

300617



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

32  
2ej

## FALLAS MAS COMUNES EN EL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES DIESEL AUTOMOTRICES

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

RAUL PONCE DE LEON MORALES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1991

MEXICO, D. F.





## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	PAGINA.
INTRODUCCION.	3
CAPITULO I FUNDAMENTOS BASICOS DEL MOTOR DIESEL.	7
1.1 LOS PRIMEROS MOTORES DIESEL.	8
1.2 DESCRIPCION BASICA DEL MOTOR DIESEL.	12
1.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL.	13
1.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.	24
1.4 CICLO DIESEL.	28
CAPITULO II DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DEL MOTOR DIESEL.	31
2.1 SISTEMA DE ADMISION.	32
2.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.	44
2.3 SISTEMA DE LUBRICACION.	55
2.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.	67
2.5 SISTEMA DE ESCAPE.	87

## PAGINA.

<b>CAPITULO III FALLAS, CAUSAS Y SOLUCIONES.</b>	<b>93</b>
<b>3.1 LISTA DE FALLAS Y CAUSAS.</b>	<b>94</b>
<b>3.2 LISTA DE SOLUCIONES.</b>	<b>104</b>
<b>CAPITULO IV MANTENIMIENTO.</b>	<b>175</b>
<b>4.1 RECOMENDACIONES GENERALES DE OPERACION.</b>	<b>176</b>
<b>4.2 MANTENIMIENTO DIARIO.</b>	<b>178</b>
<b>4.3 MANTENIMIENTO CADA 8,000 Km.</b>	<b>182</b>
<b>4.4 MANTENIMIENTO CADA 16,000 Km.</b>	<b>187</b>
<b>4.5 MANTENIMIENTO CADA 32,000 Km.</b>	<b>190</b>
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>194</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>196</b>

## INTRODUCCION

En la actualidad, los motores Diesel han adquirido gran importancia por su amplia gama de aplicaciones en todo el mundo. La utilización de estos motores en equipos automotrices, industriales, de construcción y marinos han demostrado la alta confiabilidad de este tipo de motor.

La industria del transporte de carga en nuestro país, emplea aproximadamente en un 90% el motor a Diesel para impulsar sus camiones, mientras que un 10% lo hace con motores a gasolina. Por ello, he considerado reunir las fallas que con mayor frecuencia se pueden presentar en el funcionamiento de los motores Diesel en la aplicación automotriz para que proporcione, a quien esté interesado, el mínimo de información requerida para sus soluciones.

Para lograr lo anterior, he dividido este trabajo en cuatro capítulos:

**Capítulo I:** Con el objeto de familiarizarse con el motor Diesel, en este capítulo se habla de la historia y evolución de los primeros motores. Se describe también su funcionamiento, mencionando sus componentes más importantes y algunos conceptos fundamentales. Por último,

se comenta su ciclo teórico de operación.

**Capítulo II:** Para poder detectar y corregir cualquier falla del motor, es indispensable conocer el funcionamiento de cada componente, así como tener presente su influencia con el correcto trabajo del motor.

Con el fin de describir el funcionamiento de los principales componentes, de la manera más comprensible posible, en este capítulo se ha dividido al motor en sistema de admisión, de enfriamiento, de lubricación, de combustible y de escape, considerando la aplicación automotriz.

**Capítulo III:** En este capítulo se habla de las fallas más comunes, que pueden presentarse en el funcionamiento del motor.

Por lo anterior, se ha propuesto un listado de fallas, donde se mencionan sus posibles causas y soluciones. Estas últimas, aparecen numeradas de tal manera que puedan ser consultadas en el listado que aparece a partir de la página 104.

Capítulo IV: Con el fin de disminuir las fallas e incrementar la durabilidad del motor, en este capítulo se comentan algunas recomendaciones generales de operación y mantenimiento preventivo.

Se hablará del mantenimiento preventivo en forma general, en función al kilometraje o periodos de tiempo, esto es:

Mantenimiento diario.

Mantenimiento cada 8,000 Km. [5,000 Millas]  
ó cada 3 meses, lo que ocurra primero.

Mantenimiento cada 16,000 Km, [10,000 Millas]  
ó cada 6 Meses, lo que ocurra primero.

Mantenimiento cada 32,000 Km, [20,000 Millas]  
ó cada 12 Meses, lo que ocurra primero.

Cabe señalar que en estos periodos de recorridos o tiempos, podrán existir variaciones que dependerán de las recomendaciones específicas establecidas por cada fabricante de motores.

Puesto que el objetivo de este trabajo es mostrar en forma conjunta las fallas en el funcionamiento de motores Diesel automotrices, expondré el tema de manera que sirva como una herramienta formativa y de consulta de la manera más comprensible posible, aclarando que debido a la amplia variedad de modelos de motores, existirán variaciones que

dependerán de las circunstancias, diseños o especificaciones de los diferentes fabricantes. Por lo tanto, el trabajo deberá considerarse como una guía únicamente.



**CAPITULO I**  
**FUNDAMENTOS BASICOS**  
**DEL MOTOR DIESEL**

### 1.1 LOS PRIMEROS MOTORES DIESEL.

Hace casi 100 años, en 1892, Rodolfo Diesel publica el folleto titulado "Teoría y proyecto de un motor racional destinado a sustituir la máquina de vapor y los demás motores conocidos actualmente". Su patente de invención solicitada al "Kaiser Linchen Patentamt" de Berlín decía:

"El émbolo de trabajo comprime aire puro en un cilindro, de forma que la temperatura resultante de la compresión es mayor que la temperatura de inflamación del combustible que se ha de emplear".

Después de la publicación de su patente, Diesel permaneció trabajando en colaboración con la casa M.A.N. (Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg). Su idea inicial consistía en emplear como combustible carbón finamente pulverizado, pero al no existir bombas que permitieran inyectar el combustible, tuvo que modificar su idea inicial y utilizar un combustible líquido.

En la Fig.1.1 se muestra el primer motor Diesel construido en 1893, mismo que no se logró poner en marcha.

La Fig.1.2 muestra el segundo motor construido en 1896 el cual, tampoco tuvo resultados apreciables.



Fig. 1.1 Primer motor Diesel experimental.

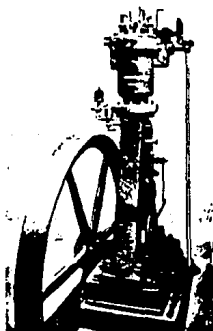


Fig. 1.2 Segundo motor Diesel experimental.

Fué en 1897 que se logró el primer motor experimental que funcionara, Fig.1.3, desarrollando una potencia de 13.2KW [ 17.7 H.P. ]

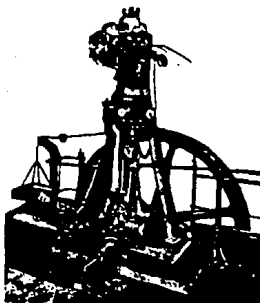


Fig.1.3 Primer motor Diesel  
puesto en marcha.

Para el año de 1898, Diesel pudo ver instalado su primer motor en una fábrica de cerillos, funcionando con verdadero éxito, Fig.1.4. Rápidamente se conceden licencias de fabricación a la Krupp, Sulzer y Burmeister & Wain y así, los motores empiezan a fabricarse y a ocupar un importante lugar en el mercado.

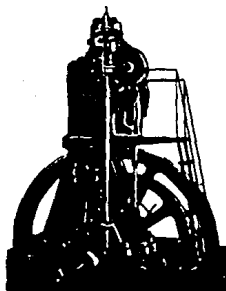


Fig.1.4 Motor Diesel instalado en una fábrica de cerillos.

A partir de 1901, la construcción de estos motores, comienza a ser comercial y se experimentan modificaciones importantes, mediante las cuales se llegan a construir unidades de hasta 735 KW [ 986 H.P. ] por la agrupación de varios cilindros.

En 1902 se aplica el motor Diesel en la propulsión de un barco mercante y en 1904, se equipa el primer submarino con este tipo de motor.

En 1912 muere Rodolfo Diesel y desde entonces, se inicia el continuo progreso del motor Diesel hasta la actualidad.

## 1.2 DESCRIPCION BASICA DEL MOTOR DIESEL.

El motor Diesel es un motor alternativo de combustión interna, que realiza la transformación de la energía calorífica contenida en el combustible en trabajo, mediante los pistones, bielas y el cigüeñal. Utiliza como combustible el Diesel ( nombre derivado del inventor del motor ). El combustible se enciende espontáneamente al ser introducido en el aire comprimido.

En este tipo de motor se pueden emplear altos grados de relación de compresión ( hasta 22:1 ), gracias a que el cilindro aspira únicamente aire, evitándose la posibilidad de una explosión prematura. En el motor Diesel, el aire comprimido alcanza temperaturas de hasta 600°C [1112°F].

La inyección del combustible en el aire comprimido se realiza a gran presión, de 100 a 200 Bar [ 1450 a 2900 lb/pulg<sup>2</sup> ]. El combustible entra en las cámaras de combustión en forma de un "chorro líquido pulverizado", el cual se mezcla con el aire previamente comprimido produciéndose el encendido espontáneo, gracias a la propiedad del combustible de encenderse a aproximadamente 275°C [527°F].

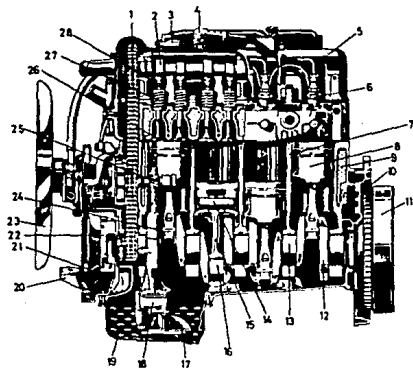
### 1.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL.

En la Fig.1.5, se muestran los principales componentes de un motor Diesel. Las operaciones fundamentales del motor, combustión y expansión, se realizan en un recinto cerrado llamado cilindro, dentro del cual se desplaza el pistón con un movimiento rectilíneo. El pistón a su vez, constituye la cara inferior móvil del cilindro.

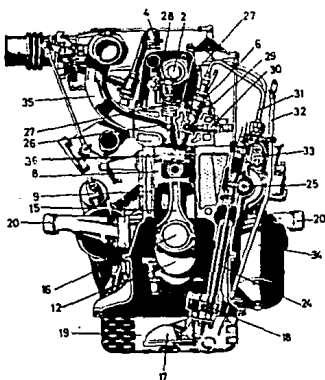
La cabeza de cilindros (también conocida como culata), es el componente que "cierra" al cilindro por su parte superior de una manera totalmente hermética.

El cilindro puede ser maquinado directamente en el "bloque de cilindros" o bien, ser un componente reemplazable, en cuyo caso se trataría de una "camisa" de cilindros. Las "camisas" pueden existir en dos tipos: húmedas o secas. En las primeras, el refrigerante posee contacto directo con la "camisa", Fig.1.6, mientras que en las segundas, se impide al refrigerante tener contacto directo con la "camisa", interponiendo una pared del mismo bloque, Fig.1.7.

La sección inferior del bloque de cilindros, recibe el nombre de bancada y sirve de alojamiento y soporte para el cigüeñal.



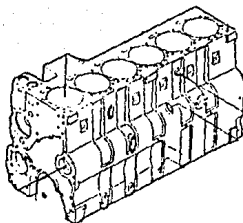
( vista lateral )



( vista frontal )

Fig.1.5 Componentes de un motor Diesel.





( bloque de cilindros ).  
 Fig.1.5 Componentes de un motor Diesel.  
 ( continuación ).

Listado de componentes de la Fig.1.5:

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Cadena de distribución.         | 30. Bujía de precalentamiento.       |
| 2. Arbol de levas.                 | 31. Tubería para combustible.        |
| 3. Tapón para llenado de aceite.   | 32. Bayoneta.                        |
| 4. Respiradero del motor.          | 33. Bomba de inyección y gobernador. |
| 5. Cubierta de balancines.         | 34. Filtro para aceite.              |
| 6. Inyector.                       | 35. Conducto de admisión.            |
| 7. Pared de cilindros.             | 36. Anillo.                          |
| 8. Pistón.                         | 37. Cabeza de cilindros (culata).    |
| 9. Galería para refrigerante.      |                                      |
| 10. Corona dentada.                |                                      |
| 11. Volante de inercia.            |                                      |
| 12. Contrapeso del cigüeñal.       |                                      |
| 13. Puntos de apoyo del cigüeñal.  |                                      |
| 14. Perno del pistón.              |                                      |
| 15. Biela.                         |                                      |
| 16. Muñon de biela.                |                                      |
| 17. Cedazo para aceite.            |                                      |
| 18. Bomba para aceite.             |                                      |
| 19. Depósito para aceite (cárter). |                                      |
| 20. Soporte.                       |                                      |
| 21. Polea del cigüeñal.            |                                      |
| 22. Marcas de puesta a tiempo.     |                                      |
| 23. Ventilador.                    |                                      |
| 24. Impulsor.                      |                                      |
| 25. Piñon.                         |                                      |
| 26. Válvula.                       |                                      |
| 27. Resorte de válvula.            |                                      |
| 28. Balancín.                      |                                      |
| 29. Antecámara de combustión.      |                                      |

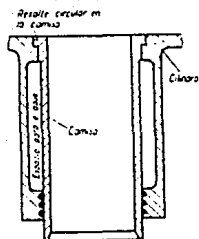


Fig.1.6 Camisa tipo húmeda.

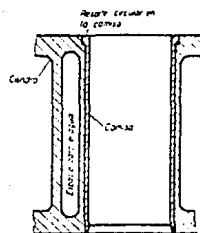


Fig.1.7 Camisa tipo seco.

El cigüeñal apoya y gira en sus "apoyos de bancada" sobre cojinetes o metales y se une al pistón mediante una biela y un perno.

Cuando el motor a Diesel desarrolla su ciclo completo de trabajo en cuatro carreras del pistón, entonces recibe el nombre de "motor de cuatro tiempos", o bien cuando es en dos carreras del pistón, se le conoce como "motor de dos tiempos".

Los "motores de cuatro tiempos" tienen su ciclo de trabajo constituido por las cuatro carreras o fases siguientes:

1. Admisión.
2. Compresión.
3. Fuerza.
4. Escape.

Lo anterior significa que los "motores de cuatro tiempos" realizan un ciclo de trabajo completo por cada dos revoluciones del cigüeñal, debido a que cada carrera corresponde a  $180^\circ$  de giro del mismo.

Los "motores de dos tiempos" tienen su ciclo de trabajo constituido por las dos carreras o fases siguientes:

1. Admisión y Compresión.
2. Fuerza y Escape.

Lo anterior significa que en los "motores de dos tiempos", se realizan dos fases por cada carrera del pistón y si por cada carrera corresponden  $180^\circ$  de giro del cigüeñal,

entonces el ciclo se completará en cada revolución del mismo.

En el presente trabajo, se hablará únicamente del "motor de cuatro tiempos" por ser éste el de fabricación más común.

A continuación se describe cada carrera tomando como ejemplo un solo cilindro, aclarando que el funcionamiento es el mismo para el resto de los cilindros con los que cuente el motor.

#### 1. Admisión.

La válvula de admisión se encuentra abierta cuando el pistón pasa por el Punto Muerto Superior ( P.M.S. ) y mientras baja hasta el Punto Muerto Inferior ( P.M.I. ), crea un vacío en el interior del cilindro y aspira aire únicamente, Fig.1.8. Durante este tiempo, la válvula de escape permanece cerrada.

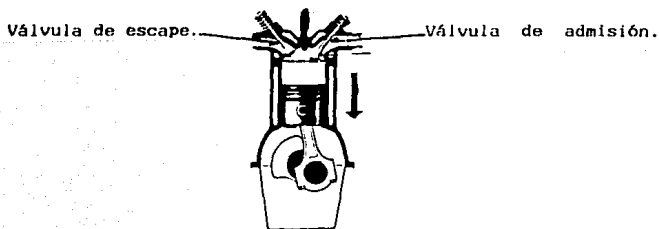


Fig.1.8 Admisión de aire.

## 2. Compresión.

En el P.M.I. se cierra la válvula de admisión y al ascender el pistón, comprime el aire existente en el interior del cilindro hasta reducir su volumen al de la cámara de combustión, Fig.1.9(a). El volumen de la cámara de combustión, es el volumen existente entre la cabeza de cilindros y la cara superior ( o corona ) del pistón, cuando éste se encuentra en el P.M.S., Fig.1.9(b).

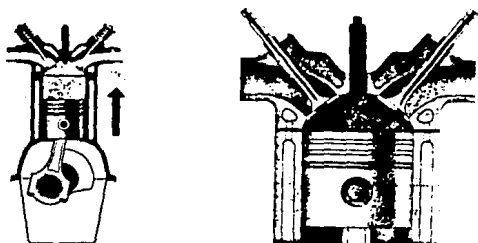


Fig.1.9. (a)Compresión del aire. (b)Cámara de combustión.

Cerca del final de la compresión, se inyecta en la cámara de combustión una pequeña cantidad de combustible, exactamente medida. Inmediatamente después de iniciar la inyección, se produce el encendido espontáneo del combustible y comienza la combustión, que se prolonga hasta poco después del P.M.S. Durante la carrera de compresión, tanto la válvula de admisión como la de escape, permanecen cerradas.

### 3. Fuerza.

Iniciada la combustión, el pistón recibe el empuje de los gases e inicia su descenso, Fig.1.10, mientras que las válvulas ( admisión y escape ) permanecen cerradas. La fuerza descendente del pistón es transmitida a través de la biela al cigüeñal, para que a su vez, éste accione a una transmisión, ( caja de velocidades ) Fig.1.11.

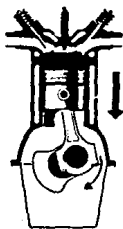


Fig.1.10. Carrera de Fuerza.

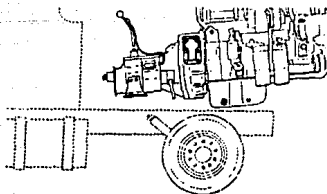


Fig.1.11. Accionamiento de la transmisión.  
( caja de velocidades )

#### 4. Escape.

Cuando el pistón se dirige de nuevo hacia el P.M.S., expulsa los gases de la combustión al exterior a través de la válvula de escape, Fig.1.12, misma que fué abierta poco antes de que el pistón llegase a su P.M.I. durante la carrera de fuerza. Cuando el pistón llegue al P.M.S., comenzará un nuevo ciclo.

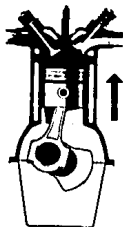


Fig.1.12. Salida de gases.

La abertura y cierre en su debido momento de las válvulas de admisión y escape está controlado por los órganos de la distribución. Un eje ( árbol de levas ) que gira accionado por el cigüeñal mediante una cadena o engrane, presenta levas, que a través de un seguidor, una varilla de empuje y un balancín, Fig.1.13., abren las válvulas, venciendo la tensión del "resorte de válvula" situado en la cabeza de cilindros. El giro constante de estas levas es el que determina los movimientos de las válvulas.

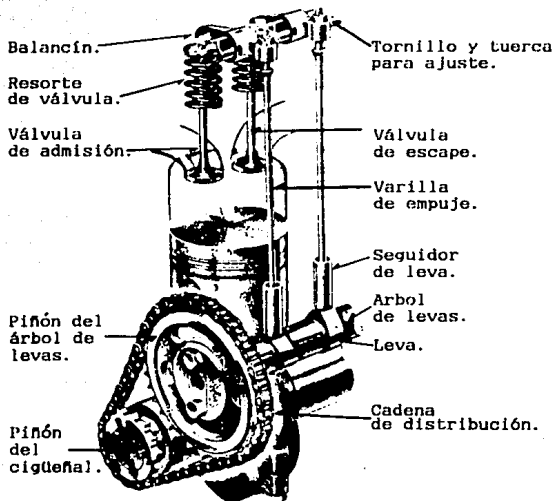


Fig.1.13 Componentes de la distribución.

En el motor Diesel las válvulas de admisión y de escape no abren y cierran exactamente en el P.M.S. y en el P.M.I., sino que lo hacen siempre con ciertos grados de adelanto y retraso con respecto a esos puntos, siempre con el fin de obtener un mejor llenado del cilindro con aire fresco y una expulsión más completa de los gases quemados. De acuerdo a lo anterior, la abertura y cierre de las válvulas puede ser representado en un diagrama único llamado Diagrama Circular de la Distribución, mostrado en la Fig.1.14.



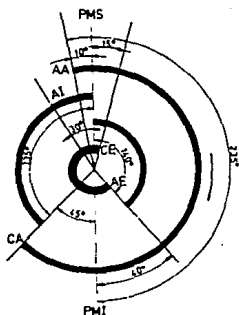


Fig.1.14 Diagrama Circular de la Distribución.

Para interpretar el Diagrama Circular de la Distribución, deberá comenzar a leerse desde el punto AA (adelanto de apertura válvula de admisión), hasta el punto CA (retraso del cierre válvula de admisión) y continuar por la compresión pasando por AI (adelanto de inyección), luego por la expansión o carrera de fuerza que termina en AE (adelanto de apertura válvula de escape) y el escape que continúa hasta el CE (retraso del cierre válvula de escape) donde termina el ciclo. Los valores exactos de los grados de adelanto y retraso que proporcionen el mejor funcionamiento del motor, los determina experimentalmente su fabricante.

Finalmente, el bloque y la cabeza de cilindros disponen de galerías o cámaras por donde circula el agua de

enfriamiento con el fin de refrigerar las partes más próximas a los gases de combustión. El aceite contenido en el depósito o cubierta inferior ( también conocido como cárter ), es distribuido a los componentes del motor sometidos a rozamiento.

Estos son los elementos básicos de un motor Diesel dispuestos en un arreglo clásico. Naturalmente existen algunas variaciones de diseño entre cada modelo de motor, sin embargo, el funcionamiento es el mismo.

### 1.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

Con el fin de familiarizarse más con este tipo de motor, a continuación se mencionan algunos de los conceptos más comunmente empleados:

#### 1. Carrera.

Se refiere al recorrido total que desarrolla el pistón, desde que se localiza en su posición más baja (posición que recibe el nombre de Punto Muerto Inferior o P.M.I.), hasta que finalmente alcanza la posición más alta (posición que recibe el nombre de Punto Muerto Superior o P.M.S.). Lo anterior, puede observarse en la Fig.1.15.

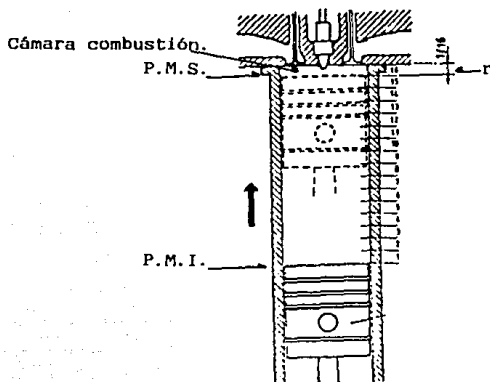


Fig.1.15. Carrera del pistón.

### 2. Volumen cámara de combustión.

Se refiere al volumen limitado por la cabeza de cilindros y el pistón, cuando éste último se localiza en su P.M.S., Fig.1.15.

### 3. Cilindrada.

Se refiere al desplazamiento efectuado por el pistón expresado en unidades de volumen. Cuando en un motor se habla de cilindrada, se involucra la suma del desplazamiento de todos los pistones. La cilindrada se calcula con la ecuación siguiente:

$$Cil = (\pi/4)(D^2)(C)(N)$$

Donde:

Cil-Cilindrada del motor expresada en unidades de volumen, ( cm<sup>3</sup> o pulg<sup>3</sup> ).

