

Índice

1. Introducción	3
2. Función de la refrigeración	4
3. Transmisión de calor	5
4. Refrigeración por aire	5
4.1. Refrigeración por el aire de la marcha	6
4.2. Refrigeración por aire forzado	6
4.3. Ventajas e inconvenientes de la refrigeración por aire	7
5. Refrigeración por agua	7
5.1. Elementos del sistema de refrigeración por agua	9
5.1.1. Bomba de agua	9
5.1.2. Radiador	10
5.1.3. Termostato	13
5.1.3.1. Termostato de fuelle	13
5.1.3.2. Termostato de cápsula de cera	14
5.1.4. Ventiladores	15
5.1.4.1. Electroventilador	15
5.1.4.2. Ventilador de acoplamiento viscoso	17
5.1.5. Termocontacto	17
5.1.6. Tapón presostato	19
5.1.7. Manguitos	20
5.1.8. Vaso de expansión	21
5.1.9. Líquido refrigerante	21
6. Verificación y control del sistema de refrigeración y sus componentes	23
6.1. Averías en refrigeración	23
6.2. Comprobaciones	24
6.2.1. Estanqueidad del circuito	25
6.2.2. Verificación del tapón de presión	25
6.2.3. Verificación del termostato	26
6.2.4. Verificación y control de la bomba de agua	26

6.2.5. Verificación del radiador	27
6.2.6. Verificación del electroventilador	27
6.2.7. Verificación del termocontacto	27
6.2.8. Verificación y control del líquido refrigerante	28
7. Otros sistemas de refrigeración del motor	28
7.1. Enfriadores de aceite-agua	28
7.2. Enfriadores aceite-aire	29
7.3. Ventajas e inconvenientes	29
8. Anexos	30
9. Fuentes consultadas	30

1. Introducción.

Las necesidades de refrigeración en los motores modernos son cada vez más selectivas. A las mayores prestaciones de estos motores, se suma la necesidad de montar componentes cada vez más ligeros y que tengan un menor coste. Si ha esto unimos las mayores exigencias en cuanto a comportamiento a las vibraciones, resistencia a la niebla salina, choques térmicos, etc. Nos daremos cuenta de la gran complejidad que presentan en la actualidad los sistemas de refrigeración de los motores modernos

Durante el funcionamiento de un motor de combustión interna se alcanzan temperaturas en el interior del cilindro que sobrepasan los 1800 °C en la fase de combustión. En caso de que no se dispusiera de un sistema de refrigeración, la dilatación de los materiales sería tan grande que se produciría el agarrotamiento y la deformación de las piezas durante el funcionamiento del motor.

Objetivos del calor evacuado mediante el sistema de refrigeración.

- La temperatura máxima admisible en las paredes del cilindro es del orden de 180 °C a 230 °C
- La temperatura máxima admisible en el punto más caliente del pistón no debe sobrepasar los 300 °C
- En las paredes internas de la cámara de combustión no deben alcanzarse temperaturas superiores a los 250 °C
- Con los materiales empleados actualmente en la fabricación de válvulas de escape, las temperaturas máximas admisibles son del orden de 750 °C

Las temperaturas de funcionamiento normal de un motor actual son del orden de los 100°C, pero en los nuevos motores para mejorar los consumos de combustible y reducir los niveles de emisiones contaminantes, existen multitud de motores cuyas temperaturas de régimen se aproximan a los 120 °C.

En un motor de combustión interna se evacua mediante el sistema de refrigeración aproximadamente un 30% del calor total desarrollado en la combustión. Un 35% es evacuado mediante los gases de escape y el 35% restante del calor generado es convertido en trabajo útil.

El circuito de refrigeración debe de enfriar, pero no excesivamente, ya que un enfriamiento excesivo bajaría el rendimiento del motor y provocaría un aumento en la viscosidad del lubricante.

La evacuación de calor tiene lugar por medio de un fluido líquido (agua) o gaseoso (aire), que lame las paredes a refrigerar.



2. Función de la refrigeración.

La función de la refrigeración es mantener el motor dentro de unos límites de temperatura que no perjudiquen a sus componentes, y a la vez lograr un buen aprovechamiento del calor obtenido en la combustión.

La temperatura óptima de funcionamiento se denomina temperatura de régimen, en la cual se dan las condiciones más favorables para que el motor obtenga un buen rendimiento. Por lo tanto, el sistema de refrigeración debe permitir alcanzar esta temperatura con rapidez y mantenerla.

Con temperaturas superiores empeora la carga de los cilindros y aumenta el riesgo de autoencendido de los motores Otto. El aceite lubricante se fluidifica en exceso y se deteriora más rápidamente, además existe el riesgo de deformaciones o de gripado del motor.

Los sistemas utilizados habitualmente para realizar la refrigeración pueden ser de dos tipos:

- Refrigeración por aire.
- Refrigeración por agua.

Los elementos más afectados por el calor son los que quedan próximos a la cámara de combustión: la parte alta del cilindro, la cabeza del pistón, la culata y las válvulas, especialmente la de escape. El calor pasa a través de ellos y debe ser evacuado hacia el exterior en cantidad suficiente para que queden protegidos. En los motores actuales la función principal del circuito de refrigeración consiste en la regulación y homogenización de la temperatura interna del motor. Podemos dividir en dos categorías:

Primera categoría: alcanzar lo antes posible la temperatura óptima de funcionamiento.

- Disminuir el tiempo de utilización del estarter y minimizar las disfunciones existentes en esta fase.
- Producir un calentamiento inmediato del sistema de alimentación de carburante para reducir el consumo y la polución.
- Permitir un funcionamiento inmediato de la calefacción.

Segunda categoría: mantener la temperatura.

- Refrigerar el aceite del motor.
- Refrigerar el aire de admisión procedente del turbo para incrementar la densidad del aire.
- Evacuar fuera del circuito de refrigeración los gases procedentes de micro fugas a través de la junta de culata.

3. Transmisión de calor.

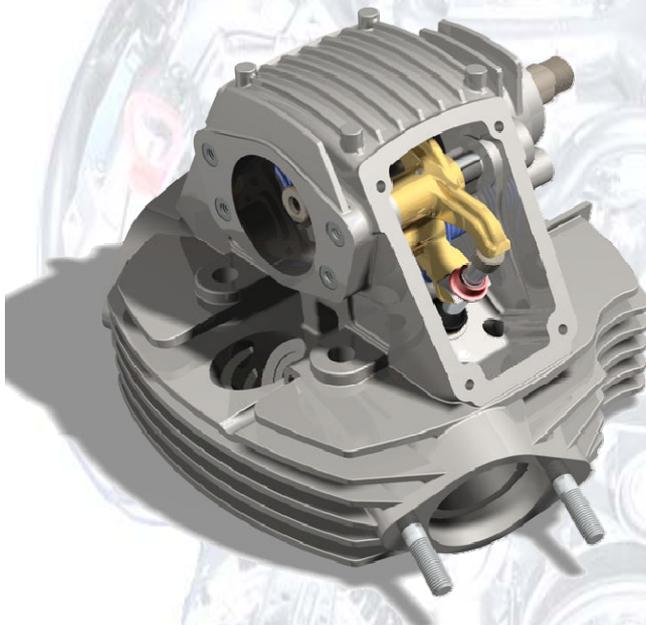
El calor se transmite a través de los cuerpos sólidos, de los líquidos y de los gases, y lo hace siempre desde un elemento más caliente a uno más frío.

