

### 4.3.3. Engrase por barboteo

La bomba mecánica (Figura 4-3), situada en el fondo del cárter y sumergida en el aceite, eleva el aceite por los tubos dibujados hasta las bandejas, una debajo de cada biela, donde hay un nivel constante de aceite. La cabeza de biela lleva una cucharilla de forma de asegurarse el engrase, y al mismo tiempo salpica en todas direcciones, formándose en el interior del cárter una espesa niebla que moja abundantemente las paredes.

En las paredes hay unas ranuras que recogen el aceite y lo hacen llevar a los pocillos indicados en la figura, donde por unos agujeros que llevan en su fondo, pasa a engrasar los cojinetes del cigüeñal.

El aceite que regresa al cárter puede pasar por una rejilla (ver Figura 4-3) que lo cuela y separa las materias gruesas que pueda llevar. Este sistema no se usa actualmente.

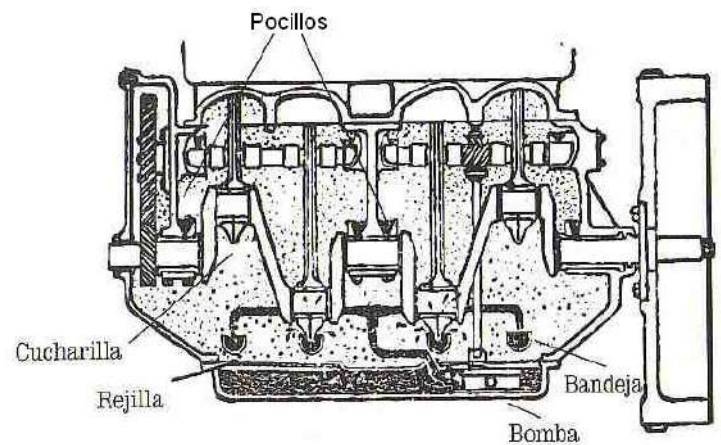


Figura 4-3 – Bomba mecánica

### 4.3.4. Engrase mixto

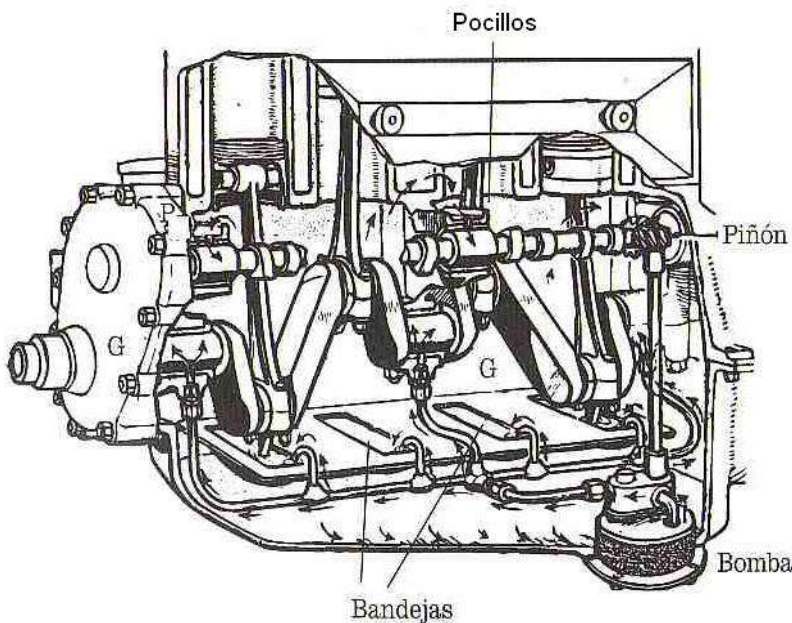


Figura 4-4 – Engrase Mixto

Se diferencia del anterior en que el aceite es llevado por la bomba, además de a las bandejas (Figura 4-4), hasta los cojinetes G del cigüeñal, en los que penetra a presión.

Las cabezas de biela se engrasan por cucharillas, desde las bandejas, y el árbol de levas por pocillos.

Es importante observar que en todas las figuras anteriores, la bomba de aceite está mandada por un eje vertical que recibe su movimiento desde un piñón del árbol de levas.

#### 4.3.5. Engrase por cárter seco

Es un sistema poco utilizado en automóviles, más bien usado en motocicletas.

Su principal característica es que el depósito de aceite está situado fuera del cárter. Una tubería lleva el aceite por gravedad a la bomba, la cual lo reparte a presión total a todos los órganos a lubricar.

La niebla aceitosa se forma igual que en los casos anteriores aunque es menos densa. El aceite que rebosa cae al fondo del cárter, donde una segunda bomba N lo recoge y envía por otro tubo nuevamente al depósito.

Este sistema tiene la ventaja que permite llevar un depósito más grande y que permite colocar un filtro en el interior.

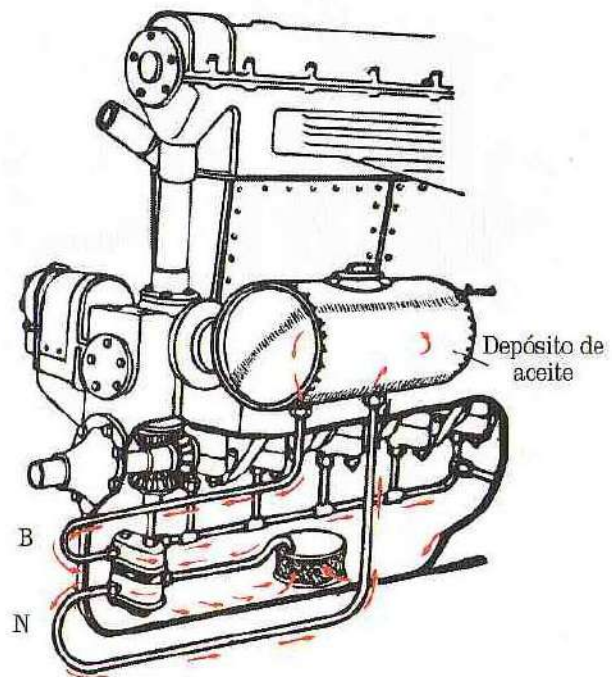


Figura 4-5 – Engrase por cárter seco

### 4.4. LA BOMBA DE ENGRASE

Como se mencionó, la bomba de engrase tiene la función de aspirar el aceite del cárter inferior y dirigirlo bajo presión a través de determinados canales hacia los diferentes elementos a engrasar.

#### 4.4.1. Bomba de engranajes

Está formada por dos ruedas dentadas, la R, que recibe el movimiento cuando el motor gira, por medio de un eje vertical (en general desde el árbol de levas) y hace girar a la rueda L, que gira libre sobre su eje.

Al girar ambas ruedas, sus dientes aspiran y toman el aceite por el tubo de entrada y lo transportan entre los dientes y las paredes hasta empujarlo a presión por el tubo de salida.

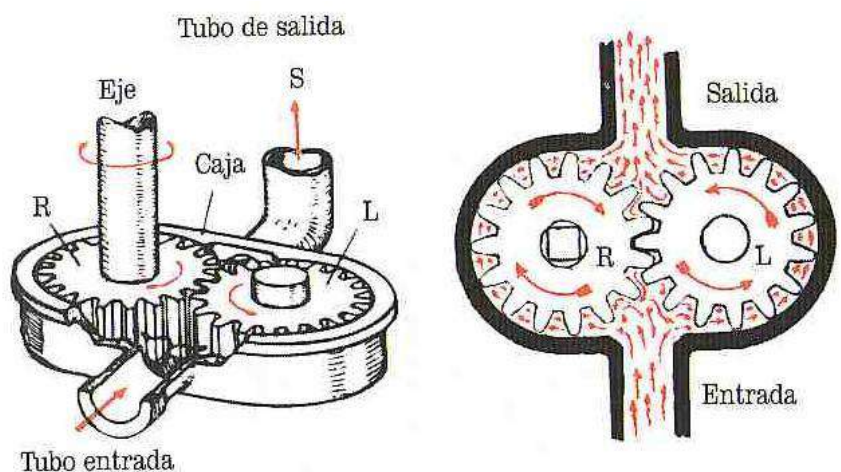


Figura 4-6 – Bomba de engranajes.

Es el tipo de bomba más empleado

#### 4.4.2. Bomba de rotor

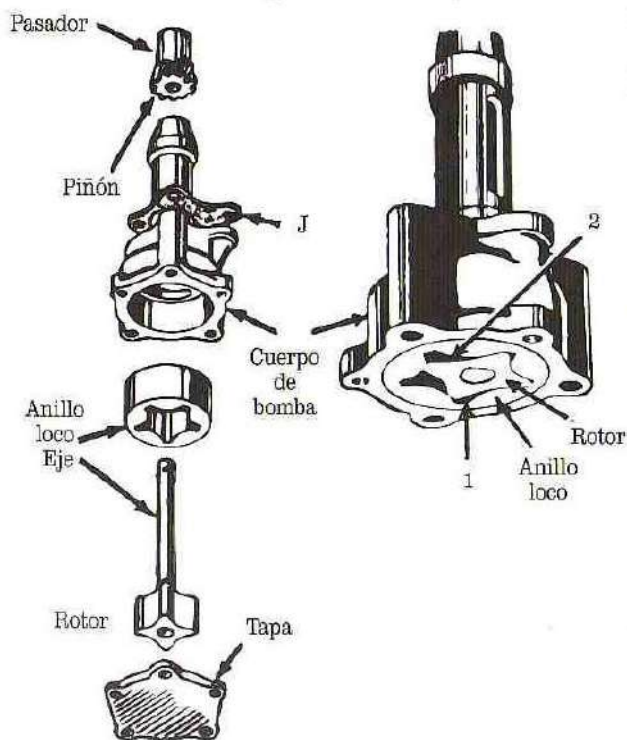


Figura 4-7 – Bomba de Rotor

La bomba de rotor es también de engranajes, pero internos (ver Figura 4-7).

El eje del rotor recibe el movimiento desde el árbol de levas y se une por un pasador al piñón.

Su funcionamiento es el siguiente: al girar el rotor arrastra el anillo loco (ambos giran en el mismo sentido), y como aquél tiene un diente menos se forma el hueco creciente (1 en la figura), el cual se llena de aceite (fase de aspiración), y cuando disminuye el hueco decreciente (2 en la figura) (fase de compresión), el lubricante es expulsado a presión, de forma parecida a la bomba de engranajes exteriores.

#### 4.4.3. Bomba de paletas

Se compone (ver Figura 4-8) de un cuerpo de bomba cilíndrico, en cuyo interior se mueve un rotor excéntrico, ranurado diametralmente y arrastrado por el motor según el sentido de la flecha. Esta ranura recibe dos paletas deslizantes, siempre tendiendo a separarse por la acción del resorte que las empuja hacia las paredes de la bomba.

Al girar el rotor excéntrico, la paleta, por su izquierda va haciendo vacío aspirando el aceite que llega por el tubo de entrada, mientras que por derecha empuja a presión el aceite por el tubo de salida.

El desgaste de las paletas es compensado por el resorte.