$\pi$ -Constante-3.141592

4-Constante.

D-Diámetro del cilindro, expresado en cm. o pulg.

C-Carrera del pistón, expresada en cm. o pulg.

N-Número de cilindros del motor.

**Ejemplo:**

Calcular la cilindrada de un motor con las siguientes características:

D-11.379 cm [ 4.48 pulg ].

C-13.487 cm [ 5.31 pulg ].

N-6

Aplicando la ecuación anterior:

$$Cil = (3.141592/4)(11.379\text{cm})^2(13.487\text{cm})(6)$$

$$Cil = 8229.326 \text{ cm}^3, [ 502.184 \text{ pulg}^3 ].$$

#### 4. Relación de compresión ( r ).

Se refiere a la relación existente en el cilindro cuando el pistón se encuentra en el P.M.I., con respecto al volumen existente cuando el pistón se encuentra en el P.M.S., es decir:

$$r = \frac{V_1}{V_2}$$

Donde:

$V_1$  -Volumen cámara de combustión + Volumen desplazado por el pistón.

$V_2$  -Volumen cámara de combustión.

En la Fig.1.15 se puede observar una relación de compresión de 16:1

#### 5. Velocidad de holgar.

Se refiere al régimen de funcionamiento del motor existente cuando no se ejerce ninguna fuerza sobre el pedal del acelerador. La velocidad de holgar también es conocida como mínimas R.P.M.

## 1.4 CICLO DIESEL.

El motor Diesel inicia el proceso de combustión elevando la temperatura del aire por arriba del valor de ignición del combustible. Un motor construido con este principio, se denomina motor de Encendido por Compresión ( EC ).

El motor ( EC ), tiene como modelo de operación al ciclo teórico conocido como Ciclo Diesel, el cual considera al aire como la substancia de trabajo, Fig.1.16.

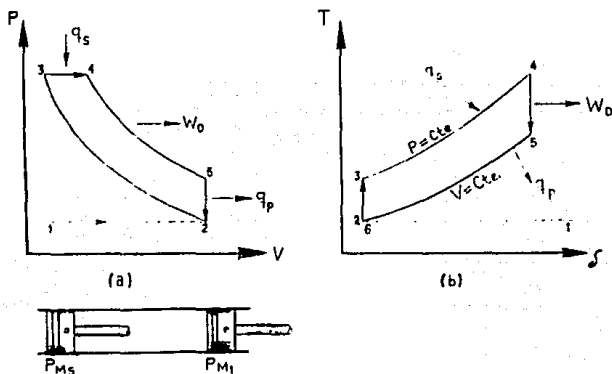


Fig.1.16 Ciclo Diesel  
(a) Diagrama P-v  
(b) Diagrama T-s

Los procesos del Ciclo Diesel, se indican en la Tabla I.

PROCESO	FACE DEL CICLO
1-2 Isobárico	Admisión
2-3 Adiabático	Compresión
3-4 Isobárico	Inyección
4-5 Adiabático	Expansión
5-6 Isométrico	Escape

Tabla I  
Ciclo Diesel.

En este caso, la inyección del combustible se realiza al final de la etapa de compresión y se mantiene con tal intensidad, que la combustión se mantiene a una presión constante.

De acuerdo a la Fig.1.16, la adición y pérdida de calor están dados por:

$$q_s - C_p(T_4 - T_3)$$

$$q_p - C_v(T_5 - T_6)$$

Donde:

$q_s$  - Calor suministrado durante la combustión por unidad de masa, KJ/Kgm, [ BTU/lbm ]

$q_p$  - Calor perdido por el escape por unidad de masa, KJ/Kgm, [ BTU/lbm ].

$C_p$  - Calor específico a presión constante, KJ/Kgm<sup>o</sup>K, [ BTU/lbm<sup>o</sup>R ].

$C_v$  - Calor específico a volumen constante, KJ/Kgm<sup>o</sup>K, [ BTU/lbm<sup>o</sup>R ].

$T_3, T_4, T_5, T_6$  - Temperaturas en los diferentes puntos, <sup>o</sup>K, [ <sup>o</sup>R ].

Según lo anterior, el trabajo disponible del ciclo teórico Diesel ( $w_{\text{Diesel}}$ ) es:

$$w_{\text{Diesel}} = q_5 - q_p \\ = [C_p(T_4 - T_3) - C_v(T_2 - T_6)], \text{ en kJ/kgm, [BTU/lbm].}$$

Para transformar a trabajo, se pueden aplicar los siguientes factores de conversión:

$$1 \text{ kJ/kgm} = 102 \text{ kgf m/kgm,} \\ [1 \text{ BTU/lbm} = 778.2 \text{ lbf ft/lbm].}$$

El rendimiento térmico del ciclo Diesel ( $\eta_{\text{térmico}}$ ) será:

$$\eta_{\text{térmico}} = \frac{w_{\text{Diesel}}}{q_5} = \frac{q_5 - q_p}{q_5} = \frac{q_5}{q_5} - \frac{q_p}{q_5} = 1 - \frac{q_p}{q_5} \\ = 1 - \frac{C_v(T_3 - T_6)}{C_p(T_4 - T_3)} \quad ; \quad k = \frac{C_p}{C_v} \quad ; \quad \frac{C_v}{C_p} = \frac{1}{k} \\ = 1 - \frac{T_3 - T_6}{k(T_4 - T_3)}$$

Donde:

$k$  -relación de los calores específicos.



**CAPITULO II**  
**DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO**  
**DE LOS SISTEMAS DEL MOTOR DIESEL**

## 2.1 SISTEMA DE ADMISION.

Básicamente el sistema de admisión de un motor Diesel actual, está constituido por los siguientes elementos:

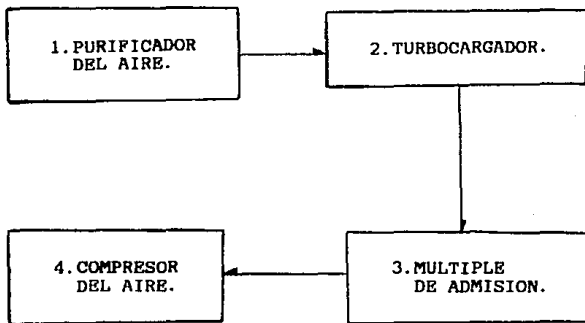


Fig.2.1 Componentes del sistema de admisión.

### 1. Purificador de aire.

Existen dos tipos básicos de purificadores de aire que pueden ser empleados en el motor: a) el tipo húmedo y b) el tipo seco.

Cada uno de ellos debe cumplir con los siguientes requisitos:

- +Alta capacidad de retención de polvo.
- +Baja resistencia al flujo de aire hacia el motor.
- +Ser compacto.
- +Poseer facilidad de mantenimiento.

## a) Purificador tipo húmedo.

La Fig.2.2 muestra un purificador de aire del tipo húmedo. Se compone básicamente de un recipiente metálico con un pasaje central que permite el paso del aire; un depósito o charola para aceite y una malla circular metálica, la cual se encuentra arriba del depósito.

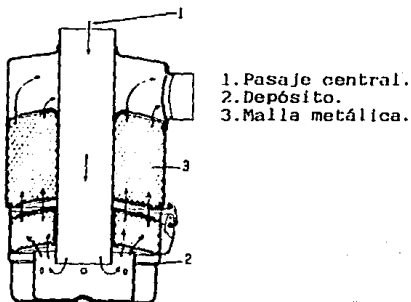


Fig.2.2 Purificador tipo húmedo.

Desde la parte central del purificador, el aire es succionado a través de un conducto para chocar en el aceite que contiene la charola. Parte de las impurezas o polvo suspendido en el aire que penetra, queda atrapado por su inercia en el aceite. Posteriormente el aire circula a través de la malla metálica donde se retienen más partículas. Finalmente el aire se dirige hacia el turbocargador.

b) Purificador tipo seco.

La Fig.2.3 muestra un purificador de aire del tipo seco. Este contiene un elemento de papel por el cual tiene que atravesar el aire proveniente del exterior, antes de introducirse al motor. Dependiendo de la instalación del purificador, pueden presentarse dos circulaciones al flujo del aire: entrada por la parte externa del elemento, o entrada por la parte interna del elemento. Esto último, también puede observarse en la Fig.2.3.

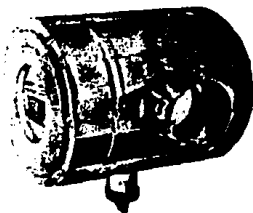


Fig.2.3 Purificador tipo seco.

La tendencia actual es utilizar el purificador del tipo seco, por la razón de que aún en bajas R.P.M. del motor, es capaz de retener impurezas debido a que no depende de la velocidad a la cual circule el aire para poder recolectar las partículas contaminantes como sucede en el caso del purificador tipo húmedo. Además no presenta ninguna limitante en cuanto a posición se refiere.

## 2. Turbocargador.

Al hablar del turbocargador, se puede hablar de sobrealimentación. La sobrealimentación consiste en llenar los cilindros con aire a presión, en vez de que el motor lo succione directamente de la atmósfera, como es el caso del motor de aspiración natural. De esta manera, con la misma cilindrada, se puede introducir hasta triple cantidad de aire, pudiéndose quemar mayor cantidad de combustible, obteniéndose así, mayor potencia. Para lograr lo anterior, se necesita de un compresor que sea capaz de introducir el aire en el cilindro a una presión mayor a la atmosférica.

El accionamiento de los dispositivos para sobrealimentación puede efectuarse de dos maneras: a) aprovechando la potencia del motor y b) aprovechando la energía de los gases de escape. La primera absorbe potencia del motor, mientras que la segunda aprovecha una energía, que de no hacerlo, se desperdiciaría.

Los dos tipos fundamentales de compresores para el motor Diesel son el volumétrico, que puede ser de lóbulos, ( Fig.2.4 ) y los centrífugos compuestos por una turbina. Los compresores volumétricos son accionados por el mismo motor ( a través de una toma de fuerza ), mientras que los centrífugos son accionados por los gases de escape.

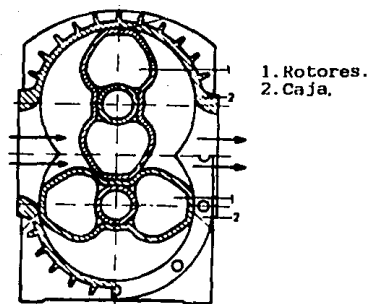


Fig.2.4 Compresor volumétrico.

Los compresores centrífugos también se conocen con el nombre de turbocargadores, teniendo gran uso en el motor Diesel automotriz. Por lo anterior, a continuación se describe el funcionamiento de un turbocargador, Fig.2.5. La energía térmica y presión de los gases de escape del motor impulsan a una turbina que se encuentra unida mediante una flecha a una propela compresora. Al girar esta propela a la misma velocidad que la turbina ( hasta 120,000 R.P.M. ), absorbe aire del exterior y lo introduce al interior de los cilindros.

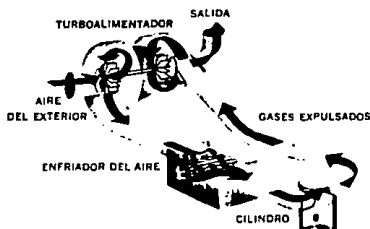


Fig.2.5 Funcionamiento del turbocargador:

Los componentes de un turbocargador se muestran en la Fig.2.6; sus componentes son de gran precisión por lo que es de vital importancia una lubricación eficiente. La velocidad del conjunto rotativo ( formado por la turbina/flecha y compresor ) dependen del diseño de la turbina, propela compresora así como de sus respectivas carcazas. Cada diseño de turbocargador corresponde a un modelo de motor en particular y su reemplazo deberá realizarse de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Listado de componentes de la Fig.2.6:

- 1.Carcaza compresora.
- 2.Tuerca de seguridad.
- 3.Propela compresora.
- 4.Difusor.
- 5.Liga rectangular.
- 6.Placa de sujeción.
- 7.Tornillo hexagonal y arandela.
- 8.Anillo sellador.
- 9.Porta anillo.
- 10.Deflector de aceite.
- 11.Tornillo cabeza plana.
- 12.Placa de ajuste.
- 13.Collar de ajuste.
- 14.Anillo de retención.
- 15.Cojinete.
- 16.Tornillo hexagonal.
- 17.Seguro.
- 18.Placa de sujeción.
- 19.Seguro.
- 20.Tornillo hexagonal.
- 21.Carcaza de cojinetes ( núcleo ).
- 22.Protector de calor.
- 23.Anillo sellador.
- 24.Turbina y eje.
- 25.Carcaza turbina.

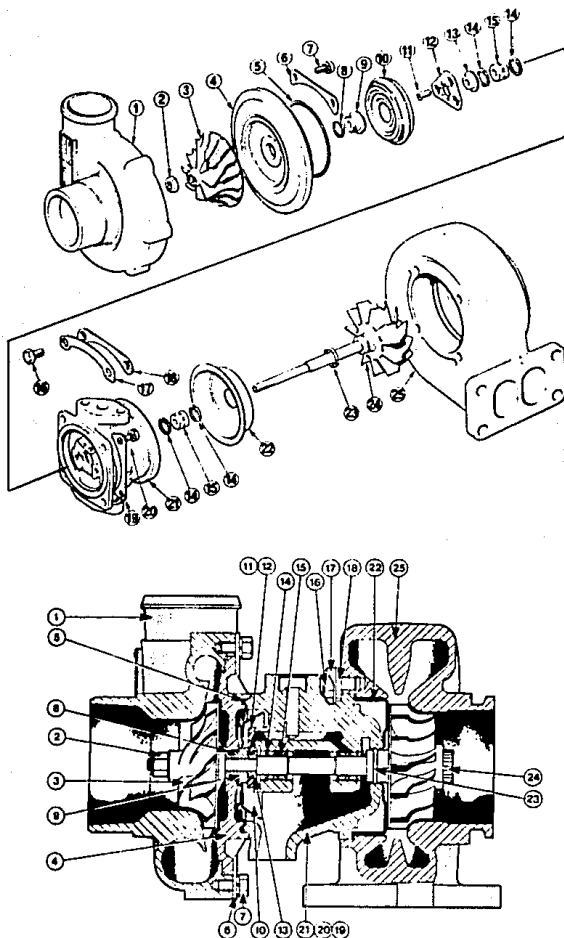


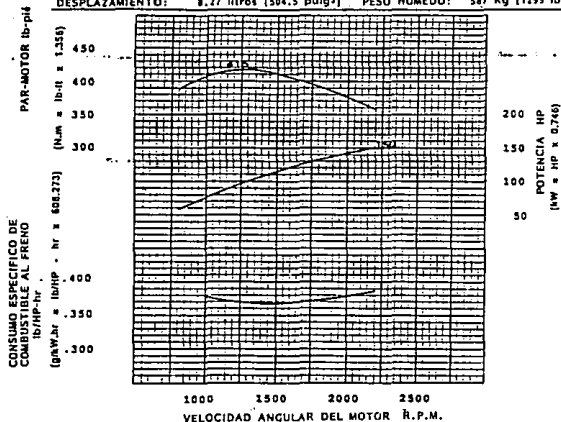
Fig.2.6 Componentes de un turbocargador.



La tendencia actual por parte de los fabricantes de motores Diesel automotrices, es eliminar el motor de aspiración natural y sustituirlo por el turbocargado. Con el propósito de apreciar algunos de los beneficios que se obtienen del motor turbocargado con respecto al de aspiración natural, en la Fig.2.7 se compara el comportamiento de ambos, considerando un mismo modelo de motor y una cilindrada de 8.27 Litros [ 504.5 pulg<sup>3</sup> ].

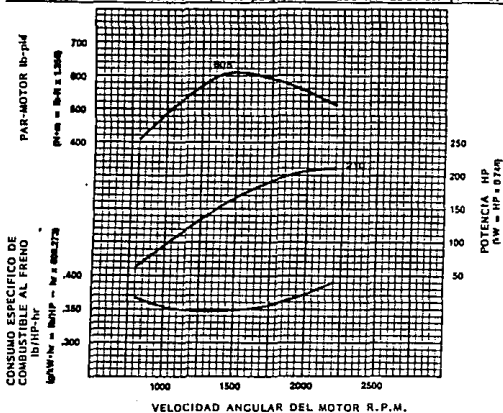
La falta de compatibilidad entre el turbocargador con el motor, podrá ocasionar sobrecalentamiento por presiones y temperaturas excesivas, provocando desgastes prematuros en la vida útil del motor.

DIAMETRO: 114mm [4.49 pulg] No. DE CILINDROS: 5  
 CARRERA: 115mm [4.52 pulg] ASPIRACION: NATURAL  
 DESPLAZAMIENTO: 8.27 litros [504.3 pulg<sup>3</sup>] PESO HUMEDO: 587 Kg [1295 lb]



a) Motor de aspiración natural.

DIAMETRO: 114mm [4.49 pulg] No. DE CILINDROS: 6  
 CARRERA: 135mm [5.32 pulg] ASPIRACION: TURBOCARGADO  
 DESPLAZAMIENTO: 8.27 litros [504.3 pulg<sup>3</sup>] PESO HUMEDO: 587 [1295 lb]



b) Motor turbocargado.

Fig.2.7 Curvas de comportamiento de motores.

De acuerdo a la Fig.2.7, se desprende lo siguiente:

	Motor aspiración natural	Motor turbocargado	% Incremento turbocargado contra asp. nat.nat.
Par-motor máx.	562.7 N-m [415 lb-pié] @ 1250 R.P.M.	820.3 N-m [605 lb-pié] @ 1500 R.P.M.	45.7 %
Potencia máx.	111.9 kW [150 HP] @ 2200 R.P.M.	156.6 kW [210 HP] @ 2200 R.P.M.	40 %
Consumo específico de combustible	236.0 $\frac{gr}{kW-Hr}$ [0.388 $\frac{lb}{HP-Hr}$ ] @ 2200 R.P.M.	237.22 $\frac{gr}{kW-Hr}$ [0.390 $\frac{lb}{HP-Hr}$ ] @ 2200 R.P.M.	0.005 %

Tabla II

Comparación entre un motor de aspiración natural y un turbocargado.

### 3. Múltiple de admisión.

La finalidad del múltiple de admisión, es distribuir el aire que previamente ha circulado por los componentes ya mencionados a cada uno de los cilindros del motor, - Fig.2.8.

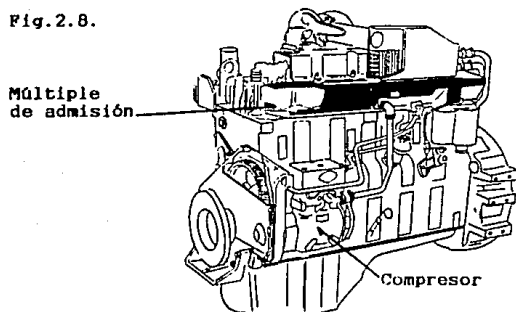


Fig.2.8 Flujo de aire a través del múltiple de admisión.

### 4. Compresor del aire.

El compresor del aire, es una unidad de uno o dos cilindros, impulsado por el mismo motor, a través de una toma de fuerza o mediante bandas. Su función es suministrar el aire necesario para el accionamiento de los frenos del vehículo. La lubricación y el enfriamiento lo recibe del propio motor y sus componentes se muestran en la Fig.2.9.

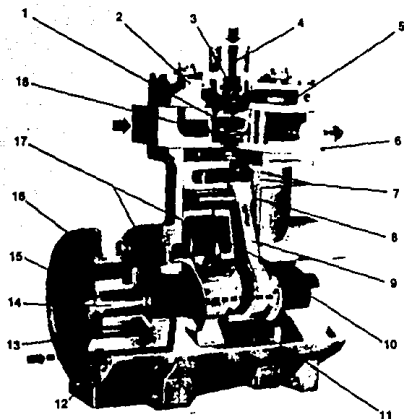


Fig.2.9 Compresor del aire.

Listado de componentes de la Fig.2.9:

1. Válvula de admisión.
2. Cubierta de la cabeza del cilindro.
3. Válvula de descarga.
4. Conexión aire del regulador.
5. Entrada de aire.
6. Cabeza del cilindro.
7. Anillos del pistón.
8. Pistón.
9. Biela.
10. Toma de fuerza.
11. Alojamiento del cigüeñal.
12. Entrada de aceite lubricante.
13. Arandela de empuje.
14. Cigüeñal.
15. Cople impulsor.
16. Soporte.
17. Cojinetes.
18. Válvula de escape.

## 2.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

La finalidad del sistema de enfriamiento, es disipar la temperatura generada por la combustión y la fricción producida por el funcionamiento del motor. Las partes más importantes a enfriar, son las paredes de los cilindros y la cabeza de cilindros.

Los medios más comunes para enfriar al motor, son la refrigeración por aire y por agua. En el primer caso, una fuerte corriente de aire circula alrededor de las superficies del motor provistas de aletas que aumentan la superficie de transferencia de calor, Fig.2.10.

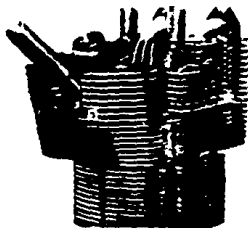


Fig.2.10 Aletas para refrigeración por aire en cilindro y cabeza.

Este tipo de motor, está provisto de un ventilador para la conducción del aire a través de las aletas, Fig.2.11. El ventilador absorbe potencia del motor, pero asegura la refrigeración en todas las condiciones de operación, incluso

con el vehículo estacionado o con viento contrario.

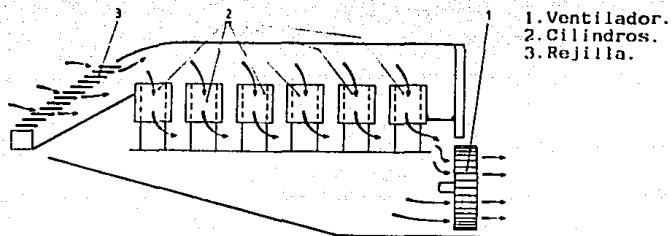


Fig.2.11 Circuito de refrigeración por aire.

Para el caso de la refrigeración por agua, se emplea una bomba para hacerla circular a través de las paredes de cilindros ( o bien, de las camisas ) y cabeza de cilindros, devolviendo el calor sustraído a un radiador. Por ser este sistema de enfriamiento el más usual, en la Fig.2.12 se indican sus componentes, considerando que la secuencia en el flujo podrá cambiar entre cada modelo de motor, pero en términos generales, el sistema resulta ser el mismo.

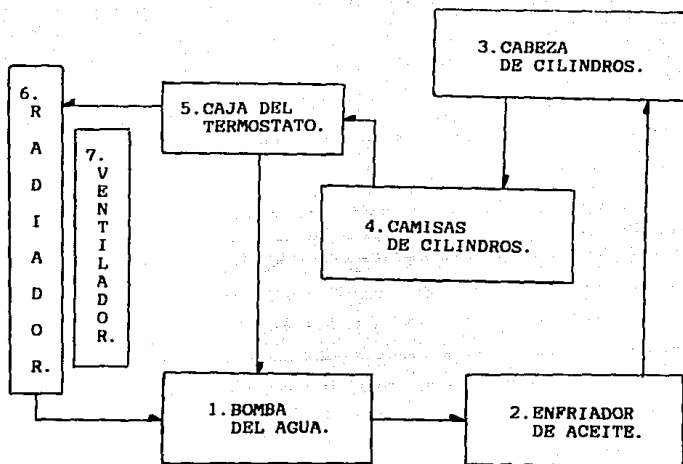


Fig.2.12 Componentes del sistema de enfriamiento.