La cantidad de calor transmitida a través de las paredes metálicas hasta el fluido refrigerante (aire o agua) depende de los siguientes factores:

- Coeficiente de conductividad del metal.
- La superficie y espesor de la pared metálica.
- La diferencia de temperaturas entre la superficie metálica y el refrigerante.

4. Refrigeración por aire.

En la refrigeración por aire, el motor cede calor directamente al aire que se pone en contacto con él.



Para facilitar su acceso, el bloque de estos motores está constituido por cilindros independientes. A su alrededor se funden unas aletas, como muestra la **figura 4.1**, cuyo objetivo es aumentar la superficie, tanto del cilindro como de la culata, lo que permite que haya más cantidad de aire en contacto con las zonas calientes.

Figura 4.1. Culata refrigerada por aire.

Las aletas se disponen sobre el motor de manera uniforme, sus dimensiones y formas dependen de las características del motor y de la cantidad de calor que deben evacuar. Así sobre la culata y la parte alta del cilindro, las aletas son de mayor tamaño y disminuyen en su parte baja.

La cantidad de calor evacuado está en función de la superficie, y del volumen de aire que circula a través del motor. El suministro se puede hacer de dos formas:



- Refrigeración por el aire de la marcha.
- Refrigeración por aire forzado.

4.1. Refrigeración por el aire de la marcha.



Figura 4.2. Motor Harley Davidson.

Se utiliza en motocicletas en las cuales el aire de la marcha tiene buen acceso a las partes calientes del motor. Este método es el más sencillo, puesto que no necesita ningún mecanismo adicional, pero tiene el inconveniente de que la refrigeración es irregular al tener que depender de la velocidad de la marcha.(figura 4.2.)

4.2. Refrigeración por aire forzado.

Este tipo de refrigeración se monta en algunas motocicletas de tipo Scooter y en automóviles donde el aire solamente tiene acceso al motor de manera forzada.

Un ventilador, movido desde el cigüeñal, crea una corriente de aire que es canalizada hasta los cilindros, de forma que el caudal de aire aumenta a medida que crecen las revoluciones, haciendo más efectiva la refrigeración.(figura 4.3)

El sistema puede incorporar un termostato, que regula el caudal del aire hacia los cilindros mediante trampillas, en función de la temperatura del motor.



Figura 4.3. Motor Porsche.

El aire que circula alrededor de las paredes de los cilindros y de la culata, sustrae directamente el calor de ella. El sistema de refrigeración por agua no difiere de este mas que en el empleo de un líquido intermedio que transfiere el calor al aire ambiente; pero en la practica, resulta mucho mas difícil mantener la temperatura ideal de funcionamiento del motor en los casos de refrigeración por aire pues el coeficiente de transmisión del calor entre las paredes y el aire es muy inferior al obtenido entre pared y agua. A causa de ello, la velocidad del aire debe ser elevada y la superficie radiante de las paredes del cilindro aumentada. Tanto las paredes del cilindro como la de la culata están provistas de aletas, de manera que se obtenga una mayor superficie de contacto entre las paredes y el aire. Igualmente puede mejorarse el coeficiente de transmisión del calor de las paredes al aire aumentando la velocidad de este, lo que puede lograrse canalizándolo utilizando un potente ventilador.

4.3. Ventajas e inconvenientes de la refrigeración por aire.

Se pueden destacar las siguientes ventajas e inconvenientes de este sistema en la tabla siguiente.

La refrigeración por aire es utilizada en motocicletas equipadas con motores de pequeña y mediana cilindrada de dos y cuatro tiempos; en automóviles su uso es muy poco frecuente, debido a que ofrece mayores ventajas la refrigeración por agua.

<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
<ul style="list-style-type: none"> -Su sencillez. -Menor numero de averías. -Menor peso. -Menor coste de fabricación y de mantenimiento. -Temperatura de régimen se alcanza rápidamente. -Rendimiento térmico es mayor 	<ul style="list-style-type: none"> -Las mayores temperaturas obligan a aumentar el juego de montaje entre las piezas. -Los riesgos de autoencendido crecen. -Empeora el llenado de los cilindros. -El motor es mas ruidoso por no existir cámaras de agua.

5. Refrigeración por agua.

El sistema de refrigeración por agua utiliza un líquido a base de agua como medio para extraer el calor del motor y transportarlo hasta el radiador donde es cedido al aire. Este método tiene la ventaja de que proporciona una refrigeración más eficaz y uniforme permitiendo mantener la temperatura más estable.

El líquido refrigerante se desplaza por un circuito cerrado entre el motor y el radiador. Este liquido es impulsado por una bomba centrifuga, que lo hace circular por las cámaras practicadas por el bloque alrededor de los cilindros, y por la culata, rodeando las cámaras de combustión.

Parte del calor es transmitido al líquido que pasa al radiador y lo recorre cediendo calor al aire que lo atraviesa. La corriente de aire es suministrada por el ventilador y por el viento de la marcha. Una vez refrigerado, el líquido vuelve al motor para repetir el recorrido. El paso del líquido a través del radiador provoca una diferencia de temperatura entre la salida y la entrada al motor de 5° a 8 °C, de forma que no se somete a los materiales a excesivas tensiones térmicas, véase el esquema de la **figura 5.1**.

Las paredes de los recintos que envuelven el cilindro y la culata deben de ser de un espesor lo menor posible, y presentar gran superficie de contacto

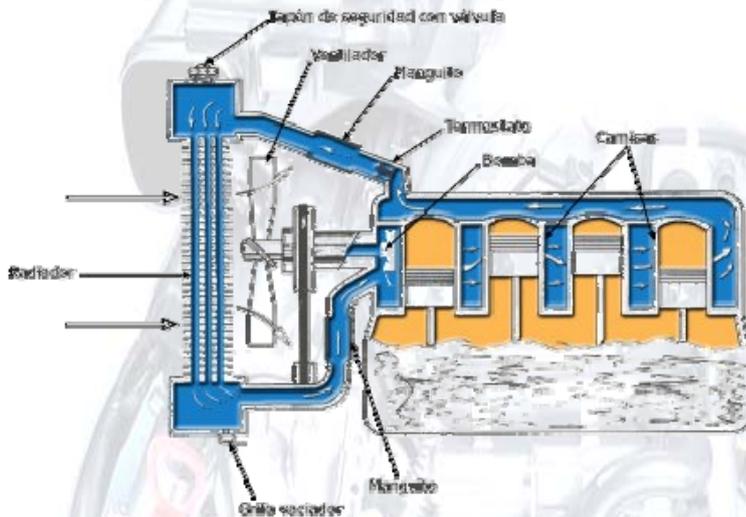


Figura 5.1. Esquema circuito refrigeración.

En los motores de combustión el sistema empleado es el de recuperación total del agua refrigerante, para lo cual se establece una circulación rápida, y se inserta en el circuito un radiador para transmitir al aire ambiente, el calor absorbido por el motor.

El agua entra al motor por la parte baja del bloque y sale por la más alta, para evitar la formación de bolsas de vapor.

Circulación por termosifón.

La circulación se consigue aprovechando la diferencia de peso existente entre el agua caliente del motor y la fría del radiador (Véase en la **figura 5.2**).

