



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

**ADAPTACIÓN DE UN TURBOCARGADOR VX29 IHI A  
UN MOTOR DIESEL HINO H07C DE ASPIRACIÓN  
NATURAL**

**ELABORADO POR:**

**LUIS ROLANDO COFRE GUANOLUISA**

**LATACUNGA, MAYO DEL 2006**

# I. SOBREALIMENTACIÓN DEL MOTOR DIESEL

## 1.1 INTRODUCCIÓN.

El parque automotor, en lo referente a camiones, ha evolucionado recientemente hacia los modelos equipados con motores diesel, debido fundamentalmente al menor consumo de combustible y a los más bajos índices de contaminación, comparativamente con los motores de gasolina. No obstante, para acercarse a las prestaciones y comportamiento de marcha de estos últimos, ha sido preciso perfeccionar el diseño de los motores diesel y sus sistemas auxiliares, fundamentalmente el sistema de salida de gases ó productos de la combustión como la entrada, llenado del aire hacia cada uno de los cilindros cuyo desarrollo incluye la adopción según la necesidad en el motor.

Las severas normas anticontaminación actuales y la sensibilidad de la sociedad en este aspecto, han obligado a los constructores de motores a desarrollar nuevos dispositivos para conseguir que sus productos sean cada día más respetuosos con el medio ambiente.

Hoy en día la evolución acaecida en los sistemas de inyección de combustible para los motores diesel afecta a los dispositivos convencionales de las bombas de inyección de tipo puramente mecánico, el diseño de las cámaras de combustión y las características técnicas del motor. Por otra parte la aplicación masiva del turbocompresor ha permitido notablemente mejorar la potencia desarrollada por el grupo sobrealimentador, con un incremento mínimo del consumo de combustible.

El desarrollo y modernización de los antiguos motores a diesel es de importante aplicación en la adaptación de un turbocompresor, dado que hoy en día podemos encontrar en el mercado automotriz diferentes formas y maneras de turbocargar, lo cual permitirá aumentar la potencia, acompañado de una correcta selección de los elementos a adaptar. Asimismo como la correcta utilización de los gases de escape que hacen posible una reducción notable de los consumos de combustible y la emisión de productos contaminantes al medio ambiente. Todo ello a causado dar importancia a este sistema turbocargador en los motores a Diesel.

Este conjunto de modificaciones a aplicar al motor Diesel especialmente de fabricación Japonesa "HINO" y sus sistemas auxiliares, implica una necesidad de estudio, esfuerzo, y dedicación lo que será necesario actualizar los conocimientos conforme avanza la tecnología automotriz en nuestro medio. Dada la importancia de este tipo de adaptación resulta imprescindible conocer detalladamente cada uno de los sistemas involucrados; como su función, sus características, procesos de verificación y de control. Pensando en mi futuro profesional y en la formación recibida durante mi carrera, redactaré este documento esperando sea de gran utilidad.

## **1.2 OBJETIVO DE LA SOBREALIMENTACIÓN.**

<sup>1</sup>“En un motor diesel de los llamados atmosféricos, el descenso del pistón en el tiempo de admisión crea una depresión en el cilindro que propicia la entrada de aire desde el exterior, empujada por la presión atmosférica. En estas condiciones de funcionamiento, lo ideal es que se consiga una eficiencia volumétrica del 100%, pero en realidad, nunca consigue ese porcentaje y solamente se aproxima a él a un régimen

intermedio, cuando la velocidad del pistón genera una fuerte depresión y la válvula de admisión permanece abierta durante un tiempo considerable. Por encima y por debajo de este régimen intermedio, el llenado del cilindro no es completo y la eficiencia volumétrica disminuye, lo cual ocasiona el descenso del par motor. De esta manera se constata que la limitación de las prestaciones de un motor viene impuesta por su capacidad de aspiración.

Entre los factores que determinan un descenso de la eficiencia volumétrica pueden citarse por su importancia, lo siguiente:

- Restricciones en los sistemas de admisión y escape.
- Tiempo necesario para llenar el cilindro, lo cual depende de la velocidad de rotación del motor.
- Aumento de la temperatura ambiente exterior y de la humedad relativa del aire.
- Calentamiento del aire de admisión en el propio motor.
- Aumento de la altitud.

Las restricciones en el flujo de aire y en los gases de escape se producen como consecuencia de su recorrido por conductos y manguitos de diferentes diámetros, giros bruscos, filtro de aire, válvulas de admisión y escape, silenciador, etc. El diseño de estos componentes, necesarios para el funcionamiento del motor, resulta esencial para conseguir un buen rendimiento”.

A medida que aumenta la velocidad del motor, hay menos tiempo para introducir una carga de aire fresco, ya que la válvula de admisión

---

<sup>1</sup> J.M. Alonso – Técnicas del automóvil, Ed. Thomson-Paraninfo 1ra Edición 2003, España, 179-190

permanece abierta durante el mismo recorrido del pistón, tanto a ralentí como a máximas revoluciones. Como el aire no empieza a moverse en el instante en que la válvula de admisión se abre existe un breve retardo en el movimiento del aire, que aumenta conforme lo hacen las revoluciones del motor, reduciendo la cantidad de aire que recibe en el cilindro. Dicho de otra forma, mientras que el tiempo necesario para conseguir que el aire se mueva es relativamente constante, el tiempo que esta abierta la válvula de admisión disminuye conforme aumenta la velocidad de rotación.

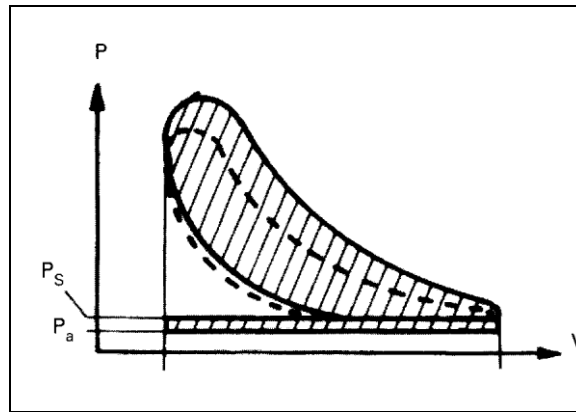
También hay que considerar que el aumento de la temperatura ambiente, la humedad y la altitud a la que funciona el motor producen una disminución de la densidad del aire. Cuanto más frío y seco está, mayor es su densidad. La temperatura del aire de admisión aumenta a causa de las condiciones ambientales y debido al calor del motor. Todo ello hace disminuir la eficiencia volumétrica y para minimizar este efecto, se diseñan convenientemente los colectores de admisión y las tomas de aire del exterior. Cuanto mayor es la cantidad de aire admitida en el cilindro más combustible se puede inyectar y más potencia desarrolla el motor.

Cuando se desea incrementar la potencia de un motor Diesel, se hace necesario aumentar el volumen del aire aspirado por los cilindros en cada ciclo, al que se sumará el combustible necesario para que se desarrolle una buena combustión, la cual se obtiene cuando la mezcla aire combustible resulte idónea, lo que se da en los Diesel para proporciones aire/combustible 20:1. Por cuanto se refiere al volumen de combustible, los sistemas de inyección Diesel son capaces, de proporcionar lo necesario, mientras que la mayor cantidad de aire debe ser suministrada favoreciendo el efecto de aspiración creado en el descenso del pistón en la carrera de admisión. Ello puede lograrse actuando sobre la forma y dimensiones de los conductos de admisión, diámetro y alzada de las válvulas, número de éstas, tomas dinámicas

de aire, etc. Pero la solución más eficaz consiste en sobrealimentar el motor por medio de un compresor.

De esta manera, la sobrealimentación se emplea para introducir en el cilindro un peso de fluido activo superior al correspondiente a la aspiración normal. Con ello se obtiene mayor potencia a igualdad de cilindrada. La experiencia demuestra que el aumento de potencia así obtenido es soportable desde el punto de vista mecánico, dado que el aumento de presión máxima del ciclo se limita a la elevación de la presión de compresión, conservándose el valor de la presión de combustión. Ello implica una disminución del retardo a la inflamación, que da como resultado un funcionamiento menos rudo del motor.

El término compresor se utiliza para referirse a la bomba que suministra al motor el aire bajo presión, cuyo propósito fundamental es barrer el gas quemado y asegurar un completo llenado de aire fresco en cualquiera de las condiciones de funcionamiento del motor. Así pues, *con la sobrealimentación se consigue aumentar el área útil del ciclo térmico del motor*, a consecuencia del incremento de la densidad del aire y el aumento de la presión de alimentación, como se ha representado en la (*Figura 1.1*), en la que la curva de trazo continuo es la del ciclo sobrealimentado y la del trazo discontinuo a la de aspiración natural, siendo ***Pa*** el valor de la *presión atmosférica* y ***Ps*** el de la *presión de sobrealimentación*.



**Figura 1.1 Sobrealimentación.**

Con el aumento de la presión de sobrealimentación se consigue evacuar mejor los gases quemados, realizando un mejor barrido del cilindro con el aire fresco que ingresa por la depresión, con lo cual, aumenta el rendimiento volumétrico. La consecuencia final es un aumento sensible de la potencia del motor, que en los casos de sobrealimentación muy acusada puede llegar a ser muy importante, máximo si entre el compresor y el cilindro se interpone un refrigerador del aire y si se eleva simultáneamente el régimen de giro del motor.

### **1.3 MOTIVOS PARA SOBREALIMENTAR.**

Algunas veces, las necesidades de la competición favorecen el empleo de soluciones que parecen malas como puede ser el accionamiento por fuente exterior del compresor. Cada vez se va notando más su desplazamiento por los éxitos de los grupos turboalimentadores.

Si la sobrealimentación resulta útil en las competiciones, también resulta práctica para compensar la falta de aire de los motores que tienen que trabajar en alturas apreciables como vehículos de carga, camiones que trabajan cerca de tres mil metros sobre el nivel del mar.

La falta de aire, o mejor dicho su enrarecimiento, es tal que para que un motor siga dando resultado a tres mil metros de altura su potencia se debiera reducir a menos de un 40% de la normal. En esos casos no se trata de conseguir mejores valores sino de conservar los nominales.

## 1.4 SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.

### 1.4.1 Supercargadores.

En la (Figura 1.2) se muestra un compresor agregado a un motor básico, si la capacidad del compresor es mayor que la del motor, empujara más aire en el motor de lo que éste aceptaría en aspiración normal. La cantidad de aire adicional será una función de la densidad de carga en el múltiple, en comparación con la densidad de la atmósfera exterior. Existen dos tipos básicos de compresores utilizados para el supercargado: el de desplazamiento positivo llamados también compresores volumétricos, y dinámicos conocidos como centrífugos.

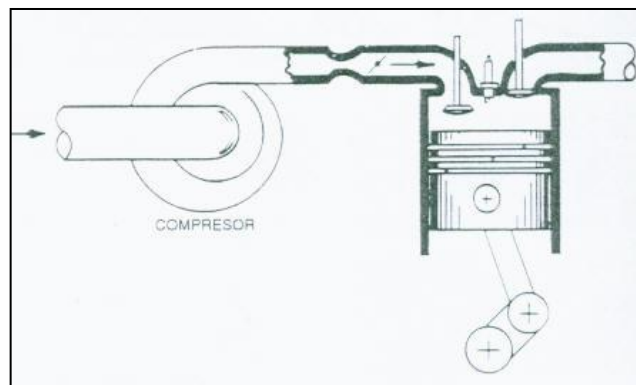
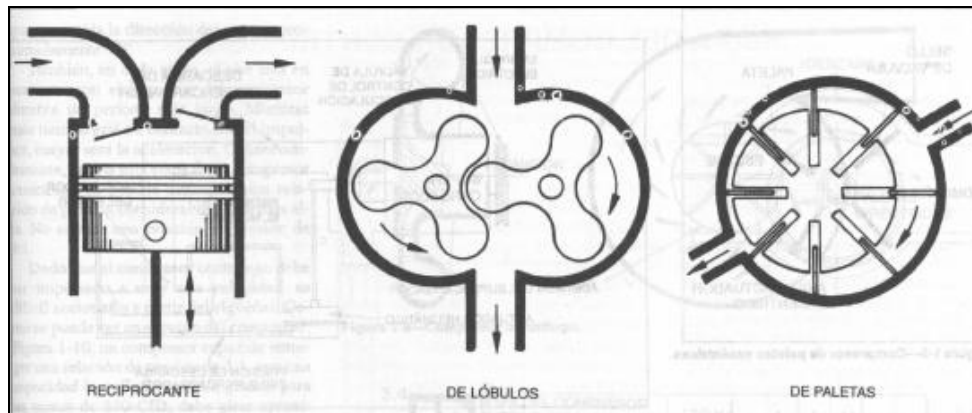


Figura 1.2 Motor con Supercargador.

Los compresores de desplazamiento positivo, (Figura 1.3), incluyen los compresores recíprocos los de lóbulos y las paletas. Existen otros menos conocidos los compresores de



desplazamiento positivo son accionados por el cigüeñal del motor mediante bandas, engranes o cadenas.

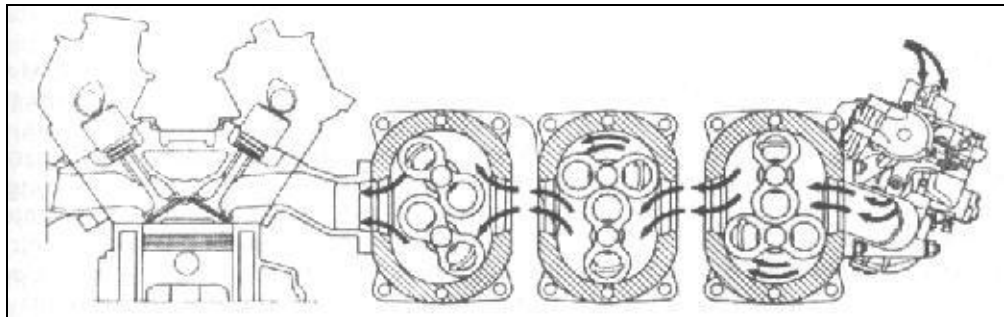


**Figura 1.3 Compresores de desplazamiento Positivo.**

Por cada revolución del motor, este compresor bombea esencialmente la misma cantidad de carga independiente de la velocidad. Y, dado que es un dispositivo de desplazamiento positivo, deberá pasar toda su carga a través del motor. Este tipo de supercargador tiene la ventaja de proveer aproximadamente la misma presión en el múltiple a cualquier velocidad del motor. El inconveniente es que para operarlo se utiliza la energía del cigüeñal.

Los compresores volumétricos se accionan mecánicamente desde el propio motor, del cual reciben movimiento por medio generalmente de correas, lo que supone una sustracción de potencia al motor, que es necesaria para realizar su arrastre. Los compresores centrífugos pueden accionarse por el mismo procedimiento, o por medio de una turbina, que aprovecha la energía que poseen los gases (turbocompresores) en cuyo caso la sobrealimentación se obtiene sin restar apenas la potencia del motor.

Los compresores volumétricos suelen ser generalmente del tipo lóbulos, como el representado esquemáticamente en la (Figura 1.4) donde se muestran las distintas fases de su funcionamiento. Los lóbulos de los rotores se acoplan entre sí y giran en direcciones opuestas encerrados en una carcasa en las que las lumbreras de entrada y salida de aire se sitúan una frente a la otra. Cuando un lóbulo se desplaza, lo hace también la cavidad existente entre dos lóbulos, creando un vacío entre esta cavidad y la carcasa que se llena de aire, que es arrastrado hacia la salida con el giro de los rotores, tal como se muestra en la figura.

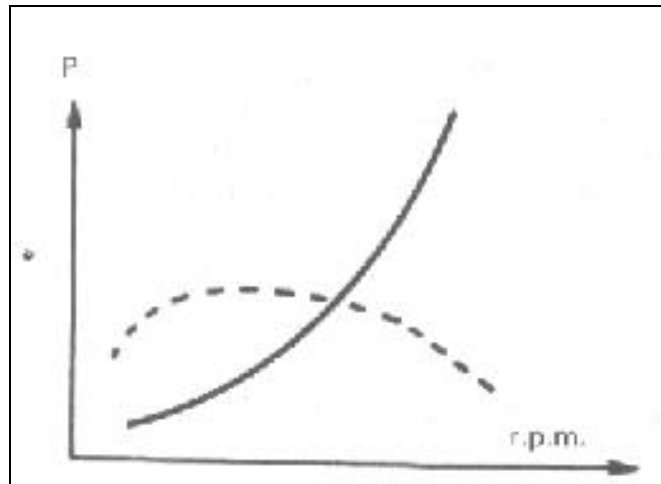


**Figura 1.4 Fases de funcionamiento.**

Dado que los lóbulos del rotor acoplan en la carcasa con tolerancias restringidas y que en el giro nunca están en contacto con ella, no es necesario ningún tipo de lubricación dentro de la carcasa del compresor. Sin embargo, los cojinetes de apoyo de los rotores requieren una lubricación constante procedente del sistema de engrase del motor.

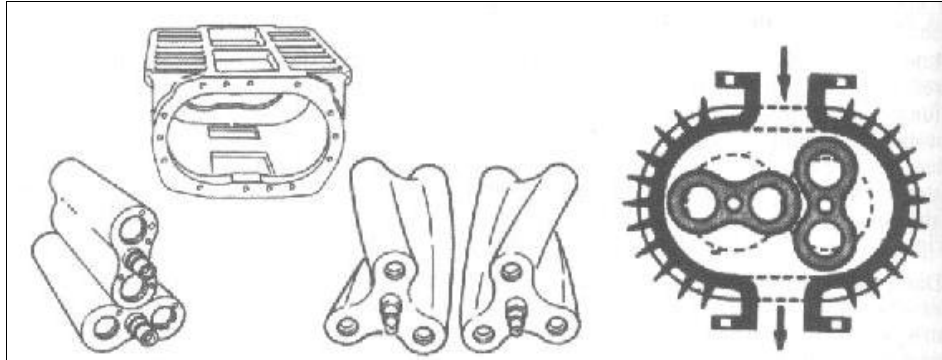
El caudal de aire suministrado varía aproximadamente de forma lineal con la velocidad de rotación, con lo que se consigue un grado de alimentación bastante constante en todo el campo de funcionamiento. Su principal inconveniente radica en el ruido que produce en el funcionamiento y su dificultad de construcción. En la (Figura 1.5) se han representado las presiones de

alimentación en función del régimen de giro del motor, de un compresor volumétrico (curva de trazo discontinuo) y otro centrífugo (trazo continuo).



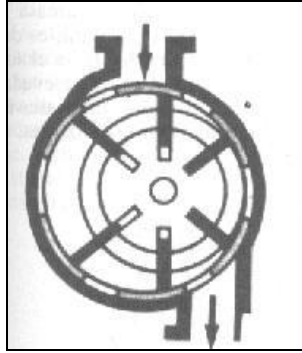
**Figura 1.5 Rendimiento Compresor de Desplazamiento Positivo vs. Compresores Dinámicos.**

El compresor de lóbulos tipo Roots, compuesto en su realización más simple por sus dos rotores (*Figura 1.6*) o modernamente por tres con forma ligeramente helicoidal, con objeto de obtener una mayor uniformidad de suministro. Este tipo de compresor trabaja como desplazador de aire (no verdaderamente como compresor), pues la carga de aire alcanza a la salida aproximadamente la misma presión que a la entrada y es comprimida por el flujo de retorno del aire soplado anteriormente.



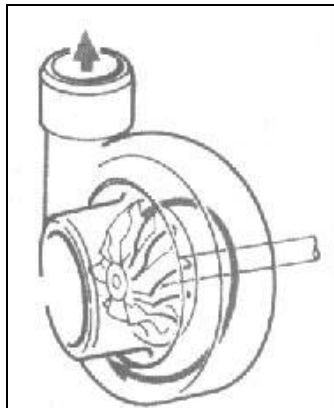
**Figura 1.6 Compresor de Lóbulos.**

El compresor de lóbulos presenta frente a los de paletas o pistones las ventajas esenciales de alta velocidad de rotación, simplicidad y ausencia de contacto entre las partes giratorias. Por esta última causa no requiere lubricación interna. Por el contrario, el de paletas (*Figura 1.7*) debido al rozamiento de éstas con las paredes externas, requiere una cuidadosa lubricación que, de otra parte, resulta extremadamente delicada de conseguir y posteriormente un tratamiento del aire para despojarlo de partículas de aceite antes de introducirlo al cilindro. En otros casos, como el representado en la figura, se intercala una camisa móvil entre las paletas y la carcasa, que acompaña al rotor en su giro, con lo que se reduce notablemente el rozamiento. La camisa va provista de los oportunos orificios, que permiten la entrada y salida del aire. Cualquiera de estos compresores es capaz de suministrar una presión de sobrealimentación de (0,6 a 0,8 bares) para regímenes normales del motor; pero si se trata de que éste sobrepase estos regímenes, se plantean rápidamente problemas de temperatura y resistencia mecánica del compresor.



**Figura 1.7 Compresor de Paletas.**

Los compresores centrífugos (*Figura 1.8*) funcionan de manera similar a las bombas centrífugas. Bajo el efecto de la fuerza centrífuga originada por la velocidad de rotación, el aire se expulsa hacia la periferia de la rueda, lo cual crea una depresión en su centro y provoca una aspiración del aire. Estos compresores requieren velocidades de rotación sumamente importante para suministrar los flujos requeridos, que pueden cifrarse del orden de 100.000 r.p.m.



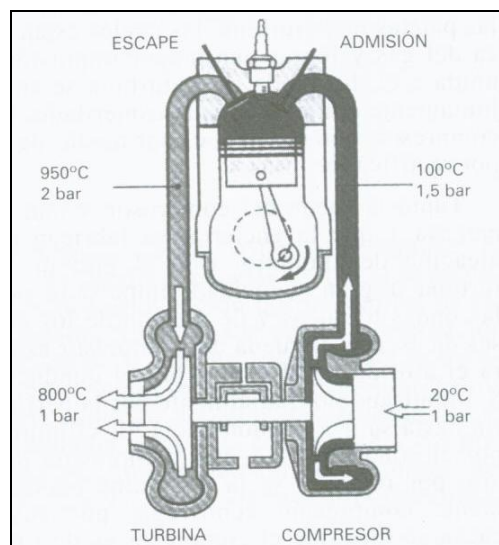
**Figura 1.8 Compresor Centrífugo.**

#### **1.4.2 Turbocargadores.**

El turbocompresor de los gases de escape es el dispositivo más eficaz para sobrealimentar los motores empleados en los

automóviles, pues el balance económico de funcionamiento logrado con ellos resulta favorable, ya que la potencia sustraída al motor para lograr su funcionamiento, es solamente la correspondiente al ligero aumento de la contrapresión de escape.

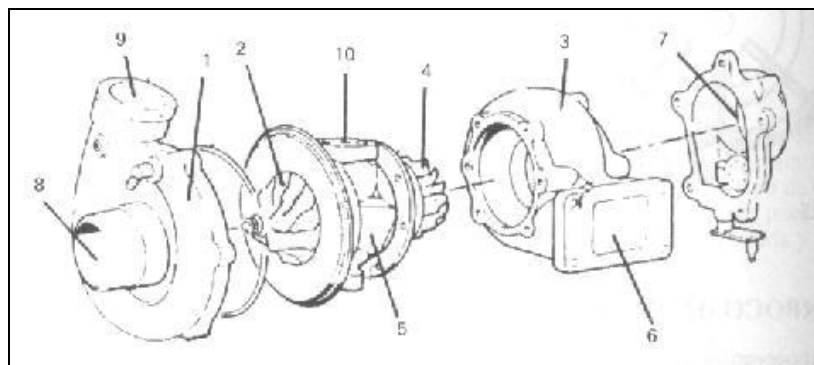
El turbocompresor (*Figura 1.9*) está compuesto por una turbina y un compresor, cuyos rodetes están montados sobre el mismo eje y alojados cada uno de ellos en una carcasa independiente. La turbina recibe los gases de escape del motor, que salen del cilindro a elevada temperatura. La presión y la energía térmica de este flujo de gases es la que acciona la rueda de la turbina, poniéndola en rotación, suministrando la energía necesaria para comprimir el aire por medio de la rueda del compresor, que lo aspira del exterior y lo impulsa hacia los cilindros a través de los colectores de admisión. Cuando la rueda del compresor gira arrastrada por la turbina, el aire se comprime por la fuerza centrífuga desarrollada y pasa por la carcasa del compresor al colector de admisión, siendo la cantidad y la presión del aire proporcionales a la velocidad de rotación.



**Figura 1.9 Motor con turbocargador.**

Es importante que la turbina esté situada lo más cerca posible del colector de escape y que sea capaz de resistir temperaturas extremadamente altas, debido a que los gases de escape tienen la mayor energía térmica y la velocidad en esta ubicación, que se transfiere a la turbina. Para una situación más alejada. Los gases de escape están más fríos y tienen menor velocidad, con lo cual, la turbina no gira tan deprisa, resultando menos eficiente.

En la (Figura 1.10) se muestra un turbocompresor despiezado, donde puede verse el montaje sobre el mismo eje de las ruedas de la turbina 4 y el compresor 2, que a su vez se aloja en la carcasa 5, quedando la rueda del compresor en el interior de la carcasa 1, mientras la turbina se aloja en la carcasa 3. La turbina 4 es del tipo flujo axial, es decir, recibe los gases de escape en su periferia (desde el conducto 6), saliendo hacia el sistema de escape axialmente por el centro y a través del conducto 7, debido a las elevadas sollicitaciones mecánicas y térmicas a que va estar sometida, se fabrica con materiales de alta calidad, como las aleaciones de iconel, níquel y cromo. Por las mismas razones, el cárter donde va alojada suele ser de fundición aleada con níquel.

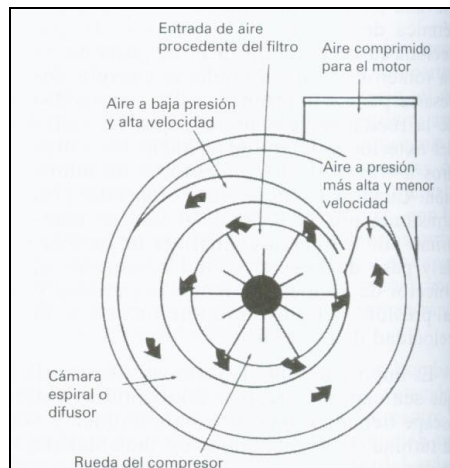


**Figura 1.10 Despiece del Turbocompresor.**

El gas de escape entra en la turbina formando un anillo en espiral (toroide), lo que produce una aceleración radial a una presión reducida y una velocidad incrementada sobre las paletas de la turbina, las cuales están diseñadas especialmente para aprovechar la fuerza del gas y lograr una mayor impulsión de la turbina, su eje y la rueda del compresor unida a él. La rueda de la turbina se suelda al eje de mando por fricción y se equilibra junto con él mediante esmerilado. Por el otro extremo, el eje recibe a la rueda 2 del compresor, que se fija a él por medio de una tuerca y también se equilibra juntamente por rectificado.

