización.

En el instante que se ha realizado todo lo anterior se procederá a girar el motor manualmente y en el instante que se realice dos giros del cigüeñal, todas las marcas deberán coincidir.

---

<sup>13</sup> ED MAY, Motores Diesel, tomo II – Editorial Limusa.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### **CONCLUSIONES:**

- ❖ Caterpillar es uno de los pocos fabricantes de motores que producen sus propias bombas para inyección de combustible. Las bombas Caterpillar se utilizan en los motores Caterpillar y no se suministran para ningún otro uso.
- ❖ En este proyecto se explica el funcionamiento de las bombas de inyección CATERPILLAR, del tipo de dosificación por manguito. Con esta información, el estudiante podrá calibrar y calibrar correctamente estas bombas de inyección.
- ❖ Muchas bombas CATERPILLAR no se llevan al banco de pruebas después de la reparación, deberá tener mucho cuidado y emplear un gran profesionalismo durante el ensamble, siguiendo con una calibración perfecta de la bomba en el motor.
- ❖ La bomba de inyección Caterpillar se encuentra montada en los vehículos de gran tamaño como son algunos camiones pesados, este consta de ocho elementos de bombeo ubicados en dos bloques en V, con un solo árbol de levas es capaz de hacer trabajar a los ocho elementos en dos vueltas del cigüeñal y dependiendo su orden de inyección, inyectará en cada cilindro siguiendo este orden, y mediante esto el motor podrá realizar su ciclo de trabajo.
- ❖ Todas las bombas Caterpillar independientemente de su tipo (de caracol, de medición por manguito), utilizan un solo elemento de bombeo por cilindro. Todas las bombas utilizadas en los motores de cuatro o de seis cilindros son bombas en línea. Las bombas para los motores V-8, tales como la 3208, usan la configuración en V.

- ❖ Para realizar el mantenimiento de las bombas de inyección CATERPILLAR se requiere de la utilización de herramientas especiales.
- ❖ La fabricación de herramientas especiales para el armado, desarmado y calibración de la bomba de inyección, se hizo necesaria debido a la necesidad que existe al momento en que se desee realizar la reparación de estos tipos de bombas de inyección.
- ❖ Para realizar las operaciones de calibración de estos tipos de bombas de inyección, se debe tomar en cuenta las hojas de especificaciones técnicas u hojas de calibración y seguir estos pasos con la debida atención, para que se consiga con esto el éxito en la calibración.
- ❖ Para realizar la calibración de esta bomba CATERPILLAR, se tuvo que reacondicionar el banco de pruebas existente en el laboratorio.

## RECOMENDACIONES:

- ❖ Los componentes del sistema de combustible tienen muchas partes maquinadas de precisión; manejarlas con extremo cuidado para evitarles daños.
- ❖ Es esencial durante el armado observar limpieza en todas las partes y en toda el área. Una pequeña partícula de polvo puede causar el fracaso total. Los materiales abrasivos dañan a las superficies friccionantes muy severamente. Se destruyen las tolerancias muy pequeñas por diminutas partículas de polvo o material extraño.
- ❖ Solo use aire comprimido filtrado para limpiar las partes del sistema de combustible después de lavarlas.
- ❖ Solo use fluidos de prueba filtrado y a temperatura controlada para dar servicio a la bomba de inyección.
- ❖ Hacer el servicio a la bomba de inyección en un ambiente controlado; un laboratorio con temperatura controlada y aire filtrado.
- ❖ Las presiones muy altas de inyección de combustible (15000 Psi, 1000kg/cm<sup>2</sup> o 103425 kPa), hacen que este pueda penetrar la piel fácilmente y causar lesiones e infección: evite el contacto con el combustible a su presión de inyección.
- ❖ Evite inhalar vapores de combustible o de fluidos de pruebas.
- ❖ Tener todo el equipo de prueba calibrado adecuadamente para que sean exactos los resultados de las pruebas.

- ❖ Asegúrese absolutamente que se aplican las especificaciones correctas para cualquier marca o modelo dados del sistema de combustible y de sus componentes.
- ❖ Siempre mantenga tapados todos los conductos de combustible y sus conexiones, cuando los desconecte, para evitar la entrada de polvo o humedad.

## **BIBLIOGRAFIA:**

- ❖ DAGEL, John F., Motores Diesel y Sistemas de Inyección, Grupo Noriega; Limusa S.A.; México D.F., 1995.
- ❖ ED MAY Motores Diesel, Tomo II.
- ❖ Miralles de Imperial, Juan; Motores Diesel, Inyección y Combustible.
- ❖ Frank Thiessen y Davis Dales, Manual de Mecánica Diesel; Prentice Hall, Hispanoamericana S.A.; Segunda Edición; Tomo III y Tomo II.
- ❖ LOPEZ, Pablo; Optimización del Banco de Pruebas Bacharach para la Puesta a Punto de la Bomba de Inyección Rotativa tipo DPA; Latacunga 1999.
- ❖ GOMEZ, Christian; Construcción de Herramientas y Accesorios para la Calibración de Bombas de Inyección Diesel Tipo "P"; Latacunga 2002.
- ❖ Internet.