

# REFRIGERACIÓN Y LUBRICACIÓN

Estos dos sistemas, tanto el sistema de refrigeración, como el sistema de lubricación son los encargados de mantener en el motor un funcionamiento estable y seguro.

Sin estos dos sistemas, un motor podría funcionar, aunque su vida útil sería muy escasa, ya que el mal funcionamiento del motor nos daría averías irreversibles.

Por esta causa se inventaron estos dos sistemas. Son realmente sistemas muy sencillos pero a la vez imprescindibles; a continuación los explicaremos más detalladamente.

## **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

El sistema de refrigeración es el encargado de retirar el calor en exceso que genera el motor.

Cualquier máquina térmica, es decir, cualquier máquina que utilice el calor para realizar un trabajo, se calienta. Si ese calor generado llega a un exceso, el funcionamiento del motor no será el adecuado y podría ser perjudicial para el motor en muchos casos.

En un motor de combustión interna, la parte del motor que más se calienta es en el lugar donde se produce la combustión, por eso en los motores Otto y Diesel la culata es la parte del motor que mejor ha de estar refrigerada, ya que aquí se encuentran los componentes más cercanos al foco de calor y que alcanzan las mayores temperaturas (cámara de combustión, válvula de escape, pistón y paredes interiores del cilindro).

Entre otros, los problemas que solucionamos con el sistema de refrigeración son los siguientes:

- Dilatación excesiva de las piezas del motor ya sean móviles o estáticas
- Deterioro y desgaste prematuro de los componentes del motor
- Problemas de autoencendido

**1.** La dilatación de los componentes del motor puede llegar a ser un problema, cuando esa es excesiva. La mayoría de las piezas de un motor, están construidas a medida, incluso en algunos componentes el margen de error ha de ser extremadamente pequeño, y que estos componentes se dilaten puede resultar un problema para muchos casos.

En el momento de construir un motor, se tiene en cuenta el problema de la dilatación, aunque no es un factor extremadamente importante hasta cierto punto. En el momento que la dilatación es excesiva empiezan los problemas.

El problema más común de exceso de dilatación es el conocido "gripado del motor", esto ocurre porque el pistón desliza por el cilindro y entre ellos hay una separación muy pequeña, al dilatarse excesivamente el pistón, la separación entre ellos ahora es extremadamente pequeña, incluso nula, desmejorando la lubricación y la refrigeración del sistema y quedándose clavado en el cilindro o incluso fundido en él.

También, la dilatación provoca que el desgaste de las piezas sea mucho más elevado, como por ejemplo de las paredes del cilindro en el momento que el pistón se ha dilatado más de lo permitido.

**2.** El calor en exceso provoca un aumento de la temperatura de todos los componentes del motor. Cualquier material pierde propiedades y se deteriora con un aumento excesivo de temperatura, por lo tanto conviene mantener una óptima temperatura del motor para su correcto funcionamiento y para la mejorar la vida útil de sus componentes.

**3.** El problema de autoencendido o detonación (picado de biela en el argot) es un problema que solo sucede en los motores tipo Otto. Sucede por un calentamiento excesivo de las piezas internas del motor (pistón, cámara de combustión, válvula de escape, bujía, etc).

En el ciclo de compresión, la gasolina esta mezclada con el aire, esta se enciende por la chispa que crea la bujía cuando llega al PMS, o un poco antes si hay avance de encendido, pero cuando esta parte del motor esta muy caliente, este calor que desprende y la compresión existente en el momento es lo suficientemente alto como para hacer arder a la mezcla cuando el pistón aún está subiendo antes de que la bujía haga saltar la chispa, provocando dos fuerzas contrarias (la fuerza de la explosión hacia abajo y la propia inercia del pistón hacia arriba).

Toda esta fuerza recae sobre la biela donde se caracteriza por un ruido agudo metálico por esta parte del motor provocando el deterioro o rotura de ésta. La biela no es la única parte del motor que sufre en éste mal funcionamiento, todo este conjunto hace calentar aún más esta parte del motor deteriorando pistones, válvulas, cilindro, cámara de combustión, etc.

Antiguamente era un problema que sucedía bastante, aunque si sucede en exceso no es un problema muy grave. Actualmente los motores gestionados electrónicamente incorporan un "sensor de picado" que atrasa el encendido en el momento que se encuentra detonación espontánea para así regular la detonación.