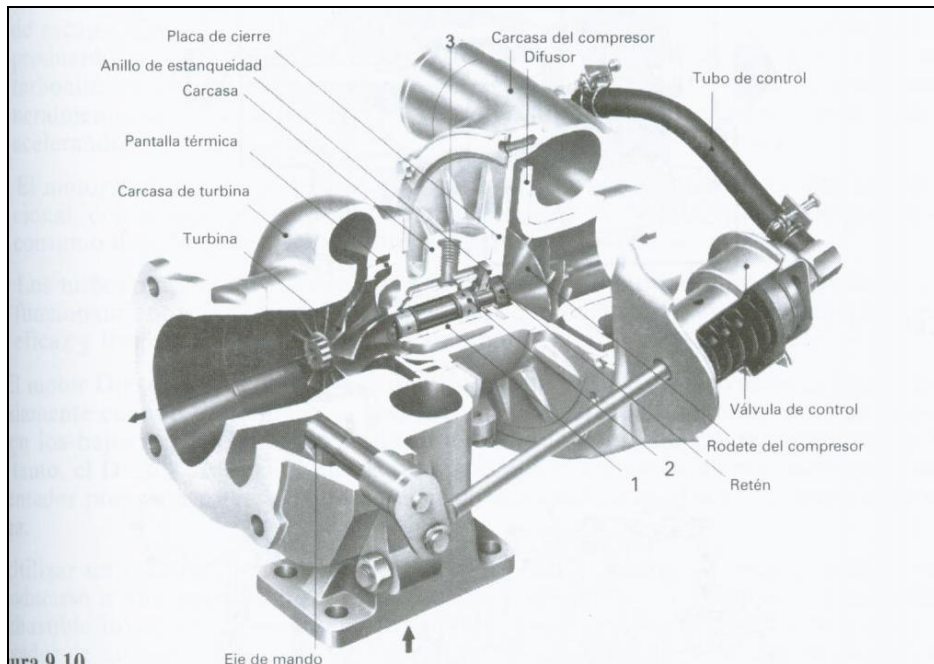
Tanto la rueda del compresor, como la carcasa 1 que la encierra, se fabrican de aleación de aluminio. Con el giro de la turbina a gran velocidad, impulsadas por las ondas térmicas y de presión de los gases de escape, la rueda del compresor aspira el aire desde el centro por el conducto 8, impulsándolo radialmente por la periferia hasta salir a presión hacia los cilindros por el conducto 9. a esta compresión del aire por rotación se le denomina comúnmente compresión centrífuga, por cuya causa se dice que el compresor es de tipo centrífugo. La *(Figura 1.11)*, muestra la estructura y el flujo de presión de un compresor, donde el aire procedente del filtro entra a baja presión por el centro de la rueda y es impulsado a gran velocidad hacia la periferia, canalizándose en la cámara espiral o caracol de la carcasa, donde a medida que avanza va perdiendo velocidad y aumentando la presión





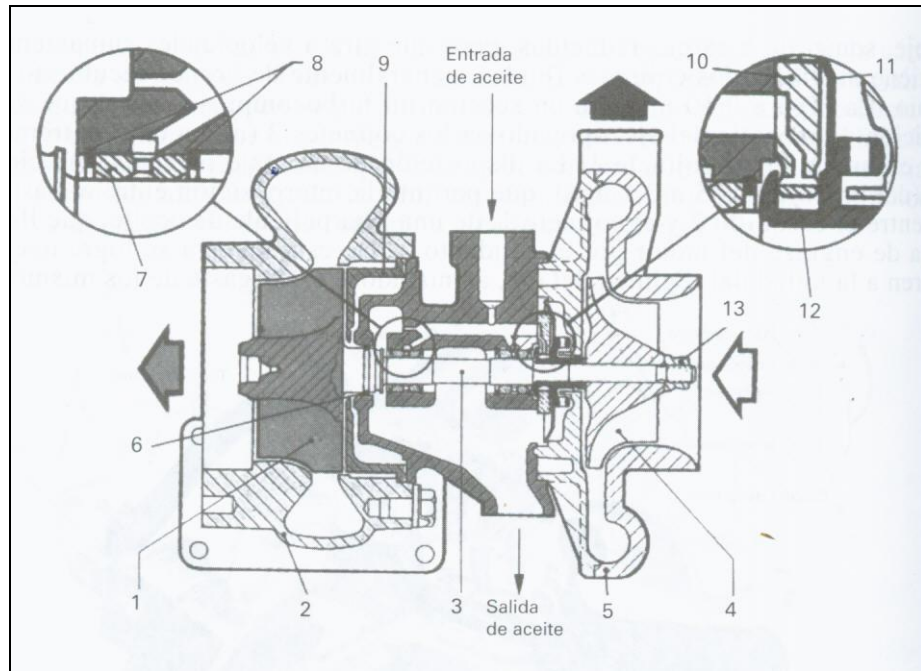
**Figura 1.11 Flujo de Compresión.**

El eje sometido a cargas reducidas, pero que gira a velocidades sumamente elevadas, se sostiene mediante dos cojinetes fluidos, generalmente de bronce recubierto de estaño o aluminio. La (Figura 1.12) muestra en sección un turbocompresor en el que se aprecia la disposición de montaje del eje, apoyando en los cojinetes 2 (uno a cada extremo), que a su vez se ensambla con el cojinete 1. la disposición de montaje presenta una cierta holgura radial de (0,05 - 0,1)mm, que permite la interposición entre el casquillo 2 y el eje, y entre el casquillo 2 y el cojinete 1, de una fina película de aceite, que llega desde el sistema de engrase del motor por el conducto 3. de esta manera se logra que los casquillos giren a la mitad del régimen del eje, atenuándose el desgaste de los mismos.

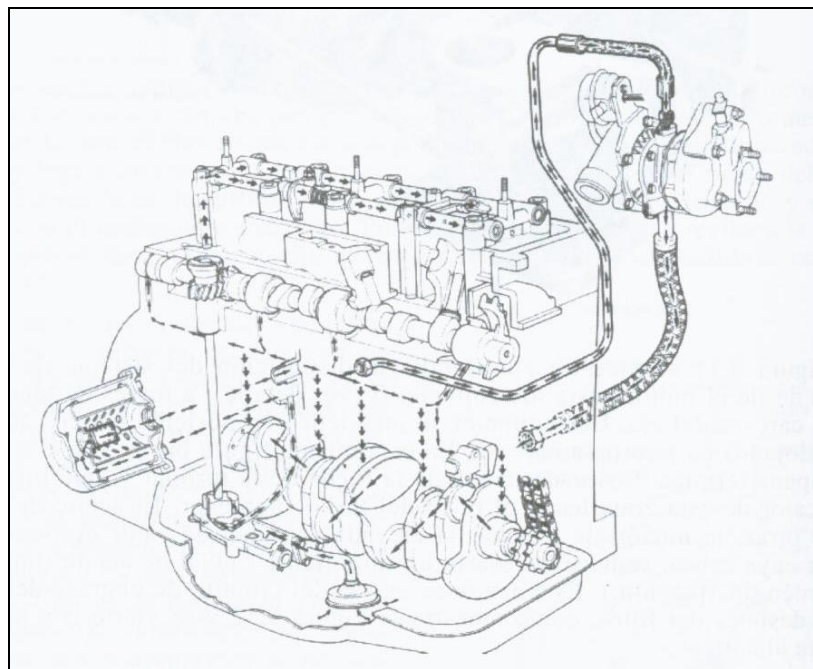


**Figura 1.12 Disposición de Montaje.**

En la (Figura 1.13) se muestra con detalle la disposición del sistema de engrase. El aceite llega desde el motor hasta los cojinetes 7 (ver detalle), a través de taladros practicados en la carcasa del eje. Los cojinetes se mantienen en posición por los anillos de retención 8, alojados en la propia carcasa. En esta misma figura puede verse la disposición de una campana térmica 9, situada detrás de la rueda de la turbina 1, que limita la transmisión de calor de esta zona hacia el resto del turbocompresor. El aceite de lubricación tiene, entre otras, la misión de evacuar la elevada cantidad de calor desprendida por la turbina, por cuya causa, se hace necesario un importante caudal de aceite limpio y a presión de (10 lt/min.). Este aceite se extrae del circuito del engrase del motor, generalmente después del filtro, como se muestra en la (Figura 1.14) y se vierte con posterioridad directamente al cárter.



**Figura 1.13 Sistema de Engrase Turbocompresor.**



**Figura 1.14 Circuito de Aceite Motor y Turbocompresor.**

Dispuesto de esta forma el turbocompresor, es preciso de obtener una perfecta hermeticidad entre los cojinetes por donde circula el aceite, la turbina y compresor, por donde circulan los gases. Por el lado de la turbina se encuentra generalmente un

segmento de fundición 6 (*Figura 1.11*), mientras que por el otro lado del compresor puede adaptarse esta misma disposición o una junta con cara de carbono. La salida de los gases fuera de la turbina crea un empuje axial en ésta, que debe ser adsorbido. Para ello se dispone un tope, constituido por un manguito de acero 12, que forma cuerpo con el eje y que apoya en una arandela de bronce 10, la cual está lubricada y a su vez hace apoyo en la arandela elástica 11.

## 1.5 GENERALIDADES DEL TURBOCOMPRESOR.

<sup>2</sup>Un motor dotado de un turbocompresor presenta dos fases de funcionamiento: una atmosférica y otra sobrealimentada. Para llegar a la fase sobrealimentada (presión superior a la atmosférica), el turbocompresor debe haber alcanzado un cierto régimen, llamado de enganche (por ejemplo 60.000 r.p.m.), lo cual puede corresponder, en las plenas cargas, a un régimen motor de 3.000 r.p.m. A regímenes inferiores, el turbocompresor gira a una velocidad reducida (entre 5.000 y 10.000 r.p.m.) denominada régimen de vigilancia. El turbocompresor presenta en su funcionamiento grandes ventajas, de entre las cuales podemos destacar:

- Un incremento notable de la potencia y par motor, que en los Diesel puede llegar a un 35% por encima de la versión atmosférica, lo que supone un claro incremento de la relación potencia/peso.
- La carcasa de la turbina actúa como un conjunto de absorción del ruido de los gases de escape. Del mismo modo, la sección del compresor reduce el ruido de admisión, producidos por los

impulsos del colector. Como resultado de todo ello, un motor turboalimentado es, normalmente, más silencioso que otro convencional, aunque generalmente se percibe un silbido característico cuando el motor está bajo carga o acelerando.

- El motor turboalimentado tiene un rendimiento volumétrico más alto que el convencional, con el que se logra una combustión más completa, que da como resultado un consumo más bajo de combustible a igualdad de potencia.
- Los turbocompresores suministran al motor una cantidad suplementaria de aire en el funcionamiento a media carga y a alta velocidad, que da lugar a una combustión mucho más eficaz y limpia, lo que reduce notablemente los contaminantes.

El motor diesel desarrolla su par máximo a un régimen relativamente bajo y desciende rápidamente cuando aumenta las revoluciones. El turboalimentador provee poca asistencia en los bajos regímenes aunque la potencia aumenta con las revoluciones y la carga. Por tanto, el Diesel desarrolla buena potencia por sí solo a bajas revoluciones y el turboalimentador proporciona la asistencia necesaria cuando aumenta el régimen del motor y la carga.

Utilizar un turboalimentador también tiene otras ventajas. Como el aire es forzado a introducirse a alta velocidad en el cilindro, se arremolina y se mezcla fácilmente con el combustible inyectado, propiciando una mejor combustión. También actúa como un compensador de altitud, pues cuando disminuye la densidad en el aire con la altitud, el turbocompresor gira más deprisa, compensándose de esta manera la disminución de la densidad del aire.

---

<sup>2</sup> J.M. Alonso – Técnicas del automóvil, Ed. Thomson-Paraninfo 1ra Edición 2003, España.

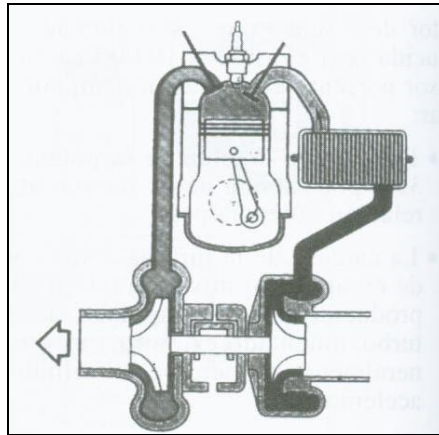
En contraposición con estas ventajas, el turbocompresor presenta también algunos inconvenientes, como son:

- La presencia de la turbina en la canalización de escape crea una cierta contrapresión, lo cual resta potencia al motor.
- En el funcionamiento del turbocompresor, el aire de admisión se envía a los cilindros a una cierta presión, a consecuencia de la cual se produce una importante elevación de su temperatura, con la consiguiente dilatación, que resulta desfavorable para el llenado del cilindro.
- Cuanto más rápido sea el régimen del motor, más incrementan su velocidad la turbina y, por lo tanto, el compresor. Este último aumenta la cantidad de aire suministrado, con lo cual el motor desarrolla mayor potencia. En consecuencia, se producirá un flujo de gases de escape aún más importante y el turbocompresor girará todavía más rápidamente. Este ciclo comenzará hasta la rotura de algún elemento del turbo o del motor.

Para solucionar estos inconvenientes, se refrigerara el aire de admisión y regular la presión de sobrealimentación. La contrapresión creada por la turbina es imposible de suprimir y, únicamente puede ser reducida con una disposición y fabricación esmerada de la misma.

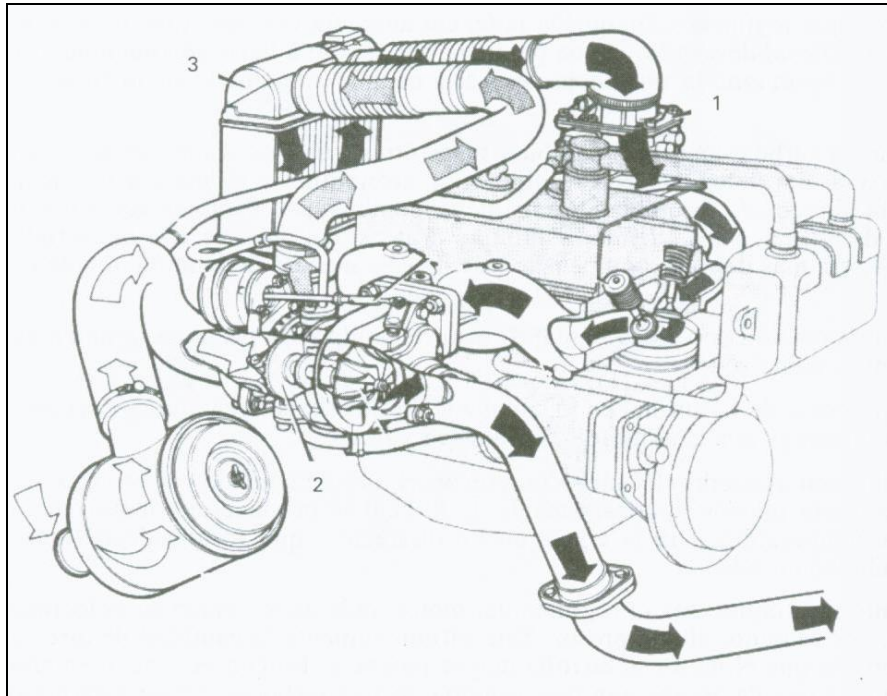
La refrigeración del aire de admisión se obtiene intercalando en el circuito de sobrealimentación, a la salida del compresor, un intercambiador de calor del tipo aire/aire, como muestra la (*Figura 1.15*), constituido por un radiador similar al del sistema de refrigeración, por cuyo inferior se hace circular aire de admisión, que

se enfría por la corriente del aire exterior provocada por la marcha del vehículo que pasa por entre los tubos del radiador, de donde procede su nombre de intercambiador de calor aire/aire. Con el enfriamiento del aire de admisión, se mejora el llenado de los cilindros por el aumento de la densidad.



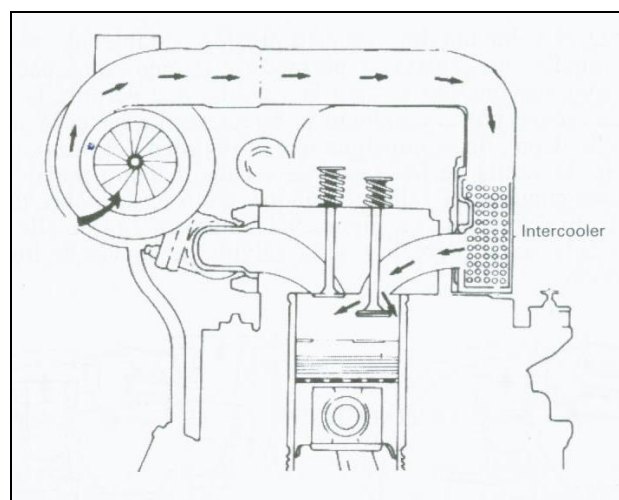
**Figura 1.15 Enfriamiento Aire de Admisión**

En el intercambiador suele disponerse una válvula termostática, que permite la circulación directa del aire de admisión (sin pasar por el radiador), cuando la temperatura del mismo es baja, como ocurre en tiempo frío, con temperaturas ambiente bajas. La (Figura 1.16), muestra la disposición que adopta un motor con turbocompresor, donde pueden verse los circuitos de sobrealimentación y escape. El intercambiador de calor 3 esta situado en este caso entre el compresor 2 y la caja de mariposa 1.



**Figura 1.16 Circuito de Sobrealimentación y Escape.**

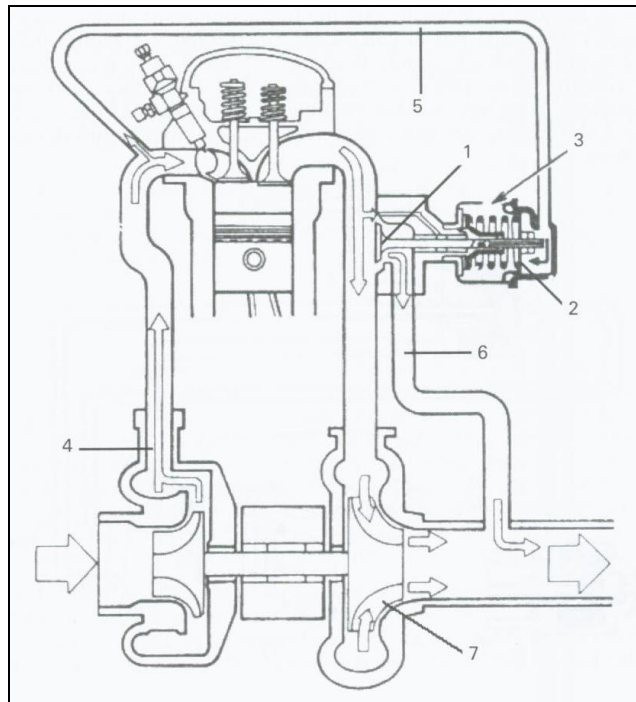
En otras ocasiones se utiliza un intercambiador (intercooler) de tipo aire/agua (Figura 1.17), cuya disposición de montaje es similar a la anteriormente citada. En este caso, por los tubos del radiador se hace circular el agua de refrigeración del motor. Alrededor de los tubos pasa la carga de aire, que se enfría hasta el valor de temperatura del agua del motor (85°C en orden de marcha).



**Figura 1.17 Intercambiador Aire/Agua.**



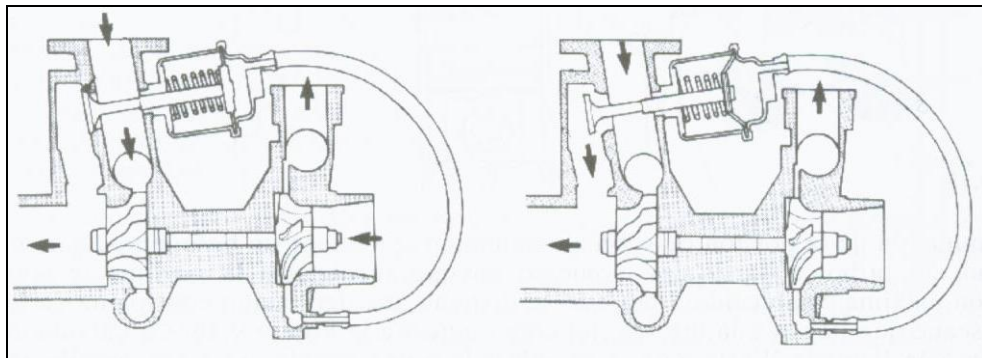
La limitación de la presión de sobrealimentación se obtiene basándose en no dejar subir la velocidad del turbo, a partir del momento en que alcanza la presión de sobrealimentación máxima establecida. Para ello se dispone de una derivación controlada de los gases de escape que llegan a la turbina, tal como muestra la (Figura 1.18). la válvula de cierre<sup>1</sup>, también llamada Waste – Gate, está enlazada en una membrana 2 con muelle antagonista 3, sometida a los efectos de la presión de sobrealimentación, dada su comunicación con la cámara 4 de presión del compresor por medio del conducto 5.



**Figura 1.18 Diagrama Limitación de Presión del Turbo.**

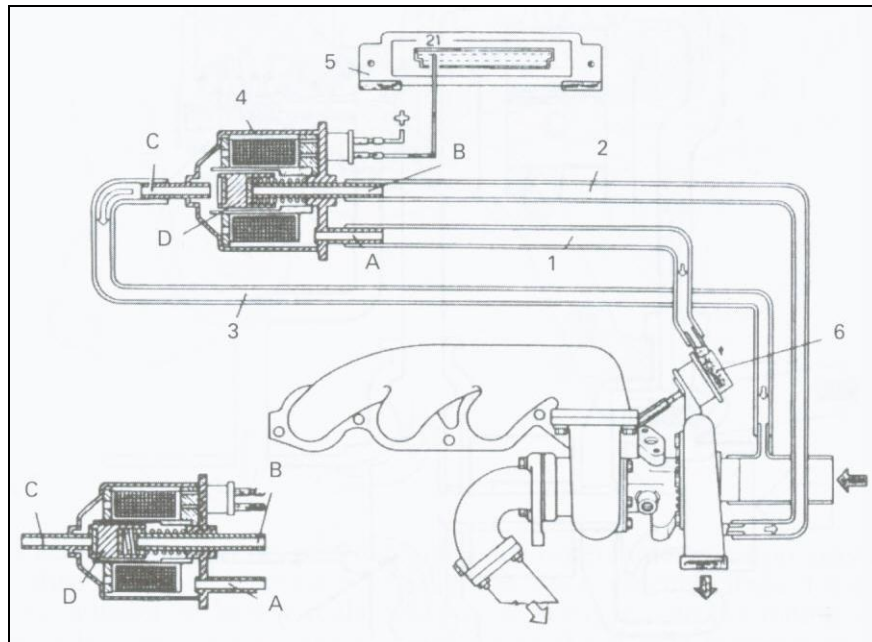
Cuando alcanza el valor máximo de esta presión, establecido por el fabricante se vence la fuerza del muelle antagonista desplazándose la membrana hacia atrás (izquierda en la figura), con cuyo movimiento se abre la válvula, que permite la desviación de una parte de los gases de escape por el conducto 6, directamente hacia la salida de la turbina 7, sin incidir sobre ella. Con ello se consigue que

el régimen del turbo no sigue en aumento cuando crece el flujo de salida de los gases de escape. Cuando mayor sea la presión de sobrealimentación (por encima del valor tarado), tanto más se abre la válvula de cierre 1, aumentando el efecto regulador. La (Figura 1.19) muestra con detalle las posiciones de reposo (izquierda) y activación (derecha) de la válvula de desvío de los gases de escape, reguladora de presión.



**Figura 1.19 Activación y Desactivación de la Válvula.**

En los motores diesel turboalimentados que disponen de sistema de inyección con mando electrónico, la válvula waste – gate del turbocompresor suele estar controlada por una electroválvula comandada por el calculador electrónico. La (Figura 1.20) muestra esquemáticamente esta disposición, donde la electroválvula 4 es la que gobierna el funcionamiento de la válvula Waste – gate 6, comandada por el calculador electrónico 5, el cual activa la electroválvula 4 en base fundamentalmente de las señales que recibe de régimen y carga del motor, corregidas con otros parámetros como temperatura del aire aspirado y presión barométrica.



**Figura 1.20 Disposición de la Electroválvula.**

Para ciertas condiciones de funcionamiento, en las que se superan el valor límite de la presión de soplado, el calculador electrónico activa la electroválvula 4, cuyo núcleo D se desplaza por el conducto C y estableciendo la comunicación entre él A y el B (detalle de la Figura). Con ello la válvula waste-gate 6 queda sometida a la presión de soplado a través de los conductos 1 y 2, produciéndose el desplazamiento de la membrana y la apertura de la válvula de derivación de los gases de escape, realizándose la limitación de la presión de soplado. Cuándo ésta descende, el calculador electrónico corta la señal de mando y la electroválvula 4 vuelve a su posición de reposo, en la cual los conductos A y B quedan incomunicados, estableciéndose la comunicación entre el A y el C, por lo que queda aplicada a la válvula de waste-gate la presión atmosférica (a través de los conductos 3 y 1) y retorna a su posición de reposo, en la que no desvían los gases de escape.

## **1.6 CASOS DE SOBREALIMENTACIÓN.**

<sup>3</sup>No es lo mismo sobrealimentar un motor Diesel que un motor Otto. En el Diesel todo son facilidades, mientras que el Otto presenta muchas dificultades. Incluso en el Diesel deben distinguirse dos posibilidades claramente diferentes.

### **1.6.1 Sobrealimentación Diesel en primera fase.**

Una primera fase resulta casi siempre recomendable. Como veremos con más detalle, el aprovechamiento de la energía de los gases de escape resulta muy beneficioso para el rendimiento, de tal modo que el consumo específico suele bajar con facilidad un 20%. Se trata de no pretender otra cosa que inyectar el aire necesario para poder quemar ese 20% más de combustible que sobraría. La bomba pues sigue aportando la misma cantidad de combustible, la regulación y la inyección no varían y las modificaciones externas como internas varían notablemente.

