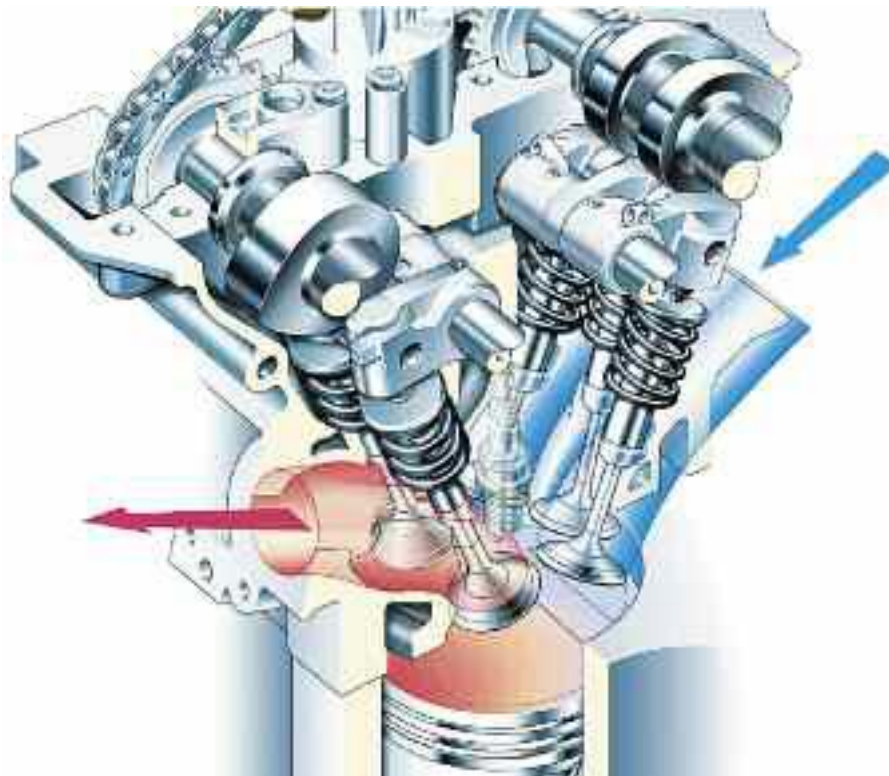


Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ingeniería  
Proyecto de Motores



Apunte de cátedra – Parámetros de Semejanza en MCIA

Año 2019

Ing. Gustavo D. Saralegui

Ing. Gastón Pary

Sr. Mariano Marconi

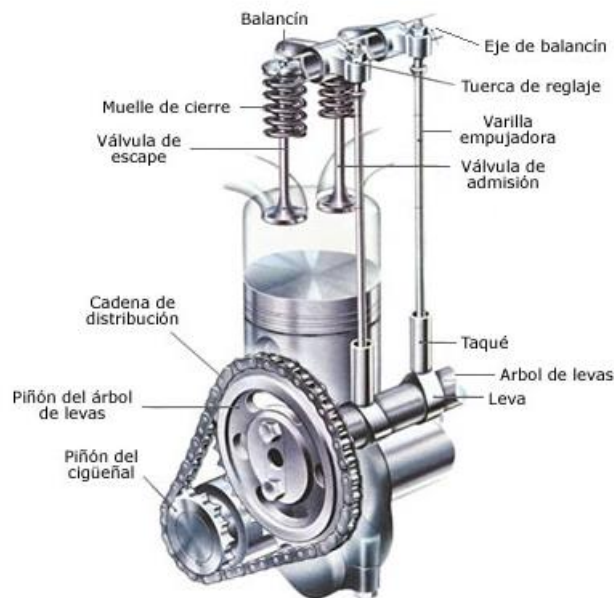
## INDICE

1	Descripción .....	1
2	Componentes .....	1
2.1	Válvulas .....	1
2.2	Asiento de válvula .....	3
2.3	Guía de válvulas.....	3
2.4	Resorte de válvula .....	4
2.5	Balancín .....	4
2.6	Varillas .....	5
2.7	Árbol de levas.....	5
3	Tipos de distribución .....	7
3.1	Sistema SV (Side valves):.....	7
3.2	El sistema OHV (OverHead Valve):.....	8
3.3	El sistema OHC (OverHead Cam):.....	8
4	Mando de la distribución .....	10
5	Sincronización de las válvulas .....	13
6	Cruce de válvulas.....	13
7	Distribución variable .....	14

# Sistema de distribución

## 1 Introducción

Se conoce como sistema de distribución al conjunto de piezas que regulan la entrada y salida de gases en el cilindro. Este sistema debe estar en perfecto sincronismo con el cigüeñal, para que las aperturas y cierres de las válvulas se produzcan con arreglo a las sucesivas posiciones del pistón dentro del cilindro y en los momentos en que se produce el tiempo de admisión y escape en el motor. Algunos de los componentes de un sistema de distribución tipo válvulas a la cabeza se encuentran en la Figura 1.



*Figura 1 - Sistema de distribución (OHV, Over Head Valve)*

El sistema de distribución de un motor es de suma importancia, de él depende el correcto funcionamiento del motor respecto al rendimiento. La exacta apertura y cierre de las válvulas como el tiempo que permanecen abiertas es diferente para cada motor, al igual que el tipo de distribución.

## 2 Componentes

### 2.1 Válvulas

Las válvulas son elementos que abren y cierran los conductos de admisión y escape sincronizados con el movimiento de subida y bajada de los pistones. A su vez mantiene estanca o cerrada la cámara de combustión cuando se produce la carrera de compresión y combustión del motor. Se utilizan dos válvulas por lo menos para cada cilindro (una de admisión y una de escape), aunque actualmente hay muchos motores con 3, 4 y hasta 5 válvulas por cilindro.