Figura 4-8 – Bomba de paletas

#### 4.4.4. **Bomba de émbolo**

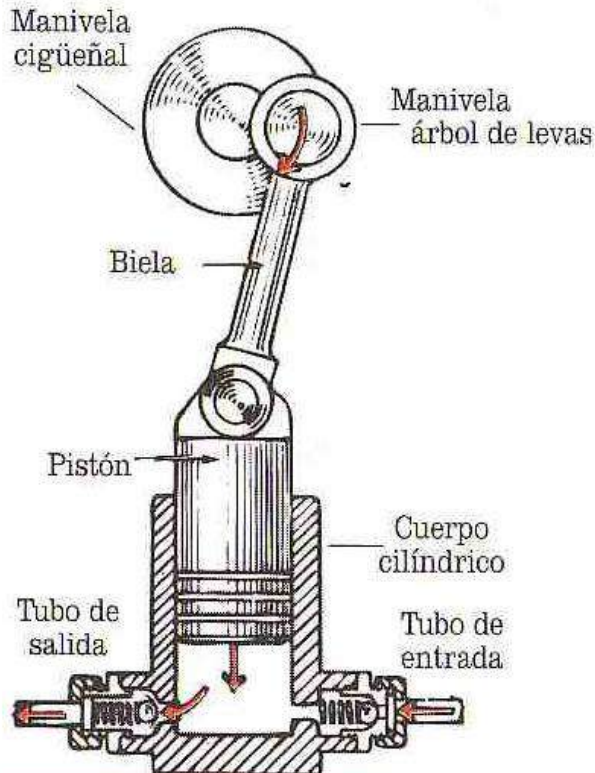


Figura 4-9 – Bomba de émbolo

La bomba de émbolo (ver Figura 4-9) consta de un cuerpo cilíndrico con pistón, que recibe movimiento por una biela desde una excéntrica o manivela, en el árbol de levas o en el cigüeñal.

En el fondo del cilindro hay dos válvulas. Al subir el pistón aspira aceite del cárter por el tubo de entrada, que se abre por la succión. Al bajar el pistón la presión del aceite en el interior del cuerpo de la bomba, cierra el orificio de entrada y abre el de salida, por donde sale a las canalizaciones del sistema de engrase.

#### 4.5. **MANÓMETRO**

De la tubería de presión de la bomba sale una derivación que va a parar al manómetro, montado en el tablero para indicar al conductor el estado de funcionamiento del sistema de engrase.

Es un tubo redondo o achatado (ver Figura 4-10). Al recibir la presión de aceite por B, tiende a abrirse y estirarse, y si la presión baja, vuelve a su forma original.

En este movimiento hace girar el arco dentado, el cual a su vez mueve el pequeño piñón S, sobre el cual va montada la aguja que indica, en una escala, la presión a la cual está trabajando el aceite.

Es importante resaltar que el manómetro mide la presión de aceite, pero no el nivel del mismo en el cárter.

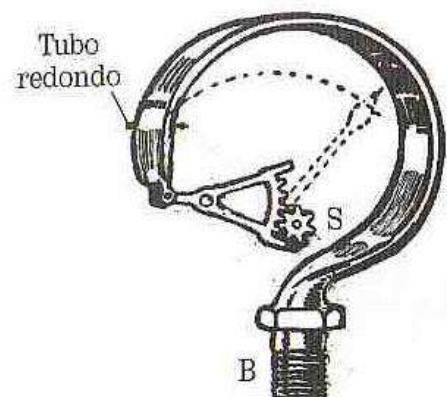


Figura 4-10 - Manómetro

#### 4.6. VÁLVULA DE DESCARGA

Con las bombas mostradas anteriormente, la presión de aceite depende de la velocidad de rotación del motor, así como de la viscosidad del propio aceite,

La bomba tiene la ventaja de que cuanto más rápido gira el motor, más cantidad de aceite envía a la tubería, y por ende a las partes a lubricar; pero no conviene que aumente demasiado la presión, pues produciría, al pasar demasiada cantidad de aceite, un exceso de lubricación, un gasto inútil de aceite, la formación de depósitos de carbón en los cilindros y las válvulas, y el posible deterioro de la propia bomba.

Dado que el manómetro no indica la presión en la bomba de aceite sino en el recorrido del mismo, es necesario que haya un elemento que regule la presión de aceite en la bomba.

Por esto se dispone de una válvula que limita la presión pues al alcanzarse ciertos niveles de presión, se abre un conducto que devuelve aceite al cárter.

El aceite viene a presión por A (ver Figura 4-11) y sale hacia el motor por B, a menos que la presión en A sea tan grande como para vencer el resorte y hacer que se abra el conducto G que la lleva al cárter, disminuyendo así la presión en A

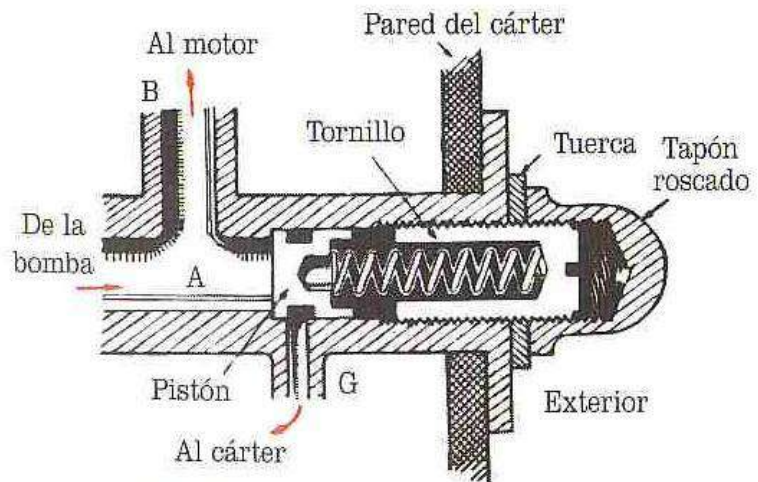


Figura 4-11 – Válvula de descarga.

Tampoco es bueno que la presión baje demasiado, pues si esto ocurre no habrá buena lubricación y se corre riesgo de daño del motor. Por esto los vehículos modernos tienen un sistema que en caso de que la presión baje demasiado, se corta el suministro de combustible y se apaga el motor.

#### 4.7. EL FILTRO DE ACEITE

La bomba aspira en general el aceite del cárter, a través de una rejilla de malla metálica, la cual tiene como función filtrar las impurezas sólidas. Si bien realiza un primer filtrado, la palabra filtro de aplica más bien a los depuradores especiales ubicados en la salida de la bomba, o en la tubería general, filtrando toda la circulación, o en una tubería derivada, reteniendo en ambos casos las partículas pequeñas.

El objetivo del filtro es despojar al aceite de la carbonilla y demás suciedades, así como de todas las limaduras metálicas, convertidas en polvo metálico, que resultan del rozamiento entre las piezas del motor.

#### 4.7.1. Filtrado total o directo

La bomba (ver Figura 4-12) recoge el aceite del cárter, a través del colador flotante, para enviarlo hacia la válvula de descarga y por la tubería de entrada E, al filtro.

Dentro del filtro, pasa de afuera hacia adentro a través de la materia filtrante F, para salir por S a los conductos de engrase del cigüeñal, etc.

Si el filtro se obstruyera, se abre la válvula de seguridad que da paso directo al aceite para evitar que quede el motor sin sistema de engrase.

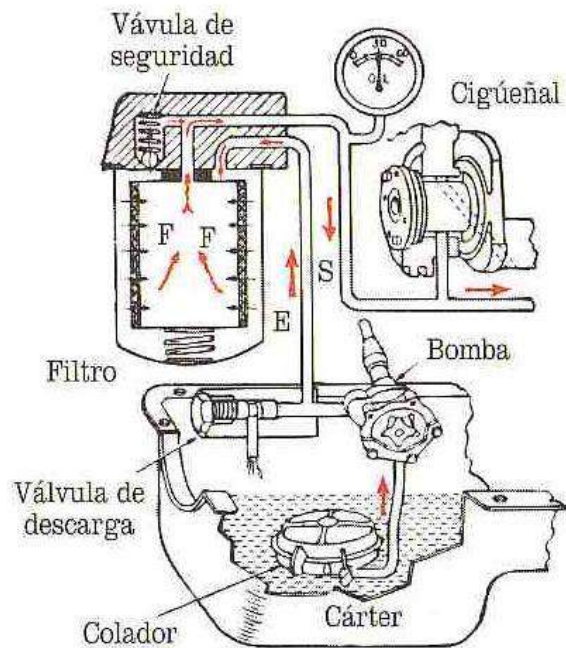


Figura 4-12 – Filtrado total o directo.

#### 4.7.2. Filtrado parcial

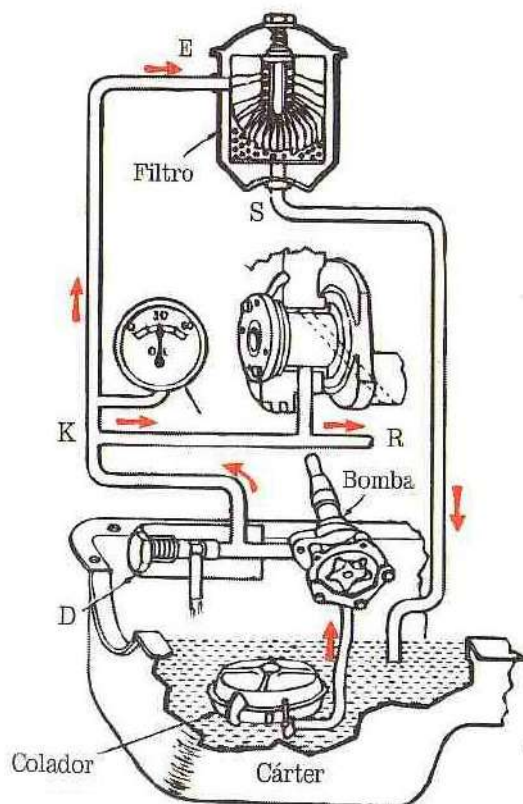


Figura 4-13 – Filtrado parcial

El filtrado parcial (ver Figura 4-13) consiste en tomar una derivación del aceite a presión (K en la figura) antes de llegar a los puntos de engrase, y hacer pasar esta circulación parcial a través de un filtro corriente, regresando el aceite limpio al cárter (tubo S en la figura).

De esta forma si el filtro se atasca, el engrase no se altera, ni depende de válvula de seguridad alguna como en el caso del filtrado total. En caso de que el filtro se atore, simplemente no habrá filtrado.

Igualmente el aceite nunca estará limpio del todo, pues el aceite que lubrica los elementos del motor tiene parte de aceite sucio del cárter y parte del aceite limpio que viene desde el filtro. Si bien es claro que es preferible tener un filtrado parcial que no tener filtro, la calidad de un filtrado total es superior.