### 1. Bomba del agua.

La circulación del refrigerante es provocada por una bomba centrífuga, Fig.2.13. Su accionamiento es producido ( a través de una banda ), por el propio cigüeñal o alguna toma de fuerza. La bomba succiona el refrigerante de la cámara inferior del radiador y/o el conducto de derivación de la caja del termostato, para dirigirlo al interior del motor.



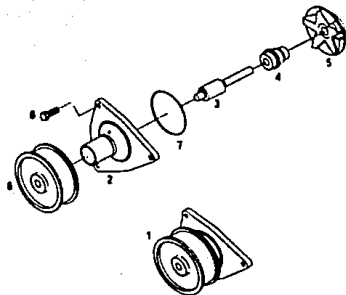


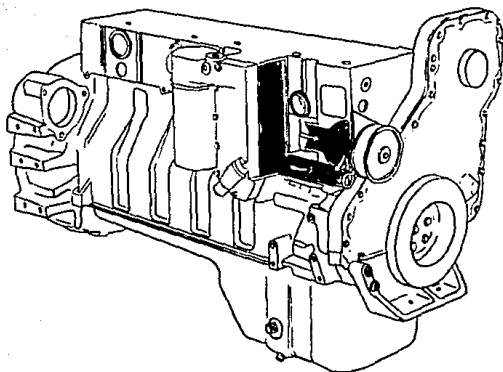
Fig.2.13 Componentes de la bomba del agua.

Listado de componentes de la Fig.2.13:

1. Bomba del agua.
2. Cuerpo de la bomba.
3. Flecha.
4. Sello.
5. Impulsor.
6. Polea.
7. Liga.
8. Tornillo hexagonal.

2. Enfriador de aceite.

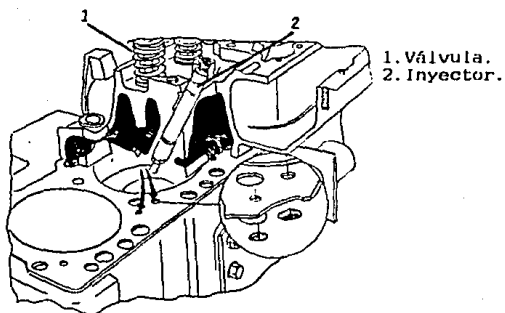
El refrigerante circula a través del elemento enfriador de aceite, el cual está formado por una serie de placas o bien, por un conjunto de tubos. El refrigerante circula por la parte externa del elemento, mientras que el aceite, circula por la parte interna. Un enfriador de aceite se muestra en la Fig.2.14.



**Fig.2.14** Circulación del refrigerante a través del elemento enfriador de aceite.

### 3. Cabeza de cilindros.

Posteriormente, a través de galerías practicadas en el propio motor, el refrigerante se dirige hacia la cabeza de cilindros, con el fin de enfriar a las válvulas de admisión, válvulas de escape y a los inyectores. Lo anterior, se muestra en la Fig.2.15. En la cabeza de cilindros, puede existir una conexión para enviar una porción del refrigerante al compresor del aire. Una vez que el refrigerante circuló por el compresor, retorna nuevamente al motor.



**Fig.2.15** Circulación del refrigerante a través de la cabeza de cilindros.

#### 4. Camisas de cilindros.

A continuación, el refrigerante se dirige al bloque de cilindros para circular alrededor de las camisas de cilindros y de esta manera disminuir la temperatura que se ha generado en su interior, producida por la combustión. Posteriormente, el refrigerante circula hacia la caja del termostato, Fig.2.16.

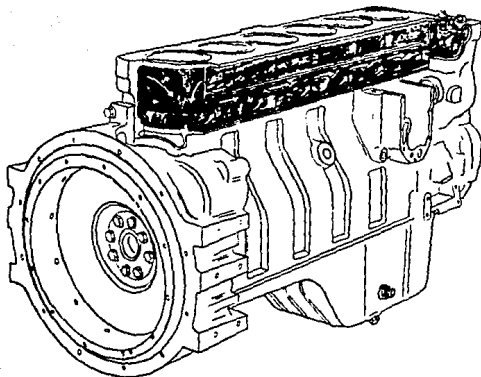


Fig.2.16 Circulación del refrigerante alrededor de las camisas de cilindros.

#### 5. "Caja" del termostato y conducto de derivación.

Esta "caja" sirve para alojar al termostato y además contiene al conducto de derivación.

La función del termostato es la siguiente: cuando la temperatura del refrigerante es menor a  $83^{\circ}\text{C}$  [ $181.4^{\circ}\text{F}$ ], el termostato permanece cerrado impidiendo la circulación del refrigerante hacia el radiador, provocando que el refrigerante circule por el conducto de derivación, Fig.2.17(a), hacia la entrada de la bomba del agua para volver a circular por el motor, Fig.2.18(a). A temperaturas del refrigerante menores a  $60^{\circ}\text{C}$  [ $140^{\circ}\text{F}$ ], se considera al motor frío.

Conforme aumente la temperatura del refrigerante,

el termostato empezará a abrir, obstruyendo paulatinamente la circulación por el conducto de derivación y a su vez, permitiendo la circulación paulatina hacia el radiador, Fig.2.17(b). El termostato podrá comenzar a abrir a los  $83^{\circ}\text{C}$  [  $181.4^{\circ}\text{F}$  ] del refrigerante y podrá llegar a su abertura máxima, a los  $95^{\circ}\text{C}$  [  $203^{\circ}\text{C}$  ], que corresponde a la Fig.2.17(c), donde el conducto de derivación permanece obstruido permitiendo la circulación del refrigerante hacia el radiador, para posteriormente volver a ser succionado por la bomba, Fig.2.18(b).

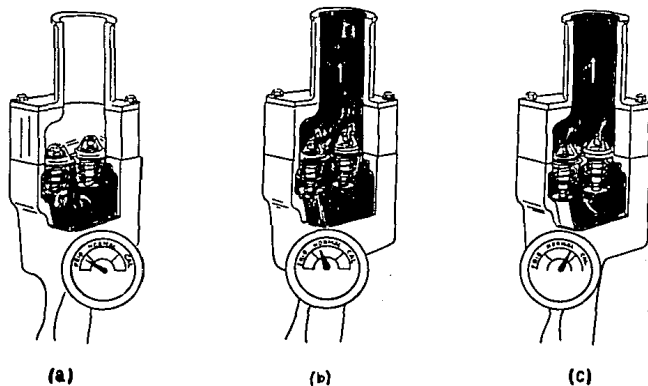


Fig.2.17 "Caja" del termostato.  
 Conducto de derivación: (a)descubierto,  
 (b)parcialmente descubierto, (c)obstruido.

El rango entre el comienzo de abertura y abertura máxima del termostato, podrá variar de un modelo de motor a otro. De hecho, algunos fabricantes de motores, prefieren duplicar la cantidad de termostatos, en vez de emplear solo uno de mayor tamaño, obteniendo beneficios en costo y la ventaja de ser menos factible que ambos termostatos lleguen a fallar al mismo tiempo.

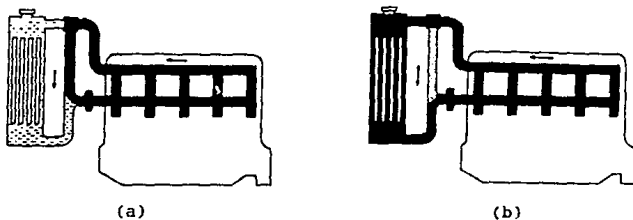


Fig.2.18 Circulación del refrigerante: (a) a través del conducto de derivación, (b) a través del radiador.

## 6. Radiador.

La función del radiador es disipar el calor del refrigerante que ha circulado por el motor. Está compuesto por dos cámaras, superior e inferior y por un haz de tubos de pequeña sección que unen ambas cámaras, Fig.2.19.

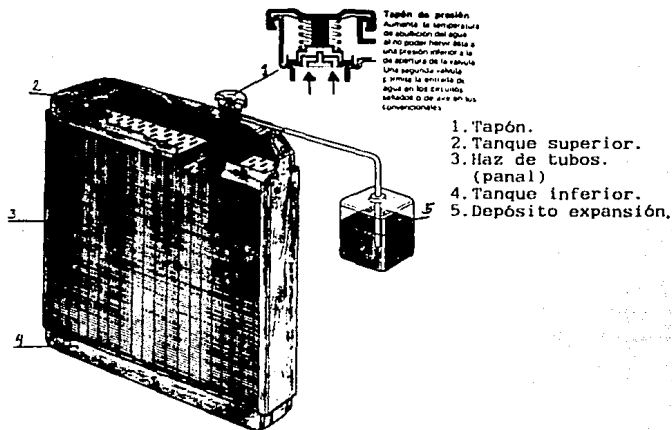


Fig.2.19 Componentes del radiador.

El refrigerante caliente procedente de la caja del termostato del motor, entra en la cámara superior del radiador y fluye hacia la cámara inferior a través del haz de tubos, los cuales constituyen la superficie para la transferencia de calor hacia el medio ambiente. La diferencia de temperaturas entre la cámara superior e inferior varía entre  $5^{\circ}\text{C}$  a  $8^{\circ}\text{C}$  [  $41^{\circ}\text{F}$  a  $46.4^{\circ}\text{F}$  ]. Una vez que el refrigerante se encuentra en la cámara inferior, circula hacia el motor gracias a la bomba del agua. En la mayoría de los radiadores existe un espacio libre entre la superficie del refrigerante

y la parte más alta de la cámara superior para facilitar que el refrigerante o vapor escape a través del rebosadero. En diseños más modernos, el fluido sobrante circula a un depósito de expansión, separado del radiador, Fig.2.19.

#### 7. Ventilador.

El ventilador podrá ser accionado por el propio motor en forma continua mediante bandas o bien, ser activado en ciertos momentos por un embrague, el cual entrará a funcionar únicamente cuando la temperatura del refrigerante sobrepase valores específicos previamente establecidos. La función del ventilador es provocar una corriente de aire a través del radiador para ayudar a disminuir la temperatura del refrigerante que circula por el interior. Un ventilador se muestra en la Fig.2.20

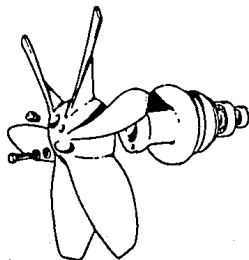


Fig.2.20 Ventilador.



### 2.3 SISTEMA DE LUBRICACION.

En una superficie metálica, por esmerado que sea el trabajo de pulimentación que se haya efectuado sobre ella y aunque parezca lisa, en realidad está formada por rugosidades casi microscópicas, Fig.2.21. Si en estas condiciones se frotran las superficies entre sí, existiría un desgaste prematuro. El objeto de la lubricación será entonces, hacer tolerable la fricción entre las superficies, interponiendo entre ellas una delgada película de aceite sobre la cual se deslicen, Fig.2.22.

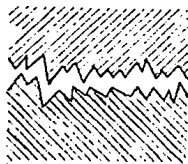


Fig.2.21 Aspecto de dos superficies metálicas deslizándose una sobre otra.

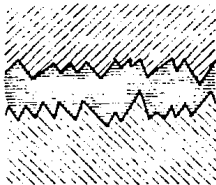


Fig.2.22 Aspecto de la Fig.2.21, interponiendo una película lubricante.

De acuerdo a lo anterior, se hace necesario que en el motor exista un sistema que permita establecer una lubricación en todas aquellas partes sometidas a un rozamiento.

En la Fig.2.23, se muestra el flujo del aceite a través de un sistema de lubricación y aunque pueden existir distintos diseños en cada modelo de motor, el sistema resulta ser el mismo.

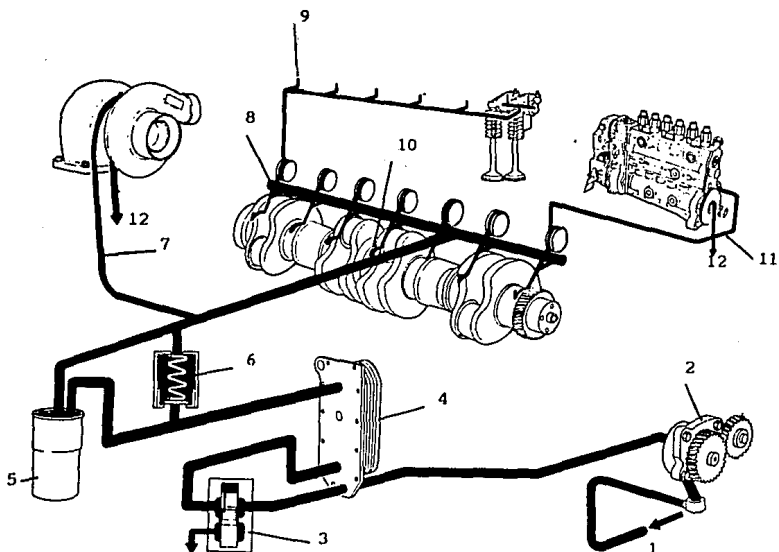


Fig2.23 Flujo de aceite a través del sistema de lubricación.

## Listado de componentes de la Fig.2.23:

1. Depósito para aceite.
2. Bomba.
3. Regulador de presión.
4. Enfriador para aceite.
5. Filtro.
6. Válvula de derivación.
7. Suministro de aceite al turbocargador.
8. Conducto principal de lubricación.
9. Suministro de aceite a balancines.
10. Boquilla enfriadora de pistón.
11. Suministro de aceite a bomba de inyección.
12. Retorno de aceite al depósito.

Considerando la Fig.2.23, a continuación se comentan los componentes del sistema.

## 1. Depósito para aceite.

Las funciones del depósito ( cárter ), Fig.2.24, son dos: 1) sirve para almacenar el aceite que circulará por el motor y 2) sirve como cubierta inferior del motor. Su construcción es de una sola pieza y por lo general es fabricado con lámina de acero o en aluminio.

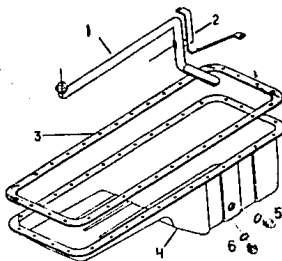


Fig.2.24 Depósito para aceite.

Listado de componentes de la Fig.2.24:

- 1.Tubo de succión hacia la bomba.
- 2.Soporte.
- 3.Junta.
- 4.Depósito.
- 5.Tapón registro.
- 6.Tapón para drenado de aceite.

2. Bomba.

El flujo comienza cuando la bomba, Fig.2.25, succiona el aceite del depósito para dirigirlo al motor. Generalmente la bomba es accionada por el árbol de levas o por el cigüeñal.

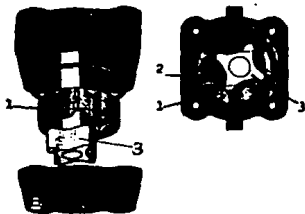


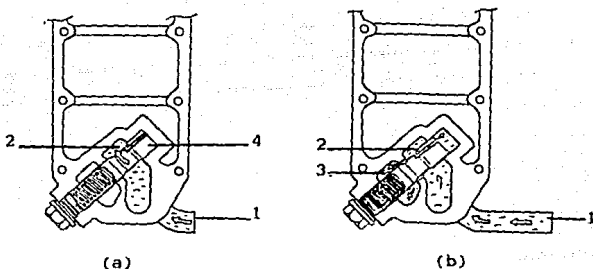
Fig.2.25 Bomba para aceite.

Listado de componentes de la Fig.2.25:

- 1.Rotor externo.
- 2.Aceite.
- 3.Rotor interno.

### 3. Regulador de presión.

De la bomba, el aceite se dirige a la válvula reguladora de presión. Su operación se muestra en la Fig.2.26. El regulador permanecerá cerrado mientras que la presión en el sistema no rebase un límite especificado ( alrededor de 3 Bar ( 43.5 lb/pulg<sup>2</sup> ) ), Fig.2.26(a).



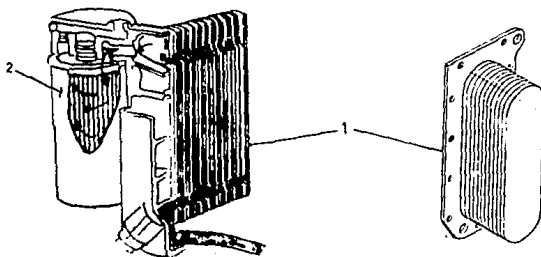
1. Aceite que proviene de la bomba.
2. Flujo hacia el enfriador.
3. Derivación hacia el depósito.
4. Regulador.

Fig.2.26. Operación del regulador de presión.  
a) cerrado, b)abierto.

Cuando se produce un exceso de presión, se crea en la parte superior del regulador una fuerza hidráulica que lo obliga a desplazarse hacia abajo, venciendo la fuerza mecánica de un resorte. Con el desplazamiento anterior, el regulador descubre un pasaje y permite que cerca del 30% del flujo retorne al depósito, Fig.2.26 (b).

#### 4. Enfriador para aceite.

El aceite, posteriormente, fluye al elemento enfriador, Fig.2.27. El aceite entra por la parte inferior e interior del elemento para circular a través de sus placas y tiene su salida por la parte superior. Mientras tanto, la circulación del refrigerante es por la parte externa del elemento.



- 1.Elemento enfriador.  
2.Filtro.

Fig.2.27 Elemento enfriador para aceite.

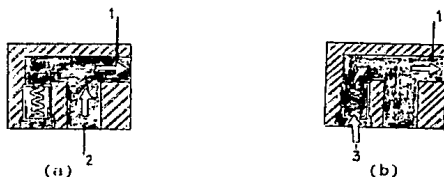
#### 5. Filtro.

El aceite lubricante debe mantener limpio al motor por medio de la suspensión de las partículas contaminantes hasta que éstas sean atrapadas en el filtro. La construcción de un filtro empleado en este tipo de motor, consiste en un aglomerado de papel, a través del cual, circulará el aceite, Fig.2.27. El tamaño de partícula que puede llegar

a atraparse es de 40 micras, [ 0.039mm. ], [ 1.574X10<sup>-3</sup> pulg. ].

#### 6. Válvula de derivación.

En el caso de existir un obturamiento o saturación por suciedad en el filtro, una válvula de derivación permite asegurar que el flujo de aceite hacia el motor no se interrumpa, Fig.2.28. Si la resistencia al flujo a través del filtro excede de 1.378 Bar [ 20 lb/pulg<sup>2</sup> ], entonces la válvula abrirá permitiendo que el aceite continúe su flujo hacia el motor, Fig.2.28 (b). Mientras que el valor de presión antes mencionado no se exceda, permitirá a la válvula permanecer cerrada, Fig.2.28 (a).



1. Hacia el turbocargador.
2. Aceite que proviene del filtro (válvula cerrada).
3. Aceite que proviene del enfriador (válvula abierta).

Fig.2.28 Válvula de derivación.  
a) cerrada, b) abierta.

### 7. Suministro de aceite al turbocargador.

Generalmente, el primer componente del motor en recibir lubricación es el turbocargador, Fig.2.29, debido a que en el momento del arranque inmediatamente comienza a girar a altas revoluciones (aproximadamente 20,000 R.P.M.), teniendo además, tolerancias muy pequeñas en sus componentes internos ( hasta 0.013 mm [ 0.0005 pulg ] ). Una vez que el aceite circuló por el turbocargador, retorna al depósito por gravedad.

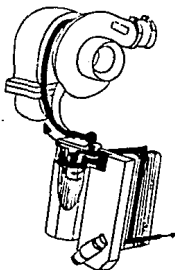


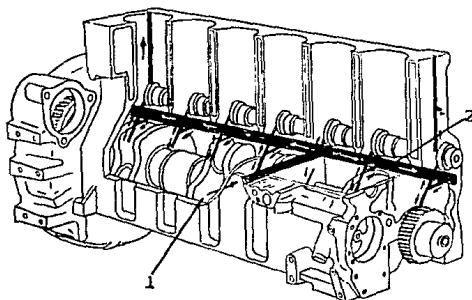
Fig.2.29 Lubricación del turbocargador.

### 8. Conducto principal de lubricación.

Este es un conducto o vena que abarca todo el largo del motor para distribuir el aceite a los puntos de apoyo del árbol de levas y del cigüeñal, Fig.2.30. En este conducto será donde se instalen los sensores para la medición de presión de aceite y se podrá también, suministrar aceite



al compresor del aire para su lubricación.

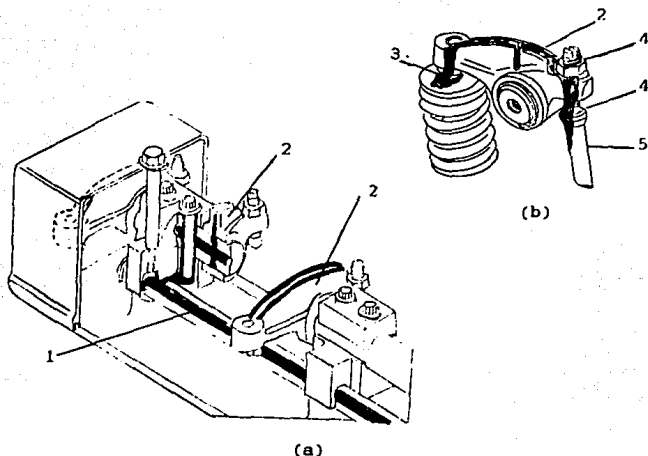


1. Aceite que proviene del filtro.
2. Vena principal de lubricación

Fig.2.30 Conducto principal de lubricación.

#### 9. Suministro de aceite a balancines.

Por medio de una galería practicada en el motor, es posible hacer llegar al aceite hasta la cabeza de cilindros para lubricar a los balancines. La cabeza de cilindros presenta un conducto interno para distribuir el aceite a cada balancín, Fig.2.31(a). A través de un conducto en el interior del balancín, el aceite puede llegar hasta el vástago de cada válvula ( admisión y escape ) y al tornillo de ajuste con su respectiva varilla de empuje, Fig.2.31(b). El aceite que escurre por las varillas de empuje hacia el depósito, es aprovechado para lubricar a los seguidores, que se encuentran en contacto directo con el árbol de levas.



1. Conducto para distribuir el aceite.
2. Balancín.
3. Vástago de la válvula.
4. Tornillo para ajuste.
5. Varilla de empuje.

**Fig.2.31 Circulación de aceite:**  
 a) a través de la cabeza de cilindros,  
 b) a través del balancín.

#### 10. Boquilla enfriadora de pistón.

Con el fin de enfriar al pistón y lubricar a su perno que lo une con la biela, existe una boquilla que permanentemente envía un flujo de aceite a la parte interna del pistón, Fig.2.32. El aceite que salpica en estas superficies, retorna al depósito por gravedad.

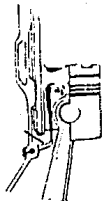
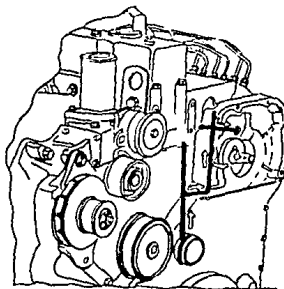


Fig.2.32 Boquilla enfriadora de pistón.