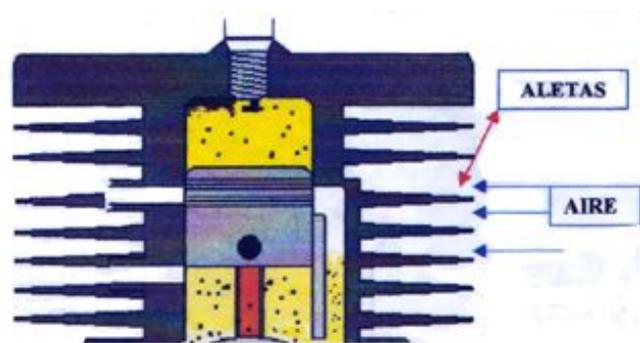
Un motor se puede refrigerar por dos fluidos distintos, por aire o por agua, a continuación los diferenciaremos.

## **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AIRE**

Los sistemas de refrigeración por aire son más sencillos y económicos que los sistemas de refrigeración por agua, pues estos últimos requieren un radiador y todo un conjunto de conductos, mecanismos de impulsión de agua (bombas) y recipientes para contener el agua, los cuales ocupan un espacio y tienen un costo adicional.

Por lo general este tipo de motores son más ruidosos pues las ondas sonoras provocadas por la combustión salen rápidamente sin ser amortiguadas por otros componentes debido a la sencillez de los motores.

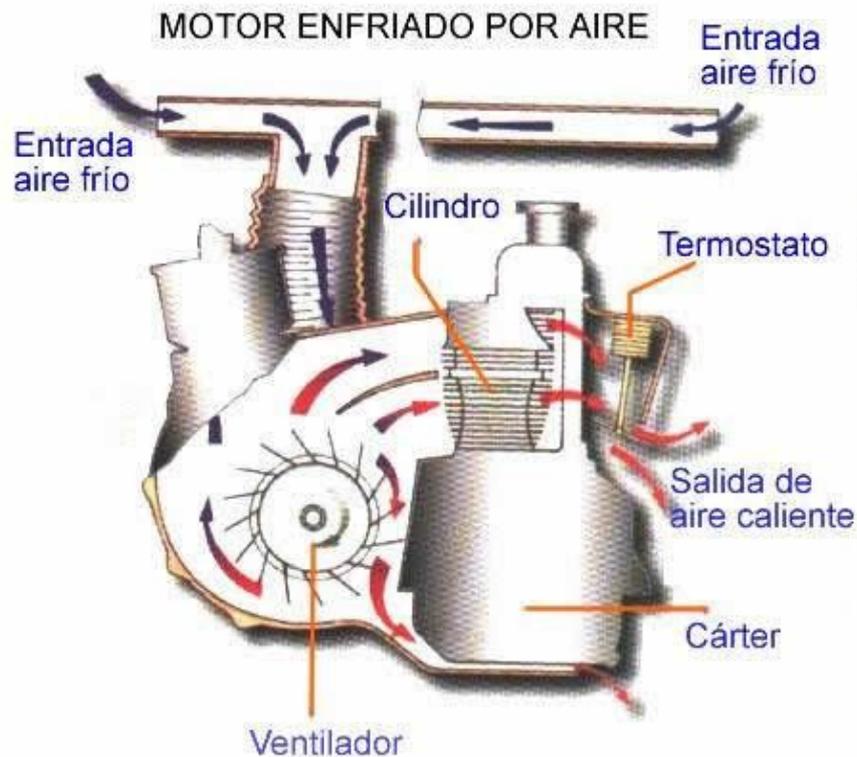
Para que el aire pueda refrigerar correctamente el motor, se necesita que el bloque y la culata estén fabricados con materiales con propiedades de alta transferencia de calor, es decir, metales con una buena conductividad térmica (aleaciones de aluminio). El cilindro y la culata tienen una estructura de aletas como podemos ver en la figura 1 para que el aire penetre y tenga más superficie de contacto, por lo tanto haya una buena refrigeración.



*(Fig 1. Cilindro de un motor de 2 tiempos refrigerado por aire)*

El principio de funcionamiento de este sistema es hacer pasar el aire frío de la propia atmósfera por las aletas de la culata y del cilindro, de esta manera conseguir refrigerarlos.

Este aire es impulsado por la propia velocidad del automóvil, aunque solo se utiliza en motocicletas porque como bien sabemos el capó puede entorpecer su paso, entonces en los automóviles se utiliza un ventilador para impulsar el aire.