### 4.7.3. Tipos de filtros

#### 4.7.3.1. Filtro de papel filtrante

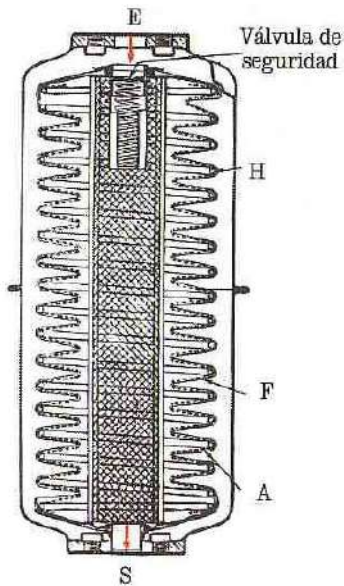


Figura 4-14 - Filtro de aceite

El filtro consta de una lámina de material textil o plástico poroso (llamado “papel filtrante”), que se dobla en forma de acordeón para que presente mucha superficie al aceite, oponiendo así poca resistencia.

En la Figura 4-14 se observa un filtro del tipo antes mencionado.

El aceite que entra por E, rodea el acordeón de alambre H, que sostiene las rejillas A, donde se coloca la capa filtrante F.

Forzado por la presión con la que llega, el aceite pasa al interior del cartucho saliendo luego por S. Si se obstruye el filtro, la diferencia de presión entre entrada y salida, que se anula si no pasa aceite, permite al resorte empujar la válvula de seguridad de forma tal que el aceite pase directo de E a S sin haber filtrado, pero manteniendo el engrase.

#### 4.7.3.2. Filtro de cartucho

En la Figura 4-15 se muestra un modelo usual de filtro de cartucho.

El aceite entra por E, atraviesa forzado un cartucho F, de materia esponjosa depuradora, y sale por el tubo central S.

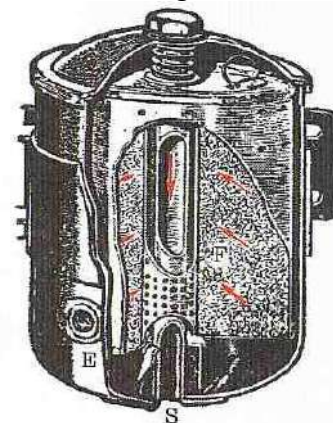


Figura 4-15 – Filtro de cartucho.

#### 4.7.3.3. Filtros mecánicos

Hay un tipo muy particular de filtro de aceite llamado *depurador centrífugo* (ver Figura 4-16) que comenzó a usarse después del año 1960 por varias marcas, que en realidad no filtra, sino que su rotación genera una fuerza centrífuga que separa las partículas metálicas, carbonilla, etc., que son más densas que el aceite.

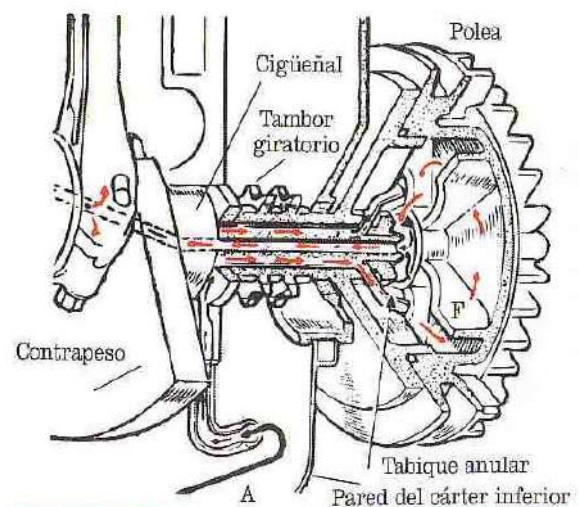


Figura 4-16 – Depurador centrífugo.

#### 4.8. NIVEL DEL ACEITE

El nivel de aceite en el cárter va a bajar porque parte del aceite se quema en los cilindros, parte va acumulando impurezas y carbonilla y pierde efecto, la temperatura va subiendo, lo que terminaría generando la falla de la bomba.

Para medir el nivel de aceite, la mayoría de los vehículos traen una varilla que se introduce en el cárter. Dado que en el funcionamiento del motor se genera una niebla de aceite, será necesario medir el aceite con el motor parado y en un piso horizontal. Entonces se saca la varilla, se limpia para quitar el aceite que pudiese tener por la niebla generada en el funcionamiento anterior del motor, luego se introduce y se retira y así se tendrá la medida del nivel de aceite. Algunos motores tienen un flotador que asoma al exterior una varilla que indica directamente el nivel de aceite.

#### 4.9. TEMPERATURA DEL ACEITE

La temperatura del aceite en el cárter no debe ser demasiado alta, a fin de evitar un adelgazamiento excesivo del mismo; tampoco conviene que en invierno baje demasiado a punto de que el aceite se espese o congele, porque circularía con dificultad por las tuberías en las primeras vueltas del motor.

Para refrigerar el aceite, algunos automóviles llevan en el radiador del agua unos tubos con aletas, por cuyo interior circula el aceite procedente de la bomba, de modo que antes de pasar a las tuberías de engrase es enfriado por la corriente de aire del ventilador. Cuando la presión de la bomba es grande; síntoma de que el aceite está demasiado espeso (aceite frío); una válvula da paso directo al mismo hacia el circuito de engrase. En el momento en que el aceite llega a la presión de servicio, la válvula se vuelve a cerrar y el aceite pasa por el radiador.

Otras veces el cárter lleva estriado su fondo exterior (ver Figura 4-17), para que el aire de la marcha refrigere el aceite que va adentro, solución más sencilla.

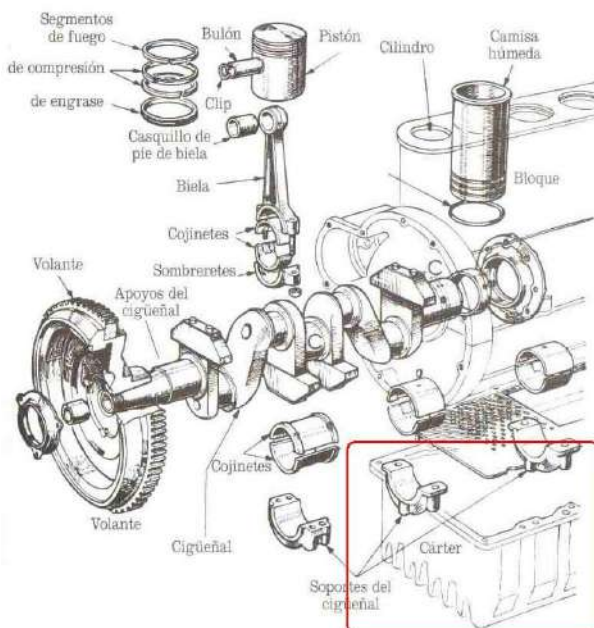


Figura 4-17 – Refrigeración del aceite por cárter estriado

Por el contrario en climas muy fríos, conviene que el aceite se caliente rápidamente para que el vehículo circule pronto con aceite fluido en los conductos de engrase.

En la Figura 4-18 se muestra un sistema en el cual el bloque de cilindros lleva al costado una tapa que permite poner en contacto con las camisas de agua un radiador, por cuyos tubos circula el aceite que llega de la bomba por E.

Como el agua que rodea los cilindros calienta rápidamente, igual lo hará el aceite.

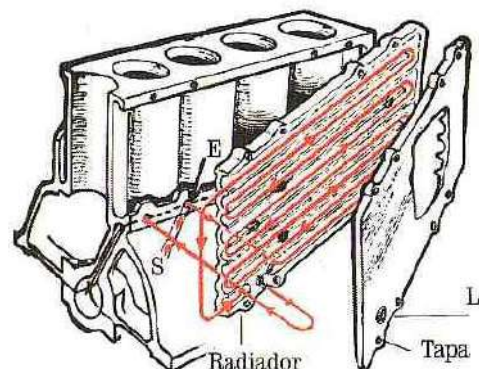


Figura 4-18 – Calentamiento rápido del aceite

No hay peligro que se caliente demasiado porque el agua no podrá pasar los 100°, y tendrá su propio sistema de refrigeración que evite que eso ocurra.

Igualmente hay una válvula que anula el paso del aceite por el radiador de calor en tiempos calurosos.



## 4.10. VENTILACIÓN Y CAMBIO DEL ACEITE

En los motores, durante el tiempo de compresión, se pierde a través de los anillos, una pequeña cantidad de gases, cuya gasolina pasa al cárter y diluye el aceite. Así mismo, durante la explosión y el escape, pasan productos de la combustión, y como al quemar cada litro de gasolina se produce un litro de agua, pasará al cárter bastante de esa agua.

Mientras el motor esté caliente, el agua se mantiene en forma de vapor, pero al arrancar o circulando con el motor frío, el vapor se condensa, pasa a estado líquido, y acaba por emulsionarse con el aceite, haciendo que pierda su poder lubricante. Después, al tener el motor parado y enfriarse el aceite, el agua se separa, y se va al fondo por tener mayor densidad, por lo que cuando el motor arranque de nuevo, la bomba recoge gran proporción de agua sucia, que al ser enviada a los conductos de engrase provocará grandes daños.

En resumen, entre la gasolina sin quemar, el agua procedente de la gasolina quemada, y la carbonilla, que pasan al cárter, el aceite se va diluyendo, ensuciando y estropeando hasta hacerse inservible.

Para remediar esto se recurre a tres procedimientos:

- Filtrado del aceite.
- Ventilación del cárter
- Cambio periódico de aceite.

### 4.10.1. Ventilación del cárter

Su finalidad es arrastrar fuera del cárter o reciclar internamente, los vapores de agua y gasolina a medida que se presentan y, además, mantener uniforme la presión interior del mismo, ya que el movimiento alternativo de los pistones la haría variar constantemente.

#### 4.10.1.1. Ventilación directa

El método más simple es el mostrado en la Figura 4-19.

El cárter tiene en su parte posterior, un tubo S que asoma desde su parte superior hacia fuera. Por la boca de llenado de aceite E, entra aire fresco, el cual luego saldrá por el tubo S arrastrando los vapores que existan en el interior del cárter.

Algunas veces no funciona del todo bien el sistema por lo que en lugar de entrar aire fresco, salen vapores por el tubo E ubicado debajo del capó, el cual entra a la carrocería y molesta a los ocupantes del vehículo.

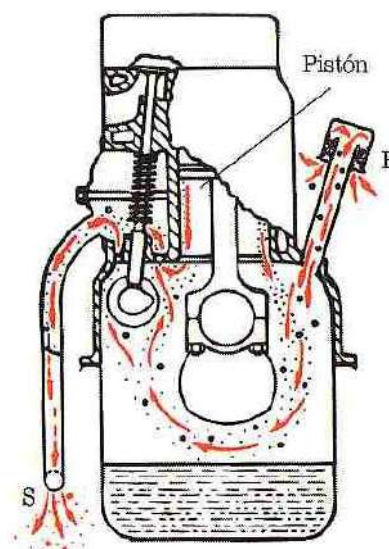


Figura 4-19 – Ventilación directa

#### 4.10.1.2. Ventilación cerrada

El procedimiento mostrado en la Figura 4-20 es el más empleado en Europa. El aire entra por el filtro general al carburador, se deriva una parte por el tubo D al interior del cárter, que lo ventila y pasa por el conducto T a la cámara de balancines y por S es aspirado por el carburador.