#### 11. Suministro de aceite a la bomba de inyección.

A través de una galería practicada en el motor, es posible hacer llegar al aceite hasta la bomba de inyección Fig.2.33, para lubricar sus componentes internos. Una vez que el aceite ha alcanzado un determinado nivel en el interior de la bomba, retornará por escurrimiento al depósito.

Pueden existir motores que manejen un circuito de lubricación independiente para la bomba, siendo necesario que este componente, disponga de su propio depósito de aceite.



**Fig.2.33 Suministro de aceite a la bomba de inyección.**

## 2.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

Los componentes fundamentales de un sistema de inyección Diesel, se muestran en la Fig.2.34.

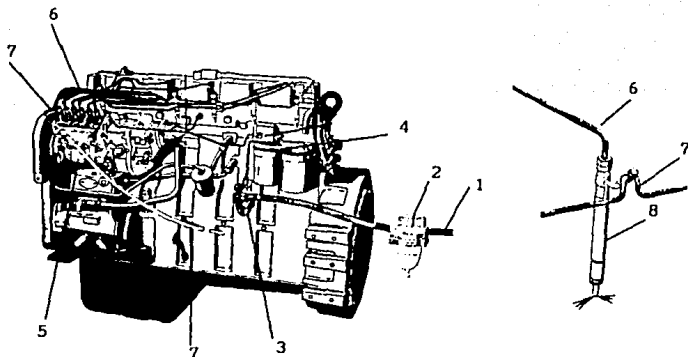


Fig.2.34 Componentes del sistema de combustible.

Listado de componentes de la Fig.2.34:

1. Línea de alimentación.
2. Prefiltro.
3. Bomba de elevación.
4. Filtro(s).
5. Bomba de inyección.
6. Gobernador.
7. Líneas de alta presión.
8. Líneas de retorno.
8. Inyector.

Considerando el listado de la Fig.2.34, a continuación se comentan los componentes del sistema.

### 1.Línea de alimentación.

La línea de alimentación permitirá succionar el combustible desde el depósito. Es recomendable que el diámetro interior de esta línea ( manguera de hule ) sea de 9.52 mm [ 3/8 pulg ]. El punto de succión dentro del depósito deberá encontrarse cuando menos a 25.4 mm [ 1 pulg ] de altura a partir del fondo, para evitar el riesgo de absorber agua o contaminantes. El depósito, tuberías y conexiones no deberán ser galvanizados debido a que los componentes galvanizados reaccionan con el combustible formando sedimentos que provocan el obturamiento de filtros y fallos en el sistema. Una representación de lo anterior, se muestra en la Fig.2.35.

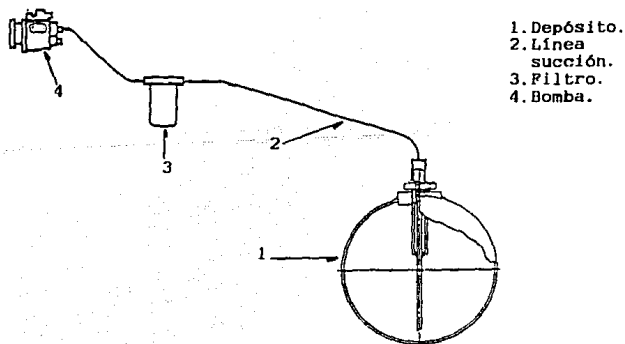


Fig.2.35 Succión del combustible.

## 2. Prefiltro.

Con el fin de separar el agua e impurezas que pudiesen encontrarse en el combustible, se recomienda el uso de este dispositivo, con el cual se permite proteger a los componentes del sistema. El tamaño de partículas que pueden atraparse es de 30 micras [ 0.029mm ], [ 1.181X10<sup>-3</sup> pulg].

Cuando el prefiltro se ha saturado de impurezas es necesario abrir el grifo de purgado mostrado en la Fig.2.36.

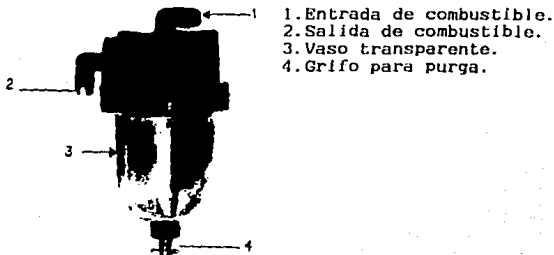
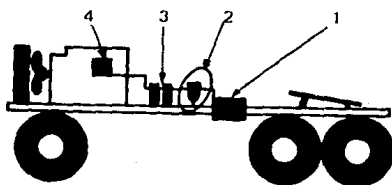


Fig.2.36 Prefiltro.

El prefiltro deberá encontrarse fuera del compartimiento del motor, alejado de lugares calientes, Fig.2.37.



1. Depósito.
2. Pre filtro.
3. Filtro(s).
4. Bomba.

Fig.2.37 Ubicación del prefiltro.

### 3. Bomba de elevación.

Con el fin de succionar el combustible desde el depósito para alimentar a la bomba de inyección, existe la bomba de elevación o también llamada de transferencia, Fig.2.38.

Por lo general, la bomba de elevación es accionada por el árbol de levas del motor, aunque existen fabricantes que incorporan ésta directamente a la bomba de inyección.

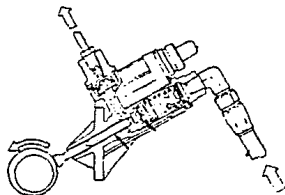


Fig.2.38 Bomba de elevación.



#### 4. Filtro(s).

La separación del agua del combustible y su filtración, son necesarios para obtener una operación exenta de averías en el sistema de combustible. Por lo anterior, el motor puede contar con dos filtros dispuestos en un arreglo en serie: a) el filtro separador de agua y b) el filtro de combustible, aclarando que pueden existir motores que tengan únicamente el filtro separador de agua.

a) El flujo de combustible que proviene de la bomba de elevación circulará por el filtro separador de agua, Fig.2.39. El combustible entrará por la parte externa y atravesará el elemento de papel, permitiendo que el agua e impurezas se acumulen en la cámara recolectora situada en la parte inferior, donde también se localiza un tapón que permite drenar las impurezas acumuladas. El combustible tendrá su salida por la parte central del filtro.



Fig.2.39 Filtro separador de agua.

b) El filtro de combustible provee una protección adicional al sistema, Fig.2.40. En este filtro se separan todas aquellas partículas que no fueron atrapadas en el prefiltro y en el filtro separador de agua, con el fin de proteger a los sensibles componentes de la bomba de inyección e inyectores. En este caso, el combustible también entrará por la parte externa del elemento de papel y saldrá por la parte central para dirigirse a la bomba de inyección.



Fig.2.40 Filtro de combustible.

La restricción que provoque el conjunto de filtros ( separador de agua y filtro de combustible ) no deberá provocar una caída de presión mayor a 0.344 Bar [5 lb/pulg<sup>2</sup>] entre la bomba de elevación y de inyección.

## 5. Bomba de inyección.

La bomba de inyección debe asegurar la presión necesaria para la pulverización del combustible dentro de las cámaras de combustión, en un instante preciso de inyección y permitir la regularización de la cantidad de combustible suministrada en relación a la potencia requerida. La presión de inyección puede variar de 620 Bar a 965 Bar - [ 9000 lb/pulg<sup>2</sup> a 14000 lb/pulg<sup>2</sup> ].

La bomba más comunmente utilizada por los principales fabricantes de motores, son aquellas que cuentan con un número de elementos de bombeo igual al número de cilindros del motor. La Fig.2.41 muestra una bomba de este tipo, conocida como bomba de inyección lineal.

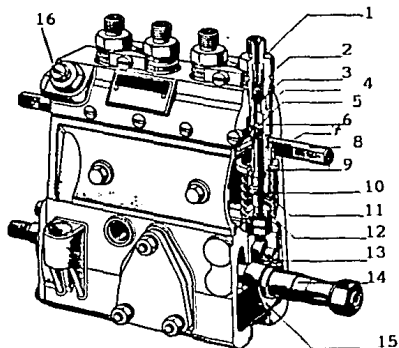


Fig.2.41 Bomba de inyección lineal.

## Listado de componentes de la Fig.2.41:

1. Casquillo de impulsión.
2. Resorte válvula de presión.
3. Válvula de presión.
4. Galería para combustible.
5. Émbolo.
6. Cilindro.
7. Corona dentada.
8. Varilla de regulación.
9. Casquillo de regulación.
10. Talón del émbolo.
11. Resorte del émbolo.
12. Soporte del resorte.
13. Seguidor.
14. Arbol de levas.
15. Leva.
16. Válvula de descarga.

A continuación se describe, en forma general, el funcionamiento de una bomba de inyección tipo lineal.

La alimentación del combustible a la bomba de inyección es proporcionada por la bomba de elevación. El flujo en la bomba de inyección es limitado por la galería del combustible, la cual abarca todo el largo de la bomba. En la galería se encuentra una válvula de descarga, que permitirá al combustible retornar al depósito cuando la presión exceda un valor aproximado a 1.37 Bar [ 20 lb/pulg<sup>2</sup> ]. La galería alimenta con combustible a cada elemento de bombeo.

Cada émbolo es accionado por una leva mediante el rodillo. El émbolo y el rodillo son empujados hacia abajo por el resorte del émbolo. La continua secuencia de subir y bajar del émbolo, crea la acción de bombeo para enviar el combustible de la galería, a los cilindros del motor.

Cuando el émbolo se encuentra en el Punto Muerto Inferior ( P.M.I. ), Fig.2.42, el combustible en la galería

llena el espacio existente dentro del cilindro a través del puerto de alimentación/descarga.

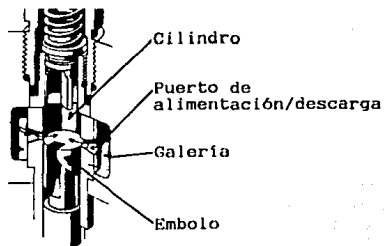


Fig.2.42 Suministro de combustible al interior del cilindro.

Conforme el émbolo es levantado, el puerto de alimentación/descarga se cierra por el propio émbolo, originando el comienzo del suministro de combustible al motor, Fig.2.43. En este momento comienza la inyección.

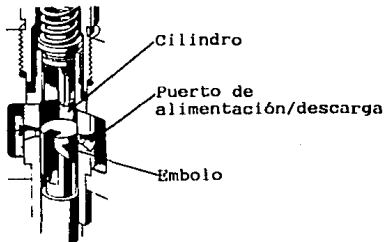


Fig.2.43 Comienzo de inyección.

Al continuar subiendo el émbolo, comienza a incrementar la presión del combustible, abriendo la válvula de presión e inyectando el combustible en el motor según la Fig.2.44.

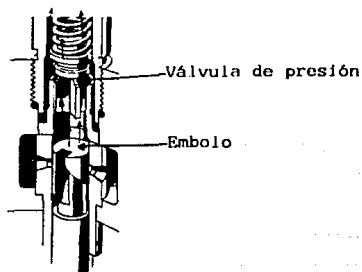


Fig.2.44 Inyección.

Cada émbolo dispone de una ranura vertical y otra helicoidal, Fig.2.45.

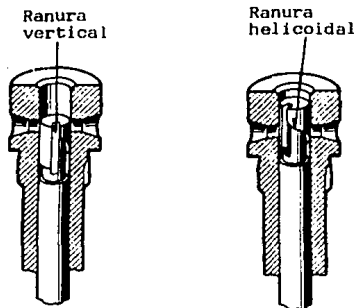


Fig.2.45 Ranura vertical y helicoidal del émbolo de bombeo.

La inyección del combustible termina cuando la ranura helicoidal del émbolo se alinea con los puertos de alimentación/descarga. Esta acción permite que el combustible existente sobre el émbolo, fluya de regreso a la galería del combustible, Fig.2.46.

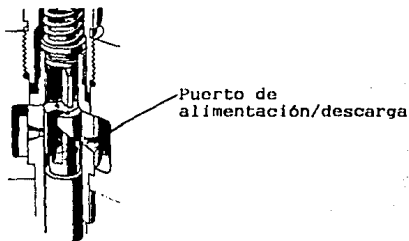


Fig.2.46 Final de inyección.

El émbolo continuará subiendo hasta llegar al Punto Muerto Superior ( P.M.S. ) y enseguida regresará hasta el P.M.I. para comenzar un nuevo ciclo.

Como el suministro de combustible al motor llega a su fin cuando la ranura helicoidal del émbolo se alinea con el puerto de alimentación/descarga, la carrera útil de inyección puede variarse girando el émbolo. El casquillo de regulación unido al émbolo lleva sujeto en su extremo superior una corona dentada. En esta corona se acopla la varilla de regulación también dentada. Esta última, permite girar a los émbolos, haciendo posible variar progresivamente la carrera útil y, por lo tanto el caudal suministrado por

la bomba desde cero hasta el valor máximo.

En la Fig.2.47 se muestran diferentes recorridos de la varilla de regulación (en dirección longitudinal), que permite que las ranuras helicoidales de los émbolos guarden diferentes posiciones.

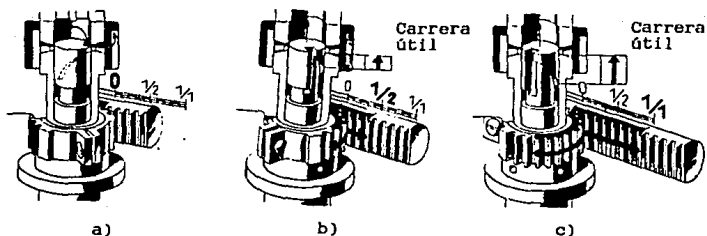


Fig.2.47 a)suministro nulo b)suministro parcial  
c)suministro máximo.

Tan pronto como la inyección termina, la presión reinante en la tubería que se dirige al inyector y el resorte de la válvula de presión empuja a ésta contra su asiento. La válvula cierra la tubería con respecto al elemento de bombeo. Fig.2.48, hasta la siguiente carrera de inyección.



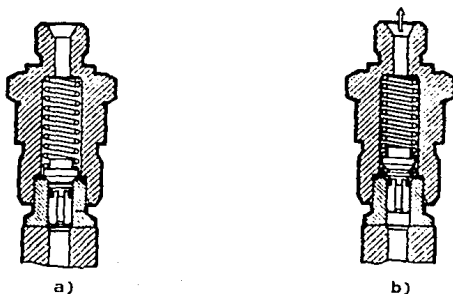


Fig.2.48 Válvula de presión.  
a)cerrada (no existe inyección)  
b)abierta (existe inyección).

#### Gobernador.

Se ha hablado del hecho de mover la varilla de regulación de la bomba para variar la cantidad de combustible inyectada. Pues bien, para cada cantidad de combustible inyectada, corresponde determinada velocidad angular del motor, misma que es necesario controlar mediante un dispositivo llamado gobernador.

El gobernador, Fig.2.49, posee la función de mantener a una velocidad determinada al motor sometido a las variaciones de carga. Asegura además, la protección del motor contra el riesgo de la autodestrucción evitando que exceda un límite de velocidad. Asimismo, permite que el motor continúe funcionando a bajas R.P.M. cuando no se aplica carga, es

decir, en velocidad de holgar.

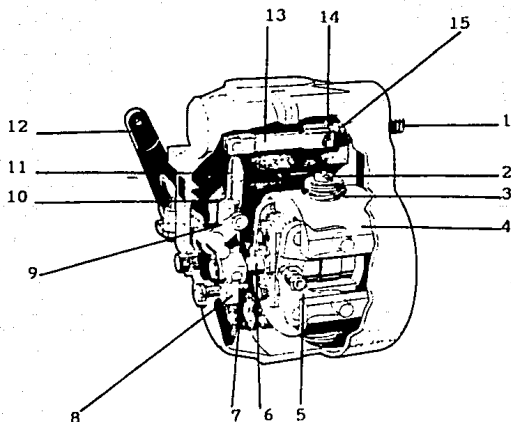


Fig.2.49 Gobernador.

Listado de componentes de la Fig.2.49:

- 1.Varilla de regulación.
- 2.Tuerca de ajuste.
- 3.Resortes para regulación.
- 4.Contrapesos.
- 5.Palanca acodada.
- 6.Perno de regulación.
- 7.Perno guía.
- 8.Deslizadera.
- 9.Palanca intermedia.
- 10.Dado deslizante.
- 11.Palanca de regulación.
- 12.Palanca de mando.
- 13.Horquilla de articulación.
- 14.Platillo del resorte.
- 15.Resorte compensación del juego.

El gobernador es acoplado y accionado por la propia bomba de inyección. La varilla de regulación de la bomba, se encuentra unida por medio de una articulación al varillaje del gobernador.

El control entre las mínimas y las máximas R.P.M. del motor, se realiza mediante el pedal del acelerador, el cual es acoplado a la palanca de mando del gobernador, Fig.2.50.

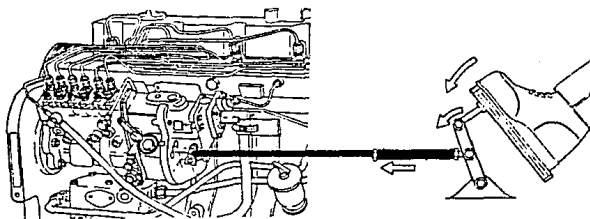


Fig.2.50 Accionamiento de la palanca de mando del gobernador.

El árbol de levas de la bomba de inyección acciona al cubo del gobernador. Los dos pesos centrífugos y sus palancas acodadas están alojadas en el cubo del gobernador. Existe un conjunto de resortes colocado en cada uno de los pesos centrífugos. Las palancas acodadas convierten los recorridos radiales de los contrapesos, en movimientos axiales del perno de regulación, que transmite a la deslizadera. Conducida longitudinalmente por el perno guía, la deslizadera establece, a través de la palanca de regulación, la unión

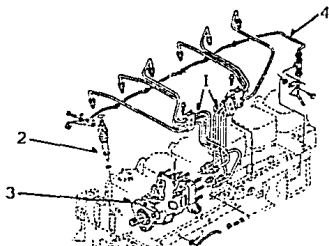
entre los contrapesos y la varilla de regulación de la bomba de inyección.

Las instrucciones y valores para calibración de cada conjunto de bomba de inyección/gobernador, aparecen en publicaciones especiales de los fabricantes de equipos de inyección. Así, en función al modelo de bomba y aplicación del motor, será el código de calibración que se utilice, mismo que deberá respetarse para obtener un adecuado funcionamiento del motor.

Estas calibraciones se llevarán a cabo en laboratorios especializados en equipos de inyección.

#### 6. Líneas de alta presión.

Las tuberías que se utilicen para comunicar a la bomba de inyección con los inyectores, Fig.2.51, son especificadas por el fabricante del motor y no deberán ser reemplazadas por algún diseño no aprobado por el mismo fabricante.



1. Líneas alta presión.
2. Inyector.
3. Bomba inyección.
4. Línea retorno.

Fig.2.51 Líneas de alta presión.

## 7. Líneas de retorno.

Toda aquella cantidad de combustible que no sea inyectada al motor, deberá regresar al depósito a través de las líneas de retorno, Fig.2.34.

Es recomendable que el diámetro de esta línea (manguera de hule) sea de 9.52 mm [ 3/8 pulg ]. La conexión del retorno dentro del depósito no deberá ocasionar demasiadas burbujas de aire, para evitar la posibilidad de ser dirigidas hacia la línea de succión.

## 8. Inyector.

El combustible que la bomba de inyección envía a elevada presión, es introducido en las cámaras de combustión a través de los inyectores.

El tipo de inyector comunmente utilizado por los motores Diesel es el hidráulico, Fig.2.52.

Para cada cilindro del motor, le corresponderá un inyector.

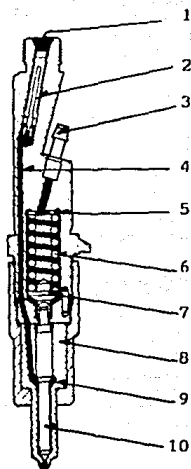


Fig.2.52 Inyector hidráulico.

Listado de componentes de la Fig.2.52:

- 1.Entrada de combustible.
- 2.Filtro.
- 3.Retorno de combustible.
- 4.Canal de entrada.
- 5.Arandela para ajuste.
- 6.Resorte de presión.
- 7.Perno de presión.
- 8.Cuerpo del inyector.
- 9.Cámara de presión.
- 10.Válvula del inyector.

Este tipo de inyector se compone de cuerpo y válvula, Fig.2.53, teniendo estas partes un ajuste tan fino que

deberán considerarse como una sola unidad que deberá reemplazarse conjuntamente en caso necesario.

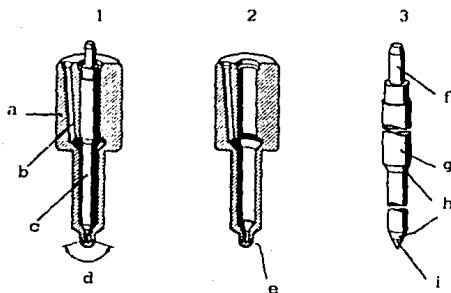


Fig.2.53 Cuerpo y válvula del inyector.

Listado de componentes de la Fig.2.53:

1. Inyector.
  - a) cuerpo del inyector.
  - b) canal de entrada.
  - c) válvula del inyector.
  - d) ángulo de inyección.
2. Cuerpo.
  - c) orificios de inyección.
3. Válvula.
  - f) espiga de presión.
  - g) vástago de la aguja.
  - h) partes cónicas de presión.
  - i) asiento de la aguja.

El inyector es operado por la presión del combustible, de ahí el nombre de inyector hidráulico. El combustible enviado a alta presión por la bomba de inyección, actúa en las partes cónicas de la válvula del inyector ( Fig.2.52

y Fig.2.53 ), levantándola de su asiento cuando la fuerza aplicada en su parte inferior, es mayor que la fuerza opuesta ejercida desde arriba por el resorte de presión. Entonces, al levantarse la válvula, es cuando se permite al combustible ser inyectado en las cámaras de combustión del motor a través de los orificios de inyección.

La presión de abertura del inyector la determina la tensión ( ajustable ) del resorte de presión. El momento en el cual la válvula se levanta, es llamado Punto de Ajuste de la Presión de Operación. Dicha presión oscila en 206.8 Bar [ 3000 lb/pulg<sup>2</sup> ], pudiendo utilizar arandelas sobre el resorte para obtener la calibración correcta.

Una vez inyectado el combustible enviado por la bomba, el resorte de presión envía de nuevo a la válvula del inyector contra su asiento, a través del perno y de la espiga de presión. De esta manera, el inyector permanecerá cerrado hasta la siguiente carrera de inyección por parte de la bomba.

Los inyectores recibirán el combustible en el momento preciso de acuerdo al orden de encendido del motor.



## 2.5 SISTEMA DE ESCAPE.

El sistema de escape desempeña dos funciones fundamentales: 1) Conducir los gases residuales de la combustión hasta un lugar en el que puedan ser eliminados a la atmósfera y 2) Reducir el ruido del motor.

Cuando a los pistones del motor, durante su carrera de escape, se les antepone una contrapresión excesiva en el sistema de escape, ( restricciones por cuerpos extraños, dobleces excesivos o tubería de diámetro menor al especificado ), se reduce la cantidad de aire limpio admitido por existir un barrido ineficiente de los gases residuales, a la vez que disminuye la potencia útil del motor y aumentan el consumo de combustible y temperatura del motor. Por lo anterior el sistema deberá manejar una restricción máxima de 7.62 cm Hg [ 3 pulg Hg ].