Al aumentar la temperatura, aumenta el volumen del agua y disminuye su densidad, subiendo por tanto el agua caliente hacia arriba, y generando un movimiento natural del líquido refrigerante.



Figura 5.2. Sistema de refrigeración por termosifón.

5.1. Elementos del sistema de refrigeración por agua.

5.1.1. Bomba de agua.

La bomba de agua impulsa el líquido de refrigeración desplazándolo por el circuito. Es de tipo centrífugo y recibe movimiento del cigüeñal por medio de una correa.



Figura 5.3. Bomba de agua.

El motor genera más calor a medida que aumenta el número de revoluciones.

También el caudal de líquido que manda la bomba es mayor y permite aumentar la capacidad de refrigeración.

La bomba de agua (**figura 5.3.**) esta formada por un árbol de mando que gira sobre cojinetes de bolas y recibe movimiento a través de la polea que se monta sobre el cubo. En el otro extremo del árbol se encuentra el rotor o turbina, cuyas aletas, al girar, hacen circular el líquido. El conjunto va montado sobre el cuerpo de bomba. Con el fin de evitar fugas con el cuerpo y el eje se disponen juntas de estanqueidad.

En el cuerpo de bomba se disponen sendos conductos de aspiración e impulsión. El primero de ellos se une a la parte inferior del radiador y desemboca en el centro del rodete, de manera que en su giro es capaz de centrifugar el agua lanzándola hacia la periferia, para salir hacia el bloque motor por el conducto de impulsión, acoplado directamente en el bloque motor a las camisas de agua.

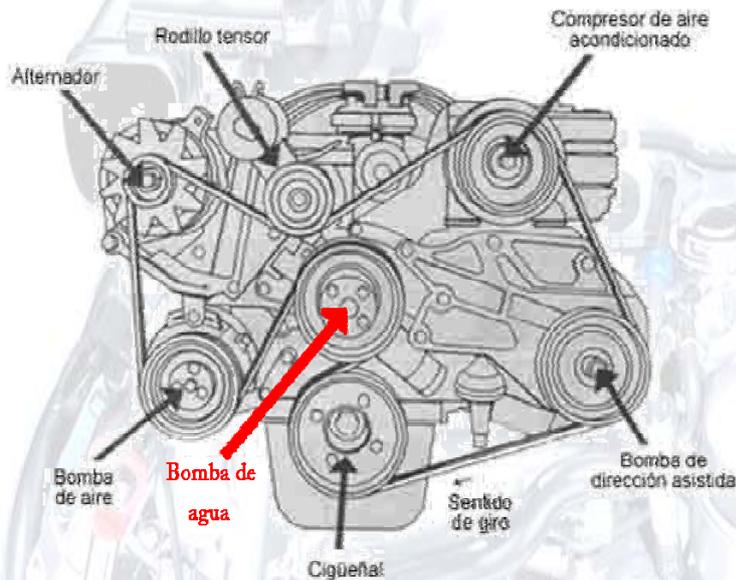
El diámetro de la turbina esta determinado para cada tipo de motor en función de la cilindrada, el régimen de giro y los caudales y presiones que es necesario obtener el circuito

En vehículos de turismo de cilindrada media, el caudal del líquido en el radiador es del orden de 1000-1200l/h a 1000 r.p.m. del motor.

Por tanto el caudal del líquido que pasa por el radiador es función de las características de la bomba y de las resistencias internas del conjunto de elementos que componen el circuito.

Generalmente, los constructores de automóviles imponen en sus cuadernos de cargas un nivel máximo de pérdida de carga admitida en el radiador, para evitar una caída excesiva del caudal del líquido de refrigeración.

La bomba de agua se monta habitualmente sobre el bloque, a la altura de los cilindros, de manera que impulsa el líquido procedente del radiador hacia el interior del motor. Esta posición permite que la bomba se encuentre siempre por debajo del nivel del líquido impidiendo el descebado.



El accionamiento de la bomba de agua puede hacerse a través de la correa de accesorios o de la correa de distribución, como muestra la **figura 5.4**. La correa de accesorios puede ser del tipo trapezoidal, o de las denominadas Poly-V. La correa trapezoidal se ajusta lateralmente a la garganta de la polea, dejando un espacio en el fondo que permite ser acuñada para asegurar la transmisión de fuerza. Si no existe esta holgura, la correa patina.

Figura 5.4. Bomba de agua accionado por correa.

La correa Poly V es más plana y presenta una serie de canales longitudinales, es muy flexible, tiene gran resistencia a la tracción y puede usarse por ambas caras. Actualmente son muy usadas como correas de accesorios; accionan además de la bomba de agua, el alternador, el compresor para el aire acondicionado, la bomba de la dirección asistida, etc.

La bomba permite la circulación por termosifón una vez parado el motor. En otros casos lleva acoplada un pequeño motor eléctrico que la acciona al parar el motor.

5.1.2. Radiador.

Está ubicado delante del motor y unido al chasis elásticamente, incorporado al bloque y a la culata por medio de manguitos, lo que logra que no se perjudique por las vibraciones del motor. También consta de una rejilla que protege a las láminas del radiador contra daños.

El radiador es un intercambiador de calor entre el líquido y el aire. El calor, transmitido al líquido refrigerante por el motor, es cedido en parte al aire a su paso por el radiador. Se sitúa sobre el vehículo de tal forma que pueda recibir el viento de la marcha. Adicionalmente se coloca un ventilador que suministra una corriente de aire.



Figura 5.5. Radiador de refrigeración (SEAT 600).

El radiador como se observa en la **figura 5.5.** Debe enfriarse rápidamente el agua caliente, que se lleva a través de muchos tubos pequeños colocados en la corriente de aire de marcha. Este tipo de refrigerador consta de elementos sueltos, los cuales permiten el cambio o reparación sencilla si llega a sufrir algún tipo de daño.

Las distintas planchas están soldadas entre sí de tal forma que producen canales de aire y de agua, abarcando una gran superficie de enfriamiento. Este refrigerador tiene buen efecto de refrigeración pero se obtura fácilmente y tiene que ser limpiado con frecuencia. También hay que tratarlos con cuidado ya que no son tan resistentes a gran altura, puesto que el agua se evapora, el radiador pierde mucha agua y no funciona normalmente. Por este motivo muchos utilizan una válvula especial de presión en la tapa atornillada. Esta válvula cierra el acceso del tubo de rebose y lo deja libre a una determinada sobre presión (0.3 atmósferas).

Dado el bajo coeficiente de transmisión de calor del dispositivo refrigerante al aire, es necesario que el radiador tenga una superficie grande.

La eficacia de un radiador depende principalmente de la superficie expuesta al aire y de su coeficiente de transmisión calorífica. El radiador está formado por un cuerpo y dos depósitos. El cuerpo del radiador lo componen unos finos tubos que comunican ambos depósitos. Entre los tubos, que pueden ser de latón o cobre, aunque actualmente la mayoría se fabrican de aluminio por ser un material con buena conductividad térmica, ligero y que permite un laminado muy fino.

Los radiadores según su flujo pueden ser de flujo vertical o de flujo transversal dependiendo del sentido en que se desplace el líquido del interior. En los de flujo vertical los depósitos se sitúan en las partes superior e inferior y el líquido pasa de arriba abajo. Los radiadores más usados son los de flujo transversal donde los depósitos se colocan a los lados y el líquido se desplaza horizontalmente. Tienen la ventaja de que permiten adaptarse al bajo frontal de los automóviles.