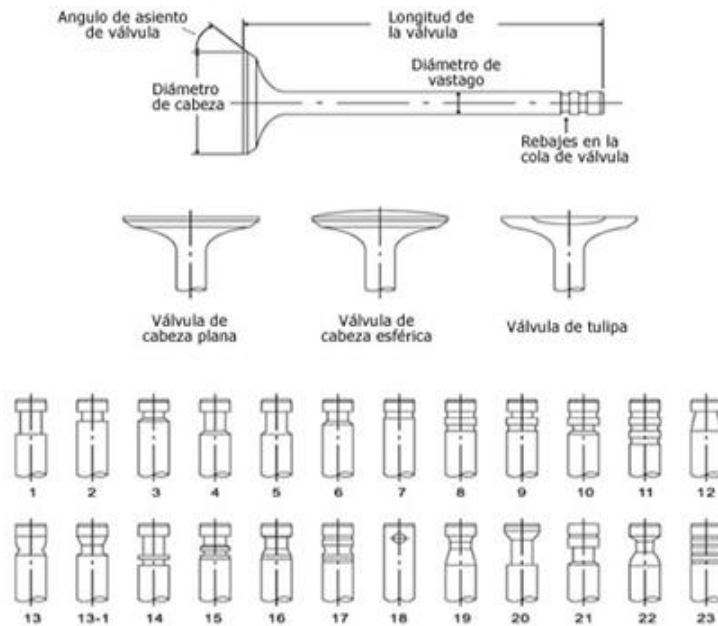


Figura 2 – Dimensiones y tipos de válvula y formas de la cola de válvula

Las válvulas están constituidas por una cabeza mecanizada en toda su periferia, con una inclinación o conicidad en la superficie de asiento, generalmente de 45°, que hace de cierre hermético sobre el orificio de la culata. Unido a la cabeza lleva un vástago o cola perfectamente cilíndrico, cuya misión es servir de guía en el desplazamiento axial de la válvula, centrar la cabeza en su asiento y evacuar el calor de esta durante su funcionamiento. En la parte del pie de la válvula lleva un rebaje o chavetero para el anclaje y retención de la válvula sobre la culata.

Las válvulas se fabrican de aceros especiales con grandes contenidos de cromo y níquel, que le dan una gran dureza, pues tienen que soportar grandes esfuerzos y resistir el desgaste y las corrosiones debidos a las grandes temperaturas a que están sometidas.

La válvula de admisión puede llegar a temperaturas de funcionamiento de 400 °C y eso que es refrigerada por los gases frescos de admisión.

La válvula de escape está sometida al paso de los gases de escape por lo que puede alcanzar temperaturas de hasta 800 °C. Para soportar estas temperaturas, tiene que estar fabricada con materiales que soporten estas condiciones de trabajo.

El calor que soportan las válvulas es evacuado en mayor parte a través de los asientos en la culata, el resto es evacuando a través de las guías de las válvulas. Para evacuar más calor las dimensiones de las guías son distintas dependiendo que sea para la válvula de escape o de admisión. La guía utilizada para la válvula de escape será más larga para evacuar más calor.

La mayor parte de los motores, las válvulas de admisión tienen la cabeza con mayor diámetro que las de escape, para facilitar el mejor llenado del cilindro. Las válvulas de escape, por el contrario, suelen hacerse con menor diámetro de cabeza para darle mayor consistencia, ya que estarán sometidas a las elevadas temperaturas de la salida de los gases. Por esta causa, en algunos casos, el vástago es hueco y este relleno de sodio, que tiene la propiedad de que con el calor se hace líquido y transmite muy bien el calor, con lo que se consigue que la elevada temperatura de la cabeza de la válvula se disipe rápidamente a través del vástago. El sodio tiene un bajo punto de fusión (97 °C) y es muy buen conductor del calor. Al calentarse el sodio se funde y pasa a estado líquido, con el movimiento de subir y bajar de la válvula, el sodio se

desplaza dentro de la válvula transmitiendo el calor de la cabeza hacia el vástago. Se consigue así rebajar en más de 100 °C la temperatura de la cabeza de la válvula.

## 2.2 Asiento de válvula

Son piezas postizas colocadas a presión sobre la culata y sobre las cuales asientan las válvulas para lograr el cierre hermético de la cámara de combustión. Los asientos se montan porque el material de la culata es excesivamente blando respecto al de la válvula y no puede soportar el continuo golpeteo a esta sometido el asiento durante el funcionamiento.

El material empleado para fabricar los asientos es la fundición gris centrifugada y nitrurada, aleada con cromo-níquel para obtener una elevada dureza y resiliencia.

El montaje de estas piezas se efectúa a presión por medio de un ajuste térmico que consiste en calentar la zona de la culata donde va situada la pieza postiza para que se dilate. La pieza para ensamblar se mantiene en un baño de hielo seco para su contracción. Una vez colocados los asientos en su alojamiento, el calor de la culata se transmite a las piezas postizas, de forma que, al contraerse la culata y dilatarse las piezas, éstas quedan perfectamente ajustadas a presión.

En algunas culatas de hierro fundido, los asientos se tornean directamente sobre la misma culata.

## 2.3 Guía de válvulas

Las guías de válvula, al igual que las piezas postizas, son unos casquillos cilíndricos que se insertan a presión en la culata siguiendo el mismo proceso indicado anteriormente. En algunas culatas de fundición, la guía se mecaniza directamente sobre el propio material.

Su misión es servir de guía al vástago de la válvula durante su apertura y cierre, evitar el desgaste de la culata y transmitir el calor de la válvula al circuito de refrigeración.

El material empleado en la fabricación de guías de válvula es el "nilresiste", aleación parecida a la de los asientos de piezas postizas. (fundición gris al cromo-vanadio), que presenta además las siguientes características:

- Gran resistencia a la fricción.
- Buena conductibilidad al calor.
- Propiedades auto lubricantes, para compensar el escaso flujo de aceite

Las dimensiones de estas guías deben permitir un ajuste muy preciso con el vástago de la válvula, con el fin de garantizar un deslizamiento suave y, a la vez, evitar fugas de gases a través de una excesiva holgura. En válvulas de admisión suele darse un ajuste de montaje que corresponde con la holgura máxima de 0,05 a 0,07 mm, y en las válvulas de escape, debido a su mayor dilatación, suele darse una holgura de 0,07 a 0,1 mm. Ambas piezas exigen una calidad superficial elevada.

El juego entre el vástago de la válvula y la guía ha de calcularse para que permita la dilatación del vástago, por lo que la holgura suele ser mayor para la válvula de escape. Por otra parte, debe evitarse el excesivo paso de aceite que terminaría quemándose en el cilindro y formando depósitos de carbonilla. El paso de aceite es más importante a través de las guías de las válvulas de admisión, debido a la depresión que existe cuando la válvula está abierta. El consumo de aceite se reduce colocando retenes en la parte superior de las guías.

