

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO



Amor al conocimiento

# GUÍA METOLÓGICA

MOTORES DE COMBUSTIÓN  
INTERNA

MECÁNICA AUTOMOTRIZ



COMPILADOR: ING. FRANKLYN LLUMIQUINGA  
2019

1. Describir las generalidades, características y partes de los motores de combustión

### 1. IDENTIFICACIÓN DE

<b>Nombre de la Asignatura:</b> MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA		<b>Componentes del Aprendizaje</b>	DOCENCIA 64 HORAS AUTÓNOMO 80 HORAS PRACTICO 16 HORAS	
<b>Resultado del Aprendizaje:</b> <b>COMPETENCIAS Y OBJETIVOS</b> Describir el funcionamiento correcto de máquinas de combustión interna, componentes y sistemas auxiliares, así como describir procedimientos de medición y control de los parámetros de funcionamiento del motor para su adecuado diagnóstico.				
<b>ESPECÍFICOS:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar los instrumentos de medida, mediante un análisis dimensional para la solución de problemas en el campo automotriz</li> <li>✓ Diferenciar conceptos básicos y terminología de un motor de combustión interna</li> <li>✓ Describir los procesos termodinámicos desarrollados en los motores de combustión interna necesarios para el diagnóstico de funcionamiento global del motor.</li> <li>✓ Ejecutar procedimientos de medición y control de los parámetros de funcionamiento del motor para su adecuado diagnóstico.</li> <li>✓ Realizar el análisis y diagnósticos del motor utilizando instrumentación aplicando procesos técnicos</li> </ul>				
<b>Docente de Implementación:</b>				
ING. FRANKLIN LLUMIQUINGA			Duración: 30 horas	
Unidades	Competencia	Resultados de Aprendizaje	Actividades	Tiempo de Ejecución
Describir las generalidades, características y partes de los motores de combustión	Reconocer las generalidades, funcionamiento y tipos de motores de combustión interna para el análisis de cada elemento del motor basado en manuales técnicos.	Explica las generalidades y requerimientos del motor de ciclo Otto, según manuales técnicos mediante un mapa conceptual.		<b>6 SEMANAS</b>

<p>Reconocer los principios fundamentales de la matemática y termodinámica aplicada a los motores de combustión interna bajo las leyes de la física.</p>	<p>Distinguir los principios y magnitudes aplicados a los ciclos del motor de combustión interna para la obtención de valores requeridos, según la matemática aplicada a motores y según las leyes de la termodinámica.</p>	<p>Identifica los principios y magnitudes termodinámicas, generando mapas conceptuales</p>		<p><b>6</b> <b>SEMANAS</b></p