El modelo de radiador, la superficie refrigerante, el número de filas de tubos y su disposición en el panel, determinan la eficacia refrigerante.

Un tubo oval es más favorable al paso de aire que el redondo. Por otra parte, la naturaleza del material utilizado (acero, cobre o aluminio) juega un papel importante en la eficacia del radiador, así como la disposición y el número de aletas.

El conjunto de la producción mundial de radiadores para automóviles y vehículos industriales se cubre actualmente con tres tecnologías. Estas tecnologías se diferencian fundamentalmente en la forma de ensamblar el panel.

- Aluminio soldado
- Aluminio mecánico
- Cobre soldado

Tecnología del aluminio soldado; fue desarrollada por Chausson en paralelo con las de aluminio mecánico de Valeo.

El montaje del panel: tubos, intercaladotes y colectores se efectúa por soldadura en horno a 600°C. Esta temperatura permite la fusión del metal chapado, en los puntos de contacto, produciendo la unión de los diferentes componentes, véase en la **figura 5.6**. Posteriormente se realiza el montaje de los depósitos y juntas por engrapado.

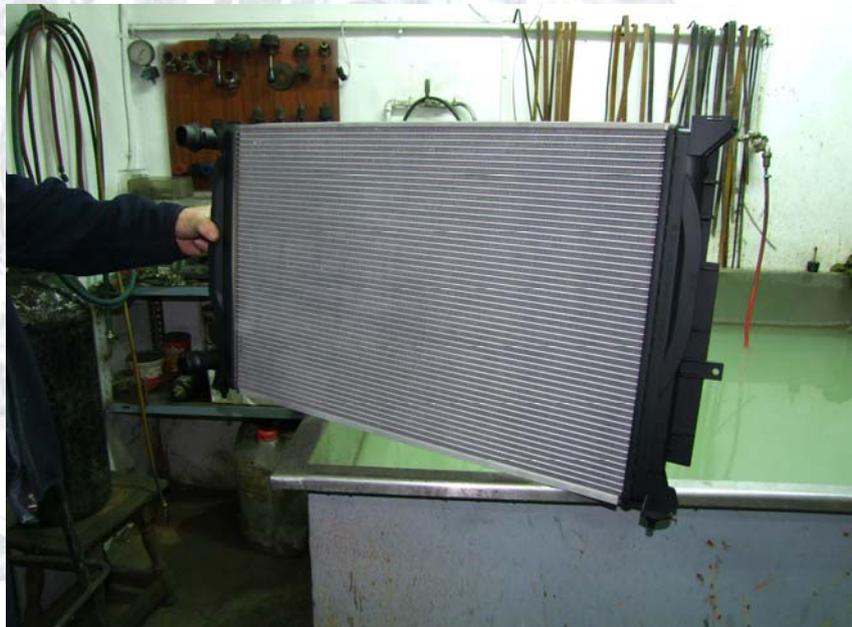


Figura 5.6. Radiador de aluminio soldado.

Tecnología de aluminio mecánico; esta tecnología fue desarrollada por Valeo en los años 70, continuando en la actualidad, siendo Valeo el líder mundial indiscutible en esta tecnología.

El montaje del panel tubos/aletas se realiza mediante un proceso en frío, es decir, sin soldaduras. Los tubos se introducen en las aletas y después se expansionan para lograr una buena unión. De la calidad de los componentes y de la realización de esta operación dependerá la buena conducción y por tanto la eficacia térmica del intercambiador.

Los extremos de los tubos del panel se introducen a continuación en los colectores equipados con juntas. Una nueva expansión del tubo asegura la unión tubo colector. Por último se engatillan los depósitos mediante engrapado.

Tecnología de cobre soldado; esta es la tecnología mas antigua.(**figura 5.7.**) En los años 60 todos los radiadores se fabricaban de esta manera. En primer lugar se fabrican por conformado y engafetado los tubos de latón estañado, posteriormente se suelda el panel de forma similar a la descrita para aluminio soldado.



Figura 5.7. Radiador de cobre soldado.

En esta tecnología la soldadura se efectúa a unos 300 °C. Los depósitos, que antes eran de latón embutido y se soldaban a los colectores, hoy en día se fabrican también en material plástico y se unen por engrapado.

5.1.3. Termostato.

Es el dispositivo encargado de la regulación de la temperatura de la refrigeración. Su función es dejar pasar refrigerante hacia el radiador en función de la temperatura de dicho refrigerante.

Durante el funcionamiento del motor en frío es cuando se producen los mayores desgastes y el consumo de combustible es más elevado. Por lo tanto, es preciso que, una vez puesto en marcha, alcance su temperatura de régimen lo más rápidamente posible (entre 80 y 90°C). Con este fin se intercala en el circuito de refrigeración el termostato.

El termostato es una válvula térmica que controla el paso de líquido entre el motor y el radiador, de manera que solo cuando el refrigerante ha alcanzado la temperatura adecuada (unos 85°C), se abre dejándolo pasar al radiador.

5.1.3.1. Termostato de fuelle.

Fuelle de latón (**figura 5.8.**) que contiene un líquido muy volátil que al aumentar la temperatura aumenta su volumen y expande el fuelle y abriendo la válvula.

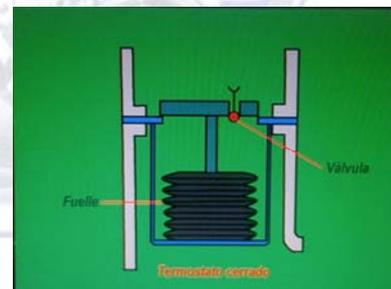


Figura 5.8. Termostato de fuelle.

El fuelle esta unido por la parte inferior a una armadura., y por la superior a la válvula móvil.

Cuando este fluido recibe el calor del agua, aumenta de volumen y provoca la expansión del fuelle, lo que produce la apertura de la válvula del termostato.

5.1.3.2. Termostato de cápsula de cera.

Este formado por una cápsula cerrada herméticamente que contiene cera (**figura 5.9**). En su interior se introduce una varilla, que queda rodeada por una membrana de goma, por el otro extremo, la varilla se apoya en la carcasa del termostato. Unida a la capsula se encuentra la válvula que se mantiene cerrada en frío por la fuerza del muelle. La cera esta encerrada en una capa de latón en contacto con el agua. Cuando la cera esta fría, la válvula esta cerrada e impide el paso del agua entre el motor y el radiador. Al calentarse la cera se funde y se dilata, produciendo la apertura de la válvula.



Figura 5.9. Termostato de cápsula de cera.

La cera esta encerrada en una capa de latón en contacto con el agua. Cuando la cera esta fría, la válvula esta cerrada e impide el paso del agua entre el motor y el radiador. Al calentarse la cera se funde y se dilata, produciendo la apertura de la válvula.

El cierre de este se asegura mediante un muelle, al enfriarse la cera. Su funcionamiento se basa en el elevado coeficiente de dilatación que poseen ciertos materiales como la cera o la parafina. Cuando el líquido refrigerante calienta la capsula que contiene la cera, esta se dilata, comprime la goma y expulsa la varilla. Como la varilla hace tope en la carcasa, se desplaza la cápsula que vence la fuerza del muelle y abre la válvula.