En cuanto a su longitud, las guías de admisión suelen ser más cortas que las de escape y tienen una longitud (l) variable que oscila en función del desplazamiento (h) de válvula.

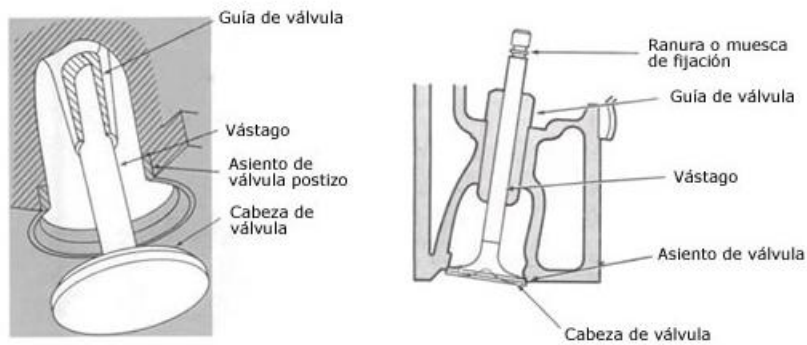


Figura 3 - Asiento y guía de válvula

## 2.4 Resorte de válvula

El resorte es un elemento mecánico que puede almacenar energía debido a las propiedades elásticas del material con el que ha sido fabricado. Cualquiera que sea la forma y material del muelle, su comportamiento se pone de relieve con su curva característica, que expresa la relación entre la carga aplicada al muelle y la deformación que ésta le produce.

Tienen la misión de cerrar las válvulas y de mantenerlas cerradas mientras la leva no las abra. Tienen que ser lo suficientemente fuertes para que el cierre se realice lo antes posible y se eviten los rebotes de válvulas. Si por el contrario son extremadamente fuertes, las válvulas tenderán a clavarse sobre sus asientos. Los muelles empleados para las válvulas son de tipo helicoidal y se montan con una cierta carga.

En motores que giran a un alto número de r.p.m., las rápidas variaciones de aceleración impuestas por la leva provocan, debido a la elasticidad y resonancia de los muelles junto con las masas en movimiento, que las válvulas entren en flotación (rebote de válvulas) impidiéndose el cierre en el momento preestablecido por el diagrama de distribución, o incluso que la válvula toque la cabeza del pistón a regímenes elevados de revoluciones del motor. Para evitar este fenómeno, concéntricamente al muelle se monta un segundo muelle más delgado, pero con el arrollamiento en sentido opuesto, para que las vibraciones opuestas producidas por él absorban las vibraciones del muelle principal, evitando de este modo que las válvulas entren así en flotación.

## 2.5 Balancín

Tienen la misión de transformar el movimiento lineal del empujador o en su caso circular de la leva, en un movimiento oscilatorio con el que acciona directamente la válvula. Están contruidos generalmente en acero o aleación de aluminio. En uno de sus extremos normalmente existe un dispositivo que permite la regulación del juego de las válvulas.

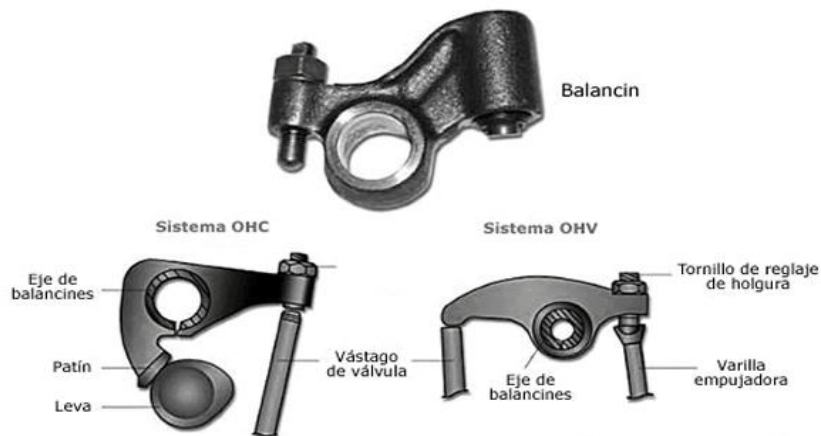


Figura 4 - Balancín

## 2.6 Varillas

La varilla empujadora es un elemento intermedio que se monta entre el empujador y el balancín; su misión es trasladar el movimiento lineal del empujador hasta el balancín para que éste lo transforme en oscilatorio. Están construidas en acero al carbono o incluso en aleaciones especiales con titanio, con el fin de aligerar su peso y evitar las inercias. Este elemento solo forma parte del sistema OHV.

## 2.7 Árbol de levas

El movimiento alternativo de apertura y cierre de las válvulas se realiza por medio de un mecanismo empujador que actúa sobre las válvulas y que se denomina árbol de levas. La apertura y cierre de las válvulas tiene que estar sincronizado con el ciclo de funcionamiento y la velocidad del régimen del motor. El árbol de levas recibe movimiento del cigüeñal a un número de revoluciones que es la mitad de este.

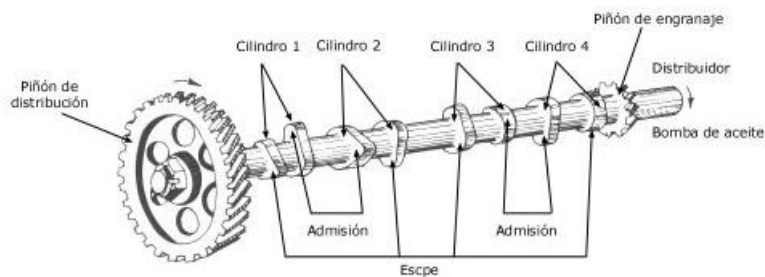


Figura 5 - Árbol de levas

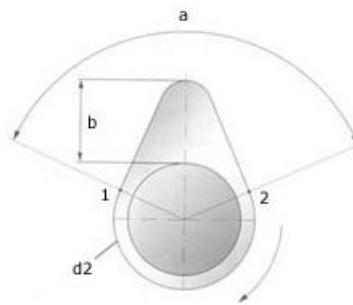
El árbol de levas puede ir montado en el bloque motor (motores antiguos) o en la culata. El árbol gira apoyado sobre cojinetes de fricción o bien sobre taladros de apoyo practicados directamente sobre el material de la culata. Están lubricadas por el circuito de engrase a través de los conductos que llegan a cada uno de los apoyos.