(Fig 2. Funcionamiento del sistema de refrigeración por aire)

En la figura 2 podemos ver el funcionamiento de un motor enfriado por aire, donde entra el aire exterior por la *entrada de aire frío*, entonces el *ventilador* movido por el propio motor o por un motor eléctrico impulsa el aire frío hacia las paredes exteriores del *cilindro*, pasando por las aletas y refrigerándolo. Ese aire, una vez calentado pasa por el *termostato*, este mide la temperatura del aire en la salida y en función de este regula la velocidad del ventilador para enfriar más o menos. Finalmente ese aire sale por la *salida de aire caliente* hacia el exterior.

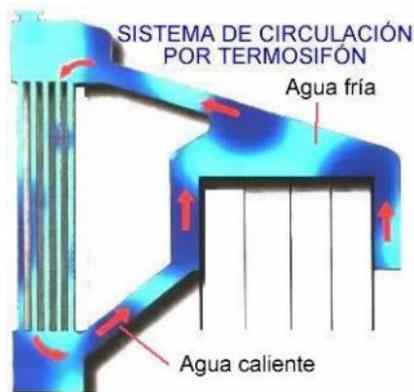
Este sistema actualmente es escasamente utilizado, lo incorporan algunas máquinas para la construcción, algunas motocicletas, etc.

## **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AGUA**

Los motores refrigerados por agua poseen conductos y otros elementos que convierten este en un sistema de mayor complejidad que el de un motor enfriado por aire. El calor generado en la culata del cilindro es absorbido por el agua que circula por los conductos y se disipa a la atmósfera cuando pasa por el radiador.

Para llevar a cabo el proceso de refrigeración, el líquido refrigerante debe circular por el circuito, para ello existen tres métodos de circulación que citaremos y explicaremos a continuación:

## Circulación por termosifón

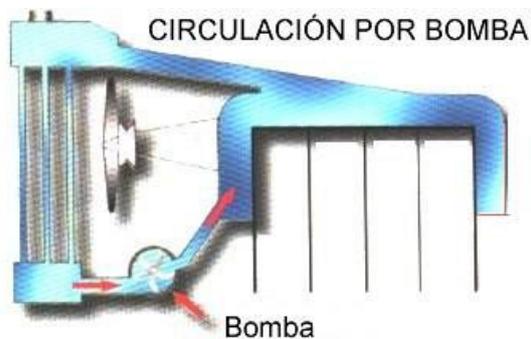


Este método no utiliza dispositivos mecánicos de circulación sino que aprovecha las propiedades físicas y químicas del líquido refrigerante para circular, especialmente la densidad. El líquido empieza a circular a medida que se va calentando, el líquido frío al tener una densidad superior al caliente, cae por su propio peso y empieza a circular, una vez el líquido se ha calentado al enfriar el motor, al tener una densidad menor tiende a subir y pasa por el radiador, entonces este lo vuelve a enfriar para que

pueda seguir el ciclo correctamente.

El líquido de refrigeración no comienza a circular a medida que se llena el tanque, ni tampoco cuando se pone en funcionamiento el motor. Se pone en funcionamiento a medida que aumenta la temperatura en el cilindro del motor. Esto conlleva a que puede prescindir de un termostato y tenemos un sistema de refrigeración muy sencillo, aunque contrapartida la velocidad de evacuación del líquido es muy lenta.

## Circulación por bomba



Este método utiliza un sistema de impulso del líquido mecánico, lo hace mediante una bomba accionada directamente por el motor. La bomba se coloca entre el radiador y el motor en un punto bajo del circuito. Esta misma coge el agua que se ha enfriado en el radiador y la impulsa hacia el motor, donde allí lo enfriará. La

velocidad de evacuación se puede medir y caracterizar según la capacidad de la bomba y la capacidad de refrigeración también depende de esta.