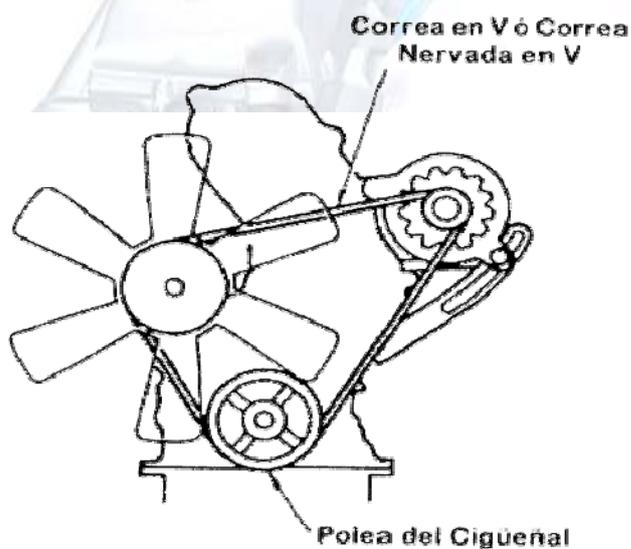
Generalmente la válvula comienza a abrirse entre los 80 y 86°C que se encuentra totalmente abierta entre los 95 y los 100°C, con un desplazamiento de la válvula entre ambas posiciones de 7 a 8mm. Estos valores de tarado difieren de unos motores a otros, en función de las características del circuito de refrigeración. El termostato va alojado en una tapa de material plástico como se puede observar en la **figura 5.10**.



Figura 5.10. Tapa del termostato.

5.1.4 Ventiladores.

La misión del ventilador es activar la circulación de aire cuando el vehículo circula a baja velocidad. La **figura 5.11** muestra un ventilador accionado por correa.



Antiguamente se montaban solidarios a la polea de la bomba de agua, (axiales) obteniéndose un caudal de aire proporcional a las rpm del motor. Por esta razón han sido sustituidos por los de tipo electromagnético.

A veces se le monta una carcasa de plástico para redirigir el aire a la mayor superficie posible de radiador.

Para disminuir el ruido la inclinación de las palas es diferente unas de otras.

Figura 5.11 .Ventilador accionado por correa.

El agua caliente que circula a través del radiador es enfriada por la corriente de aire que le atraviesa. En los automóviles, el radiador se dispone de manera que se obtenga una buena ventilación natural con la marcha del vehículo, y es por esta causa que pueden emplearse ventiladores de pocas palas, cuya función primordial consiste en activar la corriente de aire a través del radiador cuando el vehículo circula a poca velocidad.

El caudal y la velocidad de la corriente de aire son factores que determinan la cantidad de calor extraída al radiador. Por tanto el ventilador se utiliza como elemento regulador de la temperatura del motor, para lo cual su accionamiento ha de estar en función de la temperatura del líquido refrigerante, independientemente del número de revoluciones del motor.

5.1.4.1. Electroventilador.

Es el ventilador que está movido por un motor eléctrico, véase en la **figura 5.12**, cuya potencia depende de las características del ventilador (de 80 a 150 w). Si el vehículo va equipado con aire acondicionado esta potencia se triplica (300 a 400w).

Se conecta y desconecta automáticamente mediante un interruptor térmico, tarado para la conexión entre 90 y 98 °C y la desconexión de 82 a 90 °C. Esta diferencia de 5 a 8 °C evita la excesiva frecuencia de accionamiento entre ambas posiciones.

El circuito eléctrico se compone de un termocontacto, un relé y el propio motor eléctrico.



Figura 5.12. Electroventiladores.

Funcionamiento

Hasta que el refrigerante alcanza la temperatura fijada, el termocontacto permanece abierto y el motor no recibe corriente. Cuando se llega a dicho valor de temperatura, el termocontacto cierra. El circuito de mando del relé se activa y se cierran sus contactos principales, de esta forma el motor del ventilador queda alimentado.

El ventilador funciona mientras la temperatura del refrigerante esta por encima del valor fijado para la desconexión

Sistemas de montaje del electroventilador

- Un ventilador con una sola velocidad.
- Un ventilador con dos velocidades. Si con el ventilador funcionando a baja velocidad la temperatura del motor aumenta considerablemente, se conecta una segunda velocidad más rápida.
- Dos ventiladores con funcionamiento escalonado. Van provistos de un motor para cada ventilador y funcionan independientemente.
- Dos ventiladores unidos por correa. Un motor mueve un ventilador y este le transmite el giro al otro mediante una correa.

5.1.4.2. Ventilador de acoplamiento viscoso.

Mediante este sistema se consiguen dos velocidades de rotación del ventilador en función de la temperatura del aire que pasa a través del ventilador.

El dispositivo va montado sobre el eje de la bomba de agua, de forma que queda expuesto al aire que atraviesa el radiador. Este ventilador recibe movimiento desde la polea del cigüeñal, a través de una correa. Como medio de acoplamiento entre el eje y el ventilador se utiliza aceite de silicona (**figura 5.13**).

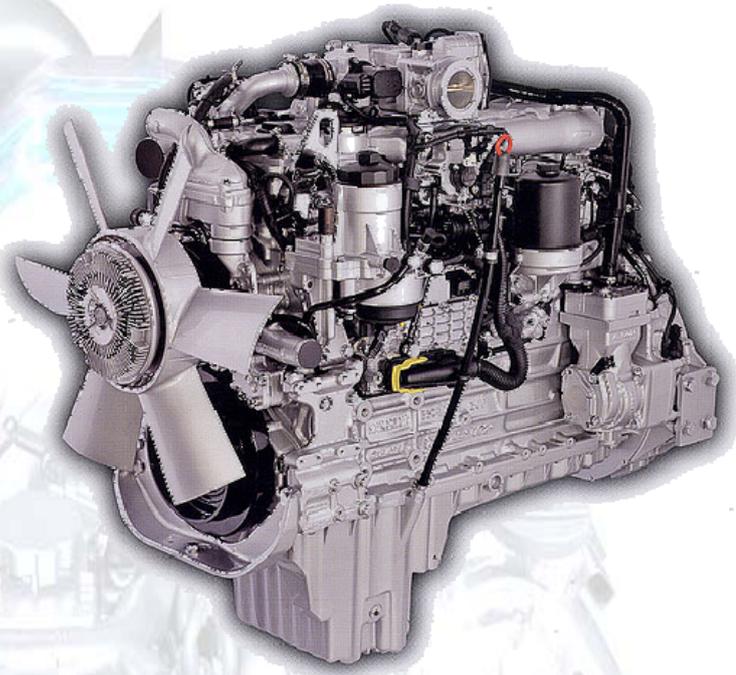


Figura 5.13. Ventilador de acoplamiento viscoso.

Constitución y funcionamiento

Se compone de un rotor interior dotado de paletas que reciben movimiento de la polea a través del eje. Formado por una lamina divisoria que contiene los orificios de entrada y una lámina móvil unida al resorte bimetalico, que abre y cierra los orificios en función de la temperatura procedente del radiador.