Los árboles de levas se fabrican en una sola pieza de hierro fundido o de acero forjado. Debe tener gran resistencia a la torsión y al desgaste, para ello, se le da un tratamiento de templado. El desgaste del árbol de levas puede suponer una modificación del diagrama de distribución, lo que puede suponer una bajada de rendimiento del motor.

Perfil de las levas: la forma de las levas practicadas sobre el árbol, determinan los siguientes factores muy importantes para el buen rendimiento del motor:

- El momento de apertura de las válvulas.
- El ángulo que permanecen abiertas.
- El desplazamiento o alzada máxima de la válvula.
- La forma de hacer la apertura y cierre de la válvula.

Las medidas más importantes de la leva como se puede ver en la figura 6, serian el diámetro base de la leva ( $d_2$ ) que corresponde a la posición de válvula cerrada. A partir del punto 1 comienza la apertura, la válvula permanecerá abierta hasta el punto 2. En este recorrido angular (a) la leva mueve la válvula hasta una apertura o alzado máximo (b).



- a.- Ángulo de apertura de la válvula
- b.- Alzado de la válvula
- $d_2$ .- Diámetro base de la leva
- 1.- Avance a la apertura de la válvula
- 2.- Retraso al cierre de la válvula

Figura 6 - Dimensiones perfil de una leva

La forma del perfil de la leva determina la forma en que se abre las válvulas, podemos encontrar dos tipos de perfiles:

- Perfil de flancos convexos: está formado por un círculo base que se une a la curva de cresta por medio de dos circuitos tangentes, cuyo radio de curvatura está en función de la altura (b) y del ángulo total de apertura de la válvula, indicado en el diagrama de distribución.
- Perfil de leva tangencial: los flancos o rampas de ataque al vástago de válvula, están formados por dos rectas tangentes al círculo base y a la curva de la cresta. Permite que la válvula este totalmente abierta más tiempo y mejore el intercambio de gases

En ambos casos, la velocidad y los tiempos de apertura y cierre de las válvulas dependen directamente del perfil de la leva. El perfil y dimensiones dependen de las características del motor; o sea: cilindrada unitaria, relación de compresión, diámetro de las válvulas, altura de desplazamiento, número de revoluciones y diagrama de distribución.



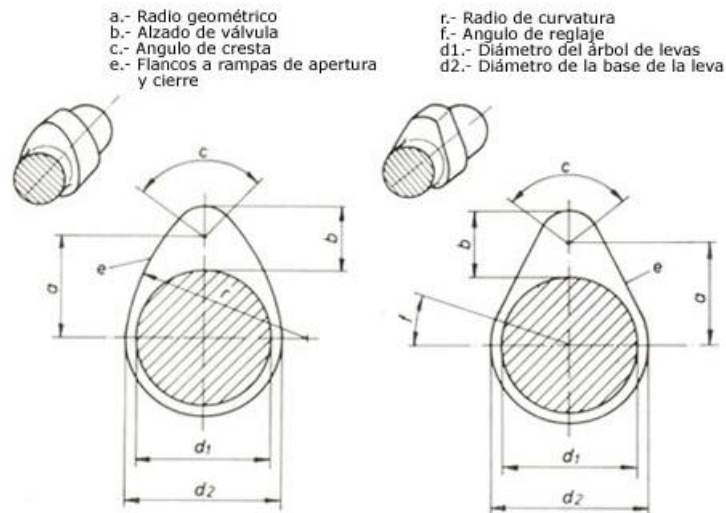


Figura 6 - Leva de flancos convexos y flancos tangenciales, respectivamente

Existen levas con flancos "asimétricos", cuyo perfil de entrada es de flanco convexo para abrir lentamente y el flanco de cierre es tangencial, con lo que se consigue mayor tiempo con la válvula totalmente abierta y un cierre rápido.

### 3 Tipos de distribución

Los sistemas de distribución se pueden clasificar dependiendo de la localización del árbol de levas. Hasta los años 80 los motores estaban configurados con el árbol de levas situado en el bloque motor. Actualmente prácticamente todos los motores tienen el árbol de levas montado en la culata (tapa de cilindro).

#### 3.1 Sistema SV (Side valves):

Sistema de válvulas laterales representado en la figura 7, en el que se puede ver que la válvula ocupa una posición lateral al cilindro, es decir, la válvula esta alojada en el bloque. El mando de esta válvula se efectúa con el árbol de levas situado en el bloque motor. Este sistema de distribución no se utiliza desde hace tiempo ya que las válvulas no están colocadas en la culata sino en el bloque motor, lo que provoca que la cámara de compresión tenga que ser mayor y el tamaño de las cabezas de las válvulas se vea limitada por el poco espacio que se dispone.

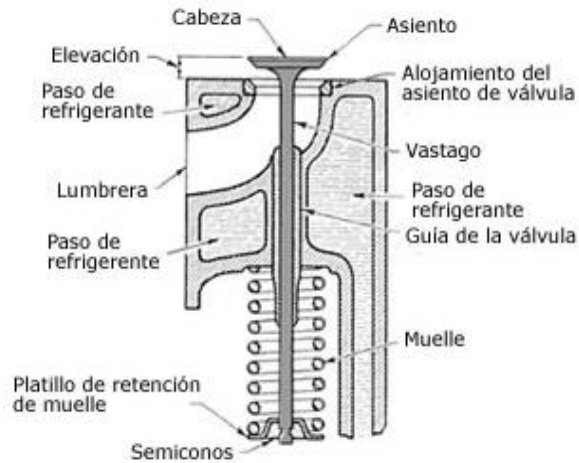


Figura 7 - Válvula alojada en el bloque

### 3.2 El sistema OHV (OverHead Valve):

Se distingue por tener el árbol de levas en el bloque motor y las válvulas dispuestas en la culata como se muestra en la figura 1. La ventaja de este sistema es que la transmisión de movimiento del cigüeñal a el árbol de levas se hace directamente por medio de dos piñones o con la interposición de un tercero, también se puede hacer por medio de una cadena de corta longitud. La ventaja de este sistema es que la transmisión de movimiento entre el cigüeñal y el árbol de las levas necesita un mantenimiento nulo o cada muchos km. La desventaja viene dada por el elevado número de elementos que componen este sistema para compensar la distancia que hay entre el árbol de levas y las válvulas. Este inconveniente influye sobre todo a altas revoluciones del motor, por lo que estos motores se ven limitados en máximo número de revoluciones que pueden llegar a alcanzar. Este sistema también se ve muy influenciado por la temperatura del motor, lo que hace necesario una holgura de taqués considerable.