El flujo a través del sistema, se muestra en la Fig.2.54.

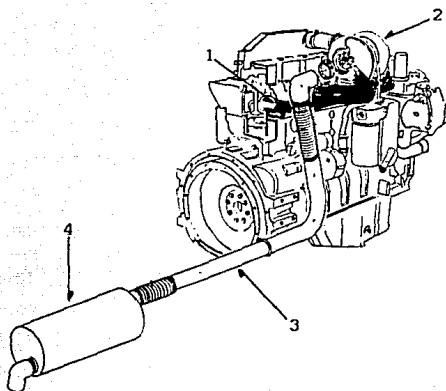


Fig.2.54 Flujo a través del sistema de escape.

Listado de componentes de la Fig.2.54:

- 1.Múltiple de escape.
- 2.Turbocargador.
- 3.Tubería.
- 4.Silenciador.

Considerando el listado de la Fig.2.54, a continuación se comentan los componentes del sistema.

- 1.Múltiple de escape.

Una vez que se ha efectuado la carrera de fuerza, continúa la expulsión de los gases residuales de la -

combustión por parte de los cilindros. El múltiple de escape reunirá el flujo de cada cilindro en una forma independiente para concentrarlo hacia la tubería de escape en el caso del motor de aspiración natural o hacia el turbocargador en el caso del motor turbocargado.

## 2. Turbocargador.

El choque de los gases de escape con la turbina del turbocargador, amortigua el ruido hacia el exterior, haciendo al motor turbocargado más silencioso aproximadamente en un 12 por ciento con respecto al motor de aspiración natural.

## 3. Tubería.

El diámetro de tubería deberá ser por lo menos, el existente a la salida de gases en la carcasa del turbocargador.

## 4. Silenciador.

El silenciador amortigua las ondas sonoras y reduce el ruido hasta en 10 dBA. Un ruido de 91 dBA es difícilmente soportable por el oído humano y permanecer expuesto a él por algunas horas, puede producir sordera. Un motor sin silenciador emite un ruido de 97 dBA, pero al instalarle

un silenciador resultaría una reducción a 87 dBA.

La Fig.2.55 muestra los dos tipos de silenciadores más comunes: a)el de placas interiores y b)el perforado.



(a)



(b)

Fig.2.55 Tipos de silenciadores  
a)de placas interiores b)perforado.

En el silenciador de placas interiores, el flujo de gases se frena al chocar en un laberinto formado por tabiques metálicos que amortiguan el ruido.

En el silenciador perforado, existe una serie de orificios y una cámara de resonancia, misma que amortigua el ruido.

Una manera para determinar las dimensiones del silenciador, es utilizando las ecuaciones siguientes:

$$\text{Vol} = \frac{C(1000)(\text{Cil})}{(\text{Máx. R. P. M.})(\sqrt{N})}$$

donde:

Vol-Volumen necesario del silenciador (en pulg<sup>3</sup>), para una aceptable disminución de ruido y contrapresión.

C-Constante, considerando:

C-20 para motores turbocargados.

C-25 para motores de aspiración natural.

1000-Constante.

Cil-Cilindrada del motor (en pulg<sup>3</sup>).

Máx. R. P. M. -Máximas R. P. M. del motor.

N-Número de cilindros del motor.

La relación entre el Largo (L) y Diámetro (D) del silenciador, (L/D), podrá considerarse entre un valor de 3 a 7. De acuerdo a lo anterior, el diámetro podrá calcularse con la ecuación:

$$\text{Diá.} = \sqrt[3]{\frac{4(\text{Vol})}{\pi(L/D)}}$$

donde:

Diá-Diámetro del silenciador (en pulg.).

4-Constante.

Vol-Volumen necesario del silenciador (en pulg<sup>3</sup>), para una aceptable disminución de ruido y contrapresión.

$\pi$ -Constante=3.141592

L/D-Relación Largo/Diámetro.

**Ejemplo:**

Para un motor con las siguientes características, determinar las dimensiones del silenciador, asumiendo L/D-5.

Aspiración-turbocargado.

Cilindrada-8229.326 cm<sup>3</sup> [ 502.184 pulg<sup>3</sup> ].

Máximas R.P.M.-2200 R.P.M.

Número de cilindros-6.

Vol-(20)(1000)(505.184pulg<sup>3</sup>) -1863.779 pulg<sup>3</sup>  
(2200R.P.M.)( 6 )

Diá- (4)(1863.779pulg<sup>3</sup>) - 474.6075 - 7.8 pulg  
(5)(3.141592)

Si L/D-5

L = 5x7.8pulg = 39 pulg

Entonces:

Diámetro = 19.812 cm [ 7.8 pulg ]

Longitud = 99.06 cm [ 39 pulg ]

Una vez que se conoce en forma general al motor Diesel automotriz, entonces se puede hablar de sus fallas más comunes, como se comentará en el próximo capítulo.

**CAPITULO III**  
**FALLAS, CAUSAS Y SOLUCIONES**

## 3.1 LISTA DE FALLAS.

<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
1)BAJA POTENCIA.	*Elemento del purificador del aire sucio.	1
	*Conducto de admisión restringido.	1, 2, 3
	*Ajuste incorrecto del vari-laje de aceleración.	19
	*Nivel de aceite incorrecto.	34, 35
	*Aire en el sistema de combustible.	12
	*Suministro de combustible restringido.	13, 14
	*Bomba de elevación averiada.	16
	*Carcaza de la turbina del turbocargador dañada u obstruida.	4, 10
	*Carcaza de admisión del turbocargador dañada.	5, 10
	*Acumulación de aceite o suciedad en el turbocargador.	6, 7, 8, 10
	*Cojinetes del turbocargador desgastados.	8, 9, 10
	*Sincronización de la bomba de inyección con el motor incorrecta.	15
	*Inyectores dañados.	18, 24
	*Restricción excesiva en el escape.	30
	*Calibración de la bomba de inyección incorrecta.	17
	*Anillos del pistón desgastados.	27
*Ranuras del pistón desgastadas.	28	
*Camisas de cilindros rayadas o dañadas.	29	



<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
2) HUMO NEGRO.	*Elemento del purificador del aire sucio.	1
	*Conducto de admisión restringido.	1, 2, 3
	*Calibración de la bomba de inyección incorrecta.	17
	*Acumulación de aceite o suciedad en el turbocargador.	6, 7, 8, 10
	*Cojinetes del turbocargador desgastados.	8, 9, 10
3) HUMO EXCESIVO CON CARGA DEL VEHICULO.	*Forzamiento del motor.	20
	*Aire en el sistema de combustible.	12
	*Sincronización de la bomba de inyección con el motor incorrecta.	15
	*Calibración de la bomba de inyección incorrecta.	17
	*Inyectores dañados.	18, 24
4) HUMO EXCESIVO EN VELOCIDAD DE HOLGAR.	*Sincronización de la bomba de inyección con el motor incorrecta.	15
	*Calibración de la bomba de inyección incorrecta.	17
	*Inyectores dañados.	18, 24

<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
5) HUMO EXCESIVO AL ACELERAR.	*Elemento del purificador del aire sucio.	1
	*Conducto de admisión restringido.	1,2,3
	*Calibración de la bomba de inyección incorrecta.	17
	*Inyectores dañados.	18,24
6) CALENTAMIENTO DEL MOTOR.	*Bajo nivel de refrigerante.	31
	*Panel del radiador obstruido o dañado.	32
	*Banda impulsora del ventilador floja.	37
	*Ventilador o tolva dañada.	36
	*Lectura incorrecta del indicador de temperatura.	45
	*Mangueras dañadas u obstruidas.	33
	*Tapón del radiador dañado.	38
	*Nivel de aceite incorrecto.	34,35
	*Restricción excesiva en el escape.	30
	*Falta de termostato.	47,48
	*Termostato incorrecto o con mal funcionamiento.	39,48
	*Sobredosificación de combustible.	46
	*Aire en el sistema de enfriamiento producido por fugas internas.	40

<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
7) ENFRIAMIENTO DEL MOTOR.	*Lectura incorrecta del indicador de temperatura.	45
	*Falta de termostato.	47, 48
	*Junta de la caja del termostato dañada.	48
	*Termostato incorrecto o con mal funcionamiento.	39, 48
8) PERDIDA DE REFRIGERANTE (FUGAS EXTERNAS).	*Mangueras dañadas u obstruidas.	33
	*Abrazaderas de mangueras flojas.	49
	*Fugas a través de los grifos de purga.	50
	*Fugas a través de tapones.	51
	*Fugas a través de la junta de la bomba del agua.	53
	*Fugas a través de la cabeza del compresor del aire.	43
	*Fugas a través del enfriador de aceite.	52
*Fugas a través de la cabeza de cilindros.	44	

<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
9) PERDIDA DE REFRIGERANTE (FUGAS INTERNAS).	*Fugas a través del enfriador de aceite.	52
	*Fugas a través del asiento de las camisas de cilindros.	54
	*Fugas a través de la cabeza del compresor del aire.	43
	*Fugas a través de la cabeza de cilindros.	44
10) REFRIGERANTE EN EL ACEITE.	*Fugas u obturamiento en el enfriador de aceite.	52, 57
	*Fugas a través de la junta de la cabeza de cilindros.	40, 41
	*Fugas a través de la cabeza de cilindros.	44
	*Fugas a través del asiento de las camisas de cilindros.	54
11) COMBUSTIBLE EN EL REFRIGERANTE.	*Fugas a través de la cabeza de cilindros.	44

<u>FALIA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
12)BAJA PRESION DE ACEITE.	*Nivel de aceite incorrecto.	34,35
	*Filtro del aceite obstruido.	55,56
	*Aceite lubricante inadecuado.	26
	*Lectura incorrecta del indicador de presión del aceite.	59
	*Mal funcionamiento del émbolo regulador de presión.	58
	*Enfriador de aceite obstruido.	57
	*Tubo de succión roto.	60
13)ALTA PRESION DE ACEITE.	*Mal funcionamiento de la bomba del aceite.	61
	*Daño interno del motor.	56
	*Enfriamiento del motor.	47,39,48
	*Aceite lubricante inadecuado.	26
	*Lectura incorrecta del indicador de presión del aceite.	59
	*Mal funcionamiento del émbolo regulador de presión.	58

<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
14) CONSUMO EXCESIVO DE ACEITE.	*Fugas a través de los anillos del turbocargador.	7,8,10
	*Fugas de aceite externas.	21
	*Aceite lubricante inadecuado.	26
	*Intervalos en el cambio del aceite demasiado largos.	25
	*Anillos del pistón desgastados.	27
	*Ranuras del pistón desgastadas.	28
	*Camisas de cilindros rayadas o dañadas.	29
15) ACEITE EN EL MULTIPLE DE ESCAPE.	*Aceite lubricante inadecuado.	26
	*Fugas a través de los anillos del turbocargador.	7,8,10
	*Cojinetes del turbocargador desgastados.	8,9,10
16) LODO EN EL DEPOSITO DEL ACEITE.	*Intervalos en el cambio del aceite demasiado largos.	25
	*Aceite lubricante inadecuado.	26
	*Enfriamiento del motor.	47,39,48
	*Fugas internas de refrigerante.	62

<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
17) ACEITE EN EL REFRI- GERANTE.	*Fugas a través del enfria- dor del aceite.	52,57
	*Fugas a través de la junta de la cabeza de cilindros.	40,41
	*Fugas a través de la cabeza de cilindros.	44
18) COMBUSTIBLE EN EL ACEI- TE.	*Motor sometido a largos períodos de funcionamiento en velocidad mínima.	22
	*Fugas de combustible a través de la bomba de elevación.	23
	*Válvula (aguja) del inyec- tor dañada.	24
19) CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE.	*Fugas de combustible a través del depósito, fil- tros, bomba o conexiones.	14
	*Elemento del purificador del aire sucio.	1
	*Conducto de admisión res- tringido.	1,2,3
	*Forzamiento del motor.	20
	*Combustible contaminado.	63
	*Calibración de la bomba de inyección incorrecta.	17

<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
20) RUIDO EXCESIVO.	*Tubería de escape rota o con fugas.	30
	*Abrazaderas del turbocargador sueltas.	2, 10, 11
	*Purificador del aire sin elemento.	2
	*Conducto de admisión restringido.	1, 2, 3
	*Acumulación de aceite o suciedad en el turbocargador.	6, 7, 8, 10
21) DIFICULTAD PARA ARRANCAR EL MOTOR (EXISTE HUMO EN EL ESCAPE).	*Aire en el sistema de combustible.	12
	*Suministro de combustible restringido.	13, 14
	*Combustible contaminado.	63
	*Agua en el combustible.	63, 64
	*Sincronización de la bomba de inyección con el motor incorrecta.	15
	*Inyectores dañados.	18, 24



<u>FALLA</u>	<u>CAUSAS</u>	<u>SOLUCIONES</u>
22)EL MOTOR GIRA, PERO NO ARRANCA (NO EXISTE HUMO EN EL ESCAPE).	*Falta de combustible en el depósito.	69
	*Dispositivo de corte del combustible (manual o eléctrico) cerrado.	66
	*Aire en el sistema de combustible.	12
	*Suministro de combustible restringido.	13, 14
	*Bomba de elevación averiada.	16
	*Calibración de la bomba de inyección incorrecta.	17

### 3.2 LISTA DE SOLUCIONES.

1. Es frecuente que la suciedad en el elemento del purificador ocasione demasiada restricción en la admisión del aire, lo que impide la entrada del volumen de aire que el motor necesita para un adecuado funcionamiento.

La mayoría de las unidades actuales, disponen de un indicador de restricción para el elemento del purificador del aire, Fig.3.1.

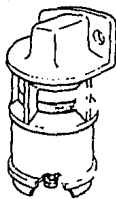


Fig.3.1 Indicador de restricción del purificador del aire.

Cuando en la ventanilla del indicador aparece una banda de color rojo, significa que el elemento está ocasionando una restricción mayor a 0.049 Bar, 508 mmH<sub>2</sub>O, [ 0.721 lb/pulg<sup>2</sup> ]. El elemento filtrante, podrá limpiarse sacudiendo el polvo y posteriormente haciendo circular una corriente de aire comprimido ( de la parte central hacia afuera ) a una presión máxima de 5 Bar [ 72.51 lb/pulg<sup>2</sup> ]. Este tipo

de limpieza podrá efectuarse siempre y cuando el elemento se encuentre en buenas condiciones y no deberá realizarse por más de dos ocasiones.

Antes de volver a instalar el elemento, Fig.3.2, habrán de examinarse los daños como pudieran ser rajaduras y al ensamblar el purificador, se tendrá la precaución de su completa hermeticidad y en caso necesario, reemplazar sus juntas o empaques.

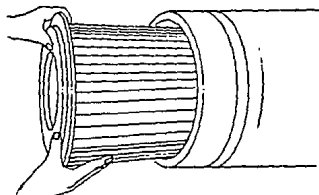


Fig.3.2 Instalación del elemento purificador del aire.

Después de limpiar o reemplazar el elemento, tendrá que oprimirse el botón de "borrado" para liberar la banda roja del indicador de restricción, Fig.3.1.

Las incrustaciones de polvo en los conductos de admisión son señal de la falta de un adecuado sellado, mismo que deberá ser corregido de inmediato. Nunca se permitirá que el motor funcione sin elemento purificador de aire, debido a que se provocaría un desgaste prematuro en los componentes internos del motor, como lo son válvulas,-

pistones, anillos y camisas de cilindros.

En caso de no disponer del indicador antes mencionado, podrá medirse ésta de la siguiente manera:

- a) Se instalará un vacuómetro o una columna con agua en una sección recta a una distancia equivalente al diámetro de la tubería de admisión medida desde el turbocargador hacia el purificador, Fig.3.3 o directamente medida desde el múltiple de admisión para el caso del motor de aspiración natural (el diámetro de la tubería podrá variar de 76 a 127 mm [2.9 a 5 pulg] ).

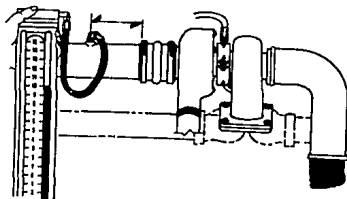


Fig.3.3 Medición de restricción en la admisión.

- b) Se hará funcionar el motor hasta alcanzar su temperatura normal de funcionamiento (esta temperatura podrá ser cercana a los 88°C [190°F] o bien, la especificada por el fabricante).

c) Se hará funcionar el motor a sus máximas R.P.M. y se le aplicará su máxima carga (para aplicar la máxima carga, se puede agregar el peso que permita al camión llegar a su Peso Bruto Vehicular, P.B.V.).

d) En estos momentos, se observará la lectura en el vacuómetro o en la columna con agua. Las lecturas no deberán ser mayores a 0.062 Bar, 635 mmH<sub>2</sub>O, [0.902 lb/pulg<sup>2</sup>] para el caso de motores turbocargados y de 0.049 Bar, 508mmH<sub>2</sub>O, [0.721 lb/pulg<sup>2</sup>] para el caso de motores de aspiración natural. Cuando estos valores son excedidos, indican que es necesario limpiar o reemplazar el elemento del purificador. Esta prueba sirve también para evaluar la restricción ocasionada por conductos y conexiones dañadas u obstruidas dando lugar a su limpieza o reemplazo.

2. Se instalará el elemento del purificador que cumpla con las demandas de flujo de aire especificadas por el fabricante del motor. Las fugas ocasionarán entrada de aire sin filtrar actuando como abrasivo provocando desgastes prematuros.

Será necesario reemplazar las secciones de tubería dañadas y aplicar un par de apriete a sus abrazaderas de 8 N m [ 6 lb pié ]. Posteriormente se pondrá en marcha el motor y se utilizará agua jabonosa en las uniones para comprobar que no existan fugas, Fig.3.4.

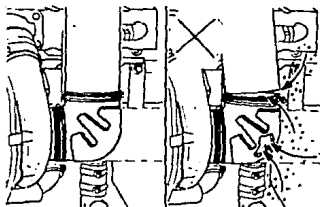


Fig.3.4 Comprobación de fugas en la tubería de admisión.

3. Se efectuará la limpieza o en caso necesario, la sustitución del conducto. Generalmente este conducto es de hierro y su unión con la carcasa de admisión del turbocargador, fabricada en aluminio, se efectúa por medio de

pequeños tramos de manguera con sus respectivas abrazaderas. Es recomendable que las secciones de hierro no tengan contacto directo con el aluminio, debido que al ser este último más suave que el hierro, se tiende al desprendimiento de partículas que se dirigirían al interior de los cilindros ocasionando daños al motor. El apriete de las abrazaderas será de 8 N m [ 6 lb pié ]

4. La carcasa de la turbina del turbocargador, no deberá presentar daños provocados por el giro de la turbina, si esto sucede, será necesario reemplazar la carcasa al igual si se presentan cuarteaduras on la parte externa, según se muestra en la Fig.3.5.

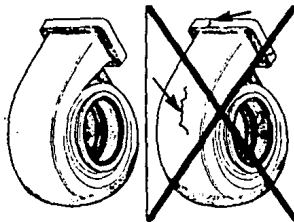


Fig.3.5 Las rayaduras y cuarteaduras sobre la carcasa de escape del turbocargador no deberán aceptarse.

Las cuarteaduras que se encuentren en la brida de montaje no deberán ser mayores a 15 mm [ 0.6 pulg ], Fig.3.6.

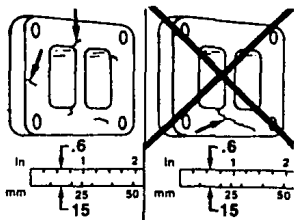


Fig.3.6 Cuarteaduras en la brida de montaje del turbocargador.

Tampoco son aceptables las cuarteaduras que atraviesen a los barrenos de la brida de sujeción del turbocargador, Fig.3.7. De existir lo anterior implicará la sustitución de la carcasa completa.

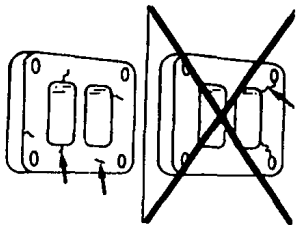


Fig.3.7 Cuarteaduras en los barrenos no se aceptan.



Dos cuarteaduras en la brida deberán estar separadas un mínimo de 6 mm [ 0.236 pulg ], Fig.3.8.

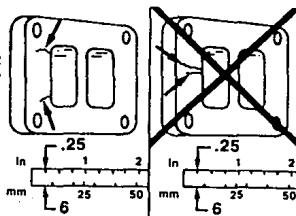


Fig.3.8 Separación mínima de cuarteaduras.

5. La propela compresora tiene que ser inspeccionada por la existencia de alguna fisura o álabe dañado. La propela habrá de sustituirse si presenta algún daño como el mostrado en la Fig.3.9. Nunca habrá de intentarse enderezar algún álabe, debido a que se corre el riesgo de fracturarlo y desbalancear la propela.

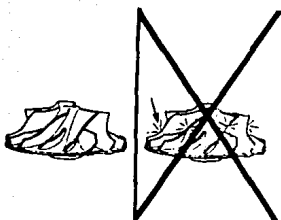


Fig.3.9 Daños en la propela compresora.

La carcasa de admisión del turbocargador deberá sustituirse si presenta rayaduras en su parte interna, - Fig.3.10. Estas rayaduras pueden reducir la presión de entrega de aire del turbocargador y desprender algunas partículas de metal ( aluminio ) hacia los cilindros ocasionando daños al motor. La presencia de rayaduras, también podrá ocasionar ruidos o silbidos extraños.

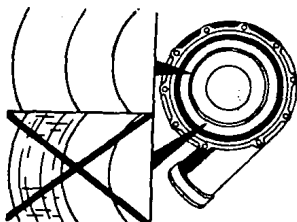


Fig.3.10 No son aceptables rayaduras en la carcasa de admisión.

6. La acumulación de aceite en el turbocargador puede ser provocada por una obstrucción en el retorno de aceite hacia el depósito. Para corregir lo anterior, deberá desmontarse el conducto de drenaje del turbocargador y eliminar cualquier tipo de obstrucción interna, de modo que el aceite pueda fluir por gravedad al depósito. Al volver a instalar este conducto, habrá de revisarse que la entrada de la conexión al motor, no permanezca por debajo del nivel máximo de aceite del depósito, para permitir el libre retorno del aceite.

7. Los anillos selladores del turbocargador, tienen que sustituirse en caso de encontrarse dañados, procurando su correcto asentamiento con sus respectivas ranuras. -  
Fig.3.11.

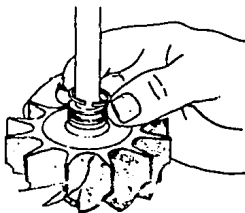


Fig.3.11 Reemplazo de los anillos selladores.

8. El desgaste en los cojinetes del turbocargador, puede ser ocasionado por una mala instalación de sus seguros. La posición de éstos (un seguro por cada cara del cojinete), deberá ser con sus lados biselados hacia el cojinete, - Fig.3.12.

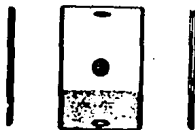


Fig.3.12 Posición correcta de los seguros de los cojinetes del turbocargador.

9. Los cojinetes no deberán presentar rayaduras, - Fig.3.13, de ser así deberán reemplazarse.

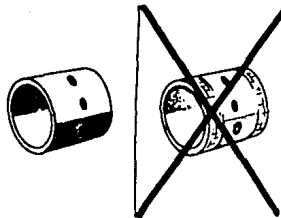


Fig.3.13 Rayaduras en los cojinetes del turbocargador.