### **1.6.2 Sobrealimentación Diesel.**

La segunda versión, que es la empleada por todos los fabricantes de motores consiste en conseguir la máxima presión posible de admisión con lo que si bien aumentan mucho la potencia, el par y los caballos y kilovatios por kilo de peso, las modificaciones a introducir y las precauciones a tener ya son muy importantes.

---

<sup>3</sup> Juan Miralles de Imperial – Turbo Sobrealimentación de Motores Rápidos, Ed. Ceac, Quinta Edición 1989, 7,8.

## II CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DIESEL HINO H07C

### 2.1. MOTOR.

#### 2.1.1. Camisa de Cilindro.

El bloque de cilindros es maquinado para que en su interior se puedan insertar las camisas, las mismas que son del tipo seco. La camisa del tipo seco es torneada y alisada después de que es fijada a presión en el bloque de cilindros (*Figura 2.1*).



**Figura 2.1 Motor con camisa tipo Seco.**

La camisa para los motores de marca Hino proveen también con un reborde para evitar que la empaquetadura de la culata de los cilindros se sople y salgan los gases comprimidos, debido a la alta presión de los gases de combustión (*Figura 2.2*).



**Figura 2.2 Reborde de la Camisa.**

### **2.1.2. Empaque de la culata de Cilindros.**

Con el propósito de mejorar la durabilidad el empaque de la culata de los cilindros, se utiliza empaques con láminas de acero las cuales impiden la fuga de los gases de combustión. Dependiendo del tipo de motor, el espesor del empaque puede cambiarse para mejorar la precisión del grado de la relación de compresión (*Figura 2.3*).

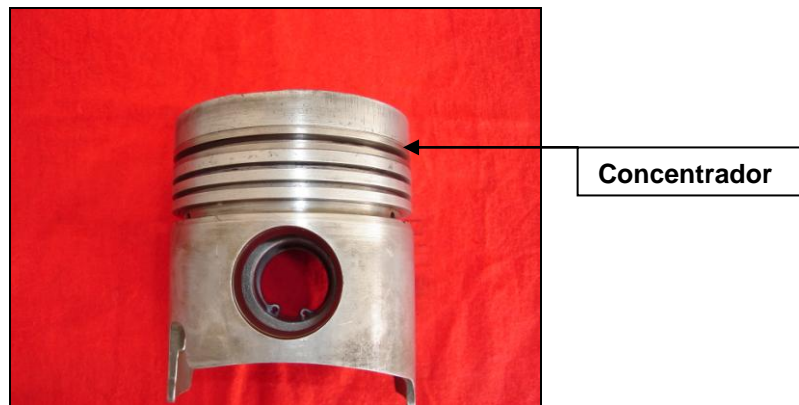


**Figura 2.3 Empaque del motor diesel Hino H07C**

### **2.1.3. Pistón.**

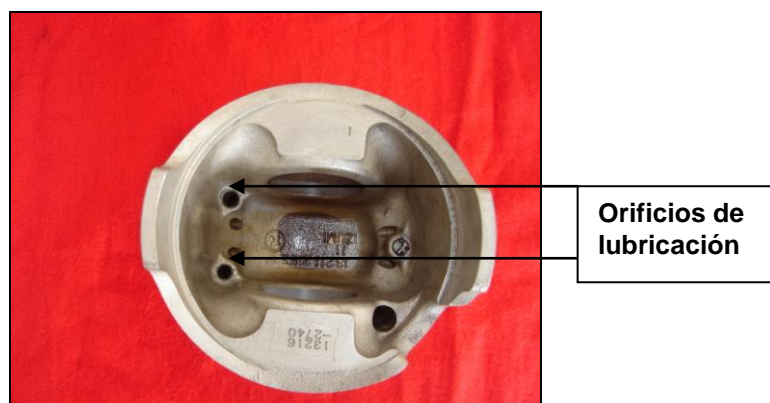
Consta de una cámara principal directa con un toroide. El pistón consta de, un concentrador de calor en la cabeza del

pistón. Algunos pistones proveen entre la cabeza del pistón y la ranura del primer anillo fundición de FMR (Metal de Fibra Reforzada), el cual es una aleación especial de aluminio y fibras de cerámica. Ambos métodos evitan el agarrotamiento de los pistones debido a la concentración excesiva de calor en el primer anillo del pistón (*Figura 2.4*).



**Figura 2.4 Concentrador de calor en el Pistón.**

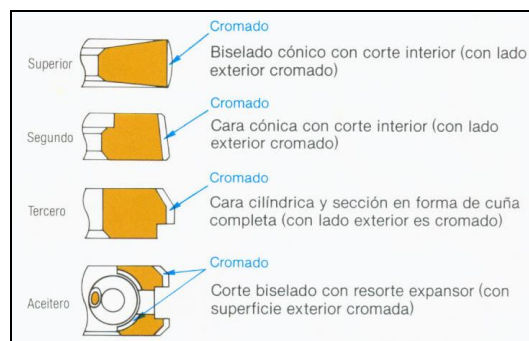
Con el propósito de enfriar la ranura del anillo superior del émbolo, los pistones de marca Hino poseen un canal de enfriamiento a la cabeza. Este canal de enfriamiento consta de una ranura de entrada en el interior, y una salida de la lubricación en la cabeza del émbolo (*Figura 2.5*). El pistón es enfriado por el aceite inyectado por una boquilla de aceite (Salpicador) que pasa a través de esta ranura



**Figura 2.5 Canal de enfriamiento del Pistón.**

#### 2.1.4. Anillos del Pistón.

Es reconocido mundialmente que el motor Diesel Hino es insuperable en duración y el de más bajo consumo de aceite lubricante. La calidad total de los anillos de pistón genuinos son fabricados con alta tecnología. Consta de cuatro anillos, incluyendo el anillo que controla el nivel de aceite (*Figura 2.6*).



**Figura 2.6 Anillos del Pistón.**

#### 2.1.5. Mecanismo de Válvulas.

El eje de levas del motor diesel es accionado por el cigüeñal por medio de un conjunto de engranes de distribución, la bomba de inyección también es accionada para suministrar combustible a presión, a las boquillas de inyección en tiempos predeterminados (*Figura 2.7*)



**Figura 2.7 Mecanismo de Distribución.**



## 2.2. SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

### 2.2.1. Enfriador de Aceite

En el motor diesel Hino se utilizan enfriadores de aceite enfriados por agua. Todo el aceite circula desde la bomba de aceite al enfriador de aceite, el aceite circula a todas las partes del motor.

Provee una válvula de alivio para evitar que el enfriador de aceite se dañe debido al aumento de la viscosidad del aceite a bajas temperaturas.

Cuando la diferencia de presión entre el lado de entrada y el lado de salida del enfriador de aceite aumente aproximadamente a  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  (21.3 psi, 147.1 Kpa) o mayor, la válvula de alivio se abre y el aceite proveniente de la bomba de aceite se desvía del enfriador de aceite y circula a otras piezas del motor (*Figura 2.8*).



**Figura 2.8** Enfriador de Aceite.

### 2.2.2. Boquillas de Aceite (salpicadores).

En el motor diesel Hino, se proveen boquillas de aceite en el bloque de cilindros para enfriar la parte lateral de los pistones, parte del aceite que circula desde el conducto principal de aceite en el bloque de cilindros pasa por la válvula de retención y es inyectado bajo presión desde las boquillas de aceite para enfriar el interior de los pistones (*Figura 2.9*).



**Figura 2.9 Boquilla de Aceite.**

## 2.3. SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

### 2.3.1. Boquilla de Inyección.

Los inyectores usados en el motor diesel son del tipo de orificios múltiples debido a que se utiliza en general para los motores provistos con cámara de inyección directa.

El inyector para el motor Diesel Hino H07C es de 4 orificios (*Figura 2.10*).



Figura 2.10 Inyector.

### 2.3.2. Bomba de Inyección.

Se utiliza una bomba de inyección 6 en línea con bomba de cebado manual. La misma que es encargada de suministrar el combustible a cada uno de los cilindros en proporciones adecuados de acuerdo al régimen del motor (*Figura 2.11*).



Figura 2.11 Bomba de Inyección.

## 2.4. SISTEMA DE PRECALENTAMIENTO.

### 2.4.1. Bujías de incandescencia.

La utilización de estas bujías es importante ya que con ello se consigue el encendido rápido del motor el motor Diesel

dispone de seis bujías de incandescentes conectadas en serie con una alimentación de 24V CC (*Figura 2.12*).



**Figura 2.12 Bujías Incandescentes.**

Las bujías incandescentes tienen una bobina térmica, que consiste de tres bobinas; una retardadora, una bobina equilibradora y una bobina de equilibrio rápido – conectadas en serie. Cuando se aplica corriente a las bujías incandescentes la temperatura de la bobina de calentamiento rápido ubicada en la punta de la bujía incandescente, aumenta haciendo que la punta de la bujía se ponga al rojo vivo.

## **2.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR HINO H07C.**

Al igual que el motor es el corazón del vehículo, igualmente el pistón es el corazón del motor. De la misma manera que el corazón no se detiene un solo momento, el pistón no detiene su movimiento ni siquiera por un solo instante. Además los pistones utilizados en los motores diesel se mueven de arriba abajo en forma alternada dentro del cilindro de 2.200 a 5000 veces por minuto. Es por eso conocer los siguientes parámetros y especificaciones (*Tabla II.1*).

**Tabla II.1 Especificaciones del motor Hino H07C.**

Motor	HINO H07C. Aspiración Natural.
Cilindros	Seis(6)
Combustible	Diesel.
Desplazamiento	5600cc
Potencia Máxima	180 Hp/2800 R.P.M.
Relación de Compresión	20:1
Tipo	Seis (6) cilindros en línea, vertical OHV
Tipo de combustión	Inyección Directa.
Torque Neto	610 N.m/1800 RPM
Válvula de admisión 1	48 mm
Válvula de escape 1	42 mm
Inyectores	Nippondenso cuatro orificios
Presión de apertura	180 Bar
Avance de Inyección	12°
Orden de encendido	1 – 4 – 2 – 6 – 3 – 5

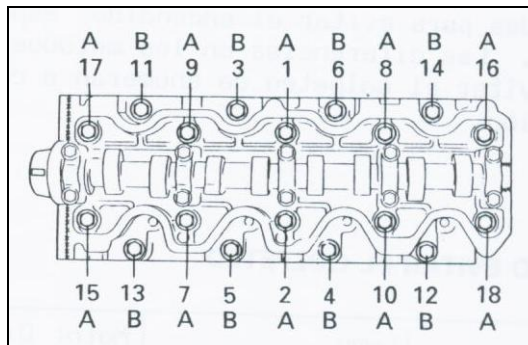
## **2.6 APRIETES Y AJUSTES.**

Los respectivos ajustes para cada elemento del motor es sumamente importante, en el motor encontramos varios elementos tanto móviles como los fijos que se ajustan por medio de una infinidad de pernos tuercas, etc. Cada uno de estos elementos con su respectivo perno tiene su respectivo apriete los más importantes se desglosan de la siguiente forma (*Tabla II.2*).

**Tabla II.2 Ajustes y apriete de los pernos del motor.**

Descripción del perno	Apriete en Lb/ft
Pernos que sujetan las tapas de bancada	150
Pernos que sujetan las tapas de biela	120
Pernos que sujetan el cabezote de cilindros	180
Pernos que sujetan el tren de balancines	75
Pernos que sujetan la bomba de aceite	20
Pernos que sujetan los inyectores	25
Pernos que sujetan el múltiple de admisión	20
Pernos que sujetan el múltiple de escape	35
Pernos: tapa válvulas cárter, bomba de agua. Etc.	25

Los pernos de la culata de cilindros, y tapas de bancada se aprietan en forma progresiva. (Figura 2.13).



**Figura 2.13 Forma de apriete del cabezote de cilindros.**

Es importante saber las tolerancias de luz de aceite entre el cigüeñal y las tapas de biela y bancada, esta tolerancia de ajuste deberá ser comprobada luego de su respectivo ajuste con el uso del plastigage, más adelante realizaré el procedimiento par su medición.

La película de lubricación determinada por el fabricante está entre los siguientes valores: (Tabla II.3)

**Tabla II.3 Ajuste de la lubricación, del cigüeñal.**

<b>Milésimas de milímetro</b>	<b>Milésimas de pulgada</b>
0,076	0,003
0,102	0,004

de igual manera los segmentos al instalar en cada uno de los cilindros, sus extremos o puntas tienen su película de lubricación, esta es determinado por el fabricante siendo: (*Tabla II.4*).

**Tabla II.4 Ajuste de la lubricación, de los segmentos.**

<b>Milésimas de pulgada</b>
0,012 – 0,015

de la misma manera entre la cara superior de la ranura y la cara de cada uno de los segmentos determinará la película de lubricación, su valor corresponde de entre: (*Tabla II.5*).

**Tabla II.5 Ajuste de la lubricación, del cilindro y segmento.**

<b>Milésimas de pulgada</b>
0,002 – 0,003

en lo que se refiere a la calibración de válvulas dado por el fabricante se realiza con las siguientes medidas: (*Tabla II.6*).

**Tabla II.6 Ajuste de la lubricación.**

	<b>Pulgada</b>	<b>Milímetros</b>
Válvulas de admisión:	0,012	0,30
Válvulas de escape:	0,018	0,45

## **2.7 PUESTA A PUNTO DEL MOTOR HINO H07C.**

### **2.7.1 Precauciones Generales.**

Se debe tener en cuenta las siguientes operaciones en el reacondicionamiento de los  $\frac{3}{4}$  del motor:

1. Pulido superficial de las cabezas de cilindros
2. Pulido superficial del bloque del motor.
3. Verificar todas las señales, de cada uno de los elementos en el proceso de armado.

Se debe mantener las dimensiones exactas especificadas por el manual de servicio del fabricante para las mediciones del motor:

1. Luz de aceite en las bielas, como en la bancada del cigüeñal.
2. Luz de aceite en la camisa de cilindros, con los segmentos.
3. Distribución de segmentos.
4. No sobrepasar tolerancias de 0,002Plg (0,05mm), ya que consigo traerá consecuencias y problemas al motor.

Para cada una de la secuencia de armado del motor es importante también:

1. Trabajar con la herramienta apropiada, siendo indispensable su limpieza.
2. Contar con el espacio físico adecuado.
3. Trabajar con ropa adecuada, y respectivamente contar con los implementos necesarios como; Guaipe, franela, lubricante, líquidos para la limpieza.



### 2.7.2 Modificaciones a los $\frac{3}{4}$ del motor.

Antes de empezar con el reacondicionamiento es importante realizar una inspección minuciosa en busca de daños a las superficies maquinadas, los muñones, las superficies de empuje, los muñones de sello como los codos donde se sujetan las bielas, deberán verse lisos y pulidos, sin golpes, surcos, rayaduras, cejas abolladuras, roturas, que pudiera causar daños o acortar la vida del cigüeñal.

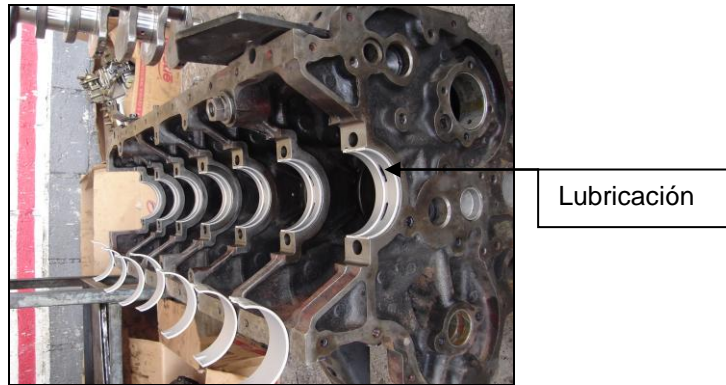
1. Realice la medición con un micrómetro para determinar el tamaño de los muñones y codos de biela, dando como resultado un cigüeñal (+0,010 Plg) los muñones de biela y (+0,020) de los muñones de bancada, sin existir conicidad ni ovalamiento de la medida estándar especificada por el fabricante, en caso contrario de existir conicidad y ovalamiento es necesario rectificar el cigüeñal.



**Figura 2.14 Bloque de cilindros.**

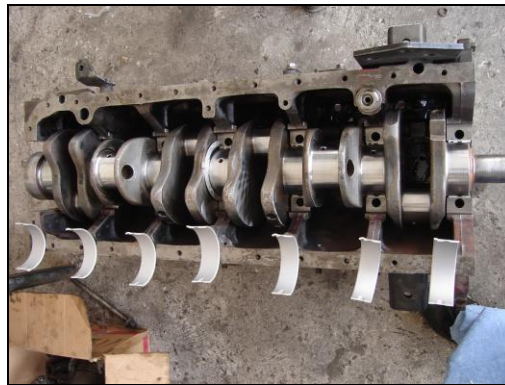
2. Verifique que las chaquetas sean de la misma medida para los muñones del cigüeñal y para los codos de biela.
3. Instale las chaquetas, en la bancada del bloque de cilindros, y en las tapas de bancada, tomar en cuenta el sentido de la

cuña en el bloque, como en el cojinete de lubricación a instalar (Figura 2.15).



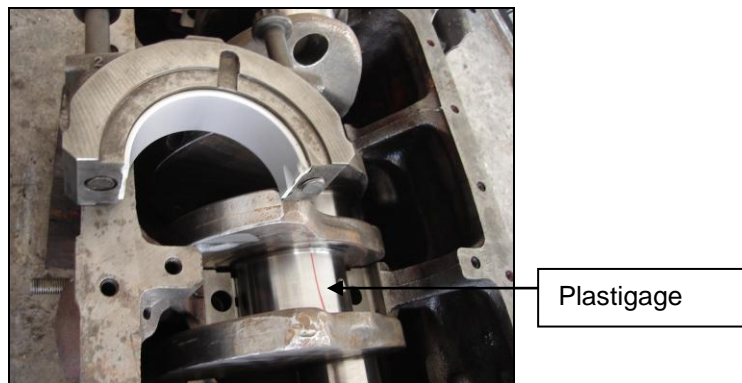
**Figura 2.15 Instalación de chaquetas.**

4. Instale el cigüeñal al bloque de cilindros con frente a los engranes de la distribución (Figura 2.16).



**Figura 2.16 Montaje del cigüeñal.**

5. Coloque un pedazo de plastigage en la parte superior de muñones de bancada (Figura 2.17).



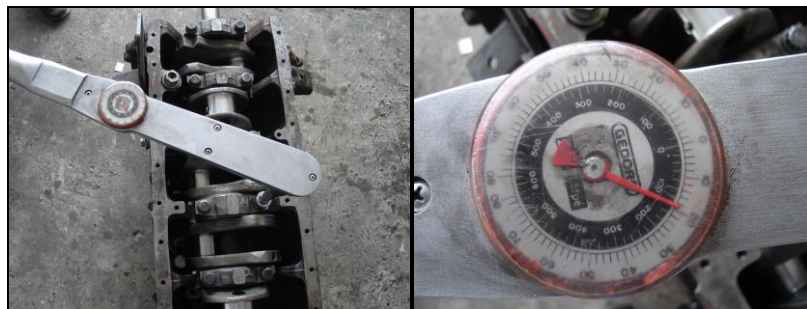
**Figura 2.17 Ubicación del plastigage.**

6. Coloque las tapas de bancada (*Figura 2.18*).



**Figura 2.18 Asentado de los cepos de bancada**

7. Realice el ajuste especificado (150Lb/Ft), con la ayuda de un torque de pluma en la siguiente secuencia, 50Lb/Ft en la primera etapa, luego a 100Lb/Ft en la segunda etapa y a 150Lb/Ft en la tercera etapa, (*Figura 2.19*). De la forma progresiva como indica la figura anterior (2.13).



**Figura 2.19 Secuencia de ajuste.**

8. Afloje nuevamente cada uno de los pernos, para comprobar la luz de aceite en los muñones de bancada del cigüeñal.
9. Verifique la luz de aceite con la especificada por el fabricante (0,003 – 0,004)Plg. La cual esta dentro de lo especificado y la lectura es (0,003)Plg (*Figura 2.20*).



**Figura 2.20 Medición de la lubricación.**

10. Verifique cada uno de los muñones, realizando el paso 7, 8, en caso de no cumpla con la especificación de lubricación revise los elementos hasta lograr un correcto ajuste (*Figura 2.21*).

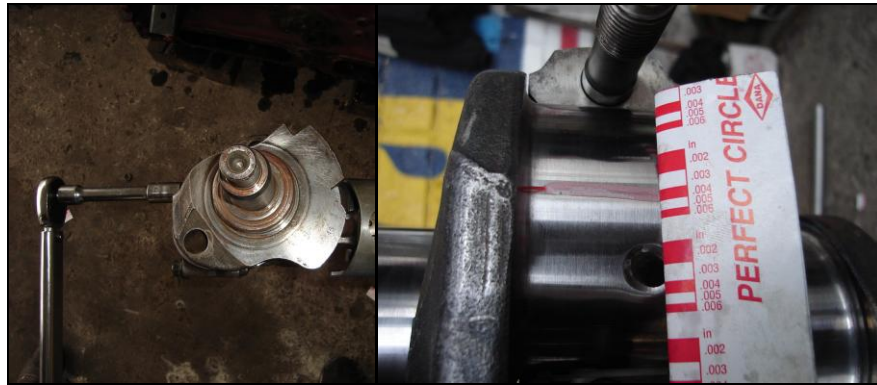


**Figura 2.21 Correcto ajuste de los muñones.**

11. En todo el proceso de ajuste evite que el plastigage este en contacto con aceite, y no gire el cigüeñal para evitar errores en la medición.

A continuación realice el mismo procedimiento para comprobar la luz de aceite en los codos de biela.

12. Verifique el ajuste de los pernos de biela designado por el fabricante (120Lb/Ft) (*Figura 2.22*).



**Figura 2.22 Ajuste de bielas.**

13. Realice una limpieza, para quitar residuos del plastigage de los cepos de bancada, muñones, y cojinetes de bancada.
14. Agregue aceite de motor (25W40) para lubricar los cojinetes de bancada.
15. Coloque el cigüeñal.
16. Coloque los cepos de bancada en cada uno de los muñones.
17. Coloque las medias lunas o chumaceras, en el bloque y en la tapa de bancada, con lubricante.
18. Verifique que todos los cepos de bancada se encuentren en su posición correcta. ( Flecha de la parte superior de los cepos en dirección hacia la distribución).
19. Realice el ajuste especificado por el fabricante, y en la secuencia dada en el paso 7.
20. Gire el cigüeñal, el movimiento debe ser uniforme, suave sin ninguna restricción o atascamiento.

Una vez realizado esta operación el motor está listo para el montaje de cilindros, grupo biela pistón y demás elementos en la siguiente secuencia, dado que los elementos son nuevos.

1. Verifique la luz de aceite de los segmentos de aceite y compresión superior, con los cilindros. Ver el proceso de ensamble (*Figura 2.23*).



**Figura 2.23 Proceso de ensamble.**

2. Instale los cilindros en el bloque, con aceite para lubricar las paredes del cilindro, coloque marca con marca (X, Y, Z) entre el cilindro y el bloque. Debido a los nuevos niveles de presión los cuales aumentan la intensidad de vibración de la pared del cilindro y en consecuencia aparezcan intensificados los fenómenos de cavitación en su pared exterior, es por ello prudente aumentar el grueso de la pared (*Figura 2.23*).



**Figura 2.23 Camisa de bloque de cilindros.**

Con el aumento del diámetro del cilindro, estamos reforzando el zunchado que representa el alojamiento del cilindro en el bloque motor, pero teniendo muy en cuenta que no pueden crearse deformaciones de montaje que provocarían roces locales con los consiguientes agarrotamientos.

Diámetro: 108mm

3. Ensamble el conjunto biela pistón, con sus respectivos seguros, y segmentos.
4. Inspeccione si los elementos están bien ensamblados:

Las señales de las bielas que es una cuña, deben estar ensambladas al mismo lado de la marca "0" de los pistones.

Mientras que la marca de los segmentos debe ir ensamblados hacia la cabeza del pistón (*Figura 2.24*).



**Figura 2.24 Distribución de segmentos.**

El émbolo para el motor es necesario modificar debido a los siguientes cambios en el funcionamiento del motor:

- Sabemos que el émbolo trabajará a más alta temperatura, donde el primer aro superior de compresión también trabajara de igual a altas temperaturas. Si admitiera el mismo émbolo, la duración del elemento bajará muy rápidamente.

- Dado que ahora se tendrá que evacuar más calor, es necesario refrigerar la cabeza del émbolo y de la pared superior del cilindro para que se mantenga la temperatura del motor naturalmente aspirado.
- Otra de las causas y una de la más importante es el estado de la cámara de combustión a causa de las imperfecciones del quemado. El esquema en las zonas normales son las grises y en la realidad aparecen cubiertas de una muy ligera película de negro de humo. Las zonas blancas son las que dan una combustión más completa ya sea por exceso de aire o de temperatura; aparecen con el metal al descubierto e incluso ese aspecto de oxidado o quemado. Suelen aparecer cerca del escape o en los extremos donde pegan los dardos de la inyección. Las zonas negras son peores porque son indicio de una combustión incompleta que toma el aspecto de una pintura aceitosa producto de la mala descomposición del combustible que no llega a quemar bien. Estas zonas son demasiada frías o faltas de aire y van cargando las válvulas, y los émbolos de lacas, gomas y alquitranes. Cámara de combustión:  $50\text{mm}^3$

5. Instale los cojinetes en las bielas, y en los cepos de biela.
6. Para instalar los pistones es necesario que los 6 codos se encuentren limpios, si están sucios limpiarlos.
7. Bañe todo el pistón en aceite de motor.
8. Ubique los segmentos, cada segmento debe estar a  $90^\circ$  de la abertura del segmento anterior. Además es necesario, empezar desde el segmento de lubricación, y en sentido horario. Como muestra en la *(Figura 2.24)*.
9. Coloque el compresor de segmentos hasta la mitad de la falda del pistón y ajuste hasta comprimirlos.
10. Agregue aceite al bulón, a la chaqueta en la biela, y en su respectiva lubricación.