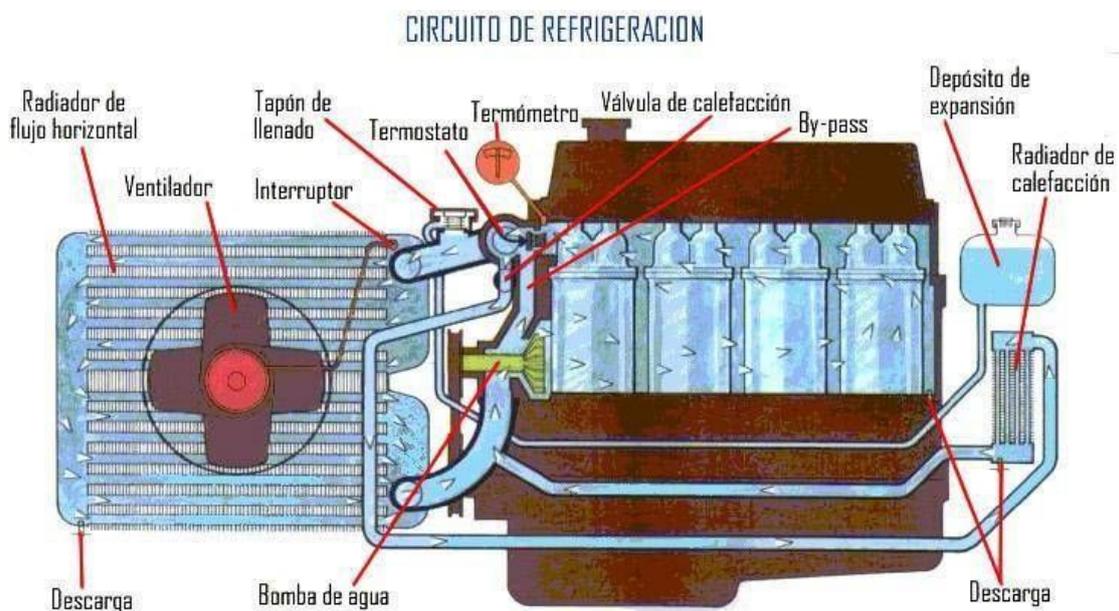
## Circulación por termosifón y bomba



Este sistema combina los dos anteriores, funciona por termosifón pero con ayuda de una bomba accionada por el motor que mejora la circulación del líquido refrigerante.

La bomba puede estar fija sobre la culata o sobre el bloque de cilindros, aunque generalmente está situada en la salida del líquido frío y dirigido hacia el bloque de cilindros. El líquido frío es impulsado por la bomba hacia el circuito, una vez que ha circulado y está de nuevo caliente, la bomba impulsa el líquido caliente hacia el radiador también ayudado por su propia densidad (sistema termosifón). Este es el sistema más factible y seguro, la bomba le hace tener un buen funcionamiento y en caso de fallo de la bomba la circulación del líquido se efectúa completamente por el sistema de termosifón. Es el sistema más utilizado actualmente de los tres.

## Funcionamiento del circuito



En el momento que ha de empezar a circular el líquido, la *bomba de agua* coge el agua fría existente en el *radiador*, esta bomba la impulsa hacia los cilindros y todos los componentes a refrigerar, una vez refrigerados el agua está caliente, entonces pasa por un *termómetro* que mide la temperatura del líquido (normalmente alrededor de 90°C).

Este termómetro está conectado a un *termostato* que varia su apertura en función de la temperatura del líquido para así variar el caudal de agua para refrigerar más o menos. En ese momento el líquido caliente se encuentra con dos caminos a seguir, uno que conlleva al *radiador de calefacción* para que el agua lo caliente y haga su función, y otro conlleva al *radiador* principal para que éste, mediante el ventilador consiga enfriar el líquido. En el paso al radiador, nos encontramos un conducto que lleva al vaso o *depósito de expansión*, donde éste será el encargado de regular en buen funcionamiento del circuito eliminando las burbujas existentes.

## **PARTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

El sistema de refrigeración por agua se compone básicamente de las siguientes partes:

- Bomba de agua
- Radiador
- Mangueras de conexión
- Camisas de cilindros
- Ventilador
- Termostato
- Vaso de expansión
- Líquido de refrigeración

### **1. Bomba del agua**



La bomba de agua es la encargada de hacer circular el líquido de refrigeración por el circuito. Es una bomba centrífuga accionada por el motor mediante una correa. La capacidad de la bomba de agua debe ser suficiente para proporcionar la circulación del refrigerante. Consta de un rotor accionado por el motor que impulsa el líquido.

### **2. El radiador**



El radiador es el encargado de disipar el calor del motor enfriando el líquido de refrigeración que éste ha cogido del motor, de esta manera el líquido podrá volver a circular una vez frío. El radiador es enfriado por el flujo de aire que le da el ventilador o la propia velocidad del vehículo.