- Cuando la temperatura del aire que pasa a través del radiador es baja, la lámina móvil mantiene cerrados los orificios de entrada debido a la fuerza del resorte bimetalico. Las paletas del rotor expulsan el aceite fuera de la cámara. Al no haber aceite se produce resbalamiento, como consecuencia, la velocidad del ventilador es baja.
- Cuando la temperatura del aire que pasa a través del radiador es alta, el resorte bimetalico desplaza a la lámina móvil descubriendo los orificios de entrada, entonces el aceite de silicona circula a través de la cámara de acoplamiento impulsado por las paletas del rotor. Ahora el resbalamiento entre el rotor la carcasa es menor, por lo que aumenta la velocidad del ventilador.

5.1.5. Termocontacto.

Se trata de un interruptor mecánico situado, normalmente, en uno de los depósitos del radiador (**figura 5.14**). Puede situarse también detrás del radiador en contacto con el flujo de aire recalentado o en el cubo del motor ventilador, en caso de ventiladores viscosos.

El interruptor mecánico está pilotado por una sonda de temperatura situada en un bulbo en contacto con el líquido de refrigeración. Cuando se cierra el contacto, se pone en marcha el electroventilador, aumentando el flujo de aire que atraviesa el radiador. La temperatura del líquido es la que produce la apertura o cierre del circuito eléctrico.



Figura 5.14. Termocontacto.

Podemos diferenciar dos tipos de tecnología de termocontactos según la estructura de la sonda de temperatura.

- De membrana bi-metal deformable. La banda de temperatura entre la apertura y el cierre del circuito es de 8 a 10°C.
- De cera expansible. La banda de temperatura entre apertura y cierre puede regularse entre 2 y 15 °C con una precisión de más o menos 1 °C.
- Independientemente de la tecnología existen dos tipos de termocontactos, de simple etapa y de doble etapa.

Los de simple etapa solamente tienen una temperatura de conexión y de parada del motor ventilador.

Los de doble etapa, son cada vez más frecuentes en los vehículos, permiten el funcionamiento del motor ventilador a dos velocidades de giro en función de la temperatura del líquido

Ventajas del termocontacto con elementos de cera

- Posibilidad de regular con precisión en función de los valores óptimos requeridos por el motor.
- Mayor capacidad eléctrica.
- El elemento de cera es insensible a las vibraciones.
- Una mayor superficie de intercambio térmico proporciona unos tiempos menores de reacción ante variaciones pequeñas de temperatura.

5.1.6. Tapón presostato.

En caso de circuitos con vaso de expansión frío sin presión, el tapón, **figura 5.15** se coloca generalmente en el punto más alto del radiador de refrigeración. En este caso se trata de un tapón de doble estanqueidad que funciona sumergido.

En el caso de circuitos con vasos de expansión con presión, el tapón se sitúa en lo alto del vaso de expansión, funcionando normalmente en seco, en este caso se trata de un tapón de simple estanqueidad.



Figura 5.15. Tapón presostato.

El tapón sustituye el cierre del circuito de refrigeración, permitiendo el llenado y la presurización del mismo. El tapón presostato asegura la presurización del circuito de refrigeración con el fin de elevar el punto de ebullición del líquido de refrigeración. El tapón permite también el rellenado del circuito.

Los tapones para radiadores son metálicos y los que se sitúan en el vaso de expansión, que son los más frecuentes en la actualidad, suelen ser de plástico y van roscados.

5.1.7. Manguitos.

Los manguitos (**figuras 5.16 y 5.17**) conducen el líquido refrigerante entre los diferentes componentes del circuito de refrigeración. Están hechos de caucho natural o siliconas, tratados con aditivos que les permiten resistir altas temperatura, presiones, la exposición al ozono y a los líquidos de refrigeración.



Figura 5. 16. Manguito de agua.

Podemos encontrar diferentes tipos de manguitos:

-Manguitos acodados, (**figura 5.17**) que presentan la forma específica para adaptarse a la aplicación, asegurando completamente las conexiones.

-Manguitos flexibles, con espiral de acero interior. Que asegura la flexibilidad y evita el colapso en grandes radios de curvatura. El refuerzo textil incorporado en el cuerpo de caucho proporciona una gran resistencia a las presiones y a las durísimas condiciones que se dan en el entorno del motor. La resistencia a la torsión lateral facilita el posicionado correcto y evita roces con la carrocería y otros elementos.

-Manguitos de calefacción flexibles se fabrican en caucho reforzado con un material textil y con un hilo de acero especial que asegura una gran flexibilidad. Este tipo de manguitos pueden curvarse a 180° sin colapsarse.



Figura 5. 17 Manguito de agua acodado.

5.1.8. Vaso de expansión.

El aumento de volumen del líquido de refrigeración por efecto de la temperatura, se absorbe, en parte, por los manguitos de goma. No obstante, se hace necesaria la existencia de un depósito o vaso de expansión (**figura 5.18**) situado de forma fácilmente accesible que permita además disponer de una cierta reserva de líquido.



Figura 5.18 vaso de expansión.

Funciones del vaso de expansión

- Absorber la dilatación de líquido con la temperatura.
- Asegurar la presurización del circuito que consiste en mantener constantemente una contrapresión en el circuito de refrigeración.
- Elevación del punto de ebullición y asegurar una buena alimentación de la bomba de líquido refrigerante.
- Permitir la desgasificación del circuito, nunca se logra la desgasificación completa debido a:
 - Posibles entradas de aire por manguitos y racores.
 - Formación de vapor debido a problemas de cavitación de la bomba o de sobrecalentamiento del motor.
 - Fugas de gases procedentes de la combustión a través de la junta de culata.

5.1.9. Líquido refrigerante.

En los motores no todo el calor que se genera en la combustión se transforma en trabajo mecánico. Ese exceso de calor debe de ser evacuado para la máxima protección del motor. Una de las funciones del aceite lubricante es la de refrigerar, pero no es suficiente, de ahí la necesidad de los refrigerantes (**figuras 5.19 y 5.20**).

En tiempo frío, cuando las temperaturas ambiente descienden por debajo de 0°C, hay riesgo de congelación del agua del sistema de refrigeración, el empleo de agua pura como líquido de refrigeración presenta ciertos inconvenientes, el mayor de ellos es que para temperaturas inferiores a 0°C se congela y aumenta su volumen, lo que puede dar lugar a graves averías en el circuito, pudiendo aparecer grietas en el bloque del cilindro o en el radiador. Otro inconveniente del agua es su acción oxidante en las partes metálicas.



Figura 5.19 Líquido anticongelante orgánico “Verde”.

El fenómeno de la corrosión es mas frecuente en radiadores de aluminio, mientras que en los de cobre es prácticamente nulo.

No obstante, la composición del agua utilizada en la mezcla anticongelante tiene gran importancia, sobre todo por cuanto se refiere a la presencia de iones cloro en ella, que debe evitarse en lo posible.

Un buen anticongelante debe mezclarse bien con el agua, circular libremente y no ser corrosivo para no dañar los conductos de paso del circuito de refrigeración y sus componentes, ni crear depósitos calcáreos. Las mezclas de uso más común están constituidas a base de agua y glicerina y conservan sus propiedades durante largo tiempo, continuando siendo líquidos aún a las temperaturas de ebullición del agua.

Composición del anticongelante

Entre los muchos productos anticongelantes que se pueden emplear, el más utilizado en la actualidad está formado a base de un hidrocarburo etílico con glicerina y alcohol, al cual se le añade bórax como inhibidor de corrosión, agua destilada, un antiespumante y un colorante de identificación; con las siguientes proporciones:



- Etilenglicol: 90 a 95 %
- Bórax: 2 a 3%
- Agua destilada un máximo del 2 % antiespumante en pequeña proporción colorante.