### 3.3 El sistema OHC (OverHead Cam):

El árbol de levas en la culata lo mismo que las válvulas. Es el sistema más utilizado actualmente en todos los automóviles. La ventaja de este sistema es que se reduce el número de elementos entre el árbol de levas y la válvula por lo que la apertura y cierre de las válvulas es más precisa, esto trae consigo que estos motores puedan alcanzar mayor número de revoluciones. Tiene la desventaja de complicar la transmisión de movimiento del cigüeñal al árbol de levas, ya que, se necesitan correas o cadenas de distribución de mayor longitud, que con el paso de los kilómetros tienen más desgaste, por lo que necesitan más mantenimiento. Este sistema en general es más complejo y caro, pero resulta más efectivo y se obtiene un mayor rendimiento del motor.

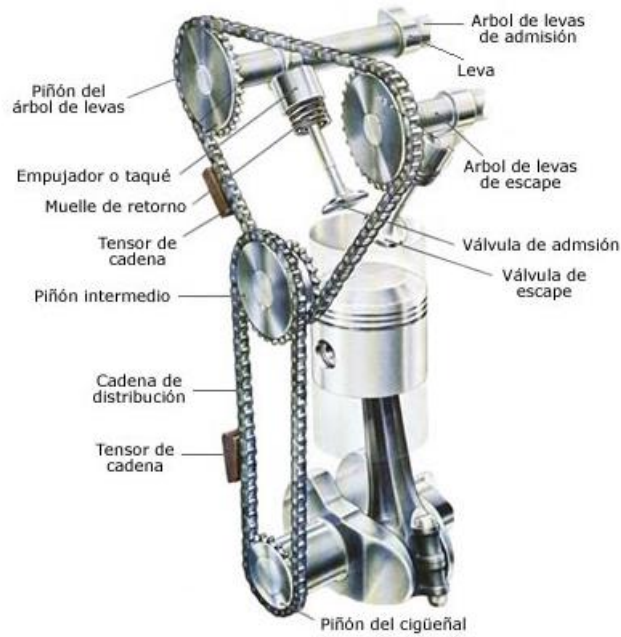


Figura 8 - Sistema OHC

Este tipo de distribución puede clasificarse en SOHC (Single OverHead Cam) y en DOHC (Double OverHead Cam), la primera está compuesto por un solo árbol de levas que acciona las válvulas de admisión y escape como se muestra en la figura 9 y la ultima por dos árboles de levas, uno acciona la válvula de admisión y el otro las de escape ilustrado en la figura 10.

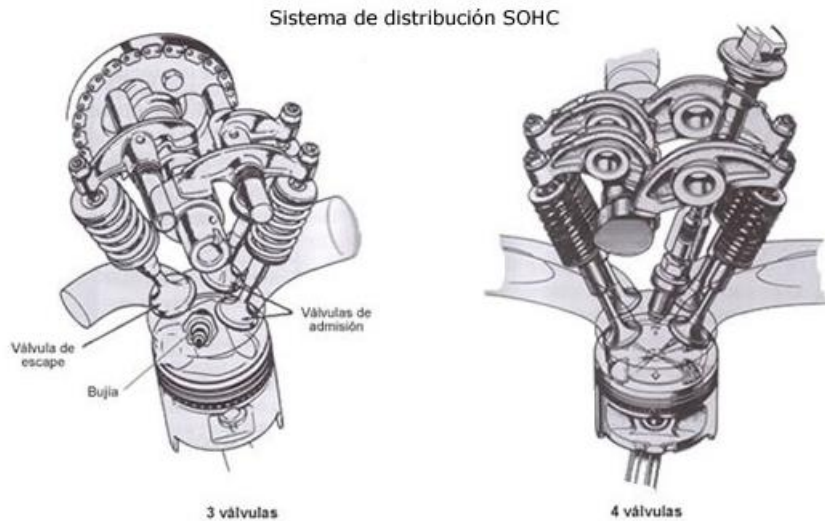
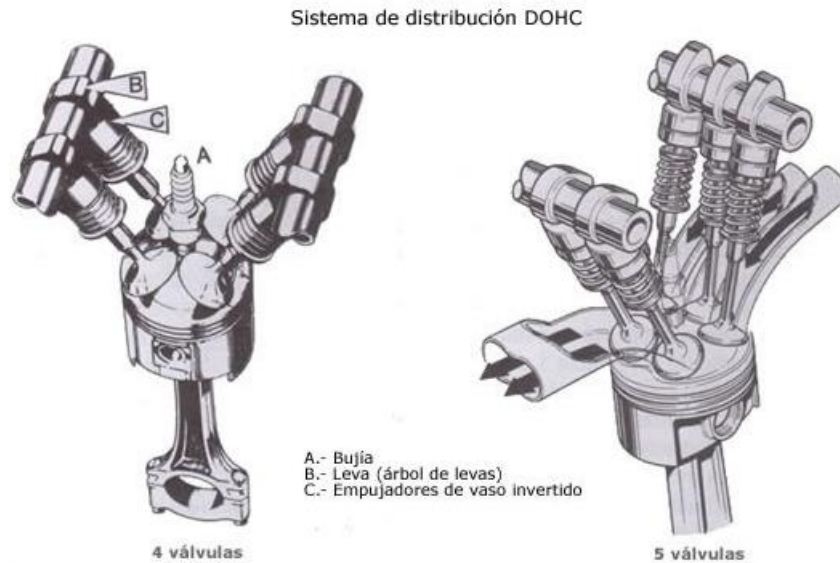


Figura 9 - Sistema SOHC



*Figura 10 - Sistema DOHC*

#### 4 Mando de la distribución

El movimiento de rotación del árbol de levas se realiza directamente desde el cigüeñal, para la cual se emplean distintos sistemas de transmisión a base de:

- Ruedas dentadas.
- Cadena de rodillos.
- Correa dentada.