Un radiador consiste en dos tanques metálicos o de plástico (según el caso), que están conectados uno contra otro por medio de un núcleo (malla de tubos delgados y aletas). Las mangueras se utilizan para unir el radiador al motor dando elasticidad al conjunto, estas se sujetan con abrazaderas metálicas a los tubos que salen de ambos elementos. El

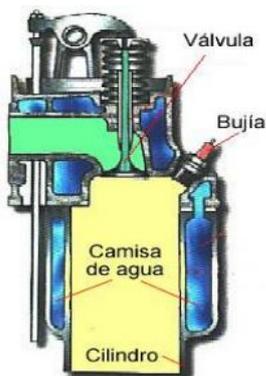
refrigerante fluye desde el tanque de entrada a través de los tubos al tanque de salida siempre que esté abierto el termostato en el motor. Mediante las aletas se disipa el calor hacia la atmósfera enfriando el líquido.

### 3. Mangueras de conexión

Las mangueras de conexión son todo el conjunto de tuberías de caucho que unen los diferentes componentes de un circuito de refrigeración por agua.

Las mangueras del radiador pueden ser rectas, moldeadas y flexibles y se pueden acomodar según las necesidades. El constante uso de las mangueras genera su deterioro; una manguera deteriorada afecta el buen funcionamiento del sistema, provocando fugas y anomalías en su funcionamiento, es necesario cambiarla en caso de avería.

### 4. Camisa de los cilindros



Las camisas de los cilindros son las que transfieren el calor desde el interior de los cilindros hasta el exterior. Tienen un contacto directo con el cilindro y de esa manera el calor se transfiere rápidamente y eficazmente. Estas camisas pueden ser húmedas es decir que permiten que el líquido refrigerante circule alrededor de los cilindros para lograr un mejor enfriamiento.

Las camisas de agua o llamadas también húmedas no solo rodean el cilindro sino también la cámara de combustión, los asientos de las bujías, los asientos y guías de las válvulas y las partes en contacto con los gases producto de la combustión.

### 5. El Ventilador



El ventilador es el encargado de impulsar el aire a gran velocidad hacia el radiador para enfriar a éste. Lo hace absorbiendo el aire de la atmósfera y haciéndolo pasar por el núcleo del radiador.

El ventilador es accionado por el motor mediante un acople en el eje de la bomba de agua y se impulsa con una correa desde la polea del cigüeñal. Algunos ventiladores incorporan un embrague para controlar las velocidades respecto con las demandas de enfriamiento.

La capacidad del ventilador depende del número de aspas, el diámetro total y velocidad. El paso o ángulo de las aspas del ventilador también

afecta su capacidad. Las aspas mas planas mueven menos aire que las aspas con mayor ángulo. Los ventiladores con ángulo variable tienen aspas flexibles que tienden a ser menos planas a medida que se incrementa la velocidad del motor. Las aspas son curvas en las puntas y con frecuencia se encuentran espaciadas de manera no uniforme para reducir el nivel de ruido. La cubierta del ventilador evita una recirculación de aire alrededor de las puntas de las aspas.

Con el aumento de velocidad del vehiculo se crea un flujo de aire suficiente, que incluso puede llegar a pararse porque con el propio aire provocado por la velocidad es suficiente para enfriar el radiador.

## 6. El termostato



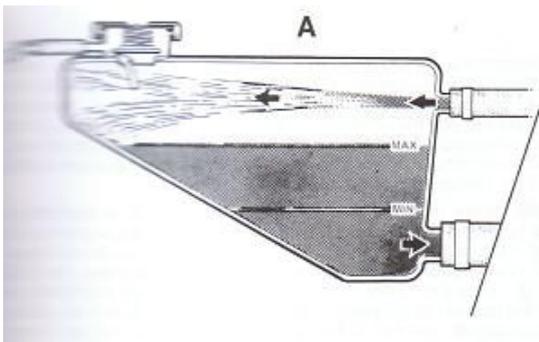
El termostato es el encargado de regular la cantidad de líquido refrigerante que pasará por el circuito. Es una válvula sensible al calor ubicada en la parte superior delantera del motor. Cuando se arranca un motor frío, el termostato cierra el flujo del refrigerante, para dejar calentar el motor correctamente, una vez que la máquina está caliente, se abre el termostato y permite que el refrigerante atrapado fluya por todo el circuito.