En cuanto al color que es una propiedad física de los anticongelantes que se la proporcionan los colorantes. Estos colorantes no influyen en el nivel de calidad de los refrigerantes, simplemente es una propiedad estético-visual. Tanto en minerales como en orgánicos, nos podemos encontrar con naranjas, azules, verdes, amarillos, rosas, véase en las **figuras 5.19 y 5.20**; pero en ningún caso son un elemento diferenciador de la calidad del anticongelante.

Figura 5.20 Líquido anticongelante orgánico “Rosa”.

Finalidad del anticongelante

- Disminuir el punto de congelación del líquido refrigerante, el cual, en proporciones adecuadas, hace descender el punto de congelación entre 5 y 35 °C; por tanto, la proporción de mezcla estará en función de las condiciones climatológicas de la zona o país por donde circule el vehículo.
- Aumentar la temperatura de ebullición del agua, para evitar pérdidas en los circuitos que trabajen por encima de los 100 °C.
- Evitar la corrosión de las partes metálicas por donde circula el agua

6. Verificación y control del sistema de refrigeración y sus componentes.

6.1. Averías en refrigeración.

El indicador de temperatura del tablero de instrumentos proporciona información sobre el funcionamiento del sistema de refrigeración. Una temperatura superior o inferior a la normal es un indicio de defecto en alguno de los componentes.

Si se supera la temperatura máxima de funcionamiento del motor pueden producirse graves daños que generalmente afectan a la estanqueidad de la junta de culata por deformación del plano de cierre. El exceso de dilatación provoca fuertes rozamientos que en casos extremos llegan a gripar los pistones u otros elementos.

Los síntomas de avería que afectan al sistema de refrigeración son los siguientes:

- Fugas del líquido refrigerante.
- El motor se calienta en exceso.
- El motor tarda en alcanzar la temperatura de régimen.

En cualquiera de estos casos deberá verificarse el sistema de refrigeración y, en primer lugar, se comprobará si existen pérdidas de líquido, para lo cual bastará con efectuar un corto recorrido con el vehículo, hasta lograr el calentamiento del motor, observando posteriormente el descenso de nivel en el vaso expensor. En caso de pérdida, con el motor caliente se procederá a localizar el punto exacto y seguidamente al desmontaje y reparación pertinentes.

Fugas del líquido refrigerante.

Los lugares más frecuentes de pérdidas de líquido son:

- Los manguitos, en sus puntos de conexión o por grietas.
- El radiador, por fugas en los tubos o por falta de estanqueidad entre el cuerpo y los depósitos.
- El calefactor del interior del vehículo.
- La bomba de agua, por el retén del eje o por la junta de unión al bloque.
- La junta de culata debido al apriete incorrecto de los tornillos o por deformaciones en la superficie de la culata. Véase en la **figura 6.1** Las fugas en este caso se producen hacia el interior de los cilindros.

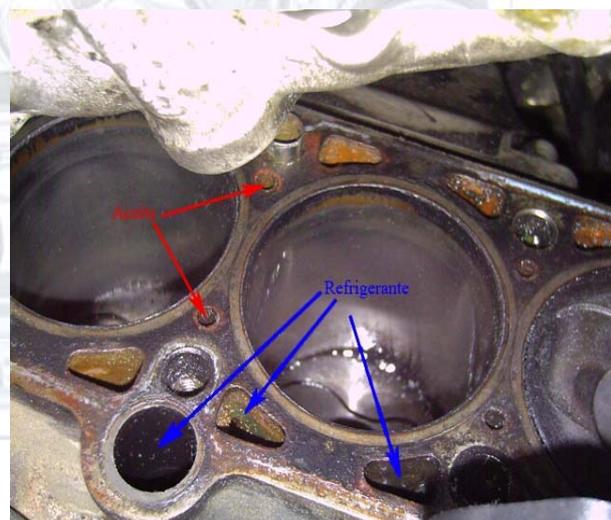


Figura 6.1. Junta de culata.

El motor se calienta en exceso.

Las posibles causas son:

- Bajo nivel de líquido refrigerante por pérdidas.
- Mal funcionamiento del termostato. Sino abre, o lo hace solo parcialmente, el líquido no pasará en suficiente cantidad al radiador.



- Mal funcionamiento del termocontacto que activa el electroventilador. (**Figura 6.2**)
- Radiador sucio exteriormente, o parcialmente obstruido.
- Correa de la bomba de agua floja o rota.
- Otras causas ajenas al circuito de refrigeración, como encendido retrasado o mezcla pobre en los motores Otto.

Figura 6.2. Comprobación termocontacto.

El motor tarda en alcanzar la temperatura de régimen

Generalmente, el motor tarda en alcanzar la temperatura de régimen, cuando el termostato no cierra correctamente y permite el paso del líquido al radiador estando el motor frío.

Otra causa menos frecuente es el funcionamiento continuo del electroventilador por haberse quedado cerrado el termocontacto de forma permanente.

6.2. Comprobaciones

Las comprobaciones a realizar en el circuito de refrigeración son las siguientes:

- Estanqueidad del circuito.
- Válvulas de tapón.
- Termostato.
- Bomba de agua.
- Electroventilador y termocontacto.
- Verificación y sustitución del líquido de refrigeración.

6.2.1 Estanqueidad del circuito.

Las fugas importantes son fácilmente localizables por la mancha que deja el líquido. Para localizar las pequeñas fugas se emplea un útil consistente en una bomba manual, (**Figura 6.3**) provista de un manómetro y de diversos adaptadores para conectarla en el lugar del tapón del radiador o del depósito de expansión.

Comprobación de la estanqueidad

-Extraer el tapón del radiador, o en su caso, del vaso de expansión y montar en su lugar el útil de comprobación.

-Llevar el motor a la temperatura de régimen (hasta que conecte el electroventilador), y después pararlo.

-Bombear con el útil hasta conseguir una presión en el manómetro de 1,5 Kg. /cm² y la presión debe mantenerse.

-Si se observa que la presión descende significa que hay fugas en el circuito, tanto mas importantes cuanto más rápido sea el descenso de la presión.



Figura 6.3 Comprobador de estanqueidad

- Una vez localizado, desmontar y sustituir el elemento afectado, rellenar y purgar el circuito.
- En caso de no encontrar fugas comprobar si la pérdida se produce por la junta de culata. Síntomas de fugas internas a través de la junta de culata:
 - Presencia de aceite en el líquido refrigerante.
 - Presencia de líquido en el aceite de engrase.
 - Expulsión de líquido por el tubo de escape con el motor funcionando.

6.2.2. Verificación del tapón de presión.

Las válvulas de presión y de depresión se pueden encontrar en el tapón del radiador, aunque, actualmente, en la mayoría de los casos se montan sobre el tapón del depósito de expansión del depósito. Si esta válvula se encuentra en mal estado, el circuito no se presuriza y existe pérdida de líquido.

Si un tapón tiene un tarado bajo, baja la temperatura de ebullición y provoca un calentamiento del motor.

Si la válvula de aspiración está obstruida, al enfriarse el motor, se estrangula el manguito interrumpiendo el flujo de agua desde el vaso de expansión y dificulta la circulación.