Con este sistema no hay salidas de humos que huelan mal dentro de la carrocería; los vapores de gasolina son devueltos a los cilindros para ser quemados y los de agua y aceite añadidos a la mezcla de admisión.

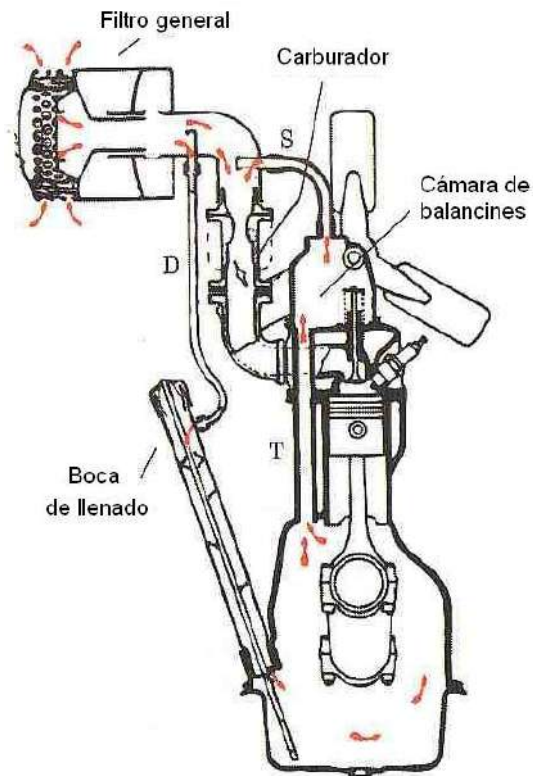


Figura 4-20 – Ventilación cerrada

#### 4.10.1.3. Otros tipos de ventilación

El sistema PCV, de uso general en los motores de 8 cilindros en V americanos, se muestra en la Figura 4-21, en la que el aire limpio se señala con flechas blancas, los gases producidos por los cilindros con flechas negras, y la mezcla nociva en el cárter con flechas rayadas.

Por los respiraderos de las cámaras de balancines o del llenado de aceite entra el aire limpio que ventila esas cámaras y sigue al cárter. Ahí se mezcla con los gases de los cilindros (flechas negras) y con el vapor de aceite caliente (flechas rayadas), la cual pasa por la válvula y por el tubo S, llegando al colector de admisión (después del carburador), para ser quemada en los cilindros.

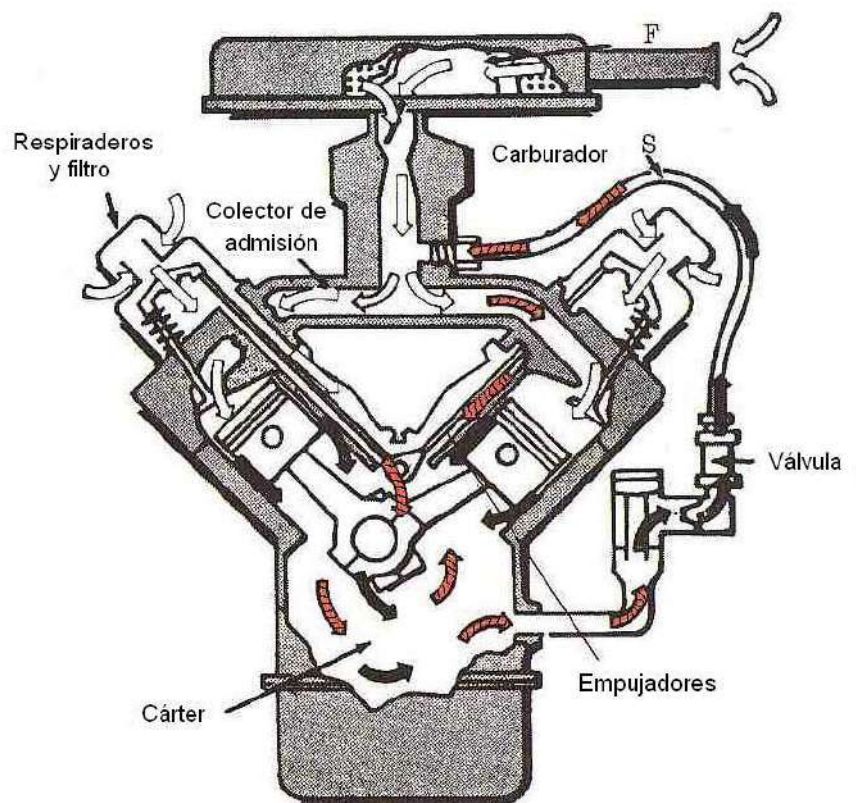


Figura 4-21 – Ventilación cerrada PCV

**4.10.2. Cambio de aceite**

La ventilación del cárter y el filtrado del aceite, no son suficientes para impedir que, poco a poco, se vaya estropeando el aceite, y a pesar de las reposiciones que se puedan ir haciendo, llega un momento en el que es necesario cambiarlo

Los cambios de aceite varía en función de:

- La calidad del propio aceite.
- El tipo y número de filtros que existan.
- El trabajo que realice el motor.

A diferencia de la operación de medida del nivel de aceite, el cambio de aceite se debe realizar con el motor caliente a fin de eliminar más fácilmente las materias en suspensión.

## 5. REFRIGERACIÓN

### 5.1. GENERALIDADES

En el momento de la explosión se alcanzan temperaturas de 2.000°C, superiores al punto de fusión de los materiales con los que se fabrican los cilindros. Aunque esta temperatura se alcanza en forma instantánea, pues rápidamente baja por la expansión de gases y la entrada de mezcla fresca en el siguiente tiempo de admisión, si no se dispusiera de un buen sistema de refrigeración de los metales, éstos se dilatarían en exceso, produciéndose agarrotamientos y deformaciones, a la vez que se pondrían al rojo, descomponiendo el aceite de engrase.

Esta es la principal causa del bajo rendimiento de los motores térmicos. El 35% del calor producido en la explosión se pierde en la refrigeración, el 35% en escape, quedando aproximadamente un 30% de calor útil para transformarse en trabajo mecánico.

Por lo tanto el sistema de refrigeración deberá ser eficaz para evacuar el calor generado en forma rápida, pero a la vez, esta evacuación no debe ser excesiva sino se rebajaría el rendimiento del motor, por lo que la temperatura interna del motor se debe mantener dentro de los rangos admisibles. Se debe mantener la culata a una temperatura de funcionamiento de 120°C.

Los elementos que necesitan refrigeración son:

- Por medio del lubricante:
  - Pistones.
  - Árbol de levas.
  - Cabezas de biela.
  - Apoyos del cigüeñal.
  
- Por aire o agua:
  - Cilindros.
  - Culata.
  - Guías de válvulas.
  - Válvulas.
  - Asientos de válvulas.

### 5.2. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Los sistemas empleados para la refrigeración de motores son:

- ✘ Refrigeración por aire.
- ✘ Refrigeración por agua.
- ✘ Refrigeración mixta.

### 5.2.1. Refrigeración por aire

En los pequeños motores de motocicletas (ver Figura 5-1) la corriente de aire de la marcha enfría el cilindro, que está fabricado de aleación ligera para mejorar la conductividad térmica. Éste va provisto de aletas que aumentan su superficie de refrigeración. Este sistema es el denominado *refrigeración directa*, y es tanto más eficaz cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento.

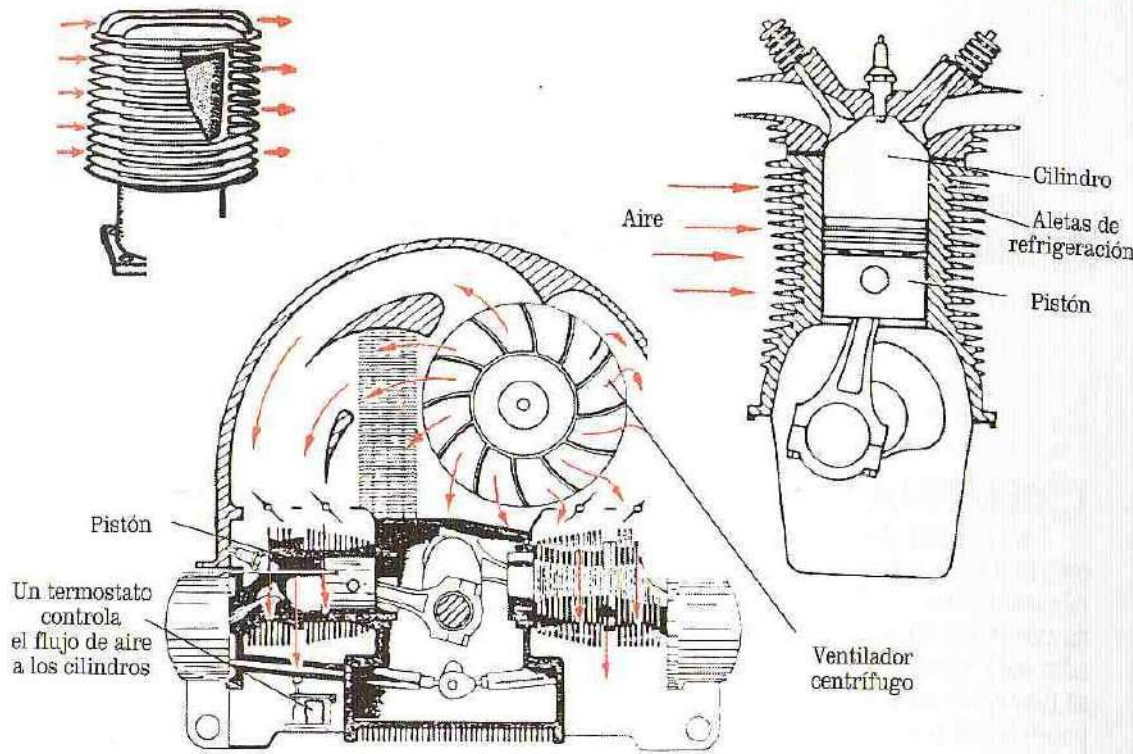


Figura 5-1 – Refrigeración directa por aire

Esta práctica, aplicada a los demás automóviles, es llamada *refrigeración forzada*, ya que el motor va encerrado en una carrocería, y por lo tanto en menor contacto con el aire durante el desplazamiento del vehículo. Para ello se hace circular entre los cilindros y las aletas una fuerte corriente de aire producida por un gran ventilador o turbina, movido por el propio motor.

En la Figura 5-2 se muestra un motor Volkswagen de 4 cilindros horizontales opuestos, refrigerado por aire.

En el extremo delantero del cigüeñal hay una polea, que por la correa, mueve la dinamo, cuyo eje se prolonga con la turbina sopladora. El aire es aspirado desde detrás de la carcasa o caja, por las aspas, que lo impulsan a uno y otro lado de la misma, canalizado por los tabiques, para enfriar los dos cilindros de cada lado.