10. Cada vez que se retire el turbocargador del motor, será necesario sustituir la junta que lo une con el múltiple de escape, Fig.3.14 y cerciorarse del adecuado ensamble de las carcazas de admisión y escape.

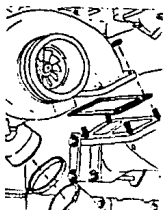


Fig.3.14 Montaje del turbocargador.

Como una protección al turbocargador, es recomendable añadirle de 60 a 70 cm<sup>3</sup> [ 3.66 a 4.27 pulg<sup>3</sup> ] de aceite lubricante limpio Fig.3.15 (del mismo que utilice el motor), con el fin que durante el arranque, el turbocargador no funcione sin lubricación evitando desgastes prematuros en sus componentes.

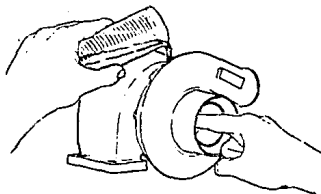


Fig.3.15 Lubricación del turbocargador.

11. Después de poner en marcha el motor, se deberá - alcanzar la temperatura normal de funcionamiento - ( dependiendo de las especificaciones del fabricante, ésta podrá ser cercana a  $88^{\circ}\text{C}$  [ $190.4^{\circ}\text{F}$ ] ). Una vez logrado lo anterior, se aplicará carga al motor y se revisará que no existan fugas o emisión de ruidos extraños provocados por el turbocargador, Fig.3.16.

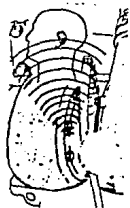


Fig.3.16 Emisión de ruidos extraños provocados por el turbocargador.

12. La bomba de inyección es capaz de controlar pequeñas cantidades de aire, a través de la línea de retorno hacia el depósito, Fig.3.17.

Así, el aire introducido al cambiar los filtros de combustible, será descargado automáticamente. Sin embargo, será necesario realizar un purgado manual en los casos - siguientes:

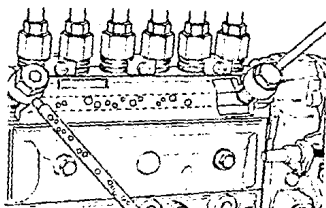


Fig:3.17 Burbujas de aire en la bomba de inyección.

- a) Cuando los filtros no son llenados con combustible con anterioridad a su instalación.
- b) Cuando se sustituye la bomba de inyección.
- c) Cuando se sustituyen las líneas de combustible de alta presión.

Para realizar el purgado de filtros y líneas que alimentan a la bomba de inyección, deberán abrirse los tornillos o grifos de purga, Fig.3.18 ( algunos filtros de combustible, también disponen de un grifo para purga ).

Una vez abiertos los grifos de purgado, deberá accionarse manualmente la bomba de elevación, ( generalmente estas bombas cuentan con una palanca o botón para hacerlas funcionar manualmente, Fig.3.18 ) para permitir al aire abandonar el sistema. Cuando por los grifos únicamente fluya

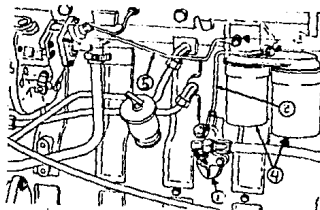


Fig.3.18 Purgado de la línea de alimentación de la bomba de inyección.

Listado de componentes de la Fig.3.18

1. Bomba de elevación.
2. Línea de alimentación a filtros.
3. Tornillos para purga.
4. Filtros.
5. Línea de alimentación a bomba de inyección.
6. Botón para accionamiento manual ( bomba de elevación ).

combustible, será señal que ya no existe aire, pudiendo entonces, cerrar nuevamente los grifos.

Para efectuar el purgado en las líneas de alta presión, ( líneas que comunican a la bomba de inyección con los inyectores ) será necesario aflojar una a una las conexiones de entrada de combustible del inyector, Fig.3.19 y hacer funcionar el motor a bajas R.P.M. para permitir la salida del aire.



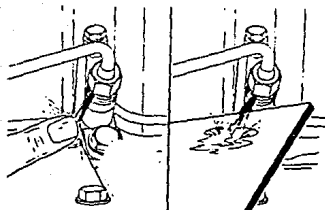


Fig.3.19 Purgado de las líneas de alta presión.

Como medida de precaución, nunca deberá acercarse la mano a la salida del combustible, debido a que éste es capaz de ocasionar serios daños a la piel.

Posteriormente, se apretarán las conexiones y se repetirá el procedimiento para cada una de las líneas restantes.

13. Para comprobar la restricción en la alimentación del combustible, deberá realizarse lo siguiente:

a) Instalar un vacuómetro justo a la entrada de la bomba de elevación, Fig.3.18 y hacer funcionar el motor a sus máximas R.P.M. La restricción que se registre en este punto deberá oscilar entre 0.12 a 0.13 Bar, 95 a 100 mmHg [1.83 a 1.93 lb/pulg<sup>2</sup>].

b) Posteriormente, se instalará un manómetro entre la salida de la bomba de elevación y la entrada a los filtros, Fig.3.18 ( el motor trabajará a sus máximas R.P.M. ), donde habrán de existir lecturas de 1.378 a 1.721 Bar, 1033.36 a 1289.82 mmHg, [20 a 25 lb/pulg<sup>2</sup>].

c) Después, se instalará un manómetro a la salida de los filtros, Fig.3.18 ( el motor funcionará a sus máximas R.P.M. ). La caída de presión provocada por los filtros, no tendrá que exceder de 0.344Bar, 258.5 mmHg, [ 5 lb/pulg<sup>2</sup> ] con respecto a las lecturas obtenidas en el inciso b).

Si los valores mencionados en los incisos anteriores son excedidos, entonces implicará revisar o sustituir mangueras, conexiones, conductos y/o filtros, los cuales se encuentran obstruyendo la alimentación del combustible.

14. Los conductos y válvulas que permiten el paso del combustible hacia la bomba de inyección, Fig.3.20, pueden llegar a obstruirse por suciedad. Deberá revisarse el libre paso del combustible, la ausencia de fugas y de presentarse el caso, será necesario reemplazar los componentes.

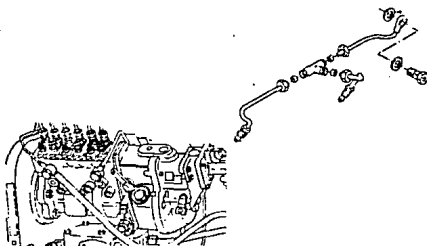


Fig.3.20 Conductos y válvulas que alimentan a la bomba de inyección.

15. La bomba de inyección deberá permanecer sincronizada con el motor, de tal manera que suministre el combustible a los inyectores de acuerdo al orden de encendido en un momento preciso. Para lograr lo anterior, se coloca el pistón N°1 del motor en el P.M.S. de su carrera de compresión y en ese momento se instala la bomba que también se encuentra en posición de inyección al cilindro N°1. (generalmente la numeración de los cilindros del motor, comienza con aquel

que se encuentre más próximo al radiador ).

Con el fin de ayudar a localizar los puntos anteriores, los fabricantes suelen utilizar marcas en el cigüeñal y en la flecha o engrane impulsor de la bomba de inyección, las cuales deben coincidir con señales de referencia previamente establecidas.

Otra manera para lograr la sincronización es mediante el uso de pernos o seguros, tanto en el motor como en la bomba de inyección, Fig.3.21.

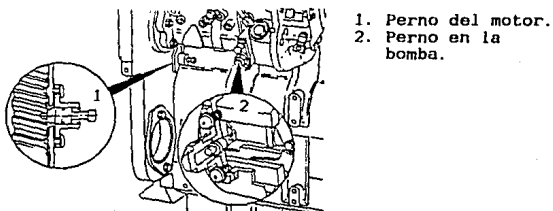


Fig.3.21 Pernos para la sincronización de la inyección.

Cuando los pernos de la Fig.3.21 coinciden en sus alojamientos, indican que se ha establecido el tiempo de sincronización adecuado para el motor. Al sincronizar el cilindro N°1, automáticamente los cilindros restantes también lo harán. Cada fabricante considerará, ya sea a través de marcas o pernos, los grados de avance que deberá tener la inyección para su motor.

Como medida de precaución antes de desmontar la bomba del motor, es recomendable marcar la posición de su brida de acoplamiento con respecto al motor, Fig.3.22.

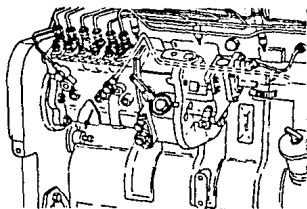


Fig.3.22 Marcas de alineamiento entre la brida de la bomba de inyección y el motor.

Si por alguna causa la bomba llega a girarse con respecto a su posición de acoplamiento original con el motor, se pueden ocasionar problemas en la sincronización de la inyección, pero si el acoplamiento se encuentra bien señalado, bastará con girar la bomba hasta que sus marcas originales coincidan, corrigiéndose el fallo.

16. Una manera que permite conocer el buen funcionamiento de la bomba de elevación, es desconectando su salida hacia los filtros y dirigir el flujo a un recipiente, Fig.3.23.

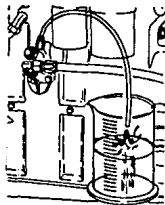


Fig.3.23 Prueba de la bomba de elevación.

Posteriormente, se dará marcha al motor durante un período máximo de 30 segundos. La cantidad de combustible recolectado deberá ser aproximada a  $750 \text{ cm}^3$  [45.77 pulg<sup>3</sup>] en un tiempo de 30 segundos.

Al observar que el flujo no es uniforme, entonces tendrá que desarmarse la bomba para reemplazar sus componentes dañados, Fig.3.24.

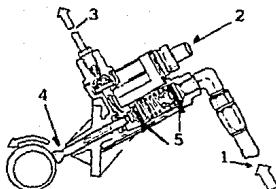


Fig.3.24 Bomba de elevación.

Listado de componentes de la Fig.3.24:

- 1.Entrada ( combustible que proviene del prefiltro ).
- 2.Botón para accionamiento manual.
- 3.Combustible hacia filtros.
- 4.Pistón.
- 5.Válvulas de retención.

17. Las instrucciones y valores para calibración de la bomba de inyección aparecen en publicaciones especiales de los fabricantes de equipos de inyección. Así, en función al modelo de bomba y aplicación del motor, será el código de calibración que se utilice, mismo que deberá respetarse para obtener un buen funcionamiento del motor.

Estas calibraciones se llevarán a cabo en laboratorios especializados en equipos de inyección.

18. Para comprobar el buen funcionamiento de los inyectores, deberá ponerse en marcha el motor en bajas R.P.M. y aflojar, en un cilindro, la conexión que une al inyector con la línea de alta presión, Fig.3.26 y escuchar por si se produce un cambio de velocidad en el motor.

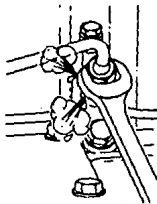


Fig.3.26 Conexión que une a la línea de alta presión con el inyector.

Un ligero descenso en las R.P.M., indicará la falta de combustible en ese cilindro, lo que significa que el inyector sí suministra combustible.

Se continuará revisando en cada cilindro hasta encontrar al inyector que al desconectarlo, no provoque caída en las R.P.M. lo que representará la falta de inyección de combustible.

El inyector que fué localizado como "defectuoso", tendrá que retirarse del motor.

Cada fabricante especifica las características y pruebas a realizar a los inyectores. Por ejemplo, en la



Fig.3.27, se muestra un dispositivo para comprobar el patrón de atomización, así como la presión de abertura del inyector.

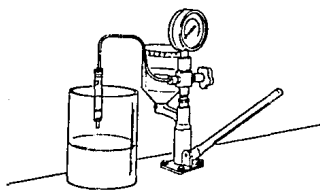


Fig.3.27 Probador de inyectores.

La presión de abertura es de aproximadamente 205 Bar [2973.2 lb/pulg<sup>2</sup>], aunque podrá variar entre cada modelo de motor. Si los parámetros de prueba no son los adecuados, entonces se procederá a la reparación o reemplazo del inyector.

Los fabricantes generalmente indican, por número de parte, el inyector que habrá de utilizar el motor y nunca deberá emplearse algún otro tipo que no sea el especificado.

19. Con el fin de permitir que la palanca de mando del gobernador disponga de su carrera completa ( desde la posición de mínimas R.P.M. hasta las máximas R.P.M. ), tendrá que ajustarse el varillaje de aceleración, Fig.3.28.

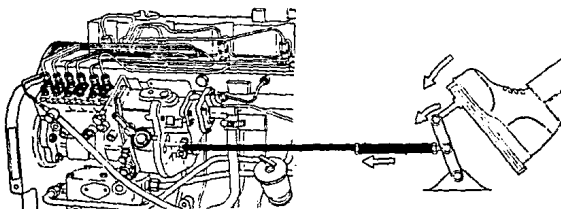


Fig.3.28 Varillaje para aceleración.

El varillaje habrá de accionar a la palanca de mando hasta su "tope" de máximas R.P.M. ( máxima entrega de combustible ) cuando el pedal del acelerador se pise a fondo. A su vez, el varillaje permitirá a la palanca, permanecer en la posición de mínimas R.P.M. ( mínima entrega de combustible ) cuando el pedal se encuentre afuera o libre.

20. Podrá existir un forzamiento del motor, si la capacidad de carga del vehículo es excedida o si se utilizan relaciones altas de la transmisión en caminos con pendientes

demasiado pronunciadas. Por lo anterior, deberá disminuirse la carga a un valor permitido por las especificaciones del fabricante del vehículo, a la vez que se utilicen relaciones en la transmisión adecuadas a la topografía del camino.

21. Es necesario revisar todos los tapones y líneas que conduzcan aceite y en caso preciso, reemplazar los componentes dañados.

Un respiradero de motor obstruido, provocará una presurización interna del motor, misma que puede dar origen a fugas a través de juntas o empaques. Para corregir lo anterior, habrá de inspeccionarse que no existan daños ni obstrucciones en el elemento y tubo del respiradero, -  
Fig.3.29.

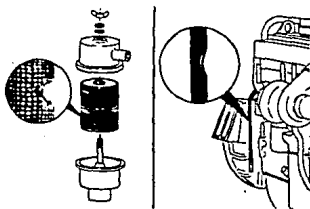


Fig.3.29 Elemento y tubo del respiradero.

Se recomienda revisar que el tapón de llenado y la bayoneta no presenten daños o se encuentren sueltos, Fig.3.30.

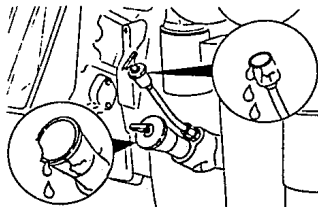


Fig.3.30 Fugas a través del tapón y bayoneta.

22. La temperatura normal de operación ( aproximada a  $88^{\circ}\text{C}$  [ $190.4^{\circ}\text{F}$ ] ), descenderá cuando el motor funcione en velocidad mínima. Los períodos de tiempo de funcionamiento en bajas R.P.M. ( velocidad de holgar ) mayores a 7 minutos, provocará que con la temperatura en el interior de los cilindros no se logre el quemado total del combustible, ocasionando que parte del combustible, se escurra en forma líquida por las paredes del cilindro hasta mezclarse con el aceite del depósito.

Por lo anterior, se evitará el funcionamiento del motor a bajas R.P.M. por períodos mayores a 7 minutos o en su defecto, aumentar las R.P.M. de tal manera, que la temperatura normal de operación no disminuya.

23. Deberá revisarse el estado general de juntas y empaques de la bomba de elevación que pudieran permitir la circulación del combustible al aceite. En caso necesario, tendrán que sustituirse las piezas dañadas.

24. El asentamiento que existe entre la válvula y el cuerpo del inyector, no debe permitir el escurrimiento de combustible al interior del cilindro. Un probador de inyectores como el mostrado en la Fig.3.27, sirve para conocer la existencia de algún escurrimiento anormal y cuando se amerite, habrán de reemplazarse las partes dañadas.

La válvula y el cuerpo del inyector siempre se consideran como piezas inseparables, debido al ajuste que guardan entre sí, y necesariamente se reemplazarán conjuntamente, Fig.3.31.

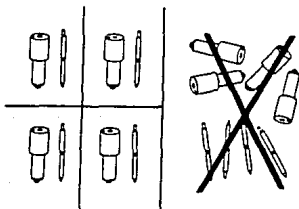


Fig.3.31 Los cuerpos y válvulas del inyector no deberán intercambiarse entre sí.

25. Los periodos de tiempo para el cambio del aceite lubricante, se mencionan en el punto 4.3 del capítulo siguiente.

26. Es recomendable el uso del aceite multigrado 15W 40, clasificación CC/CD, según el Instituto Americano del Petróleo ( API ).

27. El desgaste en anillos ocasionará un deficiente sellado entre el pistón y la camisa del cilindro, teniendo como consecuencia, fuga de gases de la combustión hacia la parte inferior del motor o depósito del aceite, provocando pérdida de potencia así como pérdida del control de la película lubricante en el cilindro. Esta falta de sellado, favorece el paso del aceite hacia la cámara de combustión, donde es consumido.

Una manera para verificar la fuga de gases a través de los anillos del pistón, es la siguiente:

- a) Instalar un manómetro o columna con agua en el respiradero del motor, Fig.3.33 ( los gases que se dirijan hacia el depósito del aceite, se comunican a través de orificios internos del motor, con el respiradero que se encuentra en la parte superior ).

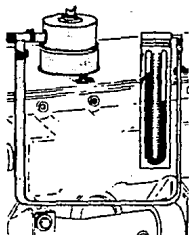


Fig.3.33 Medición de fuga de gases hacia la parte inferior del motor.

- b) Hacer funcionar el motor a sus máximas R.P.M. y aplicarle la máxima carga.

c) Observar la lectura indicada en el manómetro o columna con agua. Estos valores podrán estar comprendidos entre 0.002 a 0.044 Bar, 25.4 a 457.2 mmH<sub>2</sub>O, [ 0.036 a 0.649 lb/pulg<sup>2</sup> ].

d) Si las lecturas exceden los límites establecidos, implicará desgaste de anillos y/o camisas y por lo tanto, será necesario reemplazar anillos, pistones y/o camisas de cilindros.

28. El desgaste en las ranuras del pistón, ocasionará que se pierda el correcto sellado de los anillos con la camisa del cilindro. Las dimensiones más importantes son la profundidad y ancho de las ranuras, Fig.3.34, mismas que deberán cubrir las especificaciones del fabricante.

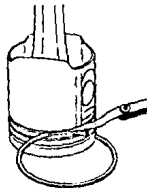


Fig.3.34 Medición de las ranuras del pistón para recibir a los anillos.



Dimensiones fuera de especificaciones, indicarán la necesidad de reemplazar al pistón con sus respectivos anillos.

29. Con el fin de determinar la reutilización de las camisas de cilindros, éstas deberán someterse a la siguiente inspección:

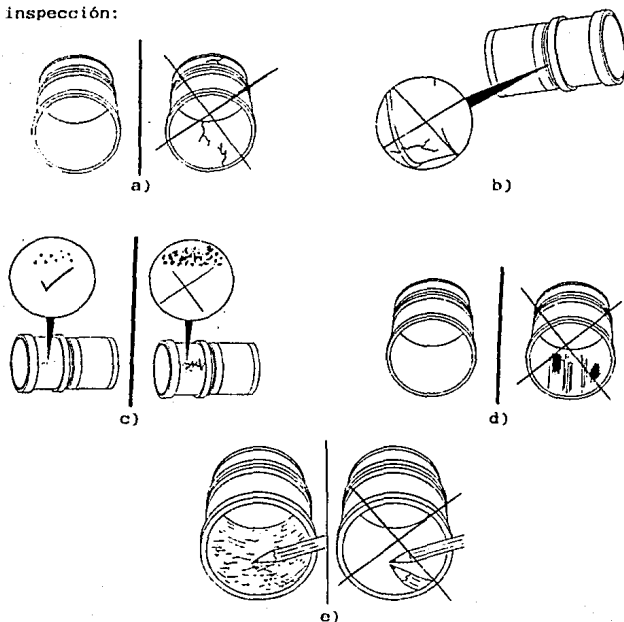


Fig.3.35 Inspección a las camisas de cilindros.

- a) No deberán existir cuarteaduras en la parte interna o externa, Fig.3.35(a).
- b) El área de asentamiento no tendrá que presentar grietas, Fig.3.35(b).
- c) Revisar la existencia de picaduras en las áreas en contacto con el refrigerante. La camisa se sustituirá si la profundidad de las picaduras exceden de 1.5 mm [ 0.059 pulg ], Fig.3.35(c).
- d) Examinar que no existan rayaduras en la parte interna, tales que puedan ser detectadas con facilidad, Fig.3.35(d).
- e) Revisar que no exista un pulido con acabado brillante en el interior, Fig.3.35(e).
- f) La camisa se reemplazará si existe un pulido intenso en más de un 20% del área de el desplazamiento de los anillos.

Además para la reutilización, es necesario que el componente cumpla con las dimensiones de diámetros internos y externos especificados por el fabricante, Fig.3.36.

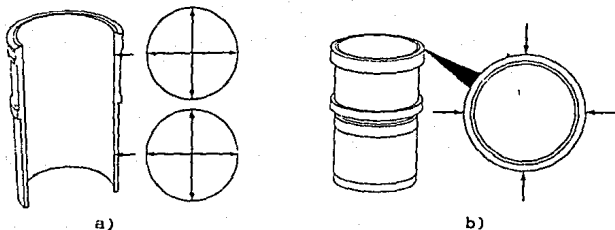


Fig.3.36 Medición de la camisa de cilindros,  
(a)diámetro interno, (b)diámetro externo.

30. Es necesario revisar y reparar cualquier fuga que pueda existir a través de roturas o fisuras en la tubería de escape.

La medición de la contrapresión en el escape es una indicación significativa de las condiciones del sistema de escape. Una alta presión indica restricciones excesivas causadas por cuerpos extraños, dobleces pronunciados, silenciadores obstruidos o demasiado pequeños para el motor.

Para comprobar la contrapresión, podrá realizarse lo siguiente:

- a) Se instalará un manómetro o columna con mercurio (Hg) en una sección recta a una distancia equivalente al diámetro de la tubería de escape (el diámetro de la tubería podrá variar de 76 a 127 mm [2.9 a 5 pulg]), medido desde la salida del turbocargador, Fig.3.37, o directamente medida desde el múltiple de escape para el caso del motor de aspiración natural.

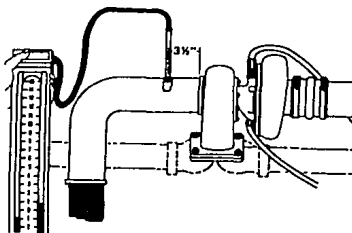


Fig.3.37 Medición de la contrapresión en el escape.

- b) Se hará funcionar el motor hasta alcanzar su temperatura normal de funcionamiento (esta temperatura podrá ser cercana a 88°C [190.4°F] o bien, la especificada por el fabricante).

c) Se hará funcionar el motor a sus máximas R.P.M. y se le aplicará su máxima carga (para aplicar la máxima carga, se puede agregar el peso que permita al camión llegar a su Peso Bruto Vehicular, P.B.V.).

d) En estos momentos, se observará la lectura en el manómetro o en la columna con mercurio. Las lecturas de contrapresión no deberán ser mayores a 0.101 Bar, 76.2 mmHg, [1.473 lb/pulg<sup>2</sup>] tanto para el motor turbocargado como para el de aspiración natural. Cuando este valor es excedido, significa que existen componentes que están provocando una alta restricción al flujo de gases y por tal motivo, deberán ser reemplazados.