El sistema que se adopta depende del tipo motor, situación del árbol de levas y costo de fabricación. En la actualidad se tiende, en la mayoría de los casos, a obtener una transmisión silenciosa.

Sea cual sea el tipo de transmisión empleada, como la velocidad de giro en el árbol de levas tiene que ser la mitad que, en el cigüeñal, los piñones de mando acoplados a los árboles conducido y conductor tienen que estar en la relación 2/1, es decir, que el diámetro o número de dientes del piñón conducido (árbol de levas) tiene que ser el doble que el piñón conductor (cigüeñal).

El accionamiento de la distribución además de transmitir movimiento al árbol de levas mueve también dependiendo de los motores: la bomba de agua, la bomba de inyección en caso de que el motor sea Diesel, etc.

- Transmisión por ruedas dentadas

Cuando la distancia entre el cigüeñal y el árbol de levas es corta, la transmisión se realiza por medio de dos piñones en toma constante, que están en relación dimensional ya indicada. En este caso el giro de ambos árboles se realiza en sentido contrario, lo cual debe tenerse en cuenta para la puesta a punto de la distribución y del encendido.

Cuando la distancia entre el cigüeñal y árbol de levas es mucho mayor y no permite el acoplamiento directo de dos ruedas, se suele montar un tren simple de engranajes con una rueda intermedia. Este montaje consiste en disponer de un piñón intermedio que gira libre entre el piñón del cigüeñal y el piñón del conducido. Dicho piñón intermedio no interviene en la relación de transmisión, por lo que el número de dientes de esta rueda es indiferente, aunque suele ser el mismo que el del piñón conducido.

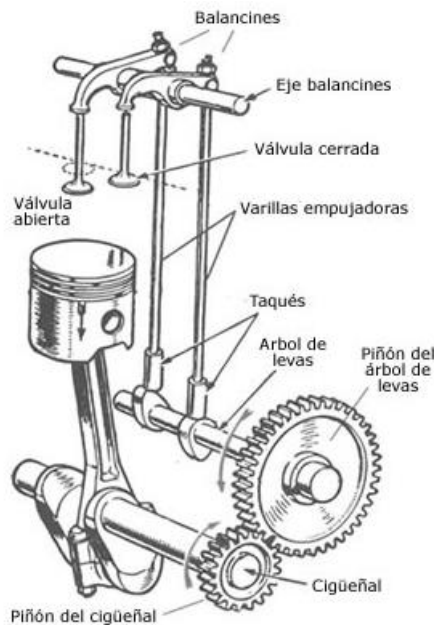


Figura 11 - Esquema de accionamiento de distribución por piñón

En este montaje el sentido de giro en ambos árboles es el mismo, porque la rueda intermedia cambia el sentido de giro que aporta el cigüeñal.

Para obtener una transmisión lo más silenciosa posible se emplean piñones de dientes helicoidales que, al tener mayor superficie de contacto, ofrecen un mayor grado de recubrimiento y, por consiguiente, un engrane más suave y continuo. Para que aún sea más silenciosa la marcha, en ocasiones se lubrican con aceite, montando el tren en el interior de un cárter cerrado herméticamente, llamado cárter de la distribución.

En motores destinados a turismos se suele construir el piñón intermedio de material plástico, a fin de evitar el contacto directo entre ruedas metálicas.

En motores modernos con árbol de levas en la culata se pueden encontrar algunos sistemas de distribución accionados por piñones. Como la distancia entre el cigüeñal y el árbol de levas es muy grande hacen falta unos cuantos piñones intermedios capaces de transmitir el movimiento entre los distintos dispositivos del motor.

- Transmisión por cadena de rodillos

La cadena sirve para transmitir el movimiento entre el cigüeñal y el árbol de levas independientemente de la distancia que exista entre ambos. Por lo tanto, la cadena se puede utilizar tanto si el árbol de levas va situado en el bloque motor o en la culata.

La distribución por cadena lleva dos piñones principales situados en el cigüeñal y el árbol de levas. El piñón del cigüeñal arrastra la cadena que a su vez arrastra los demás piñones. La cadena de rodillos puede ser simple o doble.

La cadena tiene la ventaja de su larga duración y menor mantenimiento, pero tiene el inconveniente de que la cadena con el tiempo se desgasta esto provoca que aumente su longitud, produciendo un desfase en la distribución y un aumento en el nivel de ruidos. Estos inconvenientes son más apreciables cuanto más larga sea la cadena.

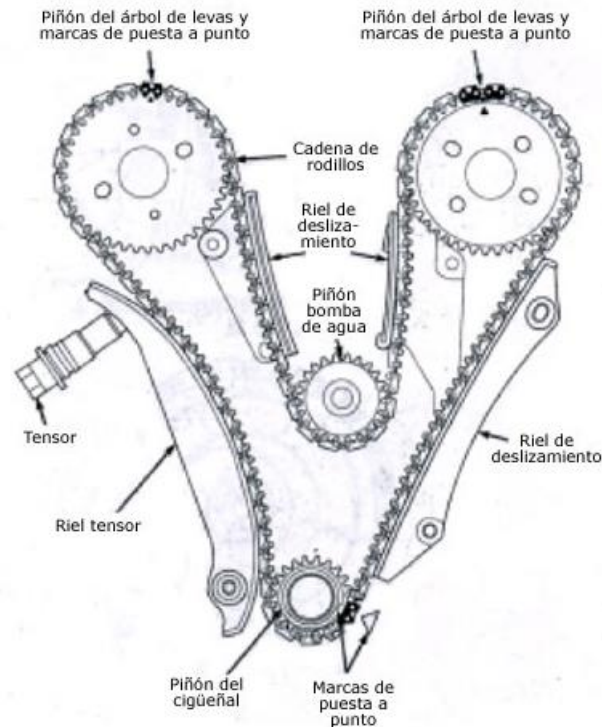


Figura 12 - Accionamiento de distribución por cadena

Las cadenas utilizadas para accionar la distribución pueden ser: cadena de rodillos y cadena silenciosa.