Algunos termostatos funcionan bajo el principio de dilatación de una espiral metálica la cual abre o cierra una válvula en función de la temperatura necesaria para esa dilatación.

Existen otros termostatos, los de válvula de mariposa y de válvula de cabezal los cuales tienen un elemento de cera el cual está expuesto al líquido refrigerante del motor. Cuando la cera se calienta se expanden forzando una varilla que sale.

Cuando la cera se enfría se contrae cerrando la válvula por medio de un muelle y la varilla regresa a la posición inicial de esta manera deja o no pasar el líquido refrigerante.

## 7. Vaso de expansión



El vaso de expansión o desgaseador es el encargado de mantener un buen funcionamiento en el circuito de refrigeración y mantener una presión constante y óptima.

Este buen funcionamiento lo consigue gracias a que actúa como desgaseador, es decir, elimina

todas las burbujas que se crean en el circuito. Las burbujas obstruyen el paso del líquido, calentando el motor y creando un mal funcionamiento del circuito en conjunto.

También, el vaso de expansión está equipado con un tapón con una válvula que mantiene el gas expulsado del circuito a una presión, de esta manera la temperatura de ebullición del líquido es más elevada. De esta manera conseguimos que el líquido de refrigeración se haya de cambiar por las pérdidas físicas y químicas, no porque se evapore.

Si el líquido refrigerante se calienta y se expande lo suficiente como para causar que la presión del sistema se eleve por encima de la presión de diseño de la tapa, la válvula de presión se abre y permite que el gas sobrante se escape al exterior hasta que el sistema se vuelve a estabilizar.

## 8. Líquido refrigerante



El líquido refrigerante es el medio que se utiliza para absorber el calor del motor para disipar este calor hacia el exterior utilizando el sistema de refrigeración.

El agua es el líquido más utilizado, pero debido a algunas de sus propiedades (bajo punto de ebullición y congelación) requiere de algunos aditivos que mejoran sus características.

Estos aditivos pueden subir el punto de ebullición o de congelación, evitar la corrosión, lubricar partes del sistema, retardar la formación de sedimentos o mejorar otras propiedades.

Existen varios tipos de aditivos e inhibidores especiales a base de silicatos los cuales se agregan para prevenir la corrosión de partes de aluminio, como las cabezas de cilindros, termostato o radiador.

El más común (agua - etileno glicol) utilizando una mezcla de 50:50, esto quiere decir 50% de agua y 50% de etileno glicol como (anticongelante). Esta relación de agua y etileno glicol proporciona protección para el sistema hasta  $-37^{\circ}\text{C}$  y un punto de ebullición de  $130^{\circ}\text{C}$ .

# **SISTEMA DE LUBRICACIÓN**

El sistema de lubricación es el encargado de bañar en aceite todas las piezas móviles del motor (pistón, biela, cigüeñal, cojinetes, árbol de levas, etc) para que éstas, entre otras cosas, puedan moverse libremente y no sean dañadas.

Como ya hemos dicho, el sistema de lubricación se encarga de bañar en aceite el motor para que cuando se muevan haya poco rozamiento, de esta manera, si hay poco rozamiento, también conseguimos un rendimiento mayor y una mayor potencia.

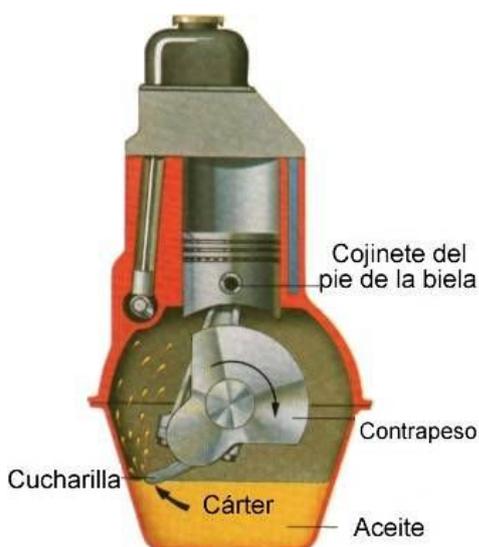
El líquido utilizado es el aceite. El aceite está más frío mientras fluye por todas las piezas del motor, de esta manera también actúa como refrigerante del motor.