Para realizar la verificación de la válvula de presión se emplea el mismo útil de la prueba de estanqueidad (**figura 6.3**). Para ello, se adapta el tapón sobre el útil y se bombea hasta alcanzar la presión de tarado de la válvula. Se admite una tolerancia aproximada de 0,1 bar. Si no es correcto, debe sustituirse el tapón. También se debe sustituir la junta de goma si no se encuentra en perfectas condiciones.

6.2.3. Verificación del termostato

La válvula debe empezar a abrir entre 82 y 86°C, y debe estar completamente abierta entre 95 y 100°C. Si no es así debe sustituirse.

Desmontar el termostato de su alojamiento. Vaciar el líquido hasta un nivel apropiado, separar la tapa y extraerla.

Para comprobar el termostato sumergirlo en un recipiente con agua y calentarla. Controlar la temperatura con un termómetro y verificar:

- La temperatura a la que comienza a abrirse (80-86°C).
- La temperatura a la que termina de abrirse (95-100°C).
- El recorrido de la válvula (7-8 mm).

Si los valores obtenidos no son correctos se debe sustituir el termostato.

En el montaje posterior debe observarse el montaje del bulbo por el lado del motor y si tiene orificio de purga, este debe de quedar situado por la parte de arriba. Rellenar el líquido y purgar el circuito.

6.2.4. Verificación y control de la bomba de agua.

En caso de existir fugas de agua en la bomba, ruidos o anomalía de funcionamiento, hay que desmontarla. Se observarán deformaciones, fisuras grietas, o incrustaciones (**figura 6.4**), en cuyo caso deberá de ser sustituida. Se verificarán visualmente todos sus componentes.



Figura 6.4. Bomba de agua en mal estado.

6.2.5. Verificación del radiador.

- Desmontar el radiador del vehículo.
- Vaciarle toda el agua.
- Quitar las grapas que sujetan los depósitos contra el radiador
- Con ayuda de un cepillo de púas se limpia toda la superficie.
- Se tiene en remojo el panel del radiador dependiendo si es de cobre o de aluminio en un tipo de ácido.



Figura 6.5. Proceso de limpieza de un radiador.



Figura 6.6. Proceso de limpieza de un radiador.

- A continuación se introducen las espadas en todos los agujeros para desembozarlo por dentro.
- Se montan los depósitos y se cierran las grapas.
- Montaje del radiador en el vehículo.

6.2.6. Verificación del electroventilador.

Se observará si el ventilador se pone en marcha acelerando en ralentí, cuando el indicador alcance la zona alta de temperatura. En caso contrario debe verificarse en el ventilador puenteando el termocontacto que lo gobierna. Haciendo un puente en el Termocontacto, debe de ponerse en marcha el ventilador.

6.2.7. Verificación del termocontacto.

Si al realizar la prueba del electroventilador, este funciona correctamente, deberemos comprobar el termocontacto
Realizamos el siguiente montaje y calentamos el agua hasta que comprobamos que el termocontacto se cierra cuando se alcanzan los 90- 95°C.

A continuación se deja enfriar hasta que se debe de abrir a una temperatura de entre 82 y 86°C.

6.2.8. Verificación y control del líquido refrigerante.

Cuando haya que sustituir el líquido, hay que proceder de la siguiente forma:
Vaciar el circuito, y al llenarlo por el vaso expensor mediante un útil específico para purgar (**figura 6.6**), que basa su funcionamiento en el efecto venturi.

Se realiza de la siguiente forma:

- Primero con el vehículo parado quitamos el tapón del vaso de expansión.
- Después en el alojamiento del tapón del vaso de expansión se introduce el útil específico para purgar.
- A continuación se conecta el útil a la red de aire comprimido.
- Luego se sumerge la manguera del útil en el líquido refrigerante que va a usar el vehículo.



Figura 6.6 Útil purgador de circuitos de refrigeración.

- Seguidamente se abren las válvulas del útil y la de la red de aire comprimido, consiguiendo introducir el líquido refrigerante a la vez que sacando el aire del circuito con el resultado de un óptimo purgado.
- A continuación se cierran todas las válvulas y se retira el útil volviendo a enroscar el tapón del vaso de expansión.

7 Otros sistemas de refrigeración del motor.

Enfriadores de aceite

La energía mecánica se utiliza en diversas aplicaciones, tales como bombas, motores y válvulas. La energía mecánica se puede generar de distintas formas, y los sistemas tanto neumáticos como eléctricos son alternativos a los sistemas de generación de energía hidráulica.

7.1. Enfriador aceite-agua.

El intercambiador agua aceite (**figura 7.1**) esta constituido por dos cámaras independientes separadas por una fina pared de forma que puede transmitirse el calor entre ellas. Por una de las cámaras se hace circular el aceite de engrase y por la otra el líquido de refrigeración.



El dispositivo se coloca en la entrada del filtro, el aceite procedente del cárter pasa por el intercambiador, luego por el filtro y finalmente es enviado a engrasar.

El intercambio se produce tanto con el motor frío como caliente, dado que el líquido de refrigeración se calienta con más rapidez, el agua cede calor al aceite. Una vez alcanzada la temperatura de régimen, es el aceite el que cede calor al agua.



Figura 7.1 Enfriador de aceite, “aceite-agua”

Este sistema tiene la ventaja de que se alcanza más rápidamente la temperatura de funcionamiento (entre 70-90°C), mejorando la fluidez y manteniendo la temperatura del aceite estable.

7.2. Enfriador aceite- aire.

Otra forma de refrigerar el lubricante es enviarlo a través de unas tuberías rígidas o manguitos a un radiador aire / aceite consiste en un radiador por el que circula el aceite de engrase, de modo que el aire de la marcha y el ventilador refrigeran el aceite, donde el lubricante se refrigera con el aire ambiente

7.3. Ventajas e inconvenientes.

Ventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Es más eficaz que la anterior porque el gradiente de temperaturas entre el aceite y el aire es mayor que el de agua y el aceite. -El paso del aceite hacia el radiador esta controlado por una válvula termostática, que solo abre cuando el motor está caliente. 	<ul style="list-style-type: none"> -Es más eficaz que la anterior porque el gradiente de temperaturas entre el aceite y el aire es mayor que el de agua y el aceite. -El paso del aceite hacia el radiador esta controlado por una válvula termostática, que solo abre cuando el motor está caliente.

8. Anexos.

Anexo 1.

Presentación mediante Power-point del trabajo realizado.

Anexo 2.

Video demostrativo con los siguientes trabajos:

- Realización práctica del proceso de desmontaje, montaje y verificación de componentes del sistema de refrigeración de un Dodge Caliber 2.0 CRD.
- Realización práctica del proceso de reparación, comprobación y limpieza de radiadores.

9. Fuentes consultadas.

9.1. Bibliografía y webs.

- Libro Técnicas del automóvil-Motores editorial Paraninfo.
- Libro Grado Medio-Motores editorial Editex.
- Cuaderno técnico Valeo team Sistemas térmicos V 60 MRA (I)
- Revista técnica del automóvil
- Revista Nuestros talleres
- Revista Formula car&tecno
- Revista ElectroCar
- www.cesvimap.com
- www.centro-zaragoza.com
- www.valeo.com
- www.km77.com
- www.mecanicavirtual.org
- www.todomecanica.com
- www.comforp.org

9.2 Empresas colaboradoras.

- Mercedes Benz Divesa S.L.
- Radiadores Reus S.L.