31. Si existe la necesidad de agregar refrigerante al sistema de enfriamiento, tendrá que tenerse la precaución que la temperatura del motor sea inferior a 60°C [140°F], antes de remover el tapón del radiador. Al realizar lo anterior, se evitarán daños personales, así como posibles - "choques térmicos" en los componentes del motor.

Durante el llenado, deberán abrirse los grifos para purgado, de tal manera que el aire no permanezca atrapado en el sistema.

Para ayudar a que el aire abandone el sistema, es recomendable que la rapidez en el llenado no exceda de 11.5 lt/min [ 3 gal/min ].

Cuando por los grifos únicamente fluya refrigerante, significará que ya no existe aire, pudiendo entonces, - cerrarlos. El sistema deberá llenarse hasta cubrir la placa deflectora del depósito superior del radiador.

32. Será necesario revisar que el panel de el radiador no se encuentre obstruido por suciedad, como podrian ser tierra e insectos, Fig.3.38(a).

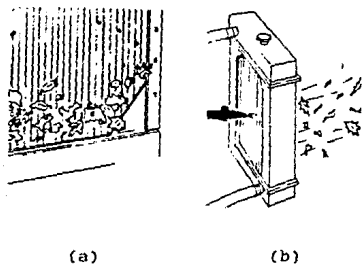


Fig.3.38 (a)suciedad en el radiador  
(b)limpieza de el radiador.

Para efectuar la limpieza de el radiador se podrá aplicar aire comprimido a una presión máxima de 5.51 Bar [ 80 lb/pulg<sup>2</sup> ], en dirección contraria al flujo normal de el aire, Fig.3.38(b).

En el panel no deberán existir fugas o laminillas dañadas, Fig.3.39.

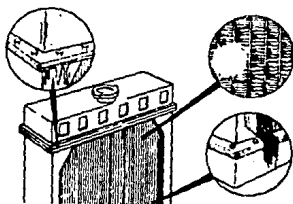


Fig.3.39 Fugas y daños en el radiador.

33. Las mangueras de el sistema de enfriamiento, no deberán poseer grietas, obstrucciones o dobleces que dificulten la circulación de el refrigerante, Fig.3.40.

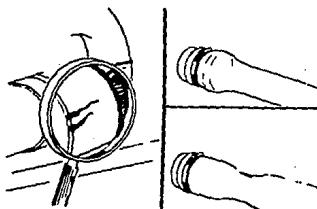


Fig.3.40 Daños en mangueras de el sistema de enfriamiento.

Es recomendable observar todas las mangueras cuando



el motor opere a máximas R.P.M. y de esta manera, detectar posibles fugas o deformaciones.

34. Al referirse a un nivel incorrecto del aceite, se pueden presentar 2 situaciones: falta o exceso de aceite.

Para el primer caso, se debe considerar que el propio aceite ayuda al enfriamiento de los componentes del motor y por tal motivo, la falta del lubricante provocará una mayor carga al sistema de enfriamiento.

Para el segundo caso, la mayor cantidad de aceite provocará que los contrapesos del cigüeñal constantemente se friccionen con el aceite existente en el depósito, - Fig.3.41, ocasionando un efecto de frenado y con ello, una carga adicional al motor (con la consecuente pérdida de potencia) y aumento en la temperatura del refrigerante.

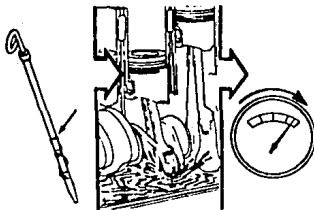


Fig.3.41 Elevado nivel de aceite.

35. Para conocer si la cantidad de aceite en el motor es correcta, tendrá que revisarse el nivel mediante la bayoneta. El nivel correcto se encuentra comprendido entre la marca de mínimo ("L") y la marca de máximo ("H"), Fig.3.42.

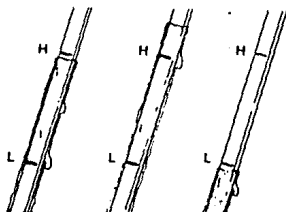


Fig.3.42 Marcas del nivel de aceite en la bayoneta.

La falta de lubricante se presenta cuando el aceite se encuentre por debajo de la marca "L", y el exceso se manifiesta cuando el aceite sobrepasa la marca "H". Para el primer caso, se tiene que añadir la cantidad de lubricante necesaria para que el nivel alcance la marca "H". Para el segundo caso, será necesario drenar el depósito; esto se efectuará cuando la temperatura del motor sea aproximada a 60°C [140°F], retirando el tapón de drenado del depósito, Fig.3.43, hasta que el nivel permanezca comprendido entre las marcas "L" y "H".

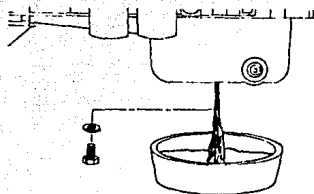


Fig.3.43 Drenado de el depósito para aceite.

36. El ventilador no deberá mostrar grietas o fisuras. No es aceptable, tratar de enderezar sus álabes dañados, Fig.3.44, debido al riesgo de desprendimiento durante su funcionamiento.

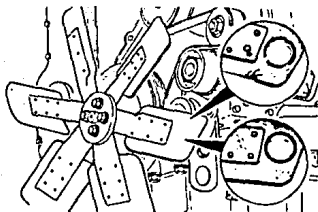


Fig.3.44 Alabe de ventilador dañado.

Siempre que existan daños en el ventilador, se reemplazará por otro que cumpla con las especificaciones del fabricante.

El estado de la tolva para el ventilador, no deberá manifestar roturas o desalineamientos que eviten la adecuada circulación del aire a través del radiador. En general, se recomienda que la separación entre el radiador y el ventilador varíe entre 50.8 a 100.1 mm [ 2 a 4 pulg ], Fig.3.45.

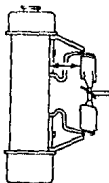


Fig.3.45 Distancia entre radiador y ventilador.

37. Alguna banda suelta ocasionará "patinamiento" en el correcto accionamiento del ventilador y la bomba del agua. Para corregir esta falla, los motores disponen de un tensor que permite mover la posición de una polca "tensora", con la cual se logra el ajuste correcto de la banda, Fig.3.46. ( Consultar Tabla IV ).

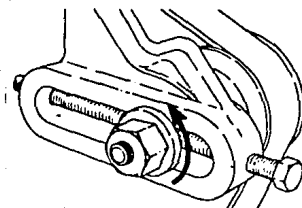


Fig.3.46 Tensor para banda.

38. El empaque de hule en el tapón del radiador deberá permanecer exento de averías y en el cuello de llenado, no habrán de existir grietas, Fig.3.47. El valor de abertura del tapón, lo especifica el fabricante del motor.

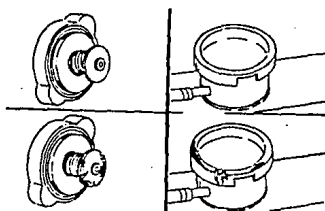


Fig.3.47 Tapón y cuello de llenado del radiador.

39. Para comprobar el correcto funcionamiento del termostato, es necesario realizar lo siguiente:

- a) Colocar el termostato y un termómetro (cuya capacidad alcance a registrar  $100^{\circ}\text{C}$  [ $212^{\circ}\text{F}$ ] como mínimo), en el interior de un recipiente con agua, Fig.3.48.

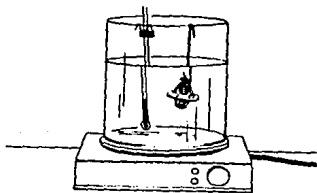


Fig.3.48 Prueba de funcionamiento al termostato.

- b) Calentar el agua y registrar las temperaturas cuando:
- El termostato comience a abrir.
  - El termostato termine de abrir.
- c) Comparar los valores obtenidos en el inciso b), contra los especificados por el fabricante. Si en dicha comparación existe alguna diferencia, entonces se sustituirá el termostato.

40. Con el fin de confirmar que en el sistema de enfriamiento existe aire provocado por fugas internas, es recomendable realizar la prueba siguiente:

- a) Remover el tapón del radiador.
- b) Colocar un tapón sin resorte ni válvula de desahogo de presión, Fig.3.49. Este tapón deberá cerrar herméticamente.

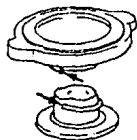


Fig.3.49 Tapón del radiador sin resorte.

- c) Conectar un extremo de manguera al tubo de descarga del radiador e introducir el extremo libre en un recipiente conteniendo agua, Fig.3.50.

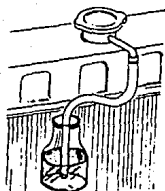


Fig.3.50 Comunicación entre radiador y recipiente con agua.

d)Hacer funcionar el motor a bajas R.P.M. hasta alcanzar una temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$  [ $194^{\circ}\text{F}$ ].

e)Hacer funcionar el motor a sus máximas R.P.M. y comprobar si por el extremo de manguera colocado en el interior del recipiente, existe una corriente continua de burbujas de aire, Fig.3.51.

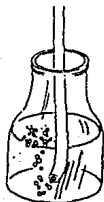


Fig.3.51 Aire en el sistema de enfriamiento.



La continua corriente de burbujas de aire, indican que existen las posibles fugas siguientes:

a) Fuga de gases de combustión a través de la junta de la cabeza de cilindros.

b) Sobresaliente incorrecto de la camisa de cilindros.

c) Fuga a través de la cabeza del compresor del aire.

d) Fuga a través de la cabeza de cilindros.

Para comprobar y corregir lo anterior, se efectuará lo indicado en las soluciones Nº 41, 42, 43 y 44.

41. La junta de la cabeza de cilindros tendrá que reemplazarse si presenta daños o cuarteaduras. El mal estado de dicha junta permitirá el paso de gases de combustión al sistema de enfriamiento y a su vez, el paso del refrigerante al interior de los cilindros cuando el motor no funcione.

42. Cuando el motor dispone de camisas de cilindros reemplazables, éstas deberán sobresalir con respecto a la superficie superior del bloque, Fig.3.52, una dimensión especificada por el fabricante, con el fin de lograr un sellado hermético con la junta de la cabeza de cilindros.

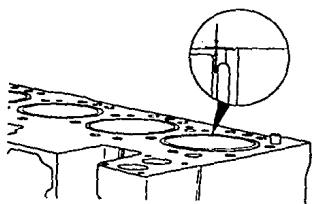


Fig.3.52 Sobresaliente de la camisa del cilindro.

De no cumplirse la especificación anterior, tendrán que revisarse las dimensiones de la camisa de cilindros o suplirse en caso necesario.

También habrá de inspeccionarse que el área de asentamiento no presente suciedad o daños, Fig.3.53.

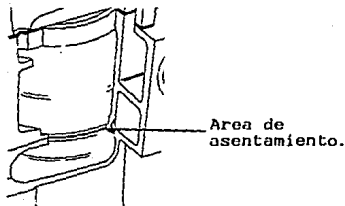


Fig.3.53 Area de asentamiento de la camisa del cilindro.

43. Las fugas a través de la cabeza del compresor del aire, se pueden detectar utilizando agua jabonosa cuando la presión a la salida del compresor esté comprendida entre 5.51 a 6.89 Bar, [ 80 a 100 lb/pulg<sup>2</sup> ].

La presencia de burbujas en el jabón, indicarán que deberán reemplazarse las juntas de la cabeza del compresor, Fig.3.54, o en caso necesario, suplir la cabeza.

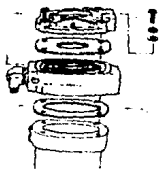


Fig.3.54 Juntas del compresor.

44. Para comprobar la existencia de fugas en la cabeza de cilindros, podrá realizarse una prueba hidráulica. Para ello, se necesita una placa que obstruya los conductos que comunican el paso del refrigerante entre la cabeza y el bloque de cilindros, Fig.3.55, utilizando los propios tornillos de sujeción y la junta de la cabeza de cilindros para obtener un sellado hermético.

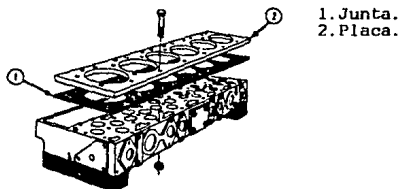


Fig.3.55 Placa para obstruir los conductos de la cabeza.

Se suministrará aire a una presión de 2.75 Bar, [ 40 lb/pulg<sup>2</sup> ] y se colocará la cabeza dentro de un recipiente con agua, Fig.3.56.

La presencia de burbujas será señal de fisuras en la pieza y por ello, implicará la necesidad de sustituirla.

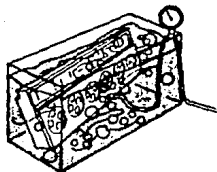


Fig.3.56 Fugas en la cabeza de cilindros.

45. Es necesario revisar el estado del cableado, desde el indicador de temperatura, hasta la unidad transmisora para reparar cualquier rotura o daño, Fig.3.57.

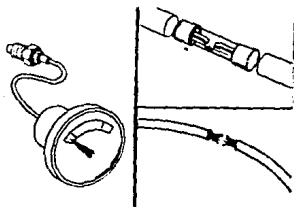


Fig.3.57 Daños en la línea transmisora del indicador de temperatura.

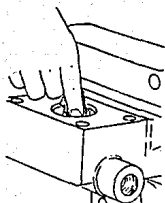
Si la línea transmisora no presenta daños, podrá

utilizarse otro indicador del cual se tenga la certeza de lecturas confiables que permitan decidir la necesidad de sustituir el indicador original.

46. La sobredosificación de combustible, provocará mayores temperaturas en las cámaras de combustión y por consecuencia, un incremento en la temperatura del refrigerante. Para corregir lo anterior, será necesario revisar la calibración de la bomba de inyección, según la solución N° 17.

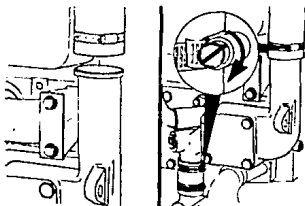
47. El motor no deberá funcionar sin termostato, puesto que se pierde el control del flujo del refrigerante entre el motor y el radiador. Lo anterior ocasiona calentamientos y enfriamientos excesivos y por ello, se habrá de utilizar el termostato especificado por el fabricante del motor.

48. Al reemplazar la junta de la caja del termostato, tendrá que inspeccionarse que dicho alojamiento no presente daños o suciedad, Fig.3.58.



**Fig.3.58 Inspección de la caja del termostato.**

49. A las abrazaderas de las mangueras del sistema de enfriamiento, se les deberá aplicar un par de apriete de 5 N m [ 44 lb pulg ], Fig.3.59.



**Fig.3.59 Apriete de abrazaderas.**

50. Todas las conexiones y mangueras del sistema de enfriamiento ( incluyendo grifos para ventilación ), no deberán presentar daños y en tal caso, habrán de reemplazarse.

El sistema tiene que disponer de una línea para ventilación la cual, conectará con la parte más elevada de la placa deflectora del depósito superior del radiador, de tal manera que durante el funcionamiento del motor, el aire pueda ser expulsado, Fig.3.60.

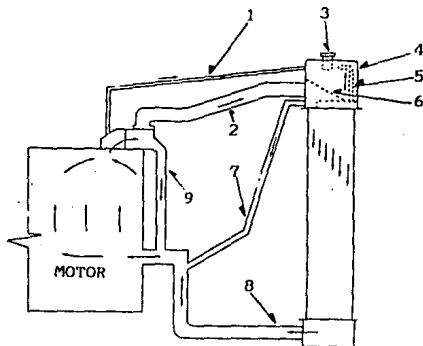


Fig.3.60 Conexiones del sistema de enfriamiento.

Listado de componentes de la Fig.3.60:

- 1.Línea para ventilación del motor.
- 2.Salida del refrigerante del motor al radiador.
- 3.Tapón del radiador.
- 4.Tanque superior del radiador.
- 5.Respiradero.
- 6.Placa deflectora.
- 7.Línea para llenado.
- 8.Salida de refrigerante del radiador al motor.
- 9.Conducto de derivación del motor.



52. Con el fin de conocer si existe alguna fuga a través del elemento enfriador de aceite, tiene que realizarse una prueba con aire a presión.

El orificio para la entrada del aceite en el enfriador, deberá clausurarse mientras que en el orificio de salida, se conectará el suministro de aire a una presión no mayor a 4.13 Bar, [ 60 lb/pulg<sup>2</sup> ]. Posteriormente, se sumergirá en un recipiente con agua y se observará que no existan burbujas, Fig.3.61.

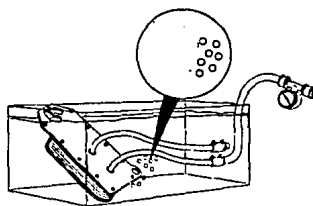


Fig.3.61 Fugas en el elemento enfriador del aceite.

La presencia de burbujas indicarán fugas y por lo tanto, la sustitución del elemento.

53. El buen estado de la junta correspondiente a la bomba del agua, evitará fugas de refrigerante. Siempre que se reemplace la junta, se utilizará un poco de aceite lubricante limpio, Fig.3.62.

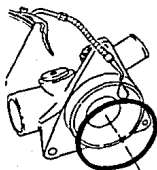


Fig.3.62 Reemplazo de la junta de la bomba del agua.

54. Para comprobar la existencia de alguna fuga de refrigerante por las áreas de asentamiento de las camisas de cilindros, podrá realizarse la prueba siguiente:

a) Vaciar el aceite lubricante del motor.

b) Retirar el depósito del aceite, Fig.3.63.

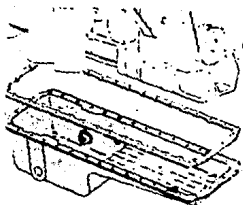


Fig.3.63 Desmontaje del depósito del aceite.

c) Remove el tapón del radiador y aplicar aire comprimido a una presión de 1.37 Bar, [20 lb/pulg<sup>2</sup>], Fig.3.64.

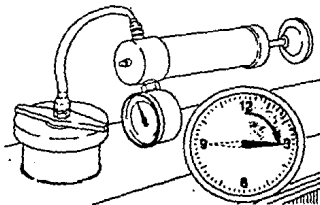


Fig.3.64 Presurización del sistema de enfriamiento.

El aire se suministrará durante 15 minutos antes de examinar el área de asentamiento de las camisas de cilindros.

- d) Inspeccionar la presencia de alguna fuga de refrigerante en el área de asentamiento de las camisas, Fig.3.65. En caso de existir fugas, deberán reemplazarse las juntas inferiores de la camisa y comprobar que su diámetro en la zona de asentamiento, se encuentre dentro de las especificaciones del fabricante y de no cumplirse, habrán de reemplazarse las camisas dañadas.

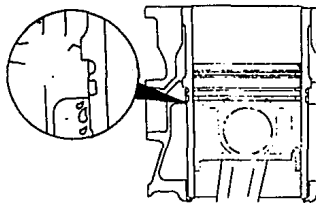


Fig.3.65 Fugas en el asiento de la camisa de cilindros.

- e) Una vez efectuado lo anterior, se instalará el depósito y se añadirá aceite lubricante limpio. Se retirará el dispositivo para presurización y se hará funcionar el motor, revisando que no existan fugas de refrigerante o aceite.

55. La lectura de presión disminuirá, conforme aumente la obstrucción por suciedad en el filtro del aceite. Para evitar lo anterior, se reemplazará el filtro de acuerdo a lo recomendado en el capítulo IV.

56. Una manera para diagnosticar que el motor presenta daños internos, es el análisis del papel del filtro de aceite. Para ello, será necesario abrir el filtro y extender el papel, Fig.3.66, con el fin de observar la existencia de partículas metálicas y su origen probable de acuerdo a la tabla

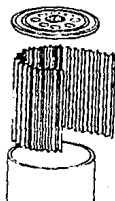


Fig.3.66 Inspección del filtro del aceite.

PARTICULA	ORIGEN PROBABLE
Cobre	Cojinetes y bujes
Cromo	Anillos de pistón
Hierro	Camisas de cilindros
Plomo	Metal de revestimiento de cojinetes
Aluminio	Roce de pistón con camisa

Tabla III

Partículas metálicas encontradas en el filtro del aceite.

57. El enfriador del aceite podrá obstruirse cuando se descuiden los intervalos en el cambio de aceite y filtros del motor. Para realizar su limpieza, se podrá utilizar agua y jabón detergente, Fig.3.67 y efectuar el secado con aire comprimido.

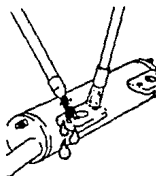


Fig.3.67 Limpieza del enfriador del aceite.

58. Para comprobar el correcto funcionamiento del émbolo regulador de presión del aceite, habrá de efectuarse lo siguiente:

a) Retirar el émbolo, Fig.3.68.

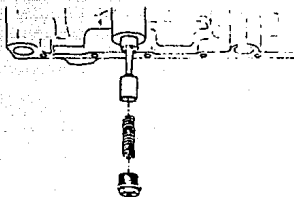


Fig.3.68 Embolo regulador.

b) Inspeccionar por posibles rayaduras, Fig.3.69. Si las rayaduras son profundas (sensibles al tacto), entonces deberá sustituirse el émbolo.

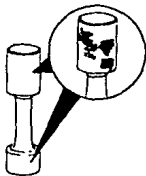


Fig.3.69 Rayaduras en el émbolo regulador de presión.

c) Someter el resorte del émbolo a una prueba de longitud contra carga en un probador, Fig.3.70, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

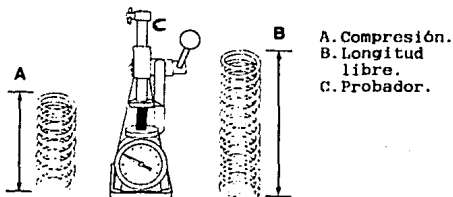
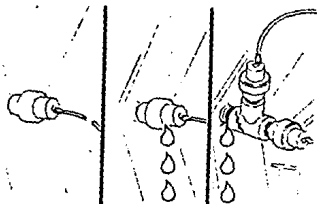


Fig.3.70 Prueba del resorte.

Si la longitud libre o en compresión del resorte se encuentra fuera de especificación, tendrá que reemplazarse.

59. Para verificar el adecuado funcionamiento del manómetro del aceite, es necesario revisar que no existan cables o conexiones dañados, Fig.3.71.





**Fig.3.71 Daños en conexiones del manómetro.**

Se podrá instalar otro manómetro del cual se tenga la certeza de obtener lecturas confiables. Si de acuerdo a lo anterior resultan lecturas distintas, entonces deberá sustituirse el manómetro dañado.

60. El tubo para succión del aceite deberá reemplazarse si presenta daños o fugas, Fig.3.72.

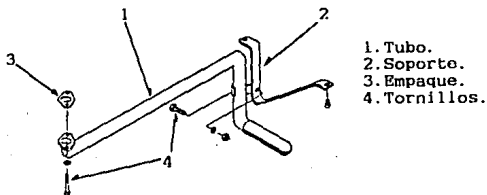


Fig.3.72 Tubo de succión del aceite.