En los motores de 4 tiempos se utilizan los sistemas que vamos a explicar a continuación, sin embargo, en los motores de 2 tiempos la lubricación se efectúa mediante la mezcla de aceite con el combustible (generalmente 5% aceite – 95% combustible). Este sistema tiene un problema con el que hay que tener cuidado, por ejemplo cuando la velocidad del motor es muy elevada y la apertura del acelerador es mínima, la cantidad de combustible y por lo tanto de aceite también es mínima, por lo tanto la lubricación es insuficiente y podemos agarrotar el motor.

El sistema de lubricación es casi imprescindible, sin él la vida del motor sería escasa, provocando averías irreversibles como agarrotarse (griparse comúnmente). A continuación diferenciaremos los dos tipos de sistemas que existen para lubricar un motor, que son:

- Lubricación de cárter húmedo.
- Lubricación de cárter seco.

## **Lubricación de cárter húmedo**



En el sistema de lubricación de cárter húmedo el aceite se ubica en el cárter, de ahí el nombre del sistema (cárter húmedo) y hay una bomba de aceite que reparte el aceite por todas las demás partes móviles del motor.

Como vemos en la figura el aceite se deposita en el cárter. El aceite es repartido en buena parte del motor por salpicadura, es decir, el contrapeso del cigüeñal salpica ese aceite para que se impregne en dos de las piezas más

críticas a la hora de lubricar, la biela y el cigüeñal con sus correspondientes cojinetes y rodamientos.

Por otro lado, el pistón es lubricado mediante unos conductos que pasan por el bloque motor y entran en el interior del cilindro.

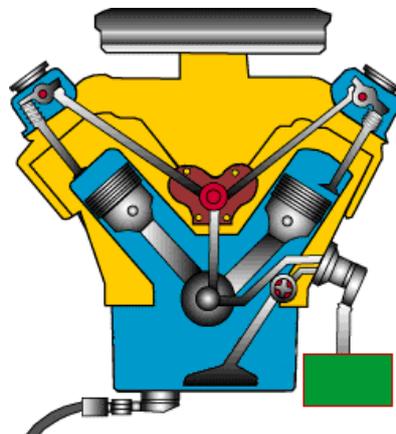
El árbol de levas también es un punto que hay que tener un cuidado especial a la hora de lubricar, en algunos motores el aceite entra al eje de levas por medio de un conducto central, de modo que lubrica directamente los cojinetes y asientos.

Para completar el sistema debe tenerse en cuenta la lubricación en el eje de balancines y el tren de válvulas la cual se lleva a cabo mediante goteo directo.

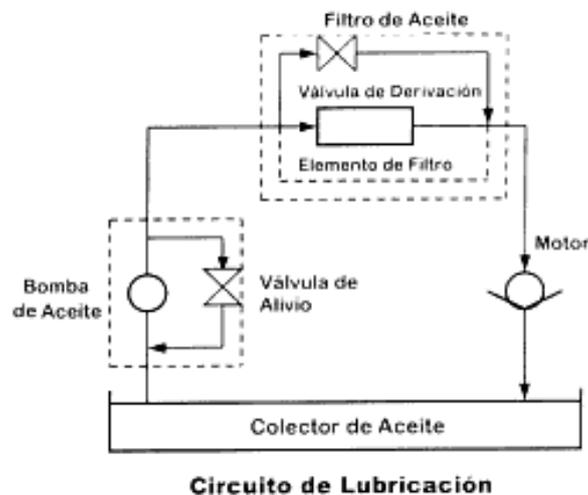
### **Lubricación de cárter seco**

En los motores de alta competición la lubricación de cárter húmedo es insuficiente debido a los cambios bruscos de aceleración, curvas y frenada; en estos motores se utiliza la lubricación de cárter seco.

En este sistema el aceite se encuentra en un depósito separado, hay dos bombas una de las cuales se encarga de suministrar el aceite a las partes del motor que se van a lubricar, la segunda bomba se utiliza para retornar el aceite que cae al cárter y se envía al depósito separado del mismo.



## Funcionamiento del circuito



El aceite está ubicado en el *colector de aceite*, es decir, en el cárter en el caso de ser un sistema de cárter húmedo o en un depósito independiente en el caso de un sistema de cárter seco. La *bomba de aceite* recoge el aceite y la *válvula de alivio* o regulador de presión discrimina el exceso de aceite si lo hay. Seguidamente la bomba de aceite envía el aceite al *filtro de aceite*, donde ahí libraremos al aceite de impurezas. En el caso de que el filtro este obstruido, el aceite pasará por la *válvula de derivación* para poder seguir el ciclo. Por último el aceite va al *motor* para lubricar todas sus partes y de ahí el aceite volverá al colector de aceite.