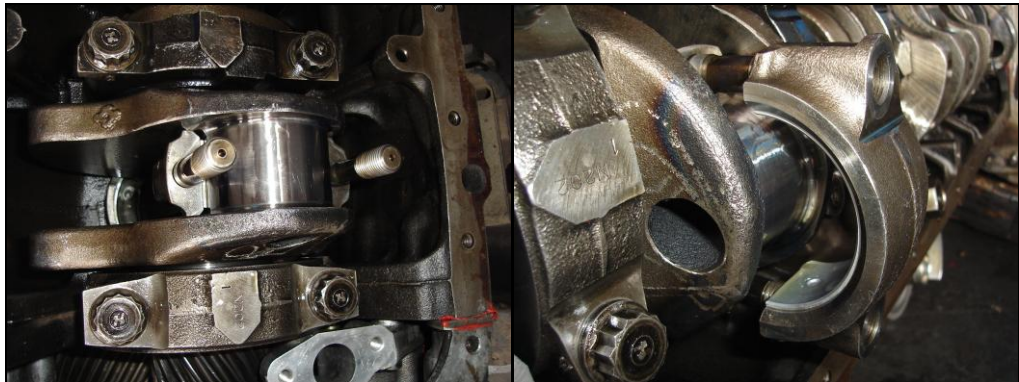


11. Gire el cigüeñal hasta que el cilindro N° 1y su gemelo N°6 se encuentren en el P.M.I. más bajo y bañe el codo de biela con aceite.
12. Coloque el pistón en el cilindro N°1, verifique la posición de la biela con el codo del cigüeñal, que no vaya a golpear.
13. Empuje el pistón con la ayuda del mando del martillo, o una madera, para evitar daños a la cabeza del pistón, empuje hasta cuando pistón se encuentre en el P.M.I. más bajo (*Figura 2.25*).



a. Colocación del pistón.

b. Empuje del pistón al bloque.



c. Biela asentada al cigüeñal.

d. Colocación del cepo de biela.



e. Vista del conjunto biela pistón armado.

**Figura 2.25 Procedimiento de instalación de pistones.**

14. Coloque el cepto de biela con sus respectivas tuercas, agregado aceite en el cojinete, y verificar que la cuña o marca se encuentre en la misma posición de la biela.
15. Ajuste el cepto de biela.
16. Realice los pasos 7, 8, 9, 10, antes de instalar el pistón N°6, luego realice los pasos 13,14, 15, y esta instalado el pistón N°6.
17. Realice el procedimiento desde el paso 7 – 15 para instalar el conjunto biela pistón del cilindro N°2 y N°5. Y lo que resta procedimiento para la instalación del conjunto biela pistón del cilindro N°3 y N°4.
18. Realice el ajuste especificado por el fabricante, de cada biela con la ayuda de un torque a (120Lb/Ft), en la siguiente secuencia; en la primera etapa 40Lb/Ft, luego a 80Lb/Ft, y finalmente en la tercera etapa a 120Lb/Ft. Ver (*Figura 2.26*).



**Figura 2.26 Verificación de ajustes.**

19. Verifique un movimiento lateral de cada biela, esto indica que se encuentra bien ensamblado, finalmente verifique el número de la biela que coincida con el número de cepto al mismo lado.
20. Instale los salpicadores los cuales se encargan en lubricar el pistón, ver instalación en la (*Figura 2.27*).

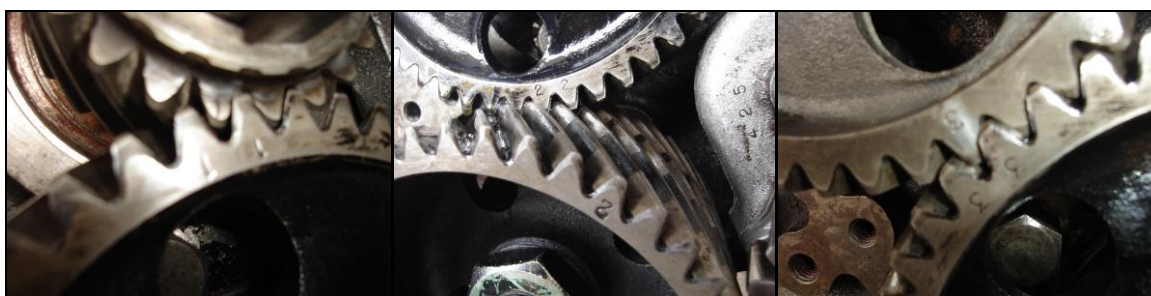


**Figura 2.27 Instalación de salpicadores.**

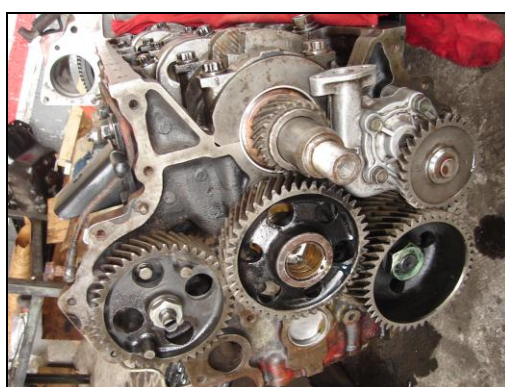
### **2.7.3 Puesta a punto de la distribución.**

Una vez que los 3/4 del motor está armado es necesario realizar el montaje de la distribución para seguir el proceso técnico.

1. Inspeccione que los engranes se encuentre en perfecto estado sin rayaduras, o fisuras, como desgaste de los dientes de engrane.
2. Instale el árbol de levas con su respectivo engrane, lubricando los asientos, realice el ajuste requerido a la placa del árbol, (25Lb/Ft).
3. Instale el engrane de la bomba de inyección con su respectivo ajuste de acoplamiento al bloque, ajuste a (25Lb/Ft).
4. Coloque la base de anclaje del piñón loco, con el ajuste especificado para fijar con el bloque de cilindros, (25Lb/Ft).
5. Coloque una rodela de cobre especial de presión con guías.
6. En vista de que se encuentran los 3 engranes; bomba, cigüeñal, del árbol de levas gire el cigüeñal hasta que el pistón N°1 se encuentre en el P.M.S.
7. Instale el piñón loco y deberá coincidir cada uno de los números de los engranes como indica en la (Figura 2.28 y 2.29).
8. Verifique los números de los engranes.



**Figura 2.28 Verificación de los engranes.**



**Figura 2.29 Puesta a punto de la distribución.**

9. Coloque la tapa de la distribución, con pegamento (silicona), y su respectivo empaque (*Figura 2.30*).
10. Realice el ajuste requerido en la tapa de la distribución.



**Figura 2.30 Puesta a punto de la distribución.**

11. Instale el retenedor la parte posterior del cigüeñal.

12. Coloque la tapa trasera del bloque con su respectivo ajuste, a (75 Lb/ft), y (25Lbb/Ft) respectivamente.
13. Instale el volante de inercia, con el ajuste especificado, (200Lb/ft)
14. Instale el motor de arranque con su ajuste requerido. (50Lb/Ft).

#### **2.7.4 Modificaciones y puesta a punto del sistema de engrase.**

El engrase para los cojinetes de apoyo del turbocompresor es importante y requiere un caudal importante de aceite elevado, lo que implica la adaptación de una bomba de aceite mayor de la que se necesita para un motor atmosférico. Igualmente es necesario que el filtrado del aceite sea efectivo para evitar que lleguen impurezas a los cojinetes del turbo, por lo cual el filtro de aceite debe ser de una calidad excelente.

La bomba de aceite se puede observar que esta ubicado en la parte superior derecha junto con los engranes de la distribución. Y se adaptó de acuerdo a los requerimientos del sistema de lubricación (*Figura 2.31*).



**Figura 2.31 Bomba de Aceite**

Siguiendo con el procedimiento en necesario instalar los siguientes elementos:

1. Instale el cernidor de aceite, con su respectivo empaque, y dando el ajuste correcto, (25Lb/Ft), (*Figura 2.32*).



**Figura 2.32 Colocación del cernidor.**

2. Instale el cárter, con su respectiva empaquetadura, con pegamento (silicona), con su ajuste a (25Lb/Ft).
3. Instale el radiador de aceite, junto con la base del filtro adecuada para la lubricación del turbo, con el ajuste especificado (25Lb/Ft).

### **2.7.5 Modificación en el sistema de combustible, preparación del cabezote.**

En el sistema de alimentación es necesario realizar un cambio total de los elementos de inyección. La razón es que al aumentar el caudal, tan solo un aumento del diámetro, crece muy rápidamente el perímetro de fugas, fugas que a altísimas presiones de inyección influyen mucho en la alimentación, perjudicando especialmente a los regímenes inferiores o más lentos que son los que suelen exigir el máximo par.

¿Qué es pues lo que cambia? La cantidad y la presión del aire son mayores, la combustión más perfecta, y como consecuencia, es mayor la presión de compresión, más corto el retraso al encendido, más rápida la propagación de la llama, menos penetración de las gotas de combustible, más alta la presión de combustión pero con mucha menos violencia, es decir con menos efecto de “picado”.

Por lo tanto, la puesta a punto del motor nos pedirá que el avance al encendido sea uno o dos grados menos.

Bajo este concepto adapte una bomba de inyección que será capaz de entregar el caudal necesario en el mismo tiempo antes de ser sobrealimentado. La puesta a punto de la bomba de inyección es necesario coincidir con la puesta a punto del motor y se encuentra a 12° APMS.

Mientras tanto en lo que se refiere con las toberas, necesitaremos que en el momento de la combustión se realice en un 100%, para lo cual hemos adaptado un inyector Nippondenso N3451 – 8F de 6 orificios. Los cuales están calibrados a 200 Bares, ver (Figura 2.33) calibración de inyectores.



Figura 2.33 Calibración de inyectores.

Una vez realizado la calibración de los elementos como bomba de inyección e inyectores, realizar la preparación del cabezote.

1. Inspeccione visualmente los elementos que se encuentren en buen estado como, válvulas, asientos de válvulas, guías, resortes, balancines, si es necesario reemplazar los elementos en mal estado.
2. Realice mediciones para verificar:
  - Altura de los resortes y verificar estado de los resortes.
  - Ovalamiento del cabezote. Realice una inspección, para verificar el ovalamiento del cabezote, no debe exceder de (0,002Plg). En caso contrario será necesario enviar al rectificador.
  - Asientos de válvula, se realizan el asentado con esmeril de válvulas
  - Desgaste del tren de balancines.
  - Torceduras de las varillas de empuje.
3. Realice una limpieza total, una vez realizado los correctivos necesarios.
4. Instale los nuevos sellos de válvula con aceite de motor.
5. Instale las válvulas en cada cámara de compresión, con aceite.
6. Coloque los resortes, la marca de pintura al asiento de válvula, y con la ayuda de un compresor de válvulas coloque los seguros de válvula
7. Realice el procedimiento 6 con todas las válvulas de admisión y escape.
8. Verifique que las válvulas se encuentren bien ensambladas.



9. Instale las bujías de precalentamiento, con ajuste a (25Lb/Ft).
10. Instale los seis inyectores una vez que ya sé ha calibrado, a un ajuste de (25Lb/Ft) ver detalle de la (Figura 2.34).



**Figura 2.34 Ajuste de inyectores.**

11. Instale la cañería de retorno de combustible con arandelas de aluminio, al ajuste especificado en los respectivos neplos (20Lb/Ft).

#### **2.7.5.1 Modificación de los conductos e importancia de las juntas.**

Dadas las características de funcionamiento del turbocompresor, se requiere adaptarlo al motor, con el fin de obtener el mejor acoplamiento entre ambos, y en consecuencia el mayor incremento de potencia del motor. Es así que necesitaré modificar las salidas de los gases de escape, pensando en una conexión a la aspiración por el lado del compresor y al escape por el otro lado del turbocompresor. Estas conducciones deben ser lo más cortas posible, tienen que presentar las más mínimas pérdidas de carga, pero no tener más sección útil que la boca de la turbina, para no provocar pérdidas de energía.

No deben hacer cambios bruscos de dirección y deben tener las juntas de dilatación necesarias para no crear tensiones ni en la culata ni en el grupo sobrealimentador.

#### **a. Juntas del múltiple.**

En un motor normal las juntas de los conductos de aspiración no tienen ninguna importancia pero al sobrealimentar se convierten en posibles puntos de fuga de aire precomprimido. No solo deben ser revisadas sino que se debe repasar con todo cuidado el circuito de admisión para descubrir las posibles descargas, y no se conviertan en puntos de salida del aire que nunca llegara a la cámara de combustión, pues pasa a perder también energía o trabajo que se habría empleado para comprimirla.

Pueden ser ajustados con tolerancias y holguras muy estrechas porque al dilatarse o contraerse lo hacen conjuntamente por estar en contacto con los gases y a la misma temperatura.

12. Instale los empaques de empaques especiales fabricados con láminas de acero.
13. Pensando en una conexión eficaz, para conseguir buenos resultados, el conjunto que unen la salida de gases de cada cilindro con la entrada de la turbina se realizó de la siguiente forma: las salidas de los gases de la culata de cilindros (1 – 2 – 3) están conectadas en un grupo, mientras que las salidas de los gases de la culata de cilindros (4 – 5 – 6) se conectan a otro grupo. Los dos grupos de escape forman la base del turbo generado por impulsos, como indica en la (*Figura 2.35*).



**Figura 2.35 Adaptación del múltiple de escape.**

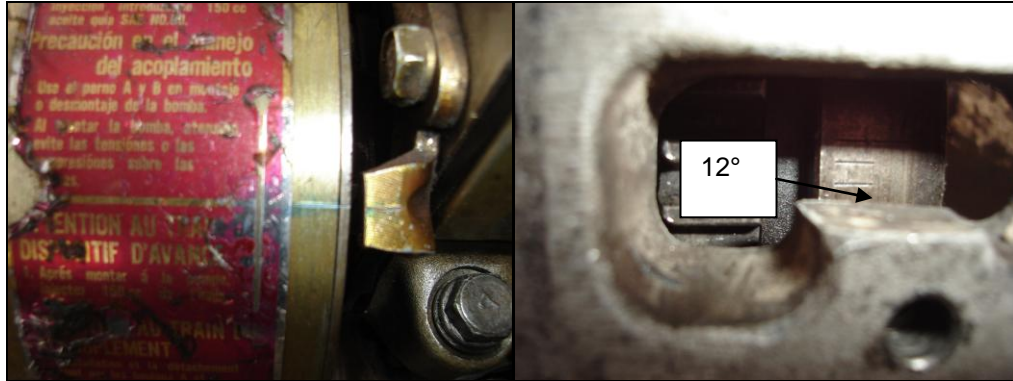
14. Verifique el ajuste del múltiple de escape (30Lb/Ft).
15. De la misma forma el múltiple de admisión, adapté en dos grupos iguales que el múltiple de escape, con la diferencia que por este múltiple circularán aire puro hacia los cilindros, a alta velocidad por medio del compresor (*Figura 2.36*).



**Figura 2.36 Adaptación del múltiple de admisión.**

16. Antes de realizar el ensamble del cabezote al motor es necesario montar la bomba de inyección.
17. Instale la bomba de inyección en el motor en el siguiente proceso:
  - Ubique el cilindro N°1 el PMS en el tiempo de combustión
  - Verifique que él en volante de inercia se encuentre a 12° de APMS.
  - Verifique que las marcas de la bomba de inyección y el taimer este situado frente con frente.

- Realice el ajuste de la bomba de inyección.
- Compruebe el ajuste como indica en la (Figura 2.37).



**Figura 2.37 Puesta a punto de bomba de inyección.**

18. Inspeccione los propulsores que estén en buen estado, que no presenten picaduras en el asiento, en caso de estar picados, sustituirlos antes de colocar los mismos en el bloque de cilindros.
19. Coloque los propulsores, en cada uno de los orificios como indica en la (Figura 2.38).
20. Verifique que la parte superior del bloque, el asiento de la culata se encuentren limpios.
21. Coloque el empaque del cabezote como indica el fabricante con la marca H06C-T (ver detalle en la Figura 2.38 en la parte inferior izquierda “marca de color verde” hacia arriba).



**Figura 2.38 Colocación del empaque de cabezote.**

22. Monte el cabezote y verifique si las guías del bloque de cilindros se encuentran centrados en el cabezote.
23. Inserte los pernos en el cabezote, y realice el ajuste especificado por el fabricante y en la secuencia como se indico en el asentamiento del cigüeñal. Ajuste a (180Lb/Ft), en la siguiente secuencia; (60Lb/Ft) en la primera etapa, (120Lb/Ft) en la segunda etapa, finalmente a (180Lb/Ft) en la tercera etapa, dando cumplimiento a lo especificado.
24. Coloque las varillas de empuje, en los orificios una vez verificado que la varilla no presente ninguna torcedura alguna.
25. Coloque el tren de balancines, y realice el ajuste apropiado como indica en el paso 23, en la misma secuencia el ajuste a (180Lb/ft), los pernos que acoplan al bloque de cilindros, mientras que los pernos acoplados a la misma culata el ajuste será de (50Lb/Ft).
26. Compruebe los ajustes en el cabezote.
27. Instale los elementos faltantes como la bomba de agua, la base del termostato, el alternador, y el codo de refrigeración de la culata hacia el radiador de aceite, realizando el ajuste especificado a (25Lb/Ft).

28. Instale la banda de distribución, el cual da movimiento a las tres poleas principales del motor; bomba de agua, alternador y la polea del cigüeñal.
29. Tense la banda apropiadamente.
30. Realice las conexiones del diesel, a la bomba y al retorno y la lubricación de la bomba de inyección.
31. Realice las conexiones de las cañerías de la bomba de inyección hacia cada inyector, con su respectivo número, y el ajuste necesario (25Lb/ft).
32. Conecte el conducto de vacío, de la bomba de inyección hacia el múltiple de admisión.
33. Revise las conexiones realizadas se encuentren bien sujetas.

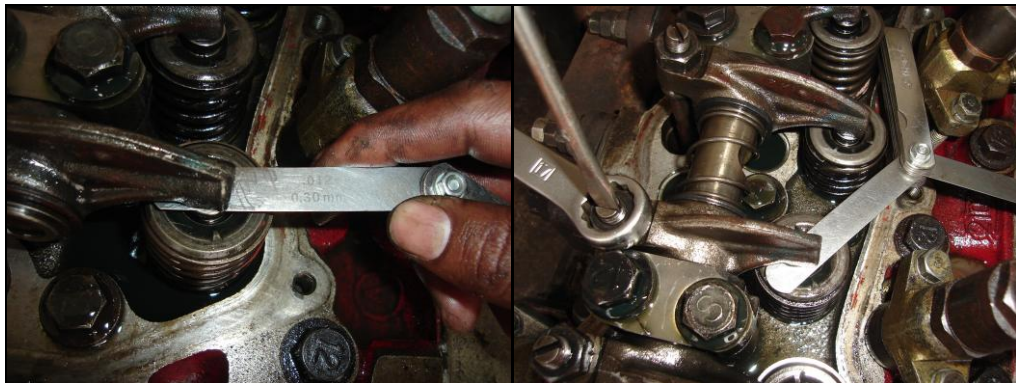
#### **2.7.6 Calibración de válvulas.**

El siguiente proceso debe seguirse para calibrar válvulas, antes de empezar es necesario conocer el ajuste de válvulas y datos de calibración.

1. Conocer el calibre dado por el fabricante para las válvulas de admisión (0,012 Plg ó 0,30mm) y para las válvulas de escape (0,018Plg ó 0,45mm) de las hojas graduadas del calibrador de láminas.
2. Saber el orden de encendido del motor (1 – 4 – 2 – 6 – 3 – 5).
3. Visualice la disposición de válvulas, haga un reconocimiento:

Cilindro N°1		Cilindro N°2		Cilindro N°3		Cilindro N°4		Cilindro N°5		Cilindro N°6	
V.A.	V.E.	V.A.	V.E.	V.A.	V.E.	V.A.	V.E.	V.A.	V.E.	V.A.	V.E.

4. Gire el cigüeñal para coronar el pistón N°1, es decir las válvulas del cilindro se encuentran cerradas en el tiempo de compresión, en este momento las dos válvulas permanecen cerradas; mientras que el cilindro N°6 se encuentra en traslape, es decir la válvula de admisión empezará el tiempo de admisión y la válvula escape termina el tiempo de escape o salida de gases.
5. Calibre las válvulas del cilindro N°1, siguiendo los pasos 1, 2 y 3. Realice el ajuste por medio del tornillo de regulación el balancín con la ayuda de la herramienta necesaria (*Figura 2.39*).



**Figura 2.39 Calibración de válvulas..**

6. Verifique el juego de balancín y el ajuste.
7. Gire el cigüeñal para coronar el pistón N°4, es decir las válvulas del cilindro se encuentran cerradas en el tiempo de compresión, en este momento las dos válvulas permanecen cerradas; mientras que el cilindro N°3 se encuentra en traslape, es decir la válvula de admisión empezará el tiempo de admisión y la válvula escape termina el tiempo de escape o salida de gases.
8. Realice el paso 5 y 6, en las válvulas del cilindro N°4.

9. Gire el cigüeñal para coronar el pistón N°2, es decir las válvulas del cilindro se encuentran cerradas en el tiempo de compresión, en este momento las dos válvulas permanecen cerradas; mientras que el cilindro N°5 se encuentra en traslape, es decir la válvula de admisión empezará el tiempo de admisión y la válvula escape termina el tiempo de escape o salida de gases.
10. Realice el paso 5 y 6, en las válvulas del cilindro N°2.
11. Gire el cigüeñal para coronar el pistón N°6, es decir las válvulas del cilindro se encuentran cerradas en el tiempo de compresión, en este momento las dos válvulas permanecen cerradas; mientras que el cilindro N°1 se encuentra en traslape, es decir la válvula de admisión empezará el tiempo de admisión y la válvula escape termina el tiempo de escape o salida de gases.
12. Realice el paso 5 y 6, en las válvulas del cilindro N°6.
13. Gire el cigüeñal para coronar el pistón N°3, es decir las válvulas del cilindro se encuentran cerradas en el tiempo de compresión, en este momento las dos válvulas permanecen cerradas; mientras que el cilindro N°4 se encuentra en traslape, es decir la válvula de admisión empezará el tiempo de admisión y la válvula escape termina el tiempo de escape o salida de gases.
14. Realice el paso 5 y 6, en las válvulas del cilindro N°3.
15. Gire el cigüeñal para coronar el pistón N°5, es decir las válvulas del cilindro se encuentran cerradas en el tiempo de compresión, en este momento las dos válvulas permanecen cerradas; mientras que el cilindro N°2 se encuentra en traslape, es decir la válvula de admisión empezará el tiempo de admisión y la válvula escape termina el tiempo de escape o salida de gases.
16. Realice el paso 5 y 6, en las válvulas del cilindro N°5.



Verifique el ajuste, realizando todo el proceso de calibración de válvulas.

En este momento el motor se encuentra preparado, para el montaje del turbo.

17. Coloque el tapa válvulas con su respectivo empaque, y ajuste requerido (25Lb/Ft).

### **III. DESARROLLO DE LA ADAPTACION DEL TURBOCARGADOR VX29 IHI AL MOTOR DIESEL HINO H07C**

#### **3.1 ANTECEDENTES.**

La misión de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, es formar profesionales teórico prácticos de excelencia, con capacidad de conducción y liderazgo, que impulsen el desarrollo de país.

La Carrera de Ingeniería Automotriz, forma profesionales calificados para la construcción, adaptación, repotenciación y mantenimiento de los sistemas automotores en un vehículo.

El tema de Proyecto responde al deseo de realizar una investigación acerca de la adaptación, operación, funcionamiento y mantenimiento del turbocargador VX29 IHI montado en el motor ciclo diesel Hino H07C, así como una correcta selección, instalación y utilización de componentes que son aplicados específicamente en motores diesel.

#### **3.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER.**

El avance tecnológico en los automotores en lo concerniente a las diferentes adaptaciones al motor y al vehículo ha creado la necesidad de contar con técnicos automotrices, capacitados en el área de adaptación aplicadas en los motores diesel.

El estudio del presente proyecto es importante ya que con el desarrollo de este tema lograré como futuro profesional crear una cultura de investigación en el área de adaptación de turbocargadores aplicado al motor, lo que permitirá obtener una experiencia que luego se pondrá en práctica en nuestro desarrollo profesional para los

campos de: reparación, construcción, adaptación y optimización de los diferentes sistemas del vehículo.

### **3.3 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.**

“ADAPTAR UN TURBOCARGADOR VX29 IHI EN UN MOTOR DIESEL HINO H07C DE ASPIRACIÓN NATURAL PARA MEJORAR LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MISMO”.

### **3.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO.**

1. Seleccionar el turbocargador adecuado para el motor diesel Hino H07C.
2. Seleccionar los componentes mecánicos a implementarse en el motor diesel Hino H07C para el buen funcionamiento motriz.
3. Instalar el turbocargador, poner en operación y funcionamiento el motor diesel Hino H07C con la adaptación realizada.
4. Diagnosticar en forma técnica el estado de los diferentes componentes del sistema, relacionando con el funcionamiento y el estado del motor.
5. Detectar, diagnosticar posibles fallas, y solucionar averías técnicamente al motor sobrealimentado.

### **3.5 METAS DEL PROYECTO.**

1. Instalar el sistema turbocargador en el motor Hino diesel H07C en el transcurso de seis meses.
2. Poner en funcionamiento el motor turbocargado Hino diesel H07C a operar en el parque automotor.
3. Realizar un documento que permita tecnificar las labores de adaptación, reparación, mantenimiento de motores que disponen motores sobrealimentados.

4. Estar capacitado para la adaptación, afinamiento, puesta a punto y operación de motores sobrealimentados.

### **3.6 CONSIDERACIONES PARA ADAPTACION DEL TURBOCOMPRESOR.**

#### **3.6.1 Consideraciones para adaptar un turbo.**

Las interrogantes que se plantean cuando se va a adaptar un turbocompresor son las siguientes:

¿Puedo turbocargar mi motor?, La contestación es SI, sin importar la marca o la edad del motor.

¿Cuánta potencia puedo obtener?, La contestación es tanto que pueda soportar el motor.

Y a ésta continuará la siguiente pregunta con ¿A cuantas revoluciones empezaré a obtener una sobreelevación de presión?. La contestación a menudo sorprende esta pregunta, la contestación será a las r.p.m. que desee.

El hecho es que cualquier motor de automóvil, camión, bus, motocicleta, etc. A partir de 30 CID (500 cc) ó mayor, puede ser turbocargado con los turbocargadores disponibles actualmente. Los resultados dependerán de la resistencia del motor y de la excelencia de la instalación tanto así como la selección de los componentes y elementos a adaptar. No existe un motor fabricado

hoy en día que no pueda ser turbocargado más allá de sus capacidades físicas.

Los turbocargadores ya se pueden instalar en pasos – dos o más turbocargadores en serie – para producir presiones en exceso de 200psi en el múltiple de admisión. *Esta presión puede ser aumentada sin exceder las capacidades de los turbocargadores existentes.*

Esto deberá ser echo después de que haya decidido el uso que se le va a dar al vehículo y cuanto dinero y tiempo se piensa invertir. Dado que el motor puede ser turbocargado, no es necesario limitar la selección a uno o dos modelos. Ciertamente es más fácil turbocargar el motor para el cual exista ya un kit listo para atornillarse al motor. Sin embargo, dicho kit pudiera no haber sido diseñado para producir el máximo caballaje a la velocidad que usted requiera y necesite para su aplicación en particular. La mayor parte de los kits están diseñados para uso en calle y deberán ser modificados para uso en arrancones o en carreras de pista.