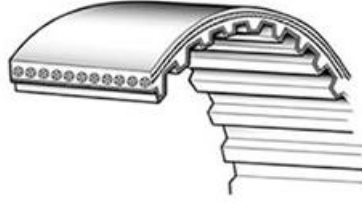
Se utiliza un tensor de cadena para mantener la cadena tirante y compensar los efectos del desgaste. La cadena cuando arrastra los distintos piñones que conforman el accionamiento de la distribución se mantiene tensa por un lado mientras que por el otro está destensada. En la parte que queda destensada es donde se instala el tensor. La posición del sensor dependerá por lo tanto del sentido de giro del motor.

- Accionamiento por correa dentada

Es el sistema de accionamiento más utilizado actualmente. Tiene la ventaja de un costo relativamente económico, con una transmisión totalmente silenciosa, pero con el inconveniente de una duración mucho más limitada (80.000 a 120.000 km.).

En los motores actuales, es tendencia generalizada montar el árbol de levas en la culata (OHC, DOHC), por lo que el accionamiento de la distribución se hace con correas de gran longitud. El material de las correas dentadas es el caucho sintético y fibra de vidrio (neopreno), que tienen la característica de ser flexibles para adaptarse a las poleas de arrastre y por otra parte no se estiran ni se alteran sus dimensiones. También tienen la ventaja de tener un funcionamiento muy silencioso, son más ligeras, más fáciles de reemplazar y no necesitan engrase.

Estas correas tienen una estructura compleja (figura inferior), se fabrican de vitrofibra o con alma de acero laminado trenzado (cuerdas longitudinales), recubierto con caucho sintético o neopreno, que es resistente al desgaste. El dorso de la correa (parte exterior) protege las cuerdas de tracción y se fabrica de un material (como el policloropreno) resistente a la abrasión y acciones de agentes externos, como el aceite.



*Figura 13 - Correa dentada*

Los dientes, que pueden ser redondeados o trapezoidales, están moldeados en la pieza para obtener una tolerancia menor que la normal y tener un revestimiento muy resistente que proporcione una larga vida de funcionamiento a la correa. Esta combinación de diseño y construcción da como resultado una correa que se estira poco con el uso.

## 5 Sincronización de las válvulas

Hay que destacar los siguientes puntos:

- La válvula de admisión debe abrirse antes del P.M.S., es decir, antes de que el pistón empiece a descender en el tiempo de admisión;
- La válvula de admisión permanece abierta mucho después del P.M.I., (en plena fase de compresión) para aprovechar la velocidad de los gases entrantes, lo cual ayuda a introducir una cantidad adicional de la mezcla de aire y combustible en el cilindro;
- La válvula de admisión regula el rango de revoluciones del motor. Si esta se cierra más tarde, entra más combustible en el cilindro y, por lo tanto, las revoluciones aumentan;
- El punto de cierre de la válvula de admisión también determina la relación de compresión efectiva, opuesto a lo que ocurre con la relación de compresión estática. Si la válvula se cierra más tarde, la compresión real del motor será menor;
- La válvula de escape debe abrirse mucho antes de que termine el tiempo de explosión para liberar la presión de los gases en expansión que están en el cilindro antes de que el pistón suba en el tiempo de escape.

La potencia del motor no se ve afectada por el hecho de que las válvulas de escape se abran en ese punto, ya que la mayor parte de la potencia de los gases en explosión ha sido transmitida al pistón durante el tiempo de explosión. La válvula de escape debe estar casi totalmente abierta en el momento en el que el pistón alcance la velocidad máxima. De esta manera, no hay resistencia al movimiento causada por la presión del gas de admisión, la cual produciría una pérdida de bombeo.

## 6 Cruce de válvulas

El periodo de cruce de válvulas tiene lugar en el inicio del tiempo de admisión, cuando la válvula de admisión ya está abierta y la de escape no se ha cerrado por completo.

Los motores de serie tienen un cruce de válvulas de 15 a 30 grados de giro del cigüeñal. Los árboles de levas de los vehículos de carreras tienen cruces de válvulas que van de 60 a 100 grados.

Un cruce adicional proporciona un llenado de cilindro más eficaz a altas revoluciones, pero produce un vacío en el motor más bajo, así como una mayor pobreza en el rendimiento en los bajos regímenes, en la calidad de marcha en ralentí y en la economía de combustible a baja velocidad.

Si la válvula de admisión se abre demasiado pronto, la calidad de marcha en ralentí se deteriora, mientras que el rendimiento en regímenes elevados no mejora demasiado. La velocidad máxima del pistón en el tiempo de admisión se alcanza antes de la apertura máxima de válvula, por lo que si la válvula se abre antes, podría mejorar la respiración del motor. El factor del cruce de válvulas que afecta al rendimiento en regímenes elevados es el cierre de la válvula de escape. De hecho, aumentar el tamaño de la válvula de escape y su orificio correspondiente no suele considerarse demasiado adecuado para la obtención de más potencia, ya que la válvula de escape limita en mayor medida el flujo procedente del cilindro a medida que se cierra.

Un cruce elevado de válvulas puede generar problemas de holguras entre la válvula y el pistón, es decir, que podrían llegar a tocarse. La elevada alzada de las válvulas no causa este problema, ya que el pistón está en una posición baja dentro del cilindro cuando la válvula se abre al máximo.

Un cruce válvulas más reducido aumenta la presión en el cilindro a revoluciones más bajas.

Los diseñadores de árboles de levas intentan minimizar el cruce de válvulas al tiempo que procuran maximizar el rendimiento en regímenes elevados.