## PARTES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación se basa de las diferentes partes:

- Bomba de aceite
- Regulador de presión
- Filtro de aceite
- Válvula de derivación
- Cárter de aceite
- Enfriador de aceite
- Aceite

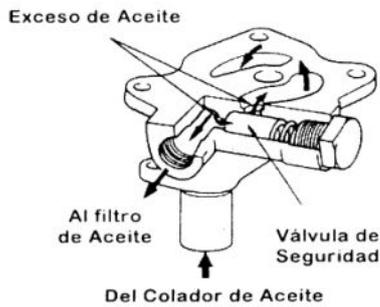
### **1. Bomba de aceite**



La bomba de aceite es la encargada de enviar el aceite almacenado en el cárter de aceite, hacia todas las partes a lubricar del motor.

La bomba de aceite es accionada por el motor, entonces esto explica que cuando el motor empieza a subir su velocidad de rotación, ésta también y el caudal entregado será mayor.

## 2. Regulador de presión



### Construcción del Regulador de Presión

El regulador de presión del aceite o válvula de alivio es el encargado de discriminar el aceite en exceso cuando el caudal de la bomba es muy elevado. Cuando la velocidad del motor es muy elevada como ya hemos dicho antes, la de la bomba también lo es, entonces la cantidad de aceite que entrega la bomba es muy superior. Si ese caudal que entrega es demasiado alto, el regulador de presión discrimina el exceso de aceite enviándolo de nuevo a su depósito.

## 3. Filtro de aceite



A medida que se utiliza el aceite del motor, este se contamina con partículas de metal, carbón, suciedad aerotransportada, etc. Si las piezas del motor que están en movimiento fueran lubricadas por dicho aceite sucio, ellas se desgastarían rápidamente y como resultado el motor podría agarrotarse. Para evitar esto, se monta un filtro de aceite en el circuito de aceite que elimine esas sustancias indeseables. El filtro de aceite es montado a la mitad del camino del circuito de lubricación. Este filtra y elimina las partículas de metal desgastadas de las piezas del motor por fricción, así como también la suciedad, carbón y otras impurezas del aceite. Si el elemento del filtro de aceite (papel filtrante), el cual remueve las impurezas, llega a obstruirse, la válvula de derivación será la encargada de hacer pasar al aceite por otro camino para que llegue a lubricar al motor.

## 4. Válvula de derivación

La válvula de derivación es la encargada de hacerle pasar al aceite por otro camino antes de que llegue al filtro cuando este está saturado por las impurezas que ha llegado a filtrar. En estas circunstancias, la válvula de derivación se abre y permite el ingreso de aceite sin filtrar al motor, manteniendo el flujo de aceite requerido por el motor.

Esta operación que se cumple en funcionamiento del motor, evita que el filtro de aceite se colapse y provoque un mayor daño al sistema.

## 5. Cárter de aceite



El cárter de aceite recolecta y almacena el aceite de motor. Muchos cárteres de aceite son hechos de láminas de acero prensado, con una zona hueca profunda y montan un colador de aceite para filtrar las impurezas de mayor tamaño. Además, un tapón de vaciado está situado en la parte inferior del cárter de aceite para vaciar el aceite usado cuando sea necesario efectuar un cambio de

aceite.

En el caso de tener un sistema de lubricación seco, el depósito de aceite está situado en el exterior del cárter.

## 6. Enfriador de aceite



En algunos motores donde las condiciones de trabajo son muy reñidas, la temperatura del aceite se eleva considerablemente perdiendo muchas de sus propiedades. Para evitar que ese aumento de la temperatura ocurra, se monta un radiador o enfriador de aceite que se encarga de enfriar el aceite para que su temperatura no sea muy elevada.

El enfriador de aceite se monta después de pasar por el filtro de aceite donde será enviado al resto del motor.

## 7. Aceite



El aceite del motor es el líquido que lubrica todas las partes móviles del motor para mantenerlas limpias y seguras de cualquier avería.

Hay varios tipos de aceite como el mineral (generalmente utilizado para las transmisiones mecánicas) el sintético que es el más utilizado y el semi-sintético.