Para la persona que por primera vez desea turbocargar un motor, presentan menos problemas los motores en línea de cuatro y seis cilindros. Aún se simplifica más en aquellos que tienen cabezas sin flujo cruzado – con múltiples de admisión y de escape al mismo lado.

Al turbocargar un motor opuesto en V, ya existe un problema de ductos, para llevar al otro lado la mitad de los gases de escape. La mayor parte de los motores V-6 son demasiado pequeños para contemplar la utilización de los turbocargadores,

pero en los V-8 funcionan muy bien dos turbocargadores pequeños o de tamaño medio.

### 3.6.2 Motor Diesel.

<sup>4</sup>Un motor diesel no tiene estrangulador, recibe plena carga de aire, sin importar la demanda de potencia. En vez de tener una bujía para la inyección de la carga, el combustible se inyecta a alta presión en la parte superior de la carrera de compresión.

Los motores diesel tienen, relaciones de compresión muy altas, hasta de 22:1. El aire final de la compresión está lo suficiente caliente para encender el combustible, conforme éste se introduce en la cámara de combustión. Dado que este se quema tan aprisa a medida que es inyectado, el motor no detonará a alta potencia.

La potencia de un motor es una función del sistema de inyección de combustible. Consecuentemente, *el turbocargar un motor diesel que funciona limpio en su estado de aspiración natural, tendrá poca o ninguna influencia en la potencia de salida.* Si se desea más potencia, la bomba de inyección deberá ser recalibrada para que entregue más combustible por carrera y en el momento preciso.

El turbocargar el motor se obtienen las siguientes mejoras:

1. Menor tamaño.
2. Menor peso.
3. Mejor economía de combustible.

---

<sup>4</sup> Hugh Macinnes – Manual de turbocargadores, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana México 1994, 45-49.

4. Más potencia.
5. Compensación por altitud.
6. Reducción o eliminación de humos.
7. Menos ruido.
8. Menores emisiones.
9. Menor temperatura de operación.
10. Suspensión automática de partículas.

Al obligar el paso de más aire dentro de un motor, permite que se queme más combustible, aumentando así la potencia. Por ello, para la misma potencia de salida, se podrá utilizar un motor más pequeño, que por lo mismo reduce el peso total.

El añadir un turbocargador a un motor Diesel hace que se incremente más la cantidad de aire disponible para la combustión. Al aumentar la turbulencia en la cámara de combustión, el turbocargador también mejora la eficiencia de la misma. Una mayor turbulencia da como resultado una combustión más completa y más potencia para la misma cantidad de combustible. El aire adicional también permite mayor inyección de combustible a fin de obtener más potencia.

Un motor diesel naturalmente aspirado es ajustado para operar en con un pequeño exceso de aire, es decir con una mezcla del lado ligeramente pobre – usualmente con una relación de compresión de 18:1 de aire combustible – a la potencia de placa, con el fin de que no humee en exceso. La potencia de placa es la definida por el fabricante para el motor cuando éste ha sido calibrado o afinado, para operar en una altitud y temperatura ambiente específica.

Conforme el aire se hace menos denso – más delgado, la mezcla a potencia máxima se enriquecerá. A aproximadamente 1,000 Ft (300 m.) de altitud, el motor promedio naturalmente aspirado empieza ya no a tener aire en exceso, resultando en un enriquecimiento de la mezcla combustible/aire. Este motor humeará a potencia máxima a menos que se reclasifique hacia abajo, es decir, sea recalibrado para menor potencia a una altitud mayor. En cambio, un motor turbocargado puede compensar el aire menos denso a gran altitud en dos formas, primero porque tiene por lo menos el 50% de aire excedente a la potencia de calibración al nivel del mar y segundo, porque la presión manométrica se mantiene aproximadamente constante a pesar de la altitud.

Esta combinación permite que un motor diesel turbocargado pueda llegar a una altitud de por lo menos 7,000 Ft (2,333 m.) antes que sea necesario reducir su clasificación de potencia. Algunos motores diesel turbocargados pueden operar más arriba de los 11,000 Ft (3,666 m.) sin necesidad de reducir su clasificación.

Un motor naturalmente aspirado se clasifica usualmente aquella potencia donde apenas empieza a hacerse visible el humo en el escape. Las leyes de emisión recientes han obligado a reducir la clasificación de muchos motores diesel naturalmente aspirados – a empobrecer aún más la mezcla aire/combustible – inclusive al nivel del mar. Los niveles de humo anteriormente aceptables actualmente son considerados como excesivos. Con el aire adicional disponible, quizás un motor diesel turbocargado jamás pudiera generar humo. Con un turbocargador



correctamente adaptado, un motor Diesel podría llegar a su límite mecánico o térmico antes de humear.

Cuando fueron introducidos por primera vez los turbocargadores en motores diesel instalados en camiones y en equipo de construcción, a menudo se eliminó el silenciador. Simplemente no era necesario para mantener los niveles de ruido en límites aceptables. Para eliminar este problema del ruido, muchas carcasas de turbina de turbocargador tenían impresas las palabras dispositivo silenciador fundidas sobre ellas. En algunos casos, se utilizaba un silenciador simulado, carente de deflectores internos.

En años recientes se han hecho más severas las leyes sobre el ruido, igual que las leyes relativas a los humos. Consecuentemente, a la fecha con los motores diesel turbocargados se utilizan silenciadores. La reducción resultante es considerablemente menor que la de un motor naturalmente aspirado.

La adición de un turbocargador a un motor diesel no parece tener mucho efecto, sobre las emisiones de NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno). La disponibilidad de aire adicional consigue reducciones significativas tanto en HC (hidrocarburos) como CO(monóxido de carbono). En algunos casos son tan bajas las lecturas de CO<sub>2</sub> que resultan inferiores a la exactitud del equipo de medida.

Un motor diesel naturalmente aspirado típico alcanzará el límite de humos y a una temperatura al escape de 1,300 °F, (704 °C) aproximadamente a la misma potencia de salida. Al turbocargar el mismo motor con un incremento en flujo de aire de 50% y un aumento de potencia del 25%, se reducirá la temperatura del escape en el límite de humos hasta 1,100 a 1,150 °F (593 °C a

621 °C). Aun con la potencia adicional, el aire adicional entregado por el turbocargador reduce la temperatura de operación del motor. La reducción en la temperatura de operación ocurrirá solamente cuando el porcentaje de incremento en aire excedente sea mucho mayor que el porcentaje de incremento en potencia de salida.

Todos los turbocargadores utilizados en motores de hasta 1,000 Hp utilizan una turbina de flujo radial. Con este diseño, cualquier chispa o cualquier partícula incandescente en el escape, lo suficiente grande para iniciar un fuego en algún lugar con material de origen vegetal combustible, no pasará a través del rotor de la turbina. La fuerza centrífuga de los álabes de la turbina empujará las partículas más grandes de regreso contra la carcasa de la turbina. Se repetirá este proceso hasta que la partícula original se haya reducido a partículas lo suficiente pequeñas para poder pasar por el rotor de la turbina junto con los gases de escape.

### 3.7 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR A SOBREALIMENTAR.

Como primer paso debemos empezar con algunos datos conocidos y cantidades conocidas: (*Tabla III.1*)

**Tabla III.1. Especificaciones del motor HINO H07C**

Motor HINO H07C	Desplazamiento en Pulgadas Cúbicas (CID)	Desplazamiento en Centímetros Cúbicos (cc)
Tamaño de motor	342	5,600
Tipo de motor	Cuatro tiempos (Diesel)	
Velocidad Máxima	2,800 RPM	
Relación de Compresión	20:1	
Potencia	180 HP	
Número de Cilindros	Seis ( 6 ), en Línea, Vertical, OHV	
Tipo de combustión	Inyección Directa	
Torque	610 N.m. /1800 RPM	

### **3.8 SELECCIÓN DEL TURBOCOMPRESOR.**

<sup>5</sup>En un motor el uso del turbocargador adecuado genera más potencia que utilizando cualquier otro medio. Sin embargo, la instalación de cualquier turbocargador en un motor, no garantiza buenos resultados. Si a 4,000 r.p.m. un turbocargador se adapta bien a un motor de 200-CID, probablemente no se adaptará igual con un motor de 400-CID a las mismas r.p.m.

Algunas personas tienen la idea que haciendo funcionar el turbocargador al doble de su velocidad se adaptará correctamente con un motor dos veces mayor. ¡Y esto simplemente no es cierto!. En cualquiera de los mapas del compresor puede ver que, en su rango operacional, las líneas de velocidad de un turbocargador son relativamente horizontales. El incrementar la velocidad de un turbocargador aumenta la relación de presión, pero no su flujo. La velocidad del turbocargador se modifica al cambiar el tamaño de la tobera de la turbina. No ayudará el cambiar el tamaño de tobera de turbina, si el compresor no se dimensiona correctamente en relación con el motor.

#### **3.8.1 Importancia de la Turbina.**

El área de la tobera, ya sea de la turbina axial o la de flujo radial con varias paletas de tobera se define como la sección recta de una sola apertura de tobera multiplicada por el número de paletas. En el turbocargador, mientras más grande sea el área de la tobera, más despacio girara éste.

---

<sup>5</sup> Hugh Macinnes – Manual de turbocargadores, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana México 1994, 15-17.

Por ejemplo, si un turbocargador tiene una tobera de una pulgada cuadrada ( $1 \text{ Plg}^2$ ) y en una condición dada está entregando demasiada sobreelevación de presión, la tobera puede ser cambiada por una de un área de  $1.2 \text{ Plg}^2$ . Esto reducirá la velocidad de la turbina y la sobreelevación del compresor. Si aún no es suficiente esto, el área puede ser aumentada a  $1.4 \text{ Plg}^2$ , para una reducción aún mayor en la velocidad y por lo tanto en la sobreelevación.

Cuando se utiliza una turbina de una sola entrada o que no tenga paletas se mide el área de la tobera de una manera un poco distinta. En este caso el área **A** sola, mostrada en la (Figura 3.1), no determinará necesariamente la cantidad de flujo de gas en la turbina, pero **A** dividiendo para **R** – la distancia del centro de la rodela de la turbina al centro del área **A** – determinará para un rotor dado, el flujo del gas de una turbina.

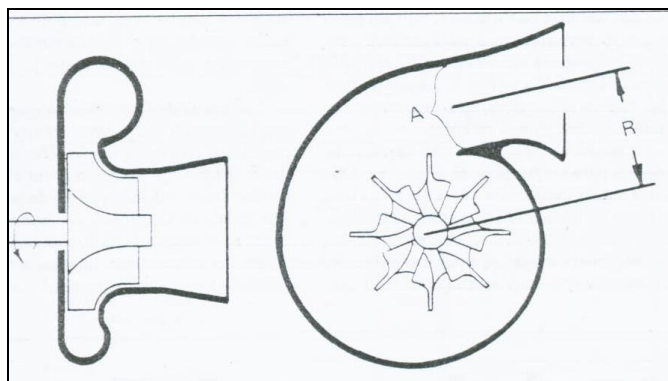


Figura 3.1 Carcasa de turbina sin álabes directrices.

Si **A** se incrementa, la turbina reducirá su velocidad, de la misma forma que en el caso de la turbina con una turbina de muchas paletas directrices. Si se utiliza una carcasa de una **R** mayor, como se muestra en la (Figura 3.2) para mantener la misma relación **A/R**, **A** deberá de ser aumentada. Para el diseñador de la turbina esto es de importancia, aunque no para

el usuario, porque son significativamente variaciones en **R** de una carcasa a otra.

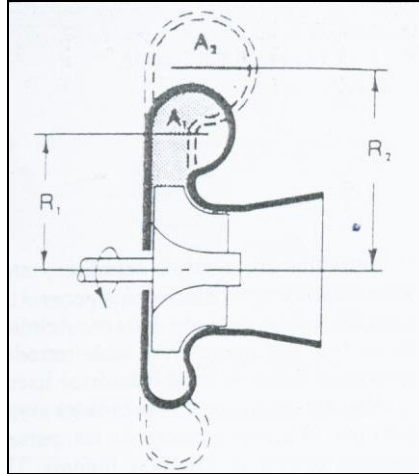


Figura 3.2 Turbina sin álabes directrices con **R** mayor.

No todos los fabricantes de de turbocargadores utilizan el método **A/R** para dimensionar las carcasas de turbinas. Schwitzer utiliza solamente el área **A** y por ello, sus tamaños de carcasa de turbinas no son directamente comparables con aquellas fabricadas por AiResearch, Rajay, Roto Master ó Warner - Ishi (IHI). Esta relación o área normalmente aparece fundida o estampada por el mismo fabricante en la carcasa de la turbina.

Lo que es importante para el usuario es saber el tipo de carcasa **A/R** si tiene un turbocargador con una carcasa de turbina de **A/R** de valor 0,7 y desea que este gire más lentamente, sabe que una carcasa de turbina, diseñada para utilizarse con ese mismo rotor, pero con **A/R** de valor 0,9 definitivamente hará que el turbocargador funcione más despacio. Por otro lado, si lo que desea es que gire más aprisa, sabe que una carcasa de turbina con un **A/R** de 0,6 ó 0,5, hará que el turbocargador gire más aprisa dando más sobreelevación.

Lo anterior es cierto con el área **A** solamente, como en el caso de la carcasa de turbina sin paletas de Schwitzer, o con cualquier otro turbocargador con un turbocargador de muchas paletas.

### **3.8.2 Utilización de tablas.**

<sup>6</sup>Para una selección correcta del compresor para un motor la cual toma en consideración si el motor será operado a un nivel continuo de potencia, como en una lancha de carreras marina, o en forma intermitente, como en un auto de carreras de carretera. Esto es importante al escoger el tamaño de la tobera de la turbina o al decidir si se utiliza o no una compuerta de descarga o algún tipo de control.

La (*Tabla III.2*), indica el rango de velocidad de motor necesario según los diferentes usos y la duración del pico de potencia. La velocidad seleccionada de motor, en adición a la presión requerida en el múltiple de admisión, son factores claves en la selección del compresor.

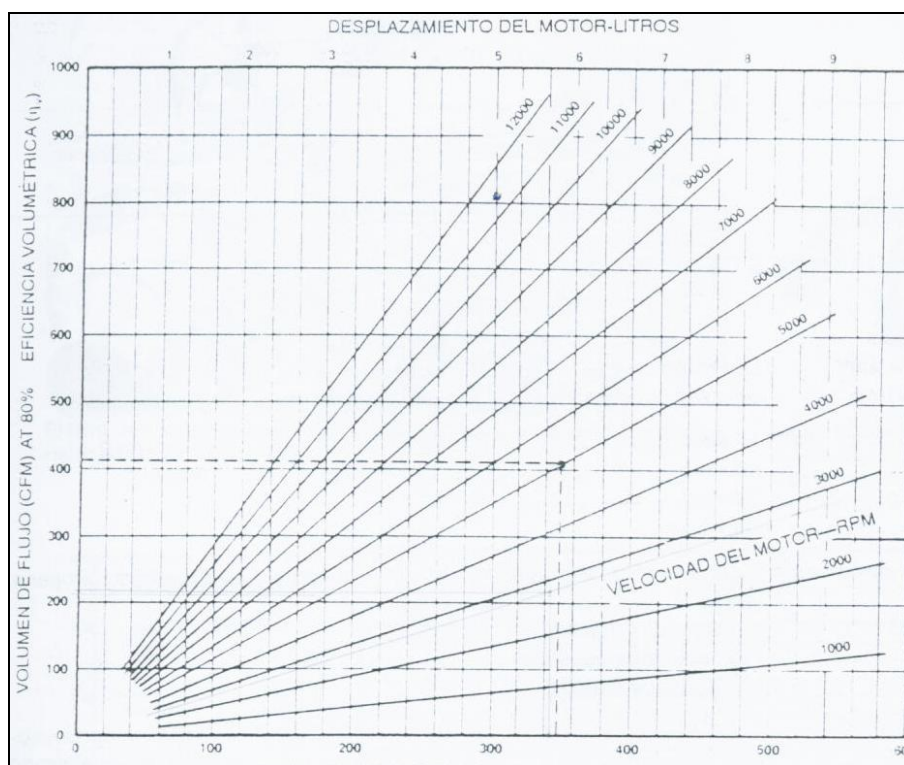
---

<sup>6</sup> Hugh Macinnes – Manual de turbocargadores, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana México 1994, 15-17.

**Tabla III.2 Aplicaciones de los turbocargadores.**

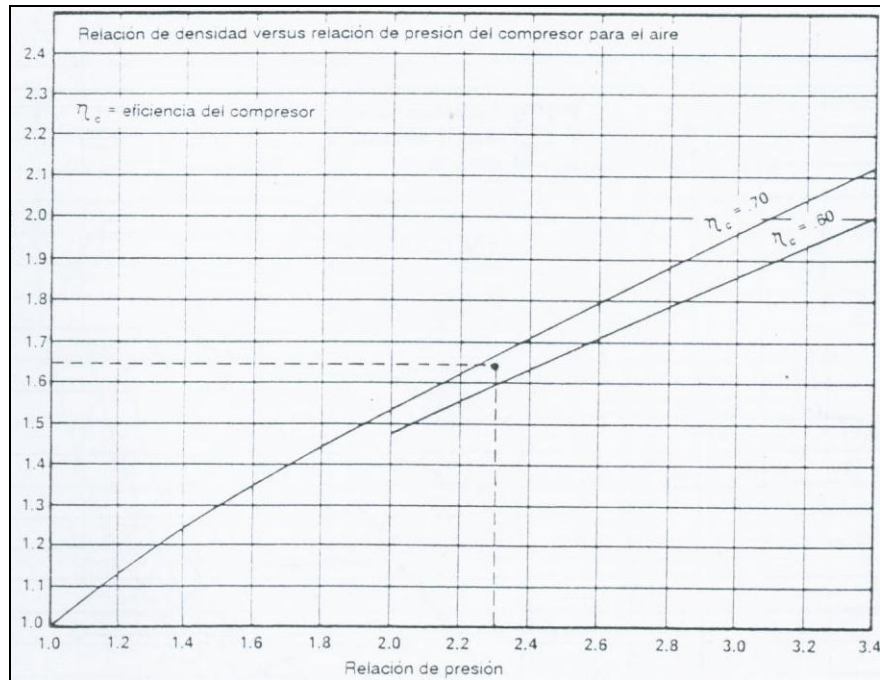
Aplicaciones de Turbocargadores				
Categoría	Rango de velocidad de motor para par motor máximo	Duración de potencia máxima	Presión de sobreelevación máxima	Combustible.
Vehículo de calle Camión o autobús Lancha de pesca deportiva	Tan amplio como sea posible Medio a alto Alto	10 segundos máximo Continuo Continuo	10 10 10	Propano o gasolina
Corredor en carretera Corredor de arrancones Lanchas de carreras cortas Lancha de arrincones	Tan amplio como sea posible Medio a alto Alto Alta	Algunos cortos, largos 10 segundos máximo Prácticamente continuo 10 segundos máximo	20 20 20 20	Gasolina o propano
Igual que arriba			30	Gasolina con inyección de agua/alcohol
Corredor de pista oval Lancha de carreras largas Lancha de arrincones	Media alta Alta Alta	Prácticamente continuo Continua 10 segundos máximo	45 45 45	Metanol
Pruebas de arrastre por tractor	Media a alta	2 minutos	40	Diesel
Pruebas de arrastre por tractor	Medio alto	2 minutos	110	Diesel

Una vez decidido el uso que se le va a dar al motor, deberán efectuarse varios cálculos. Las (Figuras 3.3 y 3.4), nos ayudarán a calcular los volúmenes de flujo del turbocargador en condiciones de pico.



**Figura 3.3 Volumen de flujo naturalmente aspirado para motores de 4 tiempos. La línea punteada corresponde a un motor de 400-CID a 5000 r.p.m.**





**Figura 3.4 Relación de densidad versus relación de presión.**

Por ejemplo en la (Tabla III.2), uso 2, inicie con un motor de 300-CID, con relación de compresión de 7:1, operando con una sobre elevación (boost) de 18-psi. Necesitará un turbocargador que a 5,000 r.p.m. llene estas condiciones.

Refiriéndose a la (Figura 3.3), empiece en 350-CI, como muestra en la línea punteada y trace una línea vertical hasta cortar la línea de 5,000 r.p.m. En este punto, trace hacia la izquierda una línea horizontal, hasta llegar a la escala de volúmenes de flujo. En este caso el motor utilizará 410-cfm. Esta grafica ha sido compensada para una eficiencia volumétrica del 80%, lo que es una cifra aceptable para motores de término medio.

En la (Figura 3.4) se muestra la relación de densidad del compresor contra la relación de presión para el aire dado que el turbocargador comprime considerablemente el aire en

comparación con condiciones ambientales, es necesaria esta gráfica para calcular la cantidad de aire que entra al compresor.

Todos los mapas de compresores centrífugos, se basan en condiciones de admisión. Para utilizar la gráfica, es necesario primero convertir presión de sobreelevación (boost) en relación de presión.

<sup>7</sup>Suponiendo que el motor operará aproximadamente a una altura de 1,000-Ft sobre el nivel del mar, donde la presión atmosférica es 14,3- psia , la relación de presión se calcula:

#### *Ecuación.1*

$$\text{Relación de presión} = \frac{\text{presión ambiental} + \text{presión de sobreelevación}}{\text{presión ambiental}}$$

*r* = relación de presión.

*Pa* = presión ambiental.

*Ps* = presión de sobreelevación.

$$r = \frac{pa + ps}{pa} \quad r = \frac{14.3 + 18}{14.3a} = 2.26$$

La mayor parte de la operación en los turbocargadores disponibles hoy en día se hace a una eficiencia del compresor de entre 60% y 70%, y por lo tanto en la gráfica se muestran esas dos líneas.

---

<sup>7</sup> Hugh Macinnes – Manual de turbocargadores, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana México 1994, 45-49.

En el ejemplo divido la diferencia y tomo el promedio, es decir 65%. Trace usted una línea vertical a partir de una relación de presión de 2.26 a una de las líneas de eficiencia. A partir de ahí trace una línea horizontal hacia la izquierda hasta la escala de la relación de densidad. La relación de densidad resultante es 1.62 .

Bajo las condiciones dadas en el ejemplo, el motor utilizará 1.62 veces más aire al utilizar el turbocargador. Regrese a la gráfica de volumen de flujo naturalmente aspirado, donde obtuvimos 410-cfm. Multiplique 410-cfm por la relación de densidad de 1.62 y obtendremos 664-cfm, a una relación de presión de 2.26. ahora ya puede estudiar los mapas de compresor de turbocargadores específicos.

Al trazar este punto en el mapa del compresor Rajay Modelo 300E, en la (*Figura 3.5*), este aparece a la derecha a una eficiencia de aproximadamente 55%. Como debe ser evitada cualquier eficiencia de compresor por debajo del 60%, habrá que buscar en otra parte.

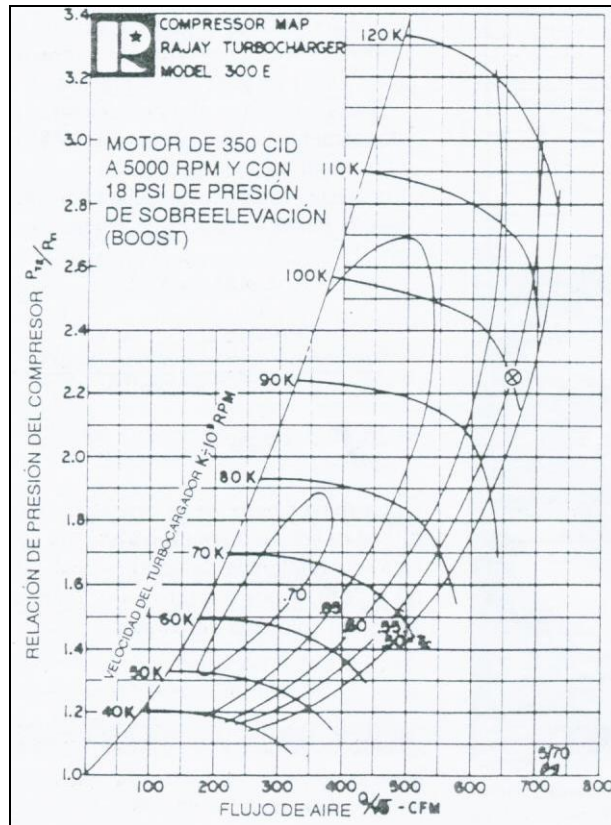
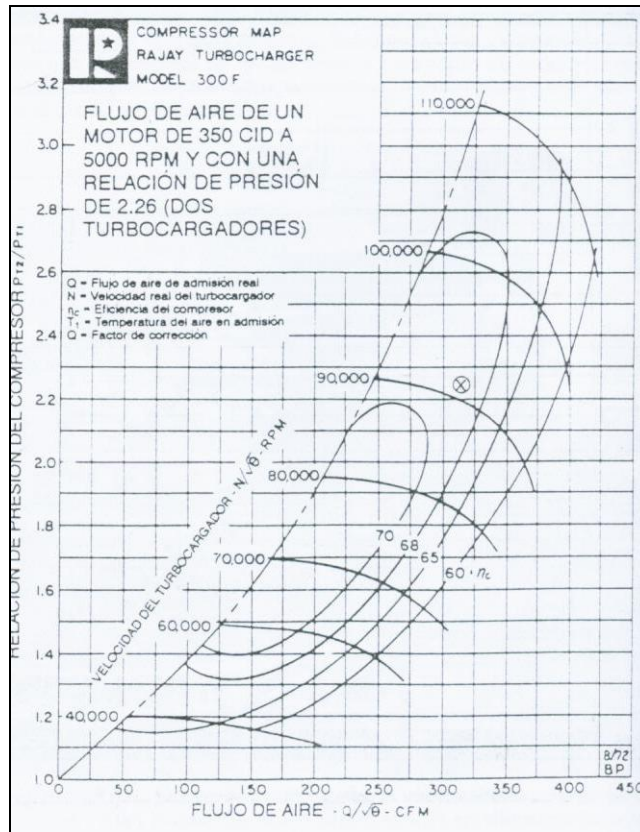


Figura 3.5 Mapa de compresor del Rajay Modelo 300E

Sin embargo se puede utilizar dos turbocargadores, cada uno de ellos con 332-cfm y una relación de presión de 2.26, este nuevo punto se ve como muy bueno en el mapa del Rajay 300F, (Figura 3.6) en este arreglo, aparecen en un área correspondiente a una eficiencia superior al 68%.