61. El mal funcionamiento de la bomba del aceite, se evitará si no existen daños en sus componentes, Fig.3.73.

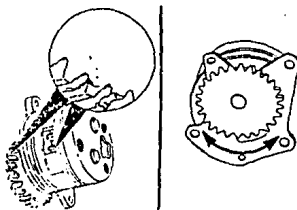


Fig.3.73 Daños en la bomba del aceite.

Además, la bomba tendrá que satisfacer las dimensiones, tolerancias y límites de desgaste especificados por el fabricante.

62. Consultar las soluciones Nº 41, 42, 44 y 54.

63. Para determinar si el combustible se encuentra contaminado, se hará funcionar el motor con combustible limpio contenido en un depósito provisional. Si de esta manera el motor funciona normalmente, entonces habrá que eliminar el combustible contaminado.

64. El agua en exceso provocará el obturamiento de los filtros de combustible, restringiendo la alimentación a la bomba de inyección.

Para eliminar el agua del sistema de combustible, será necesario abrir los grifos colocados en el fondo del depósito y en los filtros, Fig.3.74.

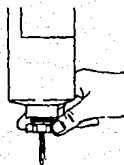


Fig.3.74 Eliminación del agua.

Cuando únicamente escurra combustible, entonces habrán de cerrarse los grifos.

65. Al agregar combustible, éste no deberá exceder del 95% de la capacidad máxima del depósito, de manera que un 5% sirva para la expansión de gases.

66. Las bombas de inyección poseen una palanca para permitir el envío (posición abierta), o la interrupción (posición cerrada) del combustible hacia los inyectores y su accionamiento puede ser mecánico o eléctrico.

Cuando se trata de un dispositivo mecánico (chicote),  
 Fig.3.75, no deberán existir desajustes o "trabamientos"  
 en su recorrido.

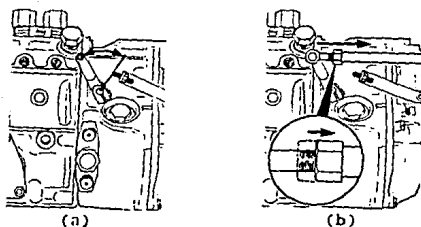


Fig.3.75 a) Palanca de corte y/o  
 entrega de combustible.  
 b) Accionamiento mecánico.

Siendo el dispositivo eléctrico (solenoid), -  
 Fig.3.76, éste tendrá que cumplir con las especificaciones  
 indicadas por el fabricante, como son la longitud libre  
 y comprimida, Fig.3.77.

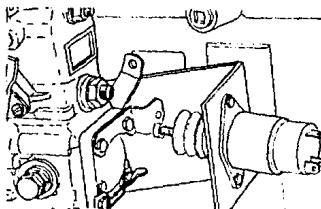


Fig.3.76 Accionamiento eléctrico de la  
 palanca de corte y/o  
 entrega de combustible.

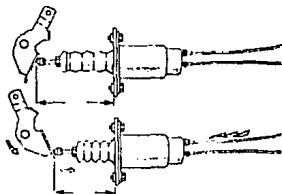
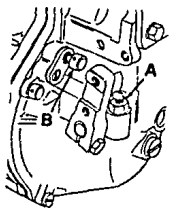


Fig.3.77 Solenoide en longitud libre y comprimida.

67. La bomba de inyección cuenta con tornillos para ajustar la velocidad mínima y máxima, Fig.3.78.



A. Tornillo para mínimas  
R.P.M.  
B. Tornillo para máximas  
R.P.M.

Fig.3.78 Tornillos para ajuste de velocidad.

El tornillo para mínimas R.P.M. (A), constituye el tope que deberá tener la palanca de aceleración (1). Este tornillo puede moverse para ajustar la velocidad de holgar la cual, es determinada por el fabricante del motor.

El tornillo para máximas R.P.M. (B), sirve de tope a la palanca de aceleración (1). Normalmente, la posición de este tornillo es calibrada en la propia fábrica y por ello no es recomendable moverlo. Sin embargo, si existe la necesidad de calibrarlo, esto habrá de realizarse en un lugar especializado como lo es el laboratorio de inyección.

68. Se observará que no existan fugas de combustible hacia el interior del múltiple de admisión. Esto puede suceder a través de cuarteaduras en la cabeza de cilindros, en los lugares próximos a la circulación del combustible o al flujo del aire. De presentarse esta falla, tendrá que reemplazarse el componente.

69. Es recomendable añadir combustible cuando el nivel ha llegado a un 25% de la capacidad total del depósito, con el fin de disminuir la posibilidad de absorber partículas de suciedad acumuladas en el fondo. Además, el movimiento

excesivo del combustible en el interior del depósito, ocasiona la formación de burbujas de aire que pueden causar problemas de funcionamiento al motor.

70. Si existe incertidumbre del correcto funcionamiento del tacómetro, deberá emplearse un sustituto que sirva como patrón para asegurar que las R.P.M. del motor son verídicas.



## CAPITULO IV

### MANTENIMIENTO

#### 4.1 RECOMENDACIONES GENERALES DE OPERACION.

Al arrancar un motor frío, deberá mantenerse funcionando en velocidad de holgar por un tiempo de 3 a 5 minutos. Posteriormente, podrá incrementarse la velocidad hasta 1000 R.P.M. y esperar a obtener una temperatura del refrigerante mínima de 60°C [ 140°F ], antes de aplicar carga al motor.

Los indicadores de presión del aceite y temperatura del refrigerante habrán de consultarse con frecuencia. Las lecturas tendrán que estar comprendidas en las especificaciones de funcionamiento del motor y en caso contrario, habrá de interrumpir su funcionamiento para corregir la falla.

Si durante el funcionamiento normal, comienza a presentarse un sobrecalentamiento, será necesario reducir las R.P.M. o seleccionar un cambio inferior en la transmisión o ambas, hasta que la temperatura retorne a valores normales.

Cuando la velocidad del motor excede sus máximas R.P.M. nominales, se dice que el motor está "sobrerevolucionado". Esto es perjudicial para el motor y suele suceder cuando se desciende una pendiente y por tal motivo, se recomienda utilizar un cambio inferior en la transmisión y los frenos del vehículo para disminuir la velocidad.

El motor no deberá funcionar con el acelerador a fondo y por debajo de la velocidad, R.P.M., de máximo par motor durante un período mayor a un minuto (esto implica forzamiento). Las R.P.M. a las cuales el motor brinda su máximo par y potencia son proporcionados en las cartas de comportamiento, establecidas por el fabricante.

Del adecuado mantenimiento del motor, dependerá en gran parte, su durabilidad y disminución de fallas. A continuación se describen las recomendaciones de mantenimiento en función al kilometraje o períodos de tiempo.

#### 4.2 MANTENIMIENTO DIARIO.

El mantenimiento preventivo comienza con la - inspección diaria del motor y sus sistemas. Antes de poner en marcha el motor, deberán revisarse los niveles de aceite y refrigerante para corregir posibles fugas, componentes dañados o bandas sueltas.

##### a) Revisión del nivel del aceite.

El motor no deberá funcionar con un nivel de aceite por debajo de la marca "L" (bajo) o por arriba de la marca "H" (alto) señalados en la bayoneta. Fig.4.1.

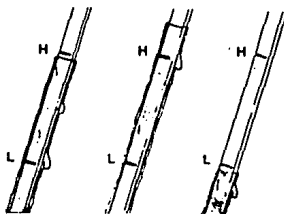


Fig.4.1 Marcas en la bayoneta.

Es conveniente esperar por lo menos 5 minutos después de apagar el motor para realizar la medición del nivel de aceite. Esto permite que el aceite retorne al depósito y según sea necesario, habrá que añadir o eliminar aceite.

b) Revisión del nivel del refrigerante.

El nivel del refrigerante podrá revisarse mientras que su temperatura sea menor a 60°C [ 140°F ] y poder así, remover lentamente el tapón del radiador. El nivel correcto se encuentra a aproximadamente 25.4 mm [ 1 pulg ] medido desde la parte superior del cuello del tapón, hacia abajo. No es recomendable el uso de aditivos selladores para detener fugas en el sistema de enfriamiento, pues se corre el riesgo de obstruir el flujo del refrigerante.

c) Revisión del ventilador.

El ventilador nunca se utilizará para girar el motor, pues las aspas pueden dañarse. El ventilador no presentará cuarteaduras, remaches sueltos o aspas dobladas o flojas, Fig.4.2. Un ventilador dañado se sustituirá por otro, cuyas características sean iguales al reemplazado ( por ejemplo, el N° de parte ).

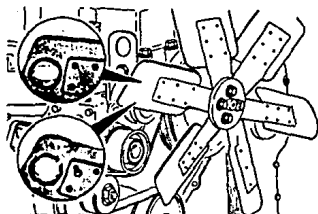


Fig.4.2 Daños en el ventilador.

d) Revisión de bandas.

En las bandas no deberán existir cuarteaduras que se unan entre sí. Las cuarteaduras transversales son aceptables, pero las cuarteaduras longitudinales que se unan con las transversales no son aceptables, Fig.4.3.

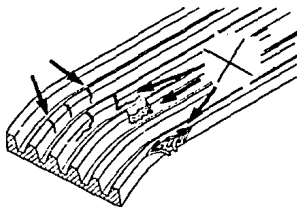


Fig.4.3 Daños en bandas.

e) Eliminación del agua en el combustible.

Habrán de abrirse los grifos de purgado del depósito, prefiltro y filtro de combustible, Fig.4.4, para permitir la salida del agua y sedimentos. Cuando no fluya agua a través de los grifos, entonces pedrán cerrarse.

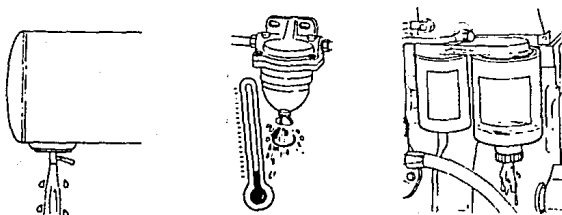


Fig.4.4 Purgado del sistema de combustible.

Lo anterior, protegerá y evitará fallos en los componentes del sistema de inyección.

4.3 MANTENIMIENTO CADA 8,000 Km, [5,000 MILLAS] ó CADA 3 MESES, LO QUE OCURRA PRIMERO.

Para este caso, habrán de realizarse las actividades indicadas en el punto 4.2 e incluir el cambio del aceite con su filtro respectivo, inspeccionar el sistema de admisión y reemplazar el elemento del filtro del aire.

a) Cambio de aceite.

Antes de drenar el aceite se hará funcionar el motor, hasta que la temperatura del refrigerante alcance los 60°C [ 140°F ], para permitir que los contaminantes se mantengan en suspensión, Fig.4.5.

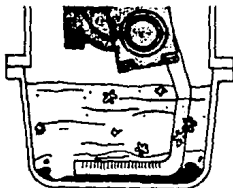


Fig.4.5 Suspensión de contaminantes en el aceite.

Posteriormente, se interrumpirá el funcionamiento del motor y se retirará el tapón de drenado del depósito, colocando un recipiente cuya capacidad admita recolectar el aceite del motor, Fig.4.6.



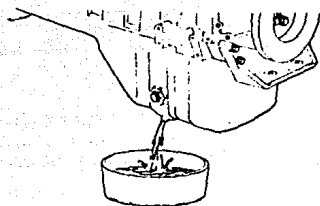


Fig.4.6 Drenado del aceite.

b) Reemplazo del filtro para aceite.

Después de remover el filtro del aceite, deberá limpiarse la base que lo une al motor. Antes de instalar un nuevo filtro, éste será llenado con el mismo aceite que utilizará el motor, Fig.4.7.

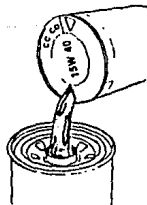


Fig.4.7 Llenado del filtro con aceite limpio.

Un sobreapriete al instalar el filtro, podrá dañar su roscado. Por eso, es necesario aplicar el apriete hasta lo indicado por el fabricante del filtro.

Las roscas del tapón del depósito, no presentarán daños o cuarteaduras, Fig.4.8.

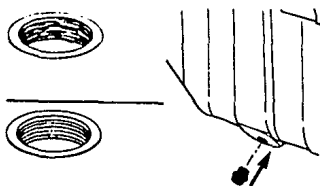


Fig.4.8 Roscado dañado.

Es recomendable el uso del aceite multigrado 15W-40, clasificación CC/CD, según el Instituto Americano del Petróleo ( API ).

La cantidad de aceite añadida dependerá de la capacidad establecida por el fabricante. Sin embargo, un adecuado nivel, será aquel que se encuentre comprendido entre las marcas "L" (bajo) y "H" (alto) de la bayoneta, Fig.4.1.

c) Inspección al sistema de admisión.

Se revisará la tubería de admisión para corregir posibles fugas o reemplazar componentes dañados, Fig.4.9.

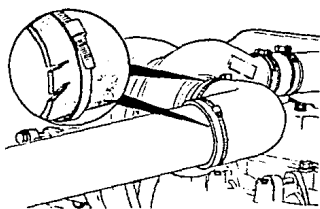


Fig.4.9 Daño en tubería de admisión.

Es recomendable checar el estado del elemento del filtro del aire, Fig.4.10, y sustituirlo en caso que se encuentre dañado.

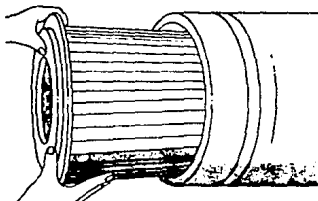


Fig.4.10 Reemplazo del elemento.

En caso de existir un indicador de la restricción del filtro del aire, Fig.4.11, el elemento del purificador se cambiará cuando la franja indicadora marque una señal roja.

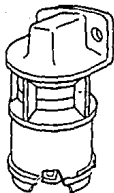


Fig.4.11 Indicador de restricción.

Nunca se permitirá que el motor funcione sin el elemento. Al existir entrada de aire sin filtrar, se permite la entrada de polvo y con ello, se favorece el desgaste prematuro del motor.

4.4 MANTENIMIENTO CADA 16.000 Km, [10.000 MILLAS] 6 CADA  
6 MESRS, LO QUE OCURRA PRIMERO.

Para este caso habrán de realizarse las actividades indicadas en el punto 4.3 e incluir el cambio de los filtros de combustible y el reemplazo del refrigerante.

a) Reemplazo de filtros para combustible.

Una vez retirados los filtros de combustible, se limpiará la base que los une al motor, Fig.4.12.

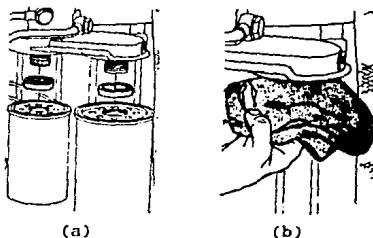


Fig.4.12 Filtros de combustible  
a)desmontaje b)limpieza.

Antes de instalar los nuevos filtros, habrán de llenarse con combustible limpio, Fig.4.13. Un sobreapriete en los filtros podrá dañarlos, por eso es recomendable - aplicar el apriete hasta lo indicado por el fabricante.



Fig.4.13 Llenado del filtro con combustible limpio.

Para eliminar el aire de los filtros y las líneas de baja presión, se abrirán los grifos para purga y se activará manualmente la bomba de elevación, hasta que únicamente fluya combustible. Entonces se cerrarán los grifos.

b) Refrigerante.

Se recomienda que el empleo de anticongelante sea a base de glicol etilénico y que se utilice durante todas las estaciones del año. La relación entre anticongelante/agua, deberá ser de un 50/50 respectivamente. Nunca se excederá de un 70/30.

El fabricante del motor podrá recomendar el uso de aditivos químicos para disminuir la corrosión interna del motor. Los aditivos pueden estar contenidos en filtros especiales, ser líquidos o pastillas y sus concentraciones

son especificadas, en función a la capacidad del sistema de enfriamiento.

Al exceder los porcentajes de anticongelante y/o aditivos, existe el riesgo de formar "gelatinas" que obstruyen los pasajes de circulación del refrigerante ocasionando sobrecalentamiento del motor.

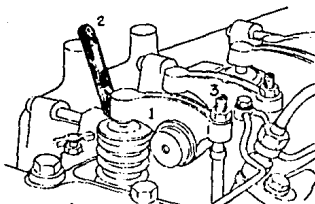
4.5 MANTENIMIENTO CADA 32,000 Km, [20,000 MILLAS] ó CADA  
12 MESES, LO QUE OCURRA PRIMERO.

Para este caso, habrán de realizarse las actividades indicadas en el punto 4.4 e incluir el ajuste de válvulas, revisar la tensión de bandas y la limpieza del motor.

a) Ajuste de válvulas.

Se debe revisar esta calibración debido a que el ajuste entre la varilla de empuje, el balancín y la válvula, puede perderse.

Cada fabricante señala el procedimiento y tolerancias para ajustar las válvulas de admisión y escape, aunque en términos generales, consiste en interponer entre el balancín y el vástago de la válvula una "hoja calibradora" de un espesor determinado de tal manera, que mediante el tornillo de ajuste se obtenga la calibración, Fig.4.14.



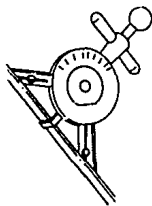
1. Balancín.  
2. Hoja calibradora.  
3. Tornillo ajuste.

Fig.4.14 Calibración de válvulas.



**b) Bandas.**

Se revisará la tensión de las bandas. Para realizar lo anterior, puede emplearse un "probador de tensión", como el mostrado en la Fig.4.15.



**Fig.4.15** Dispositivo para medir tensión de bandas.

En la Tabla IV, se proponen los valores de tensión para bandas nuevas y usadas.

TENSION PARA BANDAS		
Ancho de la banda mm, [pulg]	Tensión en banda nueva mín-máx, Kg[Lb]	Tensión en banda usada * mín-máx, Kg[Lb]
9.652 [0.380]	59 - 68 [130-150]	36 - 54 [ 80-120]
11176 [0.440]	59 - 68 [130-150]	36 - 54 [ 80-120]
12.7 [0.500]	59 - 68 [130-150]	36 - 54 [ 80-120]
17.449 [0.687]	59 - 68 [130-150]	36 - 54 [ 80-120]
19.05 [0.750]	59 - 68 [130-150]	36 - 54 [ 80-120]
22.225 [0.875]	59 - 68 [130-150]	36 - 54 [ 80-120]
566 poliranuras	63 - 73 [140-160]	41 - 54 [ 90-120]
8 poliranuras	86 - 95 [190-210]	70 - 75 [155-165]

\* Se considera que una banda está usada si ha funcionado por lo menos 10 minutos. Si la banda tiene menor tensión del mínimo, volver a tensar hasta el máximo.

Tabla IV  
Tensión para bandas.

En caso de no contar con alguna herramienta para comprobar la tensión, se podrá realizar lo siguiente: ejercer una fuerza aproximada a 11 Kg. [24.25 lb], en los tramos (claros) comprendidos entre poleas y si la flexión es mayor a una vez el ancho de la banda, por cada 304.8 mm [12 pulg] de distancia entre centros de poleas, entonces se realizará un ajuste, Fig.4.16.

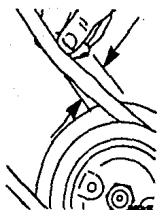


Fig.4.16 Chequeo manual de tensión.

c) Limpieza.

La limpieza del motor podrá efectuarse con vapor, Fig.4.17, teniendo la precaución de no dañar dispositivos o cableado eléctrico.

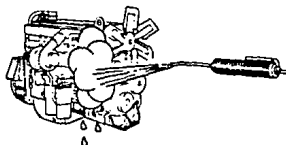


Fig.4.17 Limpieza del motor.

## CONCLUSIONES

El desconocimiento en el funcionamiento de los componentes y como consecuencia, de los sistemas del motor, favorece a que se presenten la mayoría de las fallas en este tipo de motor.

Las fallas más comunes son provocadas, en la mayoría de los casos, por descuidos y/o desconocimiento en la operación y mantenimiento. De las fallas comentadas en este trabajo, destacan como más perjudiciales para el motor a corto plazo, las siguientes:

- \* Baja potencia.
- \* Humo en diferentes condiciones.
- \* Calentamiento.
- \* Pérdida de refrigerante  
( fugas internas y externas ).
- \* Baja presión de aceite.
- \* Consumo excesivo de aceite.
- \* Consumo excesivo de combustible.

Como menos perjudiciales para el motor a corto plazo, destacan las siguientes:

- \* Enfriamiento.
- \* Combustible en el refrigerante.
- \* Ruido excesivo.
- \* Alta presión de aceite.

- \* Aceite en el múltiple de escape.
- \* Lodo en el depósito de aceite.
- \* Aceite en el refrigerante.
- \* Combustible en el aceite.
- \* Dificultad para arrancar el motor.  
( con humo y sin humo en el escape ).

Por lo anterior, para lograr detectar las fallas del motor, sus causas y soluciones, es necesario conocer el funcionamiento de los componentes y tener presente su interrelación que guardan con el resto de los sistemas, de tal manera, que se puedan corregir las fallas en el orden más sencillo posible, desprendiéndose como consecuencia favorable, la disminución de tiempos de reparación, costos de mano de obra y tiempo improductivo del vehículo.

Las consecuencias de no efectuar la corrección de fallas, por mínimas que sean, se reflejan en daños que paulatinamente irán complicándose, incrementando los gastos de reparación, el tiempo improductivo y disminuyendo la confiabilidad y durabilidad del motor.

## BIBLIOGRAFIA

- BIBLIOTECA DEL MOTOR DIESEL ( Tomos 1 a 5 ).  
Juan Miralles de Imperial.  
Juan Villalta Esquiús.  
Ediciones Ceac, 2ª edición 1985.
- FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA.  
Gordon J. Van Wylen.  
Richard E. Sonntag.  
Editorial Limusa, 6ª impresión 1976.
- THERMODYNAMICS  
W.C. Reynolds  
Mc Graw Hill Book Co., Nueva York.
- MARKS  
MANUAL DEL INGENIERO MECANICO ( 8ª edición ).  
Theodore Baumeister  
Eugene A. Avallone.  
Theodore Baumeister III.  
Editorial Mc. Graw Hill.
- EL LIBRO DEL AUTOMOVIL.  
Selecciones del Reader's Digest.  
3ª edición, 1975.
- EQUIPO DE INYECCION PARA MOTORES DIESEL.  
vdt ubp 001/15 sp.  
Robert Bosch.  
Stuttgart/Alemania.
- REGULADORES PARA BOMBAS DE INYECCION EN LINEA.  
vdt ubp 210/1 sp.  
Robert Bosch.  
Stuttgart/Alemania.
- MANUAL DEL TALLER Nº 3810089 00.  
Cummins Engine Company, England.  
1ª edición, 1989.
- MANUAL DE REPARACION Nº 3810088 00.  
Cummins Engine Company, England.  
1ª edición, 1989.
- MANUAL DEL TALLER Nº 3810087 00  
Cummins Engine Company, U.S.A.  
1ª edición, 1989.
- MANUAL DE REPARACION Nº 3810086 00.  
Cummins Engine Company, U.S.A.  
1ª edición 1989.

- POTENCIA MOTRIZ CATERPILLAR.  
Forma 617 342715/E174 S.  
Caterpillar Tractor Co.  
Peoria, Illinois, U.S.A.
- VEHICULOS CON MOTORES DIESEL  
MERCEDES BENZ OM 366.  
f 2121  
Famsa/Daimler Benz, 1990.