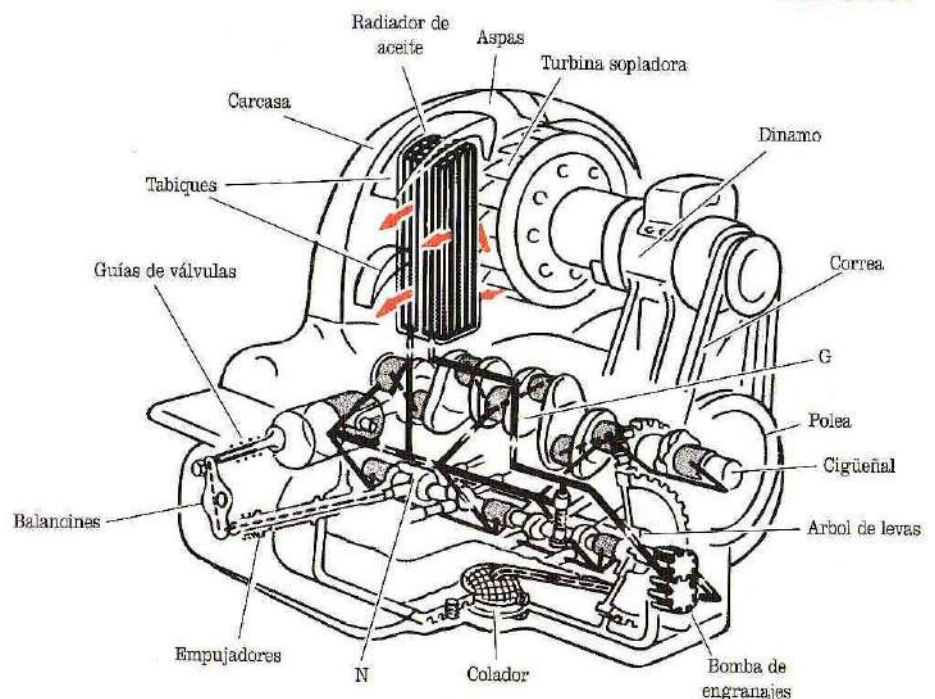


Figura 5-2 – Refrigeración por aire

Ventajas:

- ✘ Sencillez del motor.
- ✘ No hay que preocuparse por el nivel de agua, ni por la helada o ebullición de la misma.
- ✘ Fácil mantenimiento.
- ✘ Ocupa menos espacio.
- ✘ Mayor rendimiento térmico por tener menores pérdidas de calor por refrigeración.
- ✘ Menor peso del motor por no tener radiador ni camisas.
- ✘ Puede funcionar a mayores temperaturas, lo cual es conveniente para obtener mayor rendimiento de la gasolina y a la vez conseguir un mejor engrase.

Desventajas:

- ✘ Motor más ruidoso, pues el agua de las camisas que en estos motores no existe amortigua los ruidos internos, y las aletas metálicas amplifican los ruidos.
- ✘ Irregularidad del enfriamiento, el cual dependerá de la temperatura ambiente, por lo que no conviene tener el motor en ralentí mucho tiempo.
- ✘ Se reduce la potencia útil del motor en aproximadamente un 6%, al ser menor el llenado de mezcla, debido a la mayor temperatura que alcanzan los cilindros.

En la práctica este tipo de refrigeración da un excelente resultado.

### 5.2.2. Refrigeración por agua

La refrigeración por agua es el procedimiento generalmente empleado en los automóviles.

La culata, las válvulas y los cilindros están rodeados por una envoltura hueca llena de agua (*camisas de agua*) que en la Figura 5-3 se señalan como C para la culata, G para los cilindros, aunque son el mismo compartimiento.

En los motores de los barcos el agua se toma del mar y se arroja al mismo luego de haberse calentado por los cilindros. En los automóviles el agua se enfría a través de una corriente de aire en el radiador.

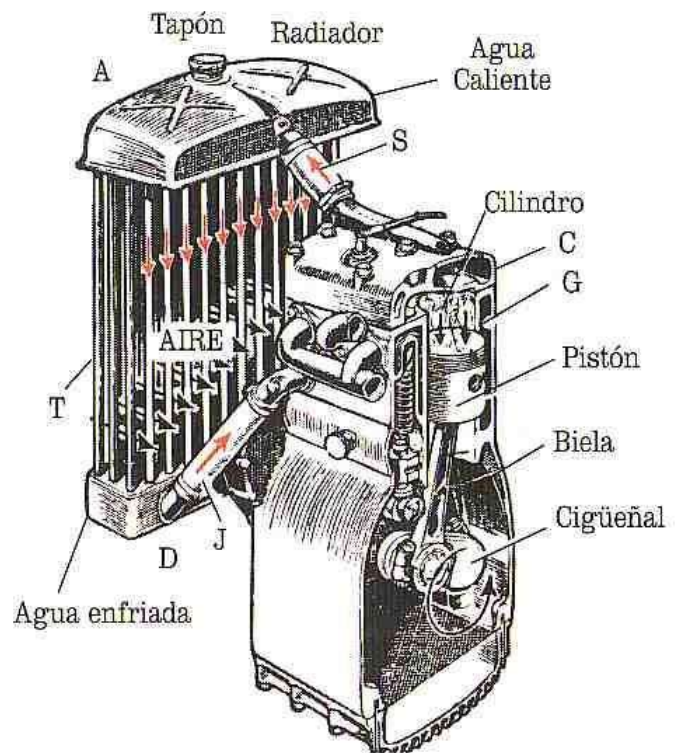


Figura 5-3 – Refrigeración por agua.

La circulación de agua del sistema de refrigeración puede realizarse por dos procedimientos:

- ✘ Circulación por termofusión.
- ✘ Circulación por bomba.

### 5.2.2.1. Circulación por termofusión

La circulación del agua por termofusión está actualmente en desuso. El sistema se basa en la diferencia de peso entre el agua caliente y fría.

El agua que se calienta en las camisas G y C (ver Figura 5-3) se hace más liviana y sube por el tubo S a la parte alta A del radiador. Al comenzar a enfriarse por la corriente de aire, su peso va aumentando y baja por los tubos T hasta que llega a la parte inferior. Luego por el tubo J vuelve a las camisas G de los cilindros, los refrigera se repite el ciclo.

El sistema es sencillo y económico, pero debido a la poca velocidad del agua en el circuito, se requiere un gran caudal, con el consecuente gran volumen de líquido y el importante tamaño del radiador.

### 5.2.2.2. Circulación por termofusión acelerada por bomba

El sistema es similar al anterior, con la variante que se monta una bomba para acelerar la circulación del agua.

La bomba generalmente se coloca a la salida del agua fría y dirigida hacia la camisa de cilindros. EL agua suba a la culata y luego al radiador.

En caso de avería de la bomba hay una ligera circulación por termofusión.

### 5.2.2.3. Circulación forzada por bomba

El sistema mostrado en la Figura 5-4, consiste en disponer una bomba centrífuga intercalada en el circuito, en un punto bajo, de forma tal que esté siempre cebada. Esta bomba es movida por el propio motor por medio de una correa, mandada por una polea en el extremo del cigüeñal.

La bomba activa la circulación del agua a una velocidad proporcional a la del motor. La velocidad media de circulación es unas 20 veces superior a la del sistema de termofusión.

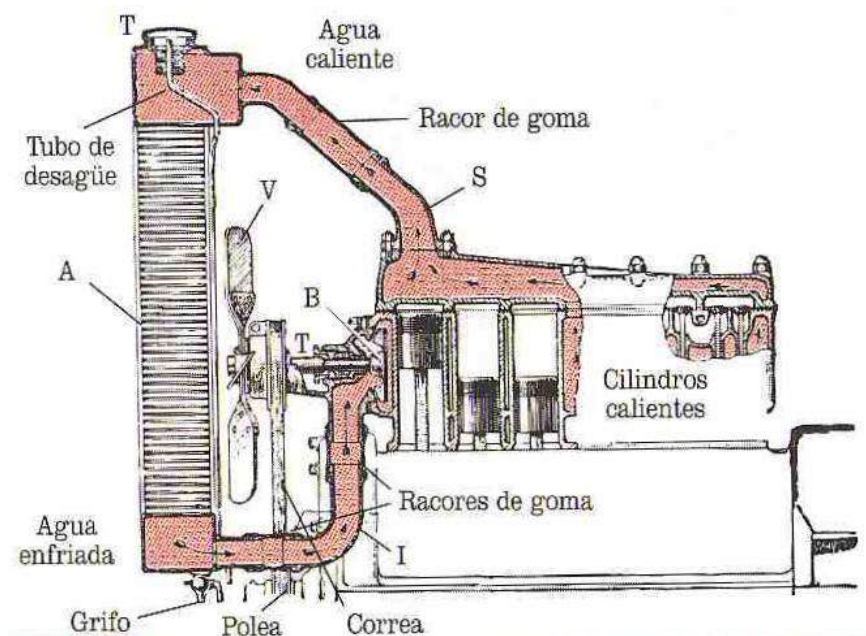


Figura 5-4 – Circulación forzada por bomba.

Este sistema ofrece una refrigeración más eficaz, con un menor volumen de agua y menor superficie radiante en el radiador. Al ser una circulación forzada a mayor velocidad que en el caso de termofusión los conductos pueden ser de menor sección.

### 5.2.3. Refrigeración mixta

Es una combinación de la refrigeración por aire y por agua. Para ello, se dispone de un circuito de refrigeración forzada por agua, ayudado por una corriente de aire que suministra un ventilador movido por el propio motor.

Este ventilador, además de forzar el paso de aire a través del radiador para obtener una refrigeración más eficaz del agua (especialmente en marcha lenta), suministra una corriente de aire al motor para refrigerar los elementos externos adosados al mismo, como son: el generador de corriente, bujías, colectores de escape, etc.

## 5.3. ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

### 5.3.1. La bomba de agua

La bomba de agua más usada se representa con detalle en la Figura 5-5. Es del tipo centrífugo y la parte móvil está compuesta por un plato con paletas. El agua llega por el tubo L a la parte central de la bomba y las paletas, al girar, la impulsan con fuerza, obligándola a pasar a las camisas del bloque de cilindros.

El movimiento para la bomba se envía desde el cigüeñal por la correa a la polea que acciona el ventilador, teniendo el mismo eje la bomba y el ventilador.

El eje de la bomba lleva casi siempre un engrasador.

Las paletas del plato dejan entre ellas algún espacio, para que el agua circule por termofusión en caso que deje de funcionar la bomba.