**Figura 3.6 Mapa de compresor del Rajay Modelo 300F**

Si se utiliza el Modelo T04B de Roto-Master, para instalación de un solo turbo, de contorno V-2 es marginal, según se observa en la (Figura 3.7), un contorno S-4 (Figura 3.8), funcionara bien en una instalación de dos turbos. En la (Figura 3.9), un R-11 de Roto-Master, sería suficiente para una instalación de un solo turbo.

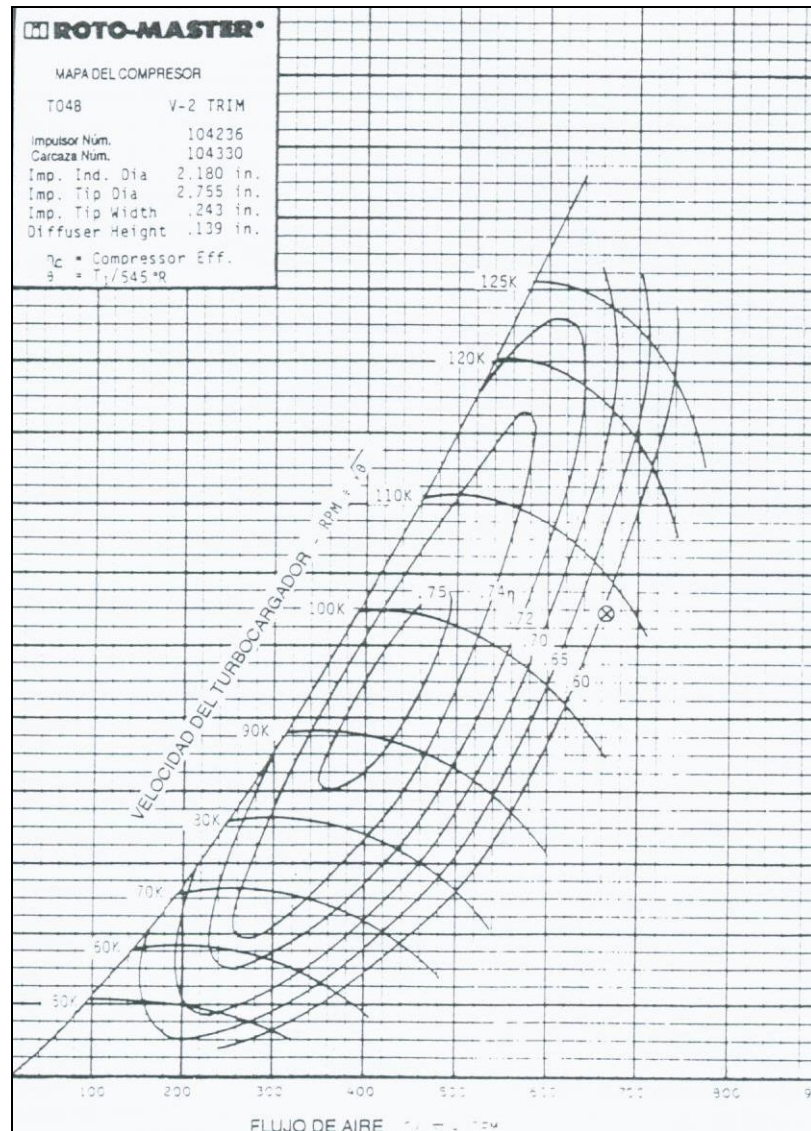


Figura 3.7 Mapa de compresor del Roto-Master T04B con trim V-2

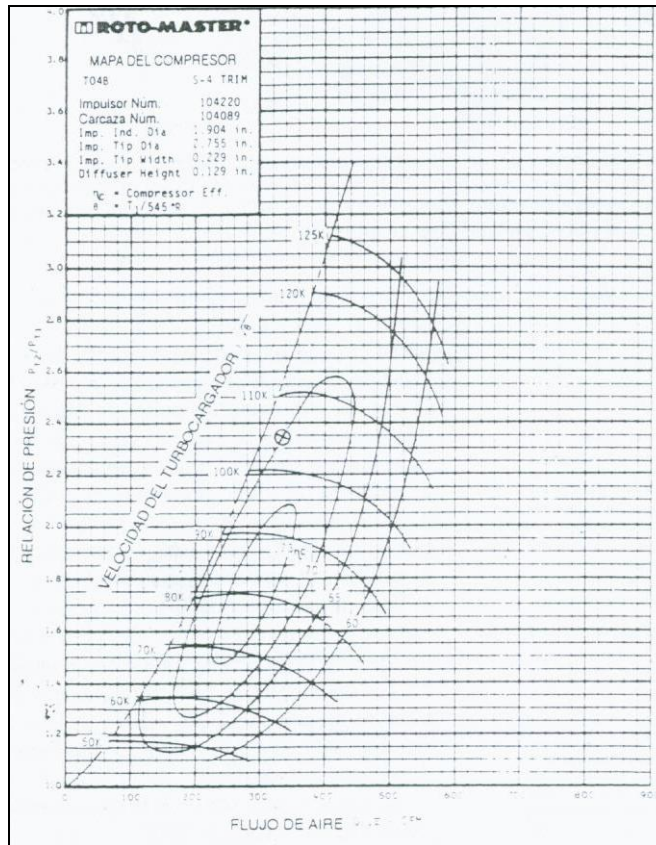
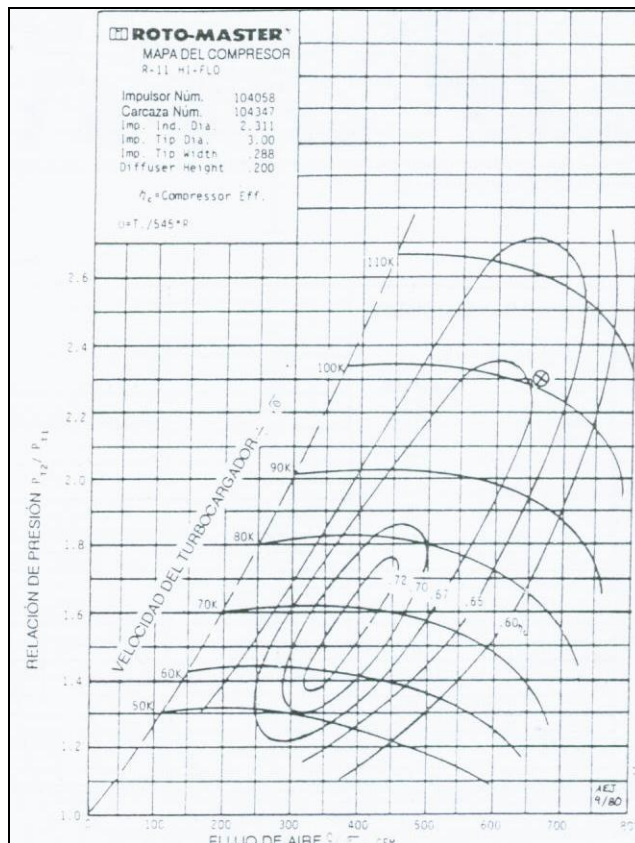


Figura 3.8 Mapa de compresor del Roto-Master T04B con trim S-4



**Figura 3.9 Mapa de compresor del Roto-Master Hi-Flo con trim R-11**

Esto implica que para una aplicación en específico, frecuentemente dará resultado más allá de un modelo o marca de turbocomprensor. Su selección no estará limitada a un solo tamaño. No estará obligado a sacrificar nada y ni a escoger un turbocomprensor que no se adapte bien con el motor.

### **3.9 CALCULOS PARA LA ADAPTACION DEL TURBOCOMPRESOR**

#### **3.9.1 Datos del motor Hino H07C.**

Tipo de Motor 4 tiempos diesel.

Cilindrada 5600cc = 342 CID

Relación de compresión: 20:1

Potencia Máxima: 180Hp – 2800 r.p.m.



### 3.9.2 Datos de altitud, Temperatura, Presión Atmosférica.

Altitud en Cotopaxi: 2800m, para cálculos consideré a la altitud de 3000m.

Transformación de metros (m), a pies (Ft), para transformar multiplico por el factor 3,2808(Ft)

$$3000 \times 3,2808 Ft = 9842.4 Ft$$

La presión atmosférica a 10000 Ft de altitud (3,000 m) es igual:

$$\text{Presión Atmosférica a 10.000 Ft} = 20.58 \text{ Plg}^* \text{Hg}$$

En lo que se refiere a la temperatura en Cotopaxi, varía debido a los cambios climáticos y a los cambios de temperatura por lo tanto trabajaré con una temperatura media ( $T_m$ ), para los cálculos realizo de la siguiente manera.

$$\text{Temperatura mínima} = (T_{min}) = 8^\circ C$$

$$\text{Temperatura máxima} = (T_{m\acute{a}x}) = 30^\circ C$$

$$T_m = \text{temperatura media} = ?$$

*Ecuación 2.*

$$T_m = (T_{m\acute{a}x} + T_{min}) / 2$$

$$T_m = (30^\circ C + 8^\circ C) / 2 = 19^\circ C = n$$

Transformación de grados °C a grados Fahrenheit (°F)

$$^{\circ}\text{C} \longrightarrow ^{\circ}\text{F}$$

$$(^{\circ}\text{C} * 1.8) + 32$$

$$(19^{\circ}\text{C} * 1.8) + 32 = 66.2^{\circ}\text{F}$$

### 3.9.3 Cálculo del Flujo Volumétrico ó rendimiento volumétrico.

Unidades = CFM = Pies por minuto cúbico.

Símbolo =  $n_v$

Con la cilindrada o desplazamiento en pies cúbicos 342(CID) del motor, voy a la gráfica de eficiencia volumétrica ( $n_v$ ) en la (Figura 3.3), leer la lectura al 80% y con la velocidad del motor a 2800rpm.

$$n_v = 220 \text{ CFM}$$

### 3.9.4 Cálculo de la eficiencia del compresor.

Sin unidades (adimensional),

Símbolo =  $n_c$

La eficiencia del compresor no es necesario calcular debido a que el fabricante ya toma en cuenta este dato al momento de diseñar el turbocompresor, el valor eficiencia del compresor está dentro del 60 y 70 %.

Para el cálculo de la eficiencia del compresor es necesario calcular la relación de presión (r), y utilizar el valor en la (Figura 3.4).

Presión ambiental = 20.58 Plg\*Hg

Presión sobreelevación Boost = 29 Psi

*Ecuación.3*

$$\text{Relación de presión} = \frac{\text{presión ambiental} + \text{presión de sobreelevación}}{\text{presión ambiental}}$$

*r = relación de presión.*

*Pa = presión ambiental.*

*Ps = presión de sobreelevación.*

$$r = \frac{pa + ps}{pa} \quad r = \frac{20.58 + (29 * 2.03)}{20.58} = 3.86$$

Dado la ecuación 4 es necesario calcular Y:

*Y = valores de aire normal y gases perfectos.*

*Ecuación 4.*

$$Y = r^{0.283} - 1$$

$$Y = 3.86^{0.283} - 1 = 0.465$$

### 3.9.5 Cálculo de elevación de temperatura ideal. ( $\Delta T_{ideal}$ )

*Ecuación 5.*

*$\Delta T_{ideal}$  = variación de la temperatura ideal.*

*Y = valores de aire normal y gases perfectos.*

*Tm = temperatura media.*

$$\Delta T_{ideal} = Y * Tm$$

$$\Delta T_{ideal} = 0.465 * (66.2^{\circ}F + 460^{\circ}F) = 244.68^{\circ}F$$

se añade 460°F debido a que este cálculo debe ser efectuado en temperaturas absolutas y en grados rankine.

### 3.9.6 Cálculo de la temperatura real. ( $\Delta T_{real}$ )

*Ecuación 6.*

$$\Delta T_{real} = \frac{\Delta T_{ideal}}{nc}$$

$\Delta T_{real}$  = variación de la temperatura real.

$\Delta T_{ideal}$  = variación de la temperatura ideal.

$nc$  = eficiencia del compresor.

$$\Delta T_{real} = \frac{244.683^{\circ}F}{0.65} = 376.435^{\circ}F$$

### 3.9.7 Cálculo de temperatura en el múltiple de admisión.

*Ecuación 7.*

$$T_{mad} = T_m + \Delta T_{real}$$

$T_{mad}$  = Temperatura en el múltiple de admisión.

$\Delta T_{real}$  = variación de la temperatura real.

$$T_{mad} = 66.2^{\circ}F + 376.435^{\circ}F = 442.634^{\circ}F$$

### 3.9.8 Cálculo de relación de densidad. ( $R\partial$ )

*Ecuación 8.*

$$R\partial = \left( \frac{T_m}{T_{mad}} \right) * r$$

$R\partial$  = relación de densidad.

$T_m$  = temperatura media.

$T_{mad}$  = temperatura en el múltiple de admisión.

$$R\partial = \left( \frac{66.2^\circ F + 460^\circ F}{442.624^\circ F + 460} \right) * 3.86 = 2.25$$

### 3.9.9 Cálculo de Flujo a la entrada del compresor. ( $F_{entrada}$ )

*Ecuación 9.*

$$(F_{entrada}) = F_{salida} * R\partial$$

$F_{entrada}$  = Flujo de entrada.

$F_{salida}$  = Flujo de salida.

$R\partial$  = relación de densidad.

$$(F_{entrada}) = 220cfm * 2.25 = 495CFM$$

Para obtener este parámetro en Libras/minuto en vez de CFM, es necesario hacer la conversión multiplicando el flujo por un factor de conversión de 0.06 para encontrar el flujo correcto, ya que la mayor parte de los diseñadores especifican los compresores en (Lb/min).

$$(F_{entrada}) = 495CFM * 0.06 = 29.7Lb/min$$

### 3.10 MONTAJE DEL TURBOCOMPRESOR.

#### 3.10.1 Precauciones generales

Al instalar el turbocompresor se debe tomar en cuenta los siguientes precauciones:

1. Verifique los elementos y conductos adaptar estén correctamente adecuados especialmente los conductos de lubricación.
2. Inspeccione que los conductos se encuentren limpios, antes de instalar los conductos pulverice con aire.
3. Revise materiales extraños, suciedad en los múltiples antes de colocar él turbo.
4. Realice el ajuste correcto para impedir fugas en el sistema turbocargador.

#### 3.10.2 Procedimiento de instalación.

1. Instale el empaque del turbo (*Figura 3.10*).



**Figura 3.10 Colocación empaque del turbo.**

2. Instale el turbo y realice el ajuste especificado por el fabricante, (40Lb/Ft) (*Figura 3.11*).



**Figura 3.11 Colocación del turbo.**

3. Instale el empaque del múltiple de aire.
4. Instale el bufle del turbo, con la manguera que acopla el múltiple de admisión y el compresor como indica en la (*Figura 3.12*), y sus respectivas abrazaderas.



**Figura 3.12 Colocación del empaque, bufle.**

5. Coloque  
correctamente los respectivos pernos y abrazaderas, realice el ajuste apropiado (20Lb/plg). Para impedir el ingreso de polvo, o materiales que perjudiquen al funcionamiento del motor.
6. Inspeccione que los  
elementos se encuentren correctamente ajustados.

### **3.10.3 Adaptación de los conductos de lubricación hacia él turbo.**

Es indispensable conocer cual es el recorrido y en que condiciones fluye el aceite del motor, el engrase de los cojinetes de apoyo del eje del turbocompresor, es de vital importancia y requiere un caudal de aceite elevado, de lo que implica la implantación en el motor de una bomba de aceite mayor de la que es necesaria para un motor de aspiración natural. Igualmente, es preciso que el filtrado del aceite sea más escrupuloso, para lo que se requiere de un filtro de aceite de mayor calidad.

En la (*Figura 3.13*) implante el conducto de lubricación desde la base del filtro de aceite, lugar donde el caudal es el mismo en el circuito y por lo tanto suficiente para la lubricación de los cojinetes de apoyo del eje del turbocompresor.

7. Antes de instalar el conducto de lubricación es necesario comprobar que no se encuentre ningún material extraño, como limpiar las paredes de acoplamiento.



- Coloqué el conducto junto con sus neoplos de lubricación y respectivas arandelas de aluminio las cuales impiden la fuga de aceite.



**Figura 3.13 Instalación del conducto de lubricación.**

- Coloque el conducto anterior hacia la entrada de lubricación del turbo, verifique si interiormente se encuentra con su empaquetadura de (caucho) y al mismo tiempo centré sobre la base, con sus respectivos pernos (*Figura 3.14*).



**Figura 3.14 Centrado placa de lubricación.**

- Realicé el ajuste correcto de la placa (25Lb/plg) y del neplo de aceite (20Lb/plg).
- También es necesario que el mismo aceite regrese hacia el cárter ó depósito de aceite, en la parte inferior del

compresor consta de un orificio de retorno, la cual va conectada al bloque de cilindros (*Figura 3.15 y 3.16*)

12. Verifique que los conductos se encuentren limpios como también las partes a acoplarse.
13. Centre el conducto en la parte inferior del compresor, con sus respectivos pernos, y es necesario de una pega especial para el empaque él impide la fuga de aceite.



Figura 3.15 Centrado del conducto de retorno.

14. Mientras que el otro extremo de igual forma centre en la parte inferior del bloque de cilindros, con sus respectivos pernos.



Figura 3.16 Instalación del bufle de aire.

15. Realice el ajuste requerido, a los extremos (25 Lb/plg).
16. Inspeccione todos los ajustes con la herramienta adecuada y al ajuste especificado.

## **IV FUNCIONAMIENTO, PRUEBAS, CONTROL Y MANTENIMIENTO DEL MOTOR DIESEL HINO H07C ADAPTADO CON TURBOCOMPRESOR.**

### **4.1 ARMADO E INSTALACIÓN FINAL.**

La secuencia de instalación de los componentes restantes, varía de acuerdo al diseño del motor y de su equipo auxiliar, estos componentes comprenden: la cubierta de válvulas, bomba de agua, bandas, controles, conexiones eléctricas, conductos de combustible, filtros de combustible, bombas de suministro etc. Asegurarse que se sigan las especificaciones de sincronización como indica el manual de servicio.



**Figura 4.1 Bomba de suministro manual.**

En lo que se refiere al sistema de combustible, revise que los elementos se encuentren en buen estado y realice el cebado del sistema de alimentación de combustible (diesel), empiece aflojando la válvula de entrada de combustible, y por medio de la bomba de suministro manual (*Figura 4.1*), cebe hasta constatar que no exista aire en los conductos, realice el ajuste de

la válvula, e inspeccione que no haya fugas de combustible, si es necesario repare las averías encontradas.

Cierre todos los tapones de aceite y agua, abra las válvulas de purga especificadas en el sistema de enfriamiento y llene el sistema con agua, asegúrese que se haya purgado el aire del sistema, cierre las válvulas de purga y rellene agua hasta el nivel especificado, revise si no hay fugas, y corríjalas sí es necesario.

Inspeccione el tapón del cárter que se encuentre con su ajuste especificado, (Figura 4.2).



**Figura 4.2 Tapón del cárter.**

Llene el cárter con la cantidad y especificaciones del aceite lubricante como recomienda el manual de servicio. Realice el procedimiento de la (Figura 4.3) para instalar el filtro de aceite, utilice los filtros recomendados por el fabricante (Tabla IV.1).

**Tabla IV.1**

<b>Motor HINO H07C</b>	<b>Serie</b>	<b>Calidad</b>	<b>Cantidad</b>
Filtro de combustible	034	x	1
Filtro de aceite	3766	x	1
Diesel	x	Indice de cetano 45	∞
Aceite	x	25W50	3 1/2Gls

- a. Limpie la base del filtro a instalar.
  - b. Llene con aceite el filtro a instalar.
  - c. Lubrique el empaque del filtro.
- Enrosque el filtro en la base.
- Realice el ajuste correcto del filtro.
- Revise que no haya fuga alguna.
- d. Llene el aceite especificado en el motor.
  - e. Revise el ajuste del filtro como el tapón del tapa válvulas.
  - f. Motor turboalimentado.

a. Filtro a instalar.



b. Llenado de aceite en el filtro.



c. Lubricación del filtro.

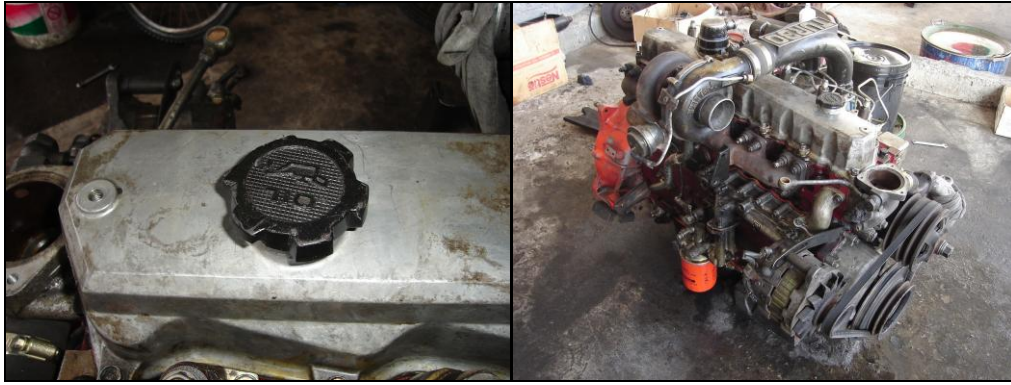


d. Llenado de aceite al motor.



e. Revisión del tapón.

f. Motor turboalimentado.



**Figura 4.3 Instalación del filtro.**

## **4.2 PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE.**

### **4.2.1 Precauciones.**

Se debe hacer hincapié que el técnico debe permanecer siempre presente; antes, durante y después del arranque, de modo que pueda detectar cualquier defecto de operación.

Se deberá vigilar constantemente los instrumentos, presión de aceite, nivel de temperatura y revoluciones del motor.

Si en cualquier ocasión durante la puesta en marcha del motor, desarrolla alguna de las siguientes características anormales de funcionamiento, se debe parar inmediatamente el motor e investigar la causa y corregirla antes de seguir con el procedimiento.

1. Cualquier ruido comprometido, como golpes, rozamiento, etc.
2. Bajada brusca en la presión de aceite. Como regla general la presión del aceite del motor será entre  $45 - 75 \text{ Lb/plg}^2$  ( $310 - 517 \text{ KPa}$ ,  $3 - 5.3 \text{ Kg/cm}^2$ ), dependiendo del tipo de motor, velocidad y viscosidad del aceite.

3. Si la temperatura del aceite sube y sobrepasa los 240°F (115°C).
4. Si la temperatura del agua sobrepasa los 200°F(93.3°C).
5. Si hay fuga de aceite o de agua de enfriamiento.
6. Si la temperatura del escape supera los límites máximos recomendados.

#### **4.2.2 Puesta en operación del motor HINO, turboalimentado.**

Gire el motor con el paro (ahogador) puesto hasta que se observe la presión del aceite en el manómetro.

Suelte el paro y arranque el motor, trabaje a 800 – 1000 r.p.m., sin carga, durante 3 – 5 minutos, revise la presión del aceite, temperatura, y fugas probables, golpeteos, etc. Y no se observe ninguna dificultad, revise niveles de agua, y aceite.

Dado que el motor arrancó estacionario deje que opere a ralentí, durante 1 hora, no rebasé las r.p.m. especificadas.

Apague el motor y verifique el apriete de, abrazaderas, mangueras, tornillos de los múltiples, etc., realice la comprobación de ajuste del cabezote, etc. De acuerdo a lo que especifica el fabricante.

### **4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR HINO H07C CON TURBOCARGADOR.**

#### **4.3.1 Comprobación de la velocidad del motor.**

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:

- a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
  - c. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
  - d. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - e. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
  - f. Transmisión en posición neutro “N”
2. Encienda el motor, mantenga la velocidad del motor a “ralentí”.
  3. Conecte el multímetro automotriz con sus cables en el sensor de velocidad y con el selector del multímetro en la escala de r.p.m. compruebe la velocidad, (Figura 4.4).



**Figura 4.4 Comprobación del ralenti.**

4. Regule la velocidad de ralenti, (300 - 500 r.p.m.)
  - a. Comprué que la palanca de regulación haga contacto con el tornillo de regulación cuando se libera el pedal de aceleración.
5. Apague el motor, y revise el ajuste de la articulación.

#### **4.3.2 Presión de aceite y lubricación del turbo.**

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.



- c. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - d. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
  - e. Transmisión en posición neutro “N”
2. Conecte el manómetro en el circuito de presión de aceite, (base del filtro de aceite).
  3. Encienda el motor, mantenga la velocidad a “Ralentí”.
  4. Compruebe la presión de aceite. Como regla general la presión del aceite del motor será entre 45 – 75 Lb/plg<sup>2</sup> (310 – 517KPa, 3 – 5.3Kg/cm<sup>2</sup>).
  5. Apague el motor.
  6. Desconecte el manómetro, realice el ajuste correcto de la válvula aflojada.
  7. Manualmente verifique con la ayuda de una llave, afloje y al mismo tiempo compruebe la lubricación como se ve en la (Figura 4.5). Finalmente ajuste la válvula aflojada.

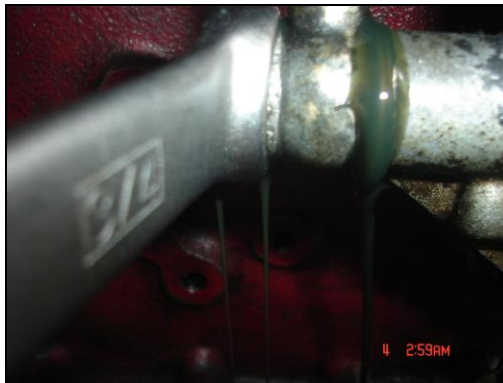


Figura 4.5 Comprobación de la lubricación del turbo.

#### 4.3.3 Presión de aceite y lubricación en la bomba de inyección.

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
  - c. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
  - d. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - e. Distribución de la inyección correctamente ajustada.

- f. Transmisión en posición neutro “N”
2. Conecte el manómetro al circuito de aceite de la bomba de inyección.
3. Encienda el motor, mantenga la velocidad a “ralentí”.
4. Compruebe la presión de aceite. Como regla general la presión del aceite del motor será entre 45 – 75 Lb/plg<sup>2</sup> (310 – 517KPa, 3 – 5.3Kg/cm<sup>2</sup>).
5. Apague el motor.
6. Afloje la válvula de entrada de lubricación conectada a la bomba de inyección, compruebe la lubricación, (*Figura 4.6*) y ajuste la válvula aflojada.



**Figura 4.6 Comprobación de la lubricación a la bomba de inyección.**

#### **4.3.4 Lubricación en el tren de balancines y la culata.**

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
  - c. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
  - d. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - e. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
  - f. Transmisión en posición neutro “N”
2. Encienda el motor, mantenga la velocidad a “ralentí”.