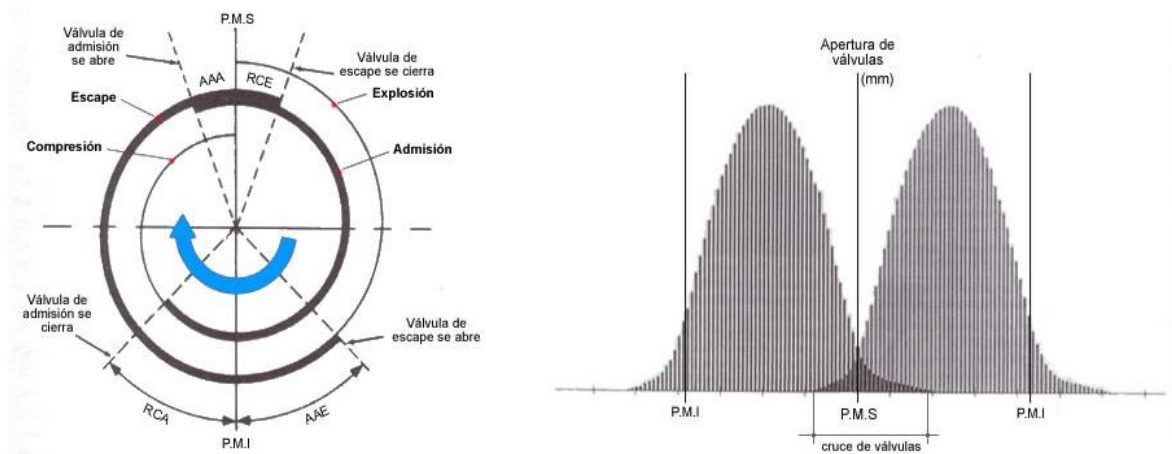


Figura 14 - Diagrama de distribución y gráfica de elevación y cruce de válvulas

## 7 Distribución variable

Cuando el motor funciona al ralentí la válvula de obturación se encuentra totalmente cerrada, por lo que se genera un gran vacío en el múltiple de admisión. Por lo tanto, en un motor sin VVT cuando se produce el traslape valvular, cierta cantidad de gases quemados ingresan al múltiple de admisión, creando en este un empobrecimiento de la mezcla que llenara los cilindros durante la carrera de admisión y a la vez tenemos un ralentí inestable. Para corregir esta deficiencia lo que se hace en los motores convencionales es aumentar las RPM del motor enriqueciendo la mezcla en ralentí, por lo que obtiene un mayor consumo de combustible.



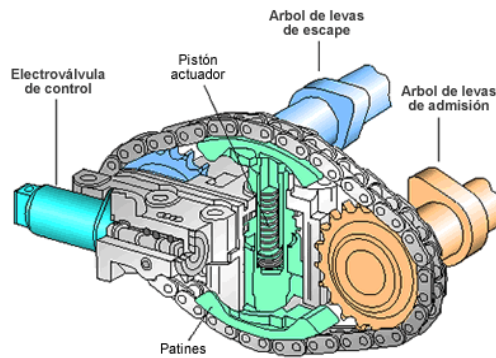


Figura 15 - Variador de fase utilizado en motores Audi

Con el uso del VVT lo que se consigue es retrasar la apertura de las válvulas de admisión y así evitar que los gases quemados ingresen al múltiple de admisión y a la vez se evita enriquecer la mezcla durante el ralenti.

Es entonces donde encontramos la primera ventaja del VVT que es más economía de combustible ya que el motor puede funcionar a muy bajas RPM. Cuando se acelera el motor para hacer una salida, el VVT adelanta el tiempo de apertura de las válvulas de admisión en un grado mayor del que se establece en un motor sin VVT.

En ese momento se puede pensar que la entrada de los gases de escape afectase es rendimiento del motor, pero no es así, ya que las RPM del motor aumentarían, y más bien los gases de escape pueden dar ciertas ventajas tales como:

- Reducción del esfuerzo de los pistones cuando viajan del PMS al PMI, permitiendo un mejor llenado de los cilindros.
- Los gases que no se han quemado aun en el escape (CO y HC) retornan al múltiple de admisión por lo que la contaminación por CO y HC se reduce obteniendo emisiones más limpias.

Además de lo anterior, los gases de escape al regresar por el cilindro provocan que la cámara de combustión se enfríe evitando la producción de Nox, obteniendo también emisiones más limpias.

Es así como aparece la segunda ventaja del VVT que es la producción de emisiones más limpias. Cuando el motor funciona a altas RPM, los pistones viajan a una velocidad mayor, como por ejemplo cuando se adelanta a otro vehículo.

En un motor convencional ese tiempo está preestablecido limitando el llenado de los cilindros durante la carrera de admisión.

En un sistema con VVT se consigue que el adelanto de la apertura de las válvulas de admisión sea mayor permitiendo un mejor llenado de los cilindros.

Si bien es cierto con el adelanto de apertura de las válvulas se consigue también el adelanto de cierre de estas, pero ocurre que, a pesar de ese adelanto de cierre, los cilindros ya se han llenado por completo.

Aparte de esto cuando el motor gira a altas velocidades en el escape se genera vacío, el cual evita que los gases de escape ingresen al múltiple de admisión, por lo que se consigue que los cilindros se llenen con una mezcla favorable de aire y combustible, dando como resultado una generación de potencia máxima que es la tercera ventaja del VVT.

Estos sistemas permiten utilizar el tiempo óptimo de apertura y cierre de las válvulas a cualquier régimen de giro del motor. Según el fabricante del sistema se utilizan diferentes soluciones que modifican el calado de los árboles de levas, hacen actuar otra leva a altas revoluciones o modifican por medio de excéntricas la posición del árbol de levas sobre sus apoyos.

Hay dos sistemas fundamentales a la hora de variar la distribución:

- Variación de la alzada de válvula, con ello se consigue modificar simultáneamente el avance y cierre de la válvula, además de disminuir el área de paso de los gases frescos.
- Desplazamiento del árbol de levas con respecto al cigüeñal.

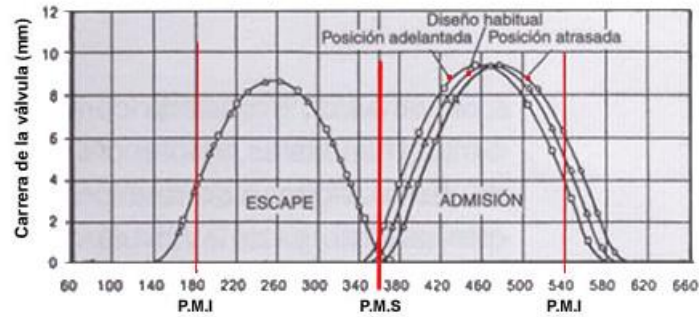


Figura 16 - Grafica de tiempos de distribución de un convertidor de fase