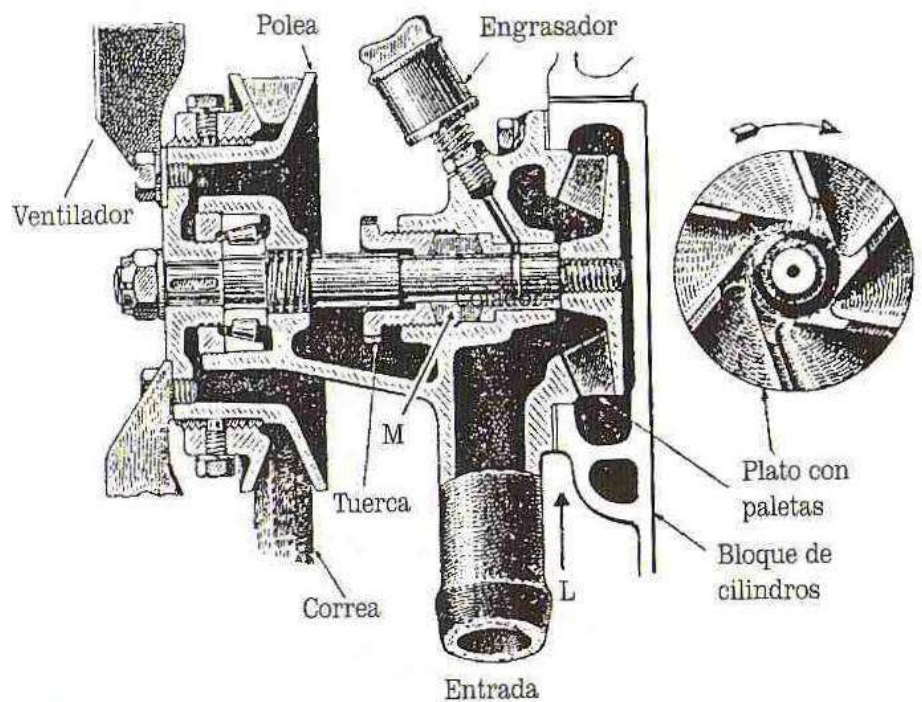


Figura 5-5 – Bomba de agua

En algunos motores, para asegurar el enfriamiento de las partes más calientes (válvulas de escape, sus asientos y alrededores) se canaliza la llegada de agua fresca desde la bomba al bloque de modo que vaya su corriente a bañar primero dichas zonas.



### 5.3.2. El radiador

Es el elemento donde se produce el enfriamiento o evacuación del calor del agua calentada en el bloque, y va colocado en general en la parte delantera del vehículo.

El material ideal para fabricar los radiadores es el cobre, por su facilidad en transmitir el calor; pero por razones económicas se emplea el latón.

Los factores que influyen para disipar el calor son:

- ✘ La diferencia de temperatura entre el agua y el aire del ambiente.
- ✘ La superficie frontal del radiador.
- ✘ La superficie de contacto del agua con la superficie radiante.
- ✘ La permeabilidad del radiador al agua y al aire.

Hay tres tipos de radiadores, a saber:

- ✘ Radiador tubular.
- ✘ Radiador de panal.
- ✘ Radiador de láminas de agua.

Veremos cada uno con detalle.

#### 5.3.2.1. Radiador tubular

En el tipo tubular (ver Figura 5-3), muy utilizado, el agua que llega desde las camisas de cilindros G y de la culata C, por el tubo superior S, desciende por unos tubos largos y finos, rodeados y sujetos por unas aletas, cuyo detalle se observa en la Figura 5-6; el calor del agua se esparce rápido por el metal de los tubos y aletas, de donde es robado por el aire que circula entre unos y otros.

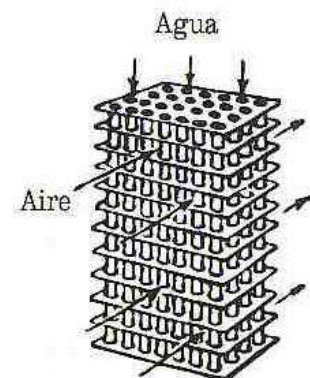


Figura 5-6 – Detalle radiador

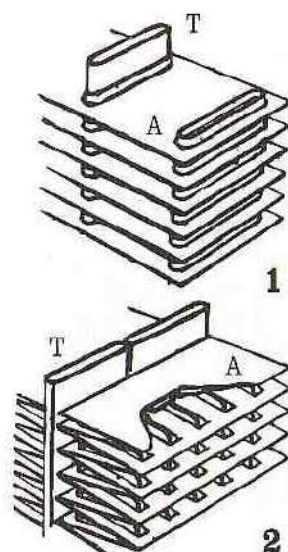


Figura 5-7

En la Figura 5-7 se muestran dos detalles de los tubos y las posibles formas de las aletas. Los tubos verticales, pueden ser redondos o planos de sección alargada T.

En el dibujo 1, las aletas A, que los enlazan y enfrían, son planas y perpendiculares a los tubos, esto es usual en motores de fácil refrigeración.

En el dibujo 2, las aletas son onduladas e intercaladas en forma de acordeón entre los tubos, esto es usual cuando se necesita mejor refrigeración.

### 5.3.2.2. Radiador de panal

También llamados de *nido de abeja*, eran usados antiguamente en motores potentes. Actualmente se usan poco por su alto precio debido a la gran cantidad de soldaduras que requieren.

Están formados (ver Figura 5-8) por una serie de tubos horizontales como el U, de cuatro o seis caras, que tienen de largo el espesor del radiador. Entre sus cuerpos circula el agua, y por el interior de los mismos se enfría aquella.

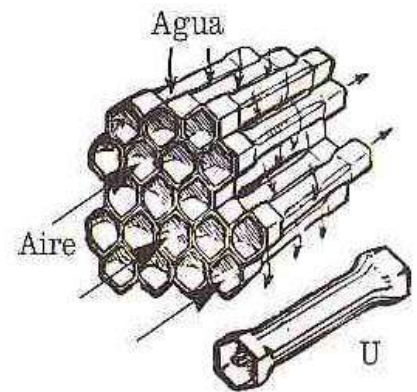


Figura 5-8 – Radiador de panal

### 5.3.2.3. Radiador de láminas de agua

Son también llamados de *falso panal*. Están constituidos (ver Figura 5-9) por unos tubos anchos y muy chatos que suelen montarse haciendo unas ondulaciones soldadas entre sí (como en 1), o bien se separan y sostienen con unas finas chapas onduladas de latón (como en 2) para dar rigidez a los pasos hexagonales de aire.

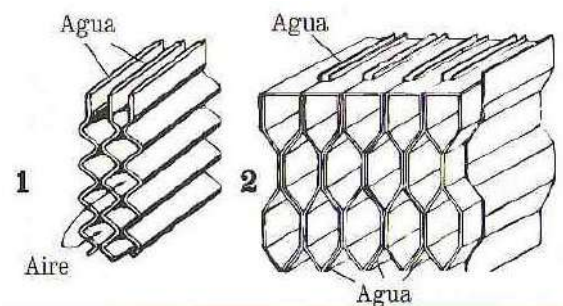


Figura 5-9 – Radiador de láminas de agua.

En ambos casos el aire que circula por entre los tubos chatos, enfría las láminas de agua que circulan por el interior de ellos.

### 5.3.3. El ventilador

El ventilador tiene como función activar la corriente de aire que, pasando a través del radiador, va a mantener el motor a una temperatura constante. A alta velocidad existe una gran cantidad de aire que atraviesa el radiador, anulándose el ventilador, por lo que la dificultad está en la evacuación del aire que entra al capó; sin embargo a baja velocidad el aire que atraviesa el radiador es insuficiente, por lo que precisa una ventilación forzada.

El ventilador es una hélice de 2 a 6 aspas que se mueve por medio de una correa que recibe su giro desde una polea montada en el extremo delantero del cigüeñal.

Como la correa se afloja con el uso, para que no patine es necesario disponer de un medio que la atirante. En la Figura 5-10 se muestra la regulación de la correa por medio del movimiento de la polea superior, cuya cara es trapezoidal, entonces al moverse aumenta el largo de la correa dándole mayor tensión.

En la Figura 5-10 se muestra el sistema en el que el eje del ventilador se usa para mover la bomba de agua, que la aspira por A y la envía, después de recorrer las camisas de agua del bloque, por el tubo S a la parte superior del radiador.

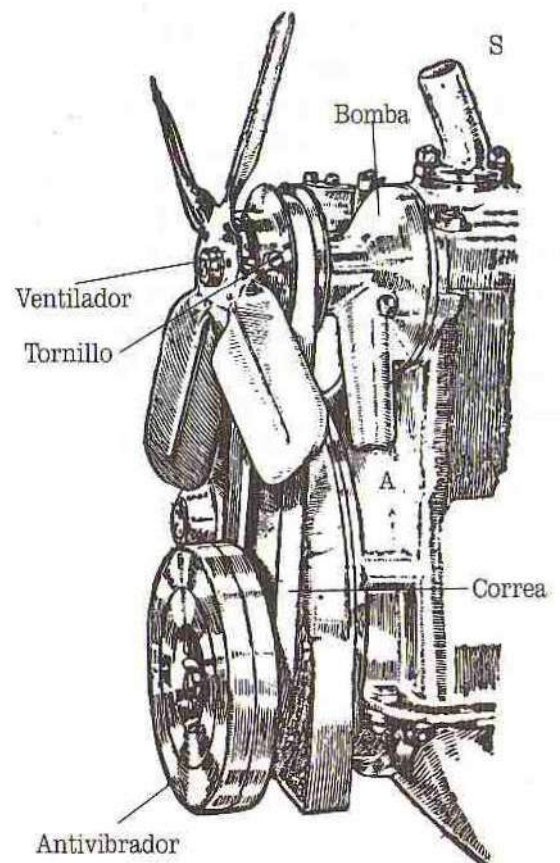
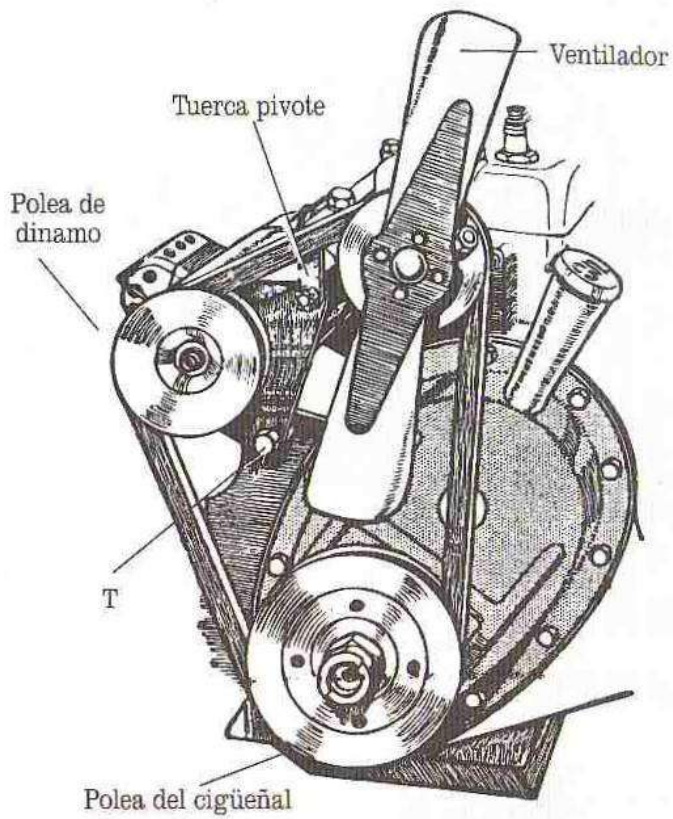


Figura 5-10 – Ventilador.



En la Figura 5-11 se muestra el sistema más frecuente, en el que la correa, mandada por la polea del cigüeñal, mueve el eje del ventilador y la bomba de agua que está conectada con este último, a la vez que hace girar la dinamo (alternador).

**Figura 5-11**

## 5.4. REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL MOTOR

La refrigeración está calculada para dar un buen rendimiento en tiempo caluroso, el más desfavorable, de forma que la temperatura del agua no suba demasiado. Pero por otra parte, en tiempo frío, especialmente al poner el motor en marcha, conviene que se caliente rápidamente para dar fluidez al aceite y facilitar el engrase.

Si bien es malo que el motor se caliente demasiado, tampoco es bueno que el agua del sistema de refrigeración esté fría, pues todo está calculado para que el motor trabaje con el agua a unos 85°C. Esto se consigue ya sea actuando sobre la circulación del agua o sobre la corriente de aire.

### 5.4.1. Actuando sobre la circulación del agua – El termostato

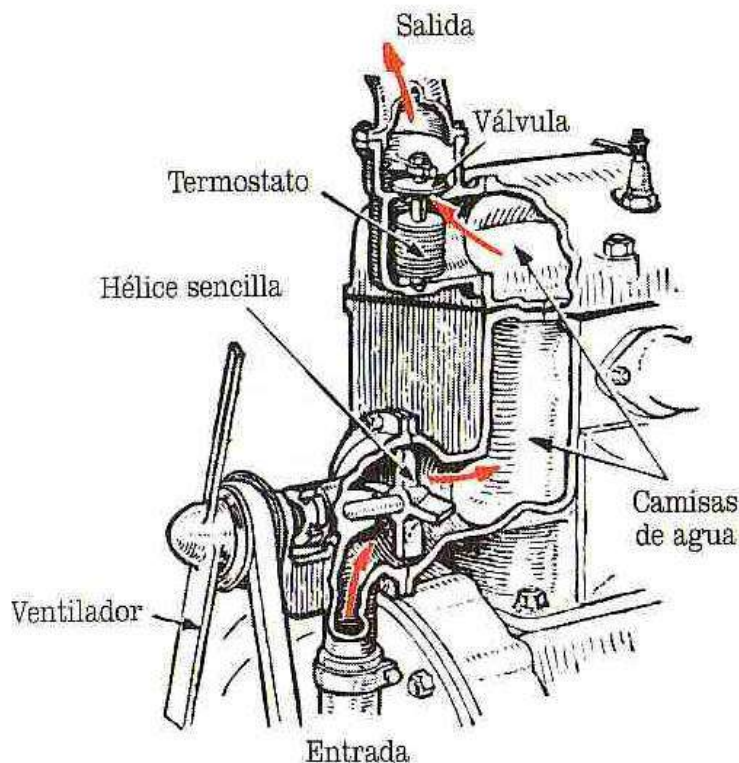


Figura 5-12 - Termostato

En este caso se usa el *termostato*, que consiste (ver Figura 5-12) en una válvula, mandada por una pieza que cuando está encogida aplica la válvula contra su asiento y cierra el paso al radiador; entonces el agua de las camisas no puede renovarse y se calienta de prisa. Cuando ha alcanzado una temperatura de entre 60° y 70°, la pieza de metal se dilata haciendo que se abra la válvula y permita el paso del agua hacia el radiador.

En caso de circular el agua por termofusión o con la ayuda de un simple impulsor, no hay inconvenientes con el termostato, pero en caso de que el agua se empuje a presión con una bomba, se agrega al sistema un canal de desahogo para el agua, dejando afuera el radiador.

Cuando el motor está frío (caso 1 en Figura 5-13), el extremo superior impide la circulación al radiador y el inferior deja libre el paso al tubo de desahogo, volviendo el agua a la bomba.

Cuando el motor está caliente (caso 2), el termostato se dilata y al estirarse se abre la válvula y deja pasar el agua al radiador, mientras que la parte inferior C, tapa la entrada a la tubería de desahogo.

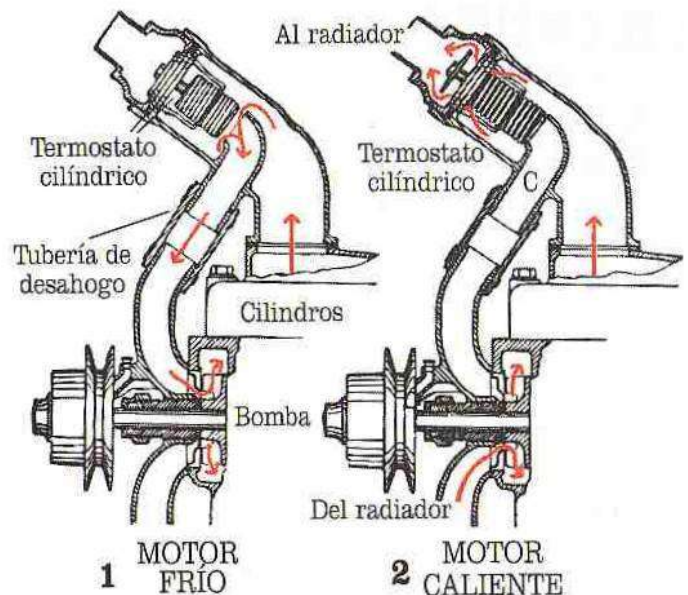


Figura 5-13 – Termostato en sistemas con bomba.

### **5.4.2. Actuando sobre la corriente de aire**

Para regular la temperatura actuando sobre la corriente de aire, lo que se hacía era colocar unas persianas de hojas giratorias delante del radiador, las cuales podían ser reguladas por el conductor de forma que si se abren el aire pasa libremente y enfría el agua, y si se cierran el aire no pasa.

El mando podía ser hecho por un termostato, pero no se hacía por el gran esfuerzo que se necesitaba para mover las varillas.

Actualmente se usa un simple *ventilador*, o un *electroventilador*. En este último caso el termostato abre o cierra el paso de electricidad al ventilador. Hay otros sistemas como el de *par deslizante*; en el que a partir del momento en que el ventilador pasa cierto número de revoluciones se limita la velocidad de giro del ventilador; o de *embrague*; en el que el termostato acciona el embrague permitiendo que gire el ventilador, y al enfriarse el agua automáticamente se desembraga.

## **5.5. EL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN**

### **5.5.1. El circuito clásico**

El agua, que circula por todo el circuito, va a refrigerarse al radiador que está equipado en su parte superior por un tubo de desagüe, de forma tal que al calentarse el agua y aumentar su volumen, parte se escapa por allí.

Este sistema tiene la desventaja que en tiempo caluroso el agua debe reponerse con frecuencia pues se evapora y que en invierno se necesita usar anticongelantes.

### **5.5.2. Refrigeración a presión**

En muchos vehículos el sistema de refrigeración se hace hermético para que hierva a temperaturas superiores a 100°C, con lo que el rendimiento del motor mejora, y se pierde menos agua y anticongelante. El tapón del radiador es hermético y tiene una válvula que sólo se abre cuando la presión alcanza determinado valor.

### 5.5.3. Refrigeración sellada

En este sistema, en lugar de colocar en el circuito, un tubo que rebose al aire libre y un simple tapón con válvula de seguridad, para refrigerar a presión, se combinan ambos con un vaso de expansión, de la siguiente manera: al arrancar el motor (agua fría), el radiador está lleno de agua y el vaso de expansión tiene una cierta cantidad de agua y encima aire a presión atmosférica; cuando el agua del radiador ha alcanzado 100°C, se abre la válvula T (Figura 5-14) y el vapor producido por el aumento de la temperatura pasa al vaso de expansión, conservándose ahí a la presión que le ejerce el aire. Cuando baja la temperatura del radiador, y por tanto su presión, la presión del vaso de expansión hace que el agua regrese por el tubo A al radiador

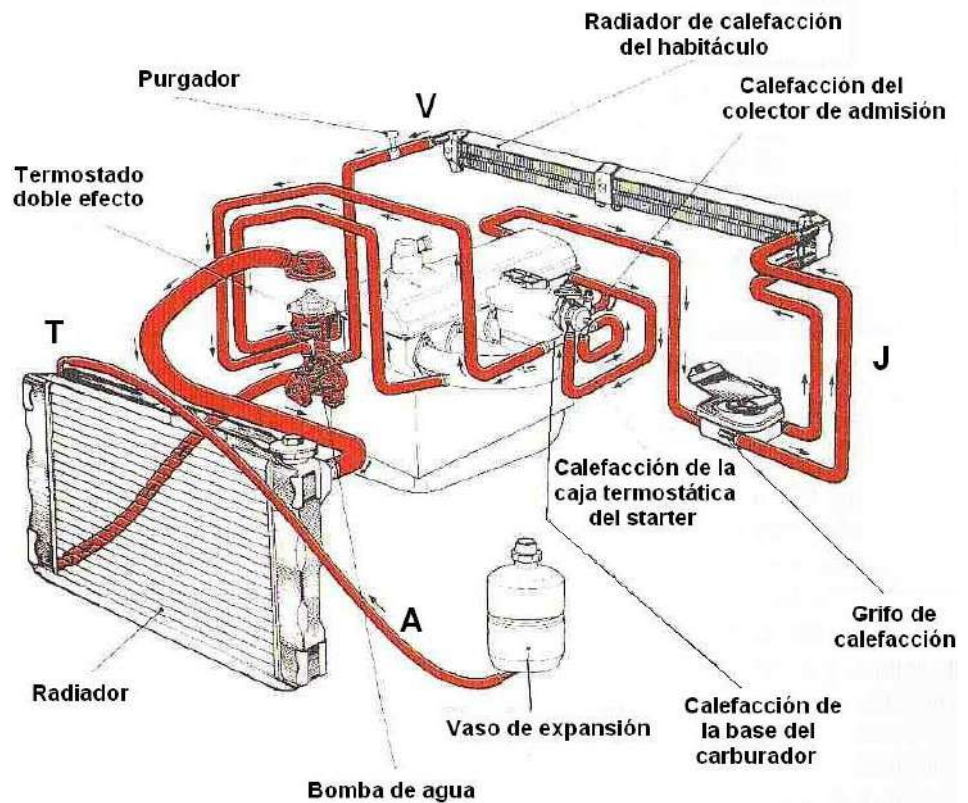


Figura 5-14 – Refrigeración sellada

El vaso de expansión, que como se vio, permite que el circuito funcione a presión, puede ser de diferentes tipos: metálico, de vidrio y de plástico.

Los tubos J y V (Figura 5-14) son los de ida y vuelta del agua al ‘radiador de la calefacción’, donde en tiempo frío se caldea el aire que llega al habitáculo de pasajeros.

## 5.6. ANTICONGELANTES

A fin de evitar que en tiempo frío, al apagar el motor, el agua contenida en las culatas, camisas de cilindros, etc. se congele, y su consecuente expansión genere rajaduras, es conveniente agregar productos que bajen la temperatura de congelación del agua.

Aún no helándose el agua gracias a la mezcla anticongelante, la baja temperatura espesa o incluso puede congelar el aceite. Esto hace que la puesta en marcha del motor pueda resultar difícil, y que durante un breve período de tiempo, los pistones rocen y los cojinetes giren casi en seco.

## 5.7. AVERÍAS EN LA REFRIGERACIÓN

Algunas de las causas que generan un funcionamiento anormal del circuito de refrigeración, y por tanto las averías en el mismo son:

- ✘ Pérdidas de agua en el circuito.
- ✘ Calentamiento excesivo del motor.
- ✘ El motor tarda mucho tiempo en alcanzar la temperatura de régimen.

## 6. INYECCIÓN

### 6.1. GENERALIDADES

La alimentación de los cilindros por medio de carburadores está muy perfeccionada y, en la práctica automovilística, el resultado es bastante satisfactorio.

La inyección es un sistema que lleva dispositivos para inyectar la gasolina en el colector de admisión o directamente a cada cilindro. Estos sistemas, inicialmente utilizados en aviones, no se habían utilizado inicialmente en automóviles básicamente por un tema de costos, dado que la bomba de inyección es un aparato de alta precisión, que requiere trabajo y materiales de alta calidad.

La inyección del combustible ofrece las siguientes ventajas:

- ✘ Con los carburadores, el paso del aire tiene que ser siempre rápido, incluso en la pequeña aspiración cuando el motor gira despacio, para mantener la succión en los surtidores y evitar que las gotitas de gasolina, más pesadas que el aire, si éste va despacio, se separen y caigan en el interior de los conductos. Estos no pueden ser amplios, mientras que con la inyección sólo pasa aire y puede el colector ser tan grande como convenga al mejor llenado.

- ✘ Como no es necesario que haya puntos calientes en el colector para vaporizar la gasolina, el aire puede entrar más frío y, por tanto en mayor cantidad por cada listonada, con lo que el llenado de los cilindros es más completo.

- ✘ Si la inyección pulverizada se hace en el cilindro (inyección directa), el tiempo de contacto entre las gotitas de la niebla y el aire es mucho menor que en el caso de los carburadores. En ese tiempo es cuando se produce la oxidación que hace detonante la mezcla, y por ello puede elevarse en un 50% la relación de compresión utilizable para un mismo combustible. Aunque la *inyección* sea *indirecta* (fuera del cilindro, en el conducto de admisión frente a la respectiva válvula) la ventaja sigue siendo apreciable frente al sistema de carburador.

- ✘ El suministro de combustible puede ser perfectamente medido, y realizarse en forma totalmente igualitaria para cada cilindro, lo cual no ocurre con los carburadores donde puede haber desigualdades del 30% en el llenado de los cilindros, o sea, en algunos la mezcla es excesivamente rica y en otros es pobre.

- ✘ La aceleración y desaceleración son más rápidas porque, al contrario de lo que ocurre en los carburadores, la cantidad de gasolina inyectada varía instantáneamente según la posición del acelerador.

- ✘ Se ahorra combustible al mantener el motor en ralentí, puesto que se puede cortar el suministro de gasolina totalmente, mientras que en los motores con carburador, el motor produce una gran succión cuando gira rápido.

*En resumen, para el mismo motor, con la inyección se alcanza mayor potencia (10 a 20%), más elasticidad y menor consumo (hasta un 10% menos), lo que permite, aceleraciones más rápidas y marchas más suaves sin cambiar. Por el contrario, el mecanismo es más caro y de más complicado cuidado en relación a los carburadores, pero la producción en serie ha abaratado estos costos.*

## 6.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

La función de la inyección es hacer llegar a cada cilindro el combustible exactamente necesario según las necesidades del motor en cada momento; esto implica la necesidad de registrar el mayor número posible de datos necesarios para la dosificación del combustible. Pero como el estado de servicio del motor suele variar rápidamente, resulta decisiva una rápida adaptación del caudal del combustible a la situación de marcha momentánea. La inyección electrónica es particularmente adecuada en este caso.

La supresión del carburador permite un diseño óptimo de las vías de aspiración que favorece el mejor llenado de los cilindros. El combustible se inyecta directamente delante de las válvulas de admisión, pues a través de éstas sólo se suministra aire al motor.

## 6.3. PROCEDIMIENTOS DE INYECCIÓN

La inyección de combustible *monopunto* o *multipunto* se ajusta básicamente a los motores de medio y elevado rendimiento, respectivamente.

El sistema *monopunto* es el más simple y económico, en el que sólo existe un inyector al principio de los colectores de admisión, lugar donde se pulveriza el combustible, encargándose las válvulas y el pistón de la dosificación de la mezcla en su entrada al cilindro.

El sistema *multipunto*, cuenta con un inyector por cada cilindro, con la responsabilidad de dosificar el combustible en el momento oportuno, en las llamadas inyecciones secuenciales.

Los procedimientos de inyección en general, pueden ser de dos tipos, directa e indirecta.

### 6.3.1. La inyección directa

Este sistema introduce en cada cilindro un chorrillo de gasolina, a una presión superior a 40atm. (40Kg/cm<sup>2</sup>). De este tipo es el equipo Bosch para el Mercedes 300SL. Es el más adecuado para los automóviles de competición, porque aún siendo el más caro es el que más potencia ofrece y funciona con seguridad hasta 9.000 rpm. del motor.

### 6.3.2. La inyección indirecta

En este caso se pulveriza la gasolina en la tubería de aspiración de cada cilindro, frente y cerca de la válvula de admisión. La presión necesaria es menor, entre 12 y 18 Kg./cm<sup>2</sup>., el equipo es menos costoso que la inyección directa, aunque su rendimiento es un poco inferior, y produce menos dilución de aceite que con los carburadores.

En la inyección indirecta, los *métodos de envío y medida* pueden ser varios.

✘ *Inyección continua y constante de la gasolina*, mediante envío a presión por una bomba medidora, a los inyectores colocados inmediatamente antes de las válvulas de admisión.

✘ *No se inyecta de forma continua la gasolina*, sino que el suministro se hace ante la válvula de admisión de cada cilindro, cuando la misma está abierta, o sea, que además de medir la cantidad de combustible el suministro es intermitente y sincronizado con el movimiento del motor.

✘ *La bomba alimenta un colector de gasolina*, desde el cual va el combustible a cada uno de los inyectores, y es en éstos, colocados ante las válvulas de admisión de cada cilindro, donde se regula el instante y la cuantía de cada inyección.

✘ *La bomba envía gasolina a presión a los inyectores de forma intermitente*, en un breve chorrillo por vuelta del cigüeñal, que se pulveriza ante las válvulas de admisión, pero sin sincronización, o sea, con regularidad pero independientemente de cuando se abren o cierran las válvulas.



### 6.3.2.1. Bomba de inyección MB-220-SE, 230 y 300 – Equipo Bosch

Este equipo es del último tipo mencionado de inyección indirecta. Es el que ha conseguido una utilización práctica más extensa, por lo que lo analizaremos con detalle.

#### *Descripción de la bomba*

La descripción de la bomba se hace en base a la Figura 6-1, pero debe observarse también la Figura 6-2.

El acelerador 16 actúa por las varillas 14 sobre el regulador mecánico de la bomba de inyección 15, y desde aquél sobre la mariposa de aire 3. El aire pasa por el filtro 2, mariposa visible dentro del tubo 2, y por el colector 4 a los seis tubos de resonancia 17, uno por cada cilindro, cuyo efecto favorable al llenado se debe a las pulsaciones sónicas. Cerca de las válvulas de admisión están los inyectores 19, uno en cada tubo, por los que sale un chorro de gasolina a cada media vuelta del cigüeñal en momentos no sincronizados con las válvulas y que son distintos para el ciclo de cada cilindro. La gasolina es aspirada del depósito 13 por la bomba eléctrica 12 (que empieza a actuar cuando se da corriente al encendido con la llave 22), sigue al filtro principal 1 y a la bomba inyectora 15. Ésta sólo tiene dos cuerpos de bomba (por lo que es más sencilla), accionados por levas dobles, de modo que cada uno envía un impulso de gasolina, en cada vuelta del cigüeñal, a su respectivo distribuidor 5. En cada uno de éstos hay un tabique interior con tres orificios calibrados, de los que salen los tubos marcados en el dibujo, uno en cada cilindro. Un distribuidor 5 alimenta los tres primeros cilindros y el otro los restantes. Los chorritos son simultáneos para cada grupo, pero como los cilindros funcionan desfasados, aquellos llegan en diferentes fases del ciclo respectivo.

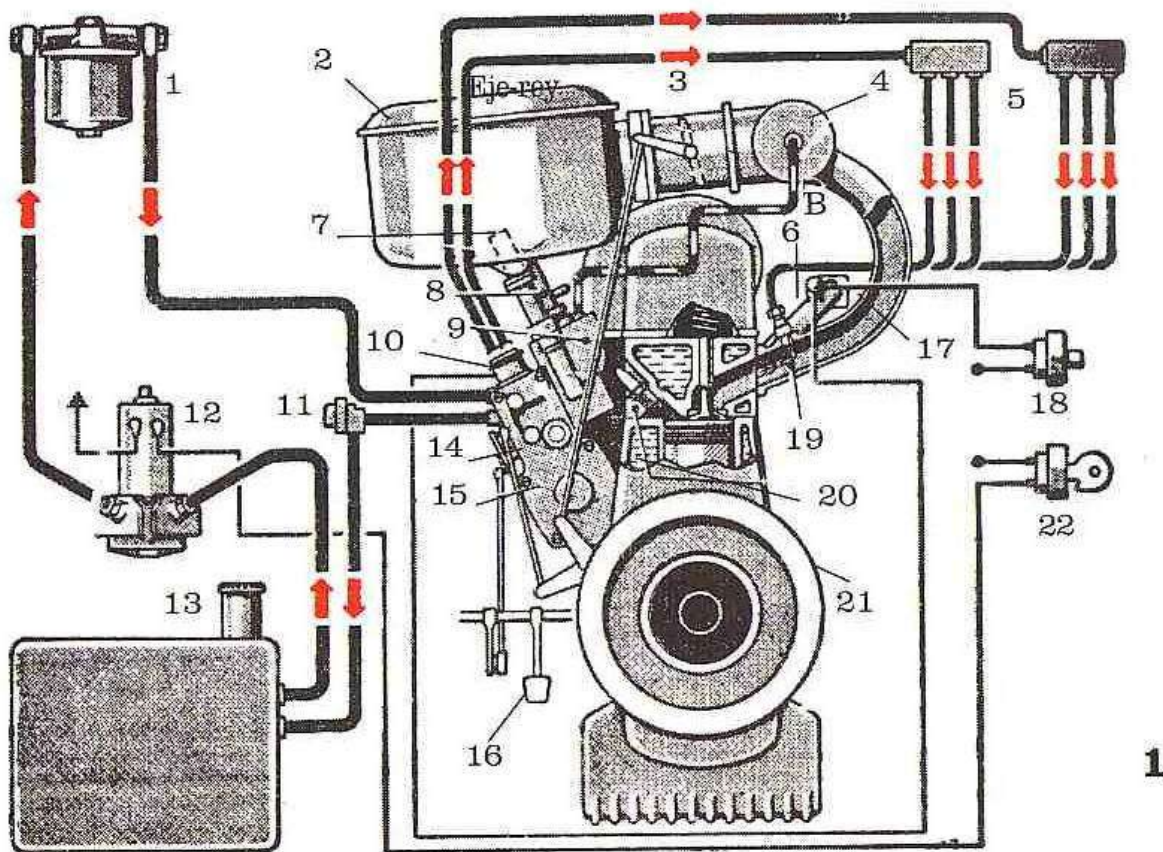


Figura 6-1 – Bomba Bosch