3. Compruebe la circulación de aceite, por el tren de balancines (verifique sacando la tapa válvulas o simplemente el tapón del tapa válvulas), (*Figura 4.7*), realice una muestra con el dedo.



**Figura 4.7 Comprobación de la lubricación en el tren de balancines y válvulas**

#### **4.3.5 Temperatura del agua.**

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - g. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
    - a. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
    - b. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
    - c. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
    - d. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
    - e. Transmisión en posición neutro “N”
2. Conecte el multímetro automotriz en la escala de temperatura (T/°C), y con el cable de temperatura inserte en el agua del motor donde se sitúa el termostato.
3. Encienda el motor. En “ralentí”, en un lapso de 10 minutos compruebe la temperatura, (*Figura 4.8*).



**Figura 4.8 Comprobación de la temperatura del refrigerante.**

4. Compruebe la temperatura de funcionamiento. (75 – 85°C).
5. Apague el motor

#### **4.3.6 Temperatura del aceite.**

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
  - c. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
  - d. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - e. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
  - f. Transmisión en posición neutro “N”
2. Conecte el multímetro automotriz en la escala de temperatura (T/°C), y con el cable de temperatura inserte en una válvula de la base del filtro de aceite, (*Figura 4.9*).

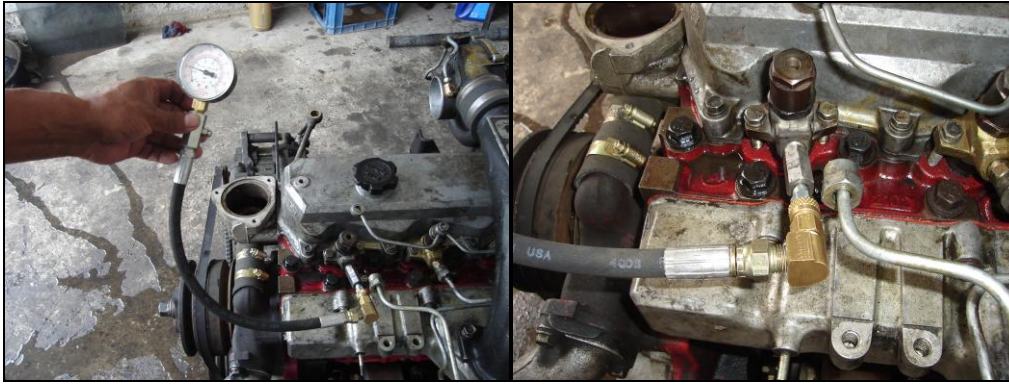


**Figura 4.9 Comprobación de la temperatura del aceite.**

3. Encienda el motor. En “ralentí”, en un lapso de 10 minutos.
4. Compruebe la temperatura de funcionamiento del aceite. (115°C).
5. Apague el motor.

#### **4.3.7 Presión de compresión del motor.**

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
  - c. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
  - d. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - e. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
  - f. Transmisión en posición neutro “N”.
  - g. Baterías bien cargadas. (24V).
  - h. Realizar la medición en el tiempo más corto.
2. Desconecte el bufle de aire.
3. Desmonte el inyector de cada cilindro.
4. Conecte el medidor de compresión con su respectivo acople, (Figura 4.10).



**Figura 4.10 Comprobación de la presión de compresión.**

5. Encienda el motor, mientras se enciende, el varillaje de aceleración abierto 100%, y el varillaje de corte de combustible (ahogador) en posición de apagado.
6. Mientras gira el motor, mida la presión de compresión en el medidor, (Figura 4.11).



**Figura 4.11 Lectura de compresión del motor.**

7. Repita los pasos 4 – 6 para cada cilindro.
8. compare los siguientes resultados:
  - a. Presión de compresión: 32Bares ó 455psi, o mayor.
  - b. Presión mínima: 20Bares, 284psi.
  - c. Diferencia entre cada cilindro: 5Bares, 75psi.
  - d. Si la presión de compresión de uno o más cilindros es baja, eche una pequeña cantidad de aceite de motor en el orificio a través del orificio de la bujía incandescente y repita los pasos 4 – 6 para el cilindro que tenga baja compresión.

- e. Si el añadir aceite aumenta la compresión, lo más probable es que los segmentos del pistón y/o el cilindro estén desgastados y deteriorados.
- f. Si la presión permanece baja, puede haber una válvula agarrotada o con asiento incorrecto, puede haber filtraciones por la superficie de la junta de la culata.

9. Reinstale los inyectores.

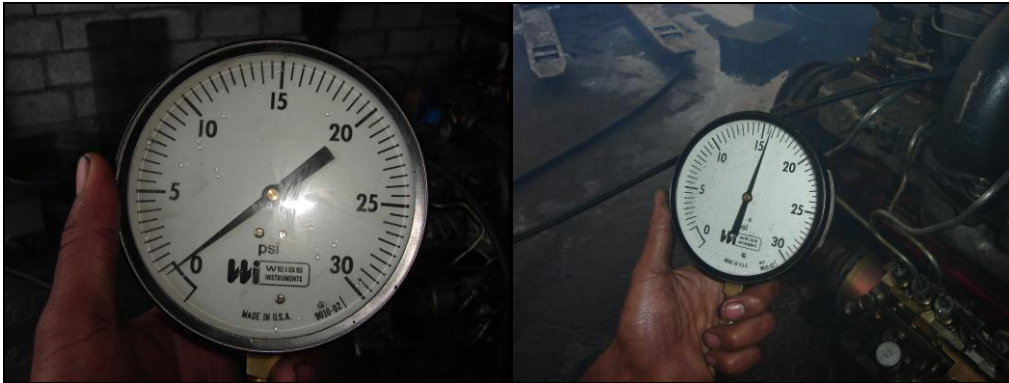
#### 4.3.8 Presión de admisión del turbo.

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
  - c. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
  - d. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - e. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
  - f. Transmisión en posición neutro “N”.
  - g. Realizar la medición en el tiempo más corto.
2. Desmonte el perno ubicado en el bufle de aire.
3. Conecte el medidor de presión del turbo con su respectivo acople, (Figura 4.12).



Figura 4.12 Comprobación de la presión del turbo.

4. Encienda el motor a ralentí, mientras se enciende, parta desde ralentí hasta una carga máxima, con el acelerador abierto al 100% de su funcionamiento.
5. Mientras acelera el motor, mida la presión del turbo, con el medidor, (Figura 4.13).



**Figura 4.13 Lectura de la presión del turbo.**

6. compare los siguientes resultados:
  - a. Presión del turbo:  $1\text{Kg}/\text{cm}^2$  (14.5psi) o mayor.
  - b. Presión mínima:  $0.035\text{Kg}/\text{cm}^2$  (0,5psi).

#### **4.3.9 Prueba de funcionamiento con un turbo en malas condiciones.**

1. Las condiciones iniciales para regulación del motor:
  - a. Motor a temperatura normal de funcionamiento (75 – 85°C).
  - b. Todos los accesorios desconectados, luces, radio, etc.
  - c. Todas las líneas de vacío correctamente conectadas.
  - d. Holgura de válvulas correctamente ajustados.
  - e. Distribución de la inyección correctamente ajustada.
  - f. Transmisión en posición neutro “N”.
  - g. Baterías bien cargadas. (24V).
2. Encienda el motor a ralentí durante unos 5 minutos.



4. Empiece a acelerar suavemente hasta una velocidad considerable. Y observe al turbo específicamente a la roseta de la salida de gases de escape, (*Figura 4.14*).



**Figura 4.14 Turbo en malas condiciones.**

5. Observe que por la roseta se mojaba de aceite, lo cual quiere decir que él turbo se encuentra desgastado y es necesario la reparación ó la instalación de un turbo nuevo.
6. Apague el motor y repare él turbo o instale un nuevo.

#### **4.4 REVISIÓN DE LOS COMPONENTES DE INSTALACIÓN.**

##### **4.4.1 Precauciones Generales.**

<sup>8</sup>Al dar mantenimiento a los sistemas de aspiración y escape, se deberán tomarse en cuenta las precauciones que redacto a continuación:

1. Tener cuidado de no dañar las partes por mal manejo, almacenamiento inadecuado o uso impropio de herramientas y equipo: partes como, los elementos del filtro de aire y los elementos del turbocargador se dañan fácilmente. Use la herramienta adecuada del modo recomendado y en secuencia presentada por el manual de servicio.

---

<sup>8</sup> Frank J. Thiessen – Manual de Mecánica Diesel, Ed. Prentice Hall, Colombia, 1990

2. Tener presente el peligro que representan los componentes calientes del motor, especialmente el sistema de enfriamiento y escape.
3. Tener cuidado con las partes rotatorias cuando se revise los componentes del motor, en operación. Por ejemplo el ventilador del motor, las bandas y el conjunto móvil del turbocargador.
4. No poner al alcance de partes en movimiento la ropa, manos, cables eléctricos, mangueras, herramienta, o materiales de limpieza como, franelas o guaipe.
5. Tener presente el peligro que representa la posibilidad de que el sistema de inducción abierto succione polvo, trapos, y papel mientras trabaja el motor.
6. Siempre tener bien claro cómo detener rápidamente el motor en caso de emergencia.

En conclusión estar concentrado para evitar algún accidente de trabajo.

#### **4.4.2 Tabla de diagnóstico.**

##### **Sistema de inducción y escape**

##### **1. Falta de potencia en el motor.**

- a. Elemento de filtro sucio.
- b. Tubo de aire antes del turbocargador, obstruido o dañado.
- c. Múltiple de admisión obstruido o dañado.
- d. Objeto extraño entre el filtro de aire y el turbocompresor.
- e. Objeto extraño en el sistema de escape.
- f. Bridas, abrazaderas y/o tornillos del turbo flojas.
- g. Múltiple de admisión roto, empaques rotos y/o conexiones flojas.
- h. Sistema de escape obstruido.
- i. Conducto de alimentación de aceite obstruido.

- j. Anillos gastados.
- k. Demasiada acumulación de polvo en la carcasa del compresor.
- l. Demasiada acumulación de carbón detrás del rotor de la turbina.
- m. Funcionamiento defectuoso de la bomba de combustible.
- n. Inyectores gastados o dañados.
- o. Válvulas quemadas.
- p. Pistones quemados.
- q. Baja viscosidad del aceite.

## **2. Humo negro.**

- a. Elemento de filtro sucio.
- b. Tubo de aire antes del turbocargador obstruido o dañado.
- c. Flojas las bridas, abrazaderas o tornillos del turbocargador.
- d. Múltiple de admisión roto, sus empaques faltan o flojos. Conexiones flojas.
- e. Sistema de escape obstruido.
- f. Carcasa de la turbina dañada u obstruida.
- g. Cojinetes gastados.
- h. Demasiada acumulación de polvo en la carcasa del compresor.
- i. Demasiada acumulación de carbón detrás del rotor de la turbina.
- j. Funcionamiento defectuoso de la bomba de combustible.
- k. Inyectores gastados o dañados.
- l. Sincronización de válvulas.
- m. Válvulas quemadas.
- n. Anillos de pistón gastados.
- o. Pistones quemados.

- p. Filtro de aceite sucio.
- q. Alta viscosidad del aceite.
- r. Baja viscosidad del aceite.

### **3. Humo azul.**

- a. Elemento de filtro sucio.
- b. Tubo de aire antes del turbocargador obstruido o dañado.
- c. Demasiada acumulación de polvo en la carcasa del compresor.
- d. Demasiada acumulación de carbón detrás del rotor de la turbina.
- e. Demasiada pulverización al motor.
- f. Caja central carbonizada o lodosa.

### **4. Consumo excesivo de aceite.**

- a. Respiradero del cárter tapado.
- b. Flojas las bridas, abrazaderas o tornillos del turbocargador.
- c. Conducto de drenaje de aceite obstruido.
- d. Fuga en la junta de la carcasa del turbocargador.
- e. Cojinetes, anillos gastados.
- f. Filtro de aceite sucio.
- g. Baja viscosidad del aceite.
- h. Alta viscosidad del aceite.

### **5. Demasiado aceite en el lado de la turbina.**

- a. Respiradero del cárter tapado.
- b. Conducto de alimentación de aceite obstruido.
- c. Conducto de drenaje de aceite obstruido.
- d. Cojinetes gastados.
- e. Demasiada acumulación de carbón detrás del rotor de la turbina.
- f. Filtro de aceite sucio.
- g. Baja viscosidad del aceite.
- h. Alta viscosidad del aceite.

**6. Demasiado aceite en el lado del compresor.**

- a. Elemento de filtro sucio.
- b. Respiradero del cárter tapado.
- c. Múltiple de admisión roto, sus empaques faltan o flojos.  
Conexiones flojas.
- d. Conducto de alimentación de aceite obstruido.
- e. Fuga en la junta de la carcasa del turbocargador.
- f. Cojinetes gastados.
- g. Demasiada acumulación de polvo en la carcasa del compresor.
- i. Filtro de aceite sucio.
- j. Baja viscosidad del aceite.
- k. Alta viscosidad del aceite.

**7. Lubricación insuficiente.**

- a. Uso de aceite de motor inadecuado.
- b. Conducto de alimentación de aceite obstruido.
- c. Demasiada acumulación de carbón detrás del rotor de la turbina

- d. Aceleración brusca al arranque inicial (retraso de aceite).
- e. Muy poco tiempo de calentamiento.
- f. Filtro de aceite sucio.

#### **8. Rotor del compresor, turbina dañados.**

- a. Filtro de aire en pésimo estado
- b. Falta elemento del filtro, se fuga, no sella correctamente, conexiones flojas dl turbocargador.
- c. Objeto extraño entre el filtro de aire y el turbocompresor.
- d. Múltiples de escape roto, sus empaques flojos o fallan, conexiones flojas.
- e. Cojinetes gastados.
- f. Filtro de aceite sucio.
- g. Baja viscosidad del aceite.
- h. Alta viscosidad del aceite.

#### **9. Rozamientos o atascamiento en el conjunto rotatorio.**

- a. Falta ele elemento del filtro, se fuga, no sella correctamente, conexiones flojas dl turbocargador.
- b. Objeto extraño entre el filtro de aire y el turbocompresor.
- c. Objeto extraño en el sistema de escape.
- d. Flojas las bridas, abrazaderas o tornillos del turbocargador.
- e. Lubricación insuficiente.
- f. Aceite lubricante contaminado con tierra u otro material
- g. Conducto de alimentación de aceite obstruido.
- h. Cojinetes gastados.
- i. Fugas en el conducto de alimentación de aceite.

#### **4.4.3 Servicio a los filtros de aire.**

A medida que el filtro se carga polvo, aumenta el vacío del lado del motor en el filtro, afectando así al desempeño del motor.

**NOTA: el intervalo de limpieza de los elementos: filtro de aire, conductos, circuito de aire. Oscila entre 9,000Km y 12,000Km. Como la reposición del filtro de aire oscila entre 36,000Km y 48,000Km, según el modelo del motor y la situación geográfica.**

La duración del motor varía y depende de la frecuencia de servicio, en caso de limpieza seguir el siguiente proceso:

1. Después de sacar los elementos que aseguran el filtro, inspeccione visualmente para ver si están dañados, si es así debe ser reemplazado, si el filtro no se encuentra dañado, se deberá limpiar.
2. Quite el polvo suelto del filtro con aire comprimido, o con una manguera de agua, con la tobera a una distancia de 1 plg del elemento.

**Precaución: aire comprimido a 100Lb/plg<sup>2</sup> o 7Kg/cm<sup>2</sup> máximo.**

3. Comprobar cada una de las conexiones, que se encuentren en buen estado, inspeccionar si hay agujeros, conexiones flojas, para evitar el ingreso de contaminantes y así proteger al motor.
4. Instale el filtro luego de que se compruebe, que todas las conexiones se encuentren reparadas.

#### **4.4.4 Servicio a los filtros de combustible.**

Las cuatro principales funciones que se requieren de un filtro de combustible son las siguientes:

1. Filtración de cualquier impureza.
2. Menos resistencia del flujo de combustible.
3. Estabilidad en el rendimiento.
4. Larga vida de servicio.

Hino utiliza dos filtros de combustible similares en el circuito de combustible – un prefiltro y un filtro principal para maximizar el efecto de filtración.

**Prefiltros:**

Filtran 95% de impurezas y resinas de 50 micrones o más, (1 micrón = 1/1,000mm).

**Filtros principales:**

Filtra 95% de impurezas de 20 micrones microscópicos, tales como arena y tierra que contiene el combustible.

Técnicamente es posible eliminar 100% de todas las impurezas, pero permite pasar un 5% sin filtrar para proteger el filtro y evitar que se tape, asegurando así un rendimiento estable.

**NOTA: ¡Se debe cambiar el filtro de combustible genuino marca HINO cada 15,000Km!**

#### **4.4.5 Servicio al motor, y los filtros de aceite.**

Las funciones principales que tiene que hacer el aceite en el motor son:

**Lubricar** las superficies metálicas, minimizando el contacto entre las partes móviles.

**Enfriar** el motor al disipar el calor generado por la fricción y la combustión.



**Mantener limpio** el motor manteniendo en suspensión el polvo y los fragmentos metálicos para eliminarlos durante el cambio de aceite.

**Formar un sello** entre los anillos del pistón y la pared del cilindro para aumentar la compresión y reducir las pérdidas de presión.

**Silencia** el motor, pues amortigua el ruido creado por las partes móviles.

De acuerdo al manual del fabricante es necesario que el motor se limite a las especificaciones recomendadas en el uso de aceite, para lograr dar mayor vida al motor: el aceite recomendado por SAE y API es 25W50, el cual supera el requisito del Instituto Americano del Petróleo (API), bajo las siguientes características:

- Excelente control de depósitos a altas temperaturas.
- Baja volatilidad.
- Control de aireación y espuma.
- Buena bombeabilidad a bajas temperaturas.
- Alta estabilidad térmica, y a la oxidación.
- Menor consumo de aceite.
- Minimiza el desgaste del motor en el momento de arranque.
- Eficiencia en el consumo de combustible.

**NOTA: ¡Se debe cambiar el aceite y filtros cada 4,000Km.!**

#### **4.4.6 Servicio al turbocargador.**

La mayor parte de fallas de los turbocargadores son causadas por una de tres razones básicas: falta de lubricante, entrada de objetos extraños, y contaminación del lubricante, es por eso que el motor, indica síntomas comunes como son: 1. El motor no alcanza su potencia, 2. Humo negro, 3. Humo azul y consumo excesivo de aceite, 4. Operación ruidosa del turbocargador.

- Revise el filtro de aire.

- Revise los conductos desde el filtro de aire hasta el turbo y busque acumulaciones de polvo u objetos extraños.
- Busque que abrazaderas pueden estar flojas en las conexiones a la salida del compresor, y revise el sistema de aspiración del motor, para detectar si hay tornillos flojos, o empaques que se fuguen.
- Revise el juego axial de la flecha del turbo, cualquiera de los rotores no debe tocar a la carcasa cuando se gire con la mano.

#### 4.4.7 MANTENIMIENTO.

<sup>9</sup>Es importante dar un mantenimiento periódico al motor, en la cual el mecánico y propietario del vehículo deberá conocer la siguiente información para dar un correcto mantenimiento, revisar las siguientes tablas de mantenimiento (*Tablas IV.2, IV.3, IV.4*).

**Tabla IV.2 Mantenimiento del motor HINO.**

<b>Cambio de aceite</b>	
	<b>Kilometraje</b>
Motor	4,000Km
<b>Sustitución de filtros</b>	
	<b>kilometraje</b>
Aceite	4,000Km
Combustible	15,000Km
Prefiltros de combustible	8,000Km
Aire	48,000Km
<b>Inspección y Limpieza de filtros</b>	

<sup>9</sup> Teojama Comercial – Manual de especificaciones, Japón, 1995

	<b>kilometraje</b>
Conductos de admisión	4,000Km
Conductos de escape	4,000Km
Filtro de aire	9,000 – 12,000Km
Turbocompresor	4,000
<b>Calibración de:</b>	
	<b>kilometraje</b>
Bomba de inyección	600,000Km
Inyectores	60.000Km
Válvulas del motor	120,000Km
<b>Reparación de:</b>	
	<b>kilometraje</b>
Bomba de inyección	600,000 – 700,000Km
Inyectores	200,000Km
Turbo	600,000Km
Motor	1,500,000Km

Tabla IV.3 Especificaciones motor Hino H07C.

<b>Hoja de especificaciones de la bomba de inyección.</b>			
<b>Fabricación</b>	HINO	<b>Bomba de inyección</b>	191000-320# (ND-PE6A100C321RND 320)
<b>Tipo de motor</b>	H07C - TB	<b>Governor</b>	091300-1530#(R801)
<b>Modelo de vehículo</b>	Camión	<b>Timer</b>	091800-1680
<b>1. Sincronización de inyección</b>			
<b>Rotación</b>	Sentido de la manecillas del reloj.	<b>Pre-carrera</b>	3.07 – 3.13mm
<b>Orden de inyección</b>	1-4-2-6-3-5	<b>Espacio de carrera</b>	0.2mm
<b>Intervalo de</b>	60° ± 15'	<b>Localización de</b>	(——)

<b>inyección</b>		<b>sincronización</b>		
<b>2. Regulación de la cantidad de combustible.</b>				
<b>Inyector</b>	093400-0540 (DN12SD12A)	<b>Presión de aceite</b>	2.0Kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>Presión de operación del inyector</b>	175Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Cañerías de alta presión</b>	$\phi_i 2 \times \phi_e 6 \times L600$ mm	
<b>Aceite para prueba</b>	SAE J967 (ISO4113)	<b>Temperatura de combustible</b>	40 – 45°C (104 – 113°F)	
<b>Calibración de la bomba de inyección</b>				
<b>Velocidad de la bomba (r.p.m.)</b>	<b>Recorrido de la cremallera (mm)</b>	<b>Número de carreras</b>	<b>Cantidad de entrega de combustible (cc/cyl)</b>	<b>Variación máxima de entrega de combustible (cc)</b>
800	10.9	200	15.1 – 15.5	1.0
1500	10.5	200	15.8 – 16.6	1.4
275	8.5	500	4.0 – 5.0	1.5

Tabla IV.4 Especificaciones del turbo IHI.

<b>Hoja de especificaciones del turbo IHI.</b>								
<b>Turbo</b>	Spec	<b>Serie N°</b>	RHC7	<b>Velocidad máxima</b>	150,000 r.p.m.	<b>Relación A/R</b>	0.58	
<b>Calibración para la roseta</b>								
<b>Marca</b>	<b>Model</b>	<b>Left Cal</b>	<b>Left Pla</b>	<b>Filter</b>	<b>Right Pla</b>	<b>Right Cal</b>		
IHI	RHC7	918	245	700	591	910	IAB	BAI
<b>Calibración para la el eje.</b>								
<b>Marca</b>	<b>Model</b>	<b>Left Cal</b>	<b>Left Pla</b>	<b>Filter</b>	<b>Right Pla</b>	<b>Right Cal</b>		
IHI	RHC7	925	226	500	216	867	IAB	BAI

## CONCLUSIONES.

- Una vez concluido con la adaptación del turbocompresor al motor Hino, obtengo las siguientes conclusiones, conforme ha transcurrido mi preparación estudiantil – profesional, llegando a ser capaz de realizar trabajos tecnificados referente a: adaptación de turbos, afinamiento, puesta a punto y operación de motores a diesel en la marca HINO.
- Adapté el turbocompresor de especificación VX29, fabricado por IHI al motor diesel Hino H07C, de acuerdo con los requerimientos necesarios, y logré mejorar los parámetros de funcionamiento instalado el turbocompresor.
- Seleccioné el turbocompresor de especificación VX29IHI (Warner – Ishi), RHC7 adecuado, para el motor de origen japonés HINO conforme con los resultados en el desarrollo de la adaptación.
- Determiné de una manera técnica, cada uno de los elementos, como componentes mecánicos, los mismos que realizan un buen desempeño, físico, térmico y mecánico.
- Instalé el turbocompresor, siguiendo cada una de las normas de montaje, especificaciones de ajuste, logrando así el correcto funcionamiento del turbocompresor y un rendimiento óptimo del motor.
- Diagnostiqué, cada uno de los elementos en su función y en funcionamiento siguiendo un proceso técnico.
- Aprendí a diagnosticar la presencia de averías y a solucionar fallas en el motor, para evitar el deterioro prematuro del motor.

- Culminé con mi proyecto de grado teórico – práctico titulado “ADAPTACIÓN DE UN TURBOCARGADOR VX29 IHI EN UN MOTOR DIESEL HINO H07C DE ASPIRACIÓN NATURAL”, conforme manda el reglamento interno de la institución, realicé el presente documento el cual permitirá tecnificar y realizar a los futuros profesionales labores de: Control, mantenimiento, reparación y adaptación de motores vinculados con la marca HINO.

## **RECOMENDACIONES.**

- Es necesario trabajar con especificaciones de acuerdo como indica el fabricante de motores a diesel, para evitar cualquier inconveniente.
- Dentro del mantenimiento, reparación y adaptación de cualquier sistema al motor y en general con el vehículo es necesario trabajar con herramienta apropiada.
- Una vez reparado el motor es obligación del profesional, realizar el cambio de aceite luego de su primer funcionamiento, permitiendo el lavado interno de suciedad y limallas del motor y sus conductos.
- No realizar cambios bruscos en la aceleración del motor, mantener el ralentí (400, 600rpm.) y verificar lo más rápido posible, niveles de aceite, agua, cambios de temperatura, presión de aceite, al turbo y a la bomba de inyección.
- No introducir el destornillador, en el lado del caracol de aluminio porque los álabes de la roseta que son construidos de aluminio son muy frágiles pueden romperse.

- Si quiere verificar que el aceite fluye al turbo conecte la cañería de entrada de aceite y desconecte la del desfogue (retorno) de esta forma se asegura que él turbo esta siendo lubricado.
- Si usted va a instalar él turbo en un motor recién reparado, debe sangrarse por lo menos dos galones de aceite, esto se realiza prendiendo el motor sin instalar él turbo con el fin de que el aceite barra con la limalla y suciedad que salen cuando se repara el motor.
- Es preferible usar empaque sin división intermedia en los múltiples de escape que muestran bastante deterioro. Porque la sección intermedia queda flotando y se funde con el motor. Las esquirlas resultantes golpean la turbina destrozándolo por completo.
- Si usa silicón úntelo con cuidado de forma que no queden excedentes que puedan ingresar adentro del turbo.
- Asegúrese si el anillo de caucho que hace las veces de empaque en los turbos del Hino FD queden perfectamente centrado y asentado cuando ajuste la cañería de entrada de aceite al turbo
- Lubrique y conecte absolutamente todas las cañerías y conductos que van al turbo, luego encienda el motor y téngalo encendido en ralentí sin acelerar bruscamente durante 3 minutos y listo.
- Una vez instalado él turbo, sobre todo si es nuevo, escuche cualquier ruido extraño, este debe ser inmediatamente sacado para su revisión, pues cualquier falla de aceite o de otra naturaleza, causa la destrucción del turbo en cuestión de segundos.

## **ANEXOS**

ANEXO "A"

PROCEDIMIENTO PARA LOCALIZAR AVERÍAS.



ANEXO "B"

INCONVENIENTES AL NO UTILIZAR REPUESTOS GENUINOS, Y AL PÉSIMO MANTENIMIENTO.

ANEXO "C"

TABLAS, PROCEDIMIENTO DE LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS



# Tablas Y

VALORES DE "Y" PARA AIRE NORMAL Y GASES PERFECTOS DITÓMICOS

$$Y = r^{283} - 1 \quad r = P_{12}/P_{T1} \quad K = 1.395$$

r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.00	0.00	300	328	357	385	413	441	469	496	524
1.01		282	310	338	366	394	422	450	478	506
1.02		262	290	318	346	374	402	430	458	486
1.03		240	268	296	324	352	380	408	436	464
1.04	0.01	116	144	171	199	226	253	281	308	336
1.05		390	418	446	474	502	530	558	586	614
1.06		663	690	717	744	771	798	825	852	879
1.07		933	960	987	1014	1041	1068	1095	1122	1149
1.08	0.02	202	229	255	282	309	336	362	389	416
1.09		489	495	522	549	575	602	628	655	681
1.10		734	760	787	813	840	866	892	919	945
1.11		997	1024	1050	1076	1102	1129	1155	1181	1207
1.12	0.03	256	285	311	337	363	389	415	441	467
1.13		519	545	571	597	623	649	675	700	726
1.14		778	804	829	855	881	906	932	958	983
1.15	0.04	335	360	386	411	437	462	488	513	539
1.16		290	315	341	366	391	417	442	467	493
1.17		543	569	594	619	644	670	695	720	745
1.18		796	821	846	871	896	921	946	971	996
1.19	0.05	046	071	096	121	146	171	196	221	246
1.20		295	320	345	370	394	419	444	469	493
1.21		543	567	592	617	641	666	691	715	740
1.22		789	813	838	862	887	911	936	960	985
1.23	0.06	034	058	082	107	131	155	180	204	228
1.24		277	301	325	350	374	398	422	446	470
1.25		519	543	567	591	615	639	663	687	711
1.26		759	783	807	831	855	879	903	927	951
1.27		998	1022	1046	1070	1094	1118	1142	1166	1190
1.28	0.07	236	260	283	307	331	354	378	402	425
1.29		472	496	520	543	567	590	614	638	661
1.30		708	731	754	778	801	825	848	871	895
1.31		941	965	988	1011	1035	1058	1081	1104	1128
1.32	0.08	174	197	220	243	267	290	313	336	359
1.33		405	428	451	474	497	520	543	566	589
1.34		635	658	681	704	727	750	773	795	818
1.35		864	887	910	932	955	978	1001	1023	1046
1.36	0.09	092	114	137	160	182	205	228	250	273
1.37		318	341	363	386	408	431	453	476	498
1.38		543	566	588	611	633	655	678	700	723
1.39		767	790	812	834	857	879	901	923	946
1.40		990	1012	1035	1057	1079	1101	1123	1145	1168
1.41	0.10	212	234	256	278	300	322	344	366	388
1.42		433	455	477	499	521	542	564	586	608
1.43		652	674	696	718	740	761	783	805	827
1.44		871	892	914	936	958	979	1001	1023	1045
1.45	0.11	088	110	131	153	175	196	218	239	261
1.46		304	326	347	369	390	412	433	455	476
1.47		520	541	562	584	605	627	648	669	691
1.48		734	755	776	798	819	840	862	883	904
1.49		947	968	989	1010	1031	1052	1073	1094	1115
1.50	0.12	159	180	201	222	243	264	285	307	328
1.51		370	391	412	433	454	475	496	517	538
1.52		580	601	622	643	664	685	706	727	747
1.53		789	810	831	852	872	893	914	935	956
1.54		997	1018	1039	1060	1081	1101	1122	1142	1163
1.55	0.13	205	225	246	266	287	308	329	349	370
1.56		411	431	452	472	493	513	534	554	575
1.57		618	638	657	677	698	718	739	759	780
1.58		820	841	861	881	902	922	942	963	983
1.59	0.14	024	044	064	085	105	125	145	165	186
1.60		226	246	267	287	307	327	347	367	387
1.61		428	448	468	488	508	528	548	568	588
1.62		628	648	668	688	708	728	748	768	788
1.63		828	848	868	888	908	928	948	968	988
1.64	0.15	027	047	067	087	107	126	146	166	186
1.65		225	245	265	284	304	324	344	363	383
1.66		423	442	462	481	501	521	540	560	579
1.67		619	638	656	676	695	714	734	753	772
1.68		814	834	853	873	892	912	931	951	970
1.69	0.16	309	328	348	367	387	406	425	444	464
1.70		203	222	242	261	280	299	319	338	357
1.71		396	415	434	454	473	492	511	531	550
1.72		588	607	626	646	665	684	703	722	741
1.73		780	799	818	837	856	875	894	913	932
1.74		970	989	1008	1027	1046	1065	1084	1103	1122

r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.75	0.17	190	179	198	217	236	255	274	292	311
1.76		349	368	387	406	425	443	462	481	500
1.77		508	526	545	564	583	601	620	639	658
1.78		667	685	704	722	741	760	778	797	815
1.79		826	844	863	881	900	918	937	955	974
1.80	0.18	098	116	135	153	172	191	209	228	246
1.81		283	302	320	339	357	376	394	412	431
1.82		468	486	505	523	541	560	578	596	615
1.83		652	670	688	707	725	743	762	780	799
1.84		835	853	871	890	908	926	944	962	981
1.85	0.19	017	035	054	072	090	108	126	144	162
1.86		199	217	235	253	271	289	308	326	344
1.87		380	398	416	434	452	470	488	506	524
1.88		560	578	596	614	632	650	668	686	704
1.89		740	758	776	794	811	829	847	865	883
1.90		919	937	954	972	990	1008	1026	1044	1062
1.91	0.20	097	115	133	150	168	186	204	221	239
1.92		275	292	310	328	345	363	381	399	416
1.93		452	469	487	504	522	540	557	575	593
1.94		628	645	663	681	698	716	733	751	768
1.95		804	821	839	856	874	891	909	926	944
1.96		979	996	1013	1031	1048	1066	1083	1101	1118
1.97	0.21	153	170	188	205	222	240	257	275	292
1.98		327	344	361	379	396	413	431	448	465
1.99		500	517	534	552	569	586	603	620	638
2.00		672	689	707	724	741	758	775	792	810
2.01		844	861	878	895	913	930	947	964	981
2.02	0.22	015	032	049	066	084	101	118	135	152
2.03		186	203	220	237	254	271	288	305	322
2.04		356	373	390	407	424	441	458	474	491
2.05		525	542	559	576	593	610	627	644	661
2.06		694	711	728	745	762	779	795	812	829
2.07		863	879	896	913	930	946	963	980	997
2.08	0.23	030	047	064	080	097	114	130	147	164
2.09		197	214	231	247	264	281	297	314	331
2.10		364	380	397	414	430	447	463	480	497
2.11		530	546	563	579	596	613	629	646	662
2.12		695	712	728	745	761	778	794	811	827
2.13		860	877	893	909	926	942	959	975	992
2.14	0.24	024	041	057	074	090	106	123	139	155
2.15		188	204	221	237	253	270	286	302	319
2.16		351	368	384	400	416	433	449	465	481
2.17		514	530	546	563	579	595	611	627	644
2.18		676	692	708	724	741	757	773	789	805
2.19		838	854	870	886	902	918	934	950	966
2.20		999	1015	1031	1047	1063	1079	1095	1111	1127
2.21	0.25	159	175	191	207	223	239	255	271	287
2.22		319	335	351	367	383	399	415	431	447
2.23		479	495	511	526	542	558	574	590	606
2.24		638	654	669	685	701	717	733	749	765
2.25		796	812	828	844	859	875	891	907	923
2.26		954	970	986	1001	1017	1033	1049	1064	1080
2.27	0.26	112	127	143	159	175	190	206	222	237
2.28		269	284	300	316	331	347	363	378	394
2.29		425	441	456	472	488	503	519	534	550
2.30										

r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2.59	907	921	936	950	964	979	993	007	021	036	
2.60	0.31	050	064	079	093	107	121	136	150	164	178
2.61	193	207	221	235	249	264	278	292	306	320	
2.62	335	349	363	377	391	405	420	434	448	462	
2.63	476	490	505	519	533	547	561	575	589	603	
2.64	618	632	646	660	674	688	702	716	730	744	
2.65	759	773	787	801	815	829	843	857	871	885	
2.66	899	913	927	941	955	969	983	997	011	025	
2.67	0.32	039	053	067	081	095	109	123	137	151	165
2.68	179	193	207	221	235	249	262	276	290	304	
2.69	318	332	346	360	374	388	402	416	429	443	
2.70	457	471	485	499	513	527	540	554	568	582	
2.71	596	610	624	637	651	665	679	693	707	720	
2.72	734	748	762	776	789	803	817	831	845	858	
2.73	827	886	900	913	927	941	955	968	982	996	
2.74	0.33	010	023	037	051	065	078	092	106	119	133
2.75	147	161	174	188	202	215	229	243	256	270	
2.76	264	297	311	325	338	352	366	379	393	407	
2.77	420	434	448	461	475	488	502	516	529	543	
2.78	556	570	584	597	611	624	638	651	665	679	
2.79	692	706	719	733	746	760	773	787	801	814	
2.80	828	841	855	868	882	895	909	922	936	949	
2.81	963	976	990	003	017	030	044	057	070	084	
2.82	0.34	097	111	124	138	151	165	178	191	205	218
2.83	232	245	258	272	285	299	312	326	339	352	
2.84	366	379	393	406	419	433	446	459	473	486	
2.85	500	513	526	540	553	566	580	593	606	620	
2.86	633	646	660	673	686	700	713	726	739	753	
2.87	766	779	793	806	819	832	846	859	872	886	
2.88	899	912	925	939	952	965	978	991	005	018	
2.89	0.35	031	044	058	071	084	097	110	124	137	150
2.90	163	176	190	203	216	229	242	255	269	282	
2.91	295	308	321	334	347	361	374	387	400	413	
2.92	426	439	452	466	479	492	505	518	531	544	
2.93	557	570	584	597	610	623	636	649	662	675	
2.94	688	701	714	727	740	753	767	780	793	806	
2.95	819	832	845	858	871	884	897	910	923	936	
2.96	949	962	975	988	001	014	027	040	053	066	
2.97	0.36	079	092	105	118	131	144	157	169	182	195
2.98	208	221	234	247	260	273	286	299	312	324	
2.99	337	350	363	376	389	402	415	428	440	453	
3.00	0.3	647	659	672	685	698	711	723	736	749	761
3.1	774	786	799	811	824	836	849	861	874	886	
3.2	898	911	923	935	947	959	971	984	996	008	
3.3	0.4	020	032	044	056	068	080	091	103	115	127
3.4	139	150	162	174	186	197	209	220	232	244	
3.5	255	267	278	290	301	313	324	335	347	358	
3.6	369	380	392	403	414	425	437	448	459	470	
3.7	481	492	503	514	525	536	547	558	569	580	
3.8	591	602	612	623	634	645	656	666	677	688	
3.9	698	709	720	730	741	752	762	773	783	794	
4.0	804	815	825	835	846	856	867	877	887	898	
4.1	908	918	928	939	949	959	970	980	990	000	
4.2	0.5	010	020	030	040	050	060	070	080	090	100
4.3	110	120	130	140	150	160	170	179	189	199	
4.4	209	219	228	238	248	258	267	277	287	296	
4.5	306	316	325	335	344	354	363	373	382	392	
4.6	401	411	420	430	439	449	458	467	477	486	
4.7	495	505	514	523	533	542	551	560	570	579	
4.8	588	597	606	616	625	634	643	652	661	670	
4.9	679	688	697	706	715	724	733	742	751	760	
5.0	769	778	787	796	805	814	822	831	840	849	
5.1	858	867	875	884	893	902	910	919	928	936	
5.2	945	954	962	971	980	988	997	006	014	023	
5.3	0.6	031	040	048	057	065	074	082	091	099	108
5.4	116	125	133	142	150	159	167	175	184	192	
5.5	200	209	217	225	234	242	250	258	267	275	
5.6	283	291	300	308	316	324	332	340	349	357	
5.7	365	373	381	389	397	405	413	421	430	438	
5.8	446	454	462	470	478	486	494	502	509	517	
5.9	525	533	541	549	557	565	573	581	588	596	
6.0	604	612	620	628	635	643	651	659	666	674	
6.1	682	690	697	705	713	721	729	736	744	752	
6.2	759	767	774	782	789	797	805	812	820	827	
6.3	835	843	850	858	865	873	880	888	895	903	
6.4	910	918	925	933	940	948	955	963	970	978	
6.5	985	992	000	007	014	021	028	036	043	050	
6.6	0.7	058	065	072	080	087	095	102	110	117	124
6.7	131	138	145	153	160	167	174	181	189	196	
6.8	203	210	217	224	232	239	246	253	260	267	
6.9	274	281	288	295	302	309	316	323	330	338	

r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7.0	345	352	359	366	373	380	386	393	400	407	
7.1	414	421	428	435	442	449	456	463	470	477	
7.2	483	490	497	504	511	518	524	531	538	545	
7.3	552	559	565	572	579	586	592	599	606	613	
7.4	620	626	633	640	646	653	660	666	673	680	
7.5	687	693	700	706	713	720	726	733	740	746	
7.6	753	760	766	773	779	786	792	799	806	812	
7.7	819	825	832	838	845	851	858	864	871	877	
7.8	884	890	897	903	910	916	922	929	936	942	
7.9	949	955	961	968	974	981	987	993	000	006	
8.0	0.8	013	019	025	032	038	044	051	057	063	070
8.1	076	082	089	095	101	108	114	120	126	133	
8.2	139	145	151	158	164	170	176	183	189	195	
8.3	201	207	214	220	226	232	238	245	251	257	
8.4	263	269	275	281	288	295	300	306	312	318	
8.5	324	330	336	343	349	355	361	367	373	379	
8.6	385	391	397	403	409	415	421	427	433	439	
8.7	445	451	457	463	469	475	481	487	493	499	
8.8	505	511	517	523	529	535	541	547	552	558	
8.9	564	570	576	582	588	594	600	605	611	617	
9.0	623	629	635	641	646	652	658	664	670	676	
9.1	681	687	693	699	705	710	716	722	728	734	
9.2	739	747	751	757	762	768	774	779	785	791	
9.3	797	802	808	814	819	825	831	837	842	848	
9.4	854	859	865	871	876	882	888	893	899	905	
9.5	910	916	921	927	933	938	944	949	955	961	
9.6	966	972	977	983	989	994	000	005	011	016	
9.7	0.9	022	028	033	039	044	050	055	061	066	072
9.8	077	083	088	094	099	105	110	116	121	127	
9.9	132	138	143	149	154	159	165	170	176	181	
10.0	187	192	198	203	208	214	219	225	230	235	

De "Engineering Computations for Air and Gases" de Moss and Smith, Transactions A. S. M. E. Vol. 52, 1930, Trabajo APM-52-8

EJEMPLO:  
 Suponga:  $P_2/P_1 = r = 1.82$   
 Flujo de aire = 290 CFM  
 $T_1$  (temperatura de entrada =  $92^\circ\text{F} = (92+460) \text{ R} = 552\text{R}$ )  
 $\eta_c$  (de la figura 5) = 68%  
 Y (de la tabla) = 0.18468  
 $T_1$  (elevación ideal de la temperatura) =  $T_1 \times Y = 552 \times 0.18468 = 102$   
 $\Delta T_A$  (elevación real de temperatura) =  $\frac{\Delta T_1}{\eta_c} = \frac{102}{0.68} = 150^\circ\text{F}$   
 $T_2$  (temperatura de salida del compresor) =  $T_1 + \Delta T_A = 92 + 150 = 242^\circ\text{F}$

TABLAS, DE ALTITUD Y SIMBOLOGÍA.

# Símbolos

Símbolo	Nombre	Utilizado en	Unidades
A		Aceleración	pulg./seg. <sup>2</sup> o pies/seg. <sup>2</sup>
A		Area	pulg. <sup>2</sup>
ABCD	Después de BCD (bottom dead center)	Tiempo de apertura de válvula a contra posición del pistón	Grados (°)
ABS	Absoluto	Presión o temperatura por arriba del cero absoluto	
A/R	Relación de área	Tamaño de carcasa de turbina	pulg.
ATDC	Después de TDC (top dead center)	Tiempo de apertura de válvula contra posición del pistón	Grados (°)
BDC	Bottom dead center (punto muerto inferior)	Posición del pistón contra tiempo de apertura de válvula	
BBDC	Antes de BDC	Tiempo de apertura de válvula contra posición del pistón	Grados (°)
BSFC	Brake Specific Fuel Consumption		Lb/BHP-Hr.
BTDC	Antes de TDC	Tiempo de apertura de válvula contra posición del pistón	Grados (°)
BTU	British Thermal Unit	Unidad de energía	778 pies libras
cc	Centímetros cúbicos	Tamaño de motor	Centímetros cúbicos
CFM		Flujo volumétrico	Pies cúbicos por minuto
CID	Cubic Inch Displacement	Tamaño de motor	pulg. <sup>3</sup>
Δ	Delta	Diferencias	ninguna
s.t.	elapsed time (tiempo transcurrido)	Sincronización	segundos
η	Eta	Eficiencia	ninguna
F	Fahrenheit	Temperatura	Grados (°)
F	Fuerza	Cálculo de potencia	Libras
FPS		Velocidad	Pies por segundo
G		Aceleración de la gravedad	384 pulg./seg. <sup>2</sup> o 32.2 pies/seg. <sup>2</sup>
HP	Caballos de fuerza	Rendimiento del motor	<u>550 pies libras</u> seg.
in.Hg	Pulgadas de mercurio	Presión	Pulgadas
I		Momento de inercia	Lib.pulg.seg. <sup>2</sup>
K'	Radio de giro	Momento de inercia	Pulgadas
L	Litro	Desplazamiento	Libros
M	Retardo	Masa	<u>Lib.seg.<sup>2</sup></u> pies
M.E.P.	Presión media efectiva	Cálculo de par motor	psi
MPH		Velocidad	Millas por hora
N	velocidad de giro		RPM
N.A.	Naturalmente aspirado	Designación de motores	
P		Presión	Lib./pulg. <sup>2</sup> o pulg. Hg (mercurio)
PSIA		Presión absoluta	Lib./pulg. <sup>2</sup> absoluta
PSIG		Presión manométrica	Lib./pulg. <sup>2</sup> manométrica
Q	Relación de flujo volumétrico		Pies. <sup>3</sup> /Min.
r		Relación de presión	ninguna
R		Radio	Pulg.
R	Rankine	Temperatura (absoluta)	Grados (°)
T		Par motor	Lib.Pies
θ	THETA	relación de temperaturas	T <sup>1</sup> /R 520
TDC	Top dead center (punto muerto superior)	Posición del pistón contra tiempo de apertura de válvula	
T		Par motor	Pies. Lib
TC	Turbocargado	Designación de motores	
v		volumen	Pies cúbicos o pulg. cúbicas
V		Velocidad	Pies/seg.
W		Peso	Libras
Y		Cálculo de incremento en temperatura del compresor	

# Gráfica de altitud

Altitud Pies	Presión del aire pulg.Hg.	°F	Die Normal °R	$\sqrt{\theta}$
Nivel del mar	29.92	59.00	518.69	1.00
1000	28.86	55.43	515.12	.997
2000	27.92	51.87	511.56	.993
3000	26.81	48.20	507.99	.989
4000	25.84	44.74	504.42	.986
5000	24.90	41.17	500.86	.982
6000	23.88	37.61	497.30	.979
7000	23.09	34.05	493.73	.975
8000	22.23	30.48	490.17	.972
9000	21.39	26.92	486.61	.969
10000	20.58	23.36	483.04	.965
11000	19.80	19.79	479.48	.962
12000	19.03	16.23	475.92	.958
13000	18.20	12.67	472.36	.954
14000	17.58	9.11	468.80	.951
15000	16.89	5.55	465.23	.947
16000	16.27	1.99	461.67	.943
17000	15.58	-1.58	458.11	.940
18000	14.95	-5.14	454.55	.936
19000	14.28	-8.69	450.99	.933
20000	13.78	-12.25	447.43	.929
21000	13.20	-15.81	443.87	.925
22000	12.65	-19.37	440.32	.921
23000	12.12	-22.93	436.76	.918
24000	11.61	-26.49	433.20	.914
25000	11.12	-30.05	429.64	.910
26000	10.64	-33.60	426.08	.906
27000	10.18	-37.16	422.53	.903
28000	9.741	-40.72	418.97	.899
29000	9.314	-44.28	415.41	.895
30000	8.903	-47.83	411.86	.891
31000	8.506	-51.38	408.30	.887
32000	8.124	-54.94	404.75	.883
33000	7.756	-58.50	401.19	.880
34000	7.401	-62.05	397.64	.876
35000	7.060	-65.61	394.08	.872
36000	6.732	-69.16	390.53	.868
37000	6.417	-72.71	386.98	.865
38000	6.117	-76.27	383.42	.861
39000	5.831	-79.70	379.86	.857
40000	5.558	-83.14	376.30	.853

# Equivalencias

1 N (Newton)	= 0.2248 libras de fuerza
1 Nm (Newton metro)	= 0.7376 pies libras
1 kPa (kilo Pascal)	= 0.1450 libras/pulg. <sup>2</sup>
1 kPa	= 0.2961 pulg.Hg.
1 kW (kiloWatt)	= 1.341 HP
1 km (kilómetro)	= 0.621 Milla
1 cm (centímetro)	= 0.394 pulg.
1 cm. <sup>2</sup>	= 0.155 pulg. <sup>2</sup>
1 cm. <sup>3</sup>	= 0.161 pulg. <sup>3</sup>
1 l (litro)	= 61.02 pulg.
Temperatura C (Celsius)	= 5/9 (TF-32)
1 km/h (kilómetro/hora)	= 0.621 mph (millas por hora)
1 litro/100 km	= 235.22 millas/gaion
1 BTU	= 1.055 kJ

## TABLA PARA TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES

Sistema Métrico / Conversion						
1,000	100	10	1	0,1	0,01	0,001
kilo	hecto	deca		deci	centi	mili
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
kg	hg	dag	g	dg	cg	mg
kl	hl	dal	l	dl	cl	ml

<b>Sistema Métrico</b>	1 m <sup>2</sup>	= 10.000 cm <sup>2</sup>
	1 hectárea (ha)	= 10.000 m <sup>2</sup>
	1 km <sup>2</sup>	= 100 ha
	1 tonelada métrica	= 1.000 kg

Sistema Ingles		
1 Pie	= 12 pulgadas	= 12"
1 yarda (yd)	= 3 pies	= 36 pulgadas
1 milla	= 1760 yardas	= 5280 pies
1 cucharada (Cdas)		= 3 cucharaditas (cdtas)
1 taza (tz)	= 16 Cdas	= 8 onzas líquidas (onz l)
1 pinta	= 2 tazas	
1 cuarto	= 2 pintas	= 4 cdtas = 36 onz
1 galón	= 4 cuartos	
1 pie <sup>2</sup>	= 144 pul <sup>2</sup>	
1 yd <sup>2</sup>	= 9 pie <sup>2</sup>	
1 acre	= 4840 yd <sup>2</sup>	

LONGITUD Y ÁREA			PESO Y CAPACIDAD				
De	a	Multiplica por	De	a	Multip. por		
cm	→	pul	0,3937	g	→	oz	0,0353
pul	→	cm	2,54	oz	→	g	28,35
m	→	pie	3,2808	kg	→	lbs	2,2046
pie	→	m	0,3048	lbs	→	kg	0,4536
km	→	mi	0,6214	cdtas	→	cdtas	1,1023
mi	→	km	1,609	cdtas	→	cdtas	0,3072
M <sup>2</sup>	→	Pie <sup>2</sup>	10,76	ml	→	oz	0,0338
Pie <sup>2</sup>	→	M <sup>2</sup>	0,0929	oz	→	ml	29,575
Km <sup>3</sup>	→	M <sup>3</sup>	0,3861	l	→	gal	0,2642
M <sup>3</sup>	→	Km <sup>3</sup>	2,59	gal	→	l	3,785

Temperatura	
FAHRENHEIT	CELSIUS
230	110
220	
210	100
200	
190	90
180	
170	80
160	
150	70
140	
130	60
120	
110	50
100	
90	40
80	
70	30
60	
50	20
40	
30	10
20	
10	0
0	-10
	-20

°C → °F		(n × 1,8) + 32
°F → °C		(n - 32) × 0,555

Unidades Comunes utilizadas por el Sistema Internacional					
Unidades	Abrev.	Relación	Unidades	Abrev.	Relación
Metro	m	Longitud	Grado Celsius	°C	Temperatura
Hectárea	ha	Área	Kelvin	K	Temp. Termodinámica
Tonelada	ton	Masa	Pascal	Pa	Presión
Kilogramo	kg	Masa	Joules	J	Energía, trabajo
Milla Náutica	M	Distancia (navegación)	Newton	N	Fuerza
Nudo	n	Velocidad (navegación)	Watt	W	Poder, flujo eléctrico
Litro	l	Volumen	Amperio	A	Corriente eléctrica
Segundo	s	Tiempo	Voltio	V	Potencial eléctrico
Hertz	Hz	Frecuencia	Ohm	Ω	Resistencia eléctrica
Candela	Cd	Intensidad Luminosa	Columbo	C	Carga eléctrica

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Miguel de Castro – Motor diesel, Ed. CEAC Perú 1990 Quinta edición

Frank J. Thiessen – Manual de Mecánica Diesel, Ed. Prentice Hall, Colombia, 1990

Frank J. Thiessen – Manual de Mecánica Gasolina, Ed. Prentice Hall, Colombia, 1994

Juan Miralles de Imperial – Turbo Sobrealimentación de Motores Rápidos, Ed. Ceac, Quinta Edición 1989

William H. Crouse, Anglin Donald L – Puesta a punto y rendimiento del motor, Ed. Alfaomega México.

Hugh Macinnes – Manual de turbocargadores, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana México 1994

J.M. Alonso – Técnicas del automóvil, Ed. Thomson-Paraninfo 1ra Edición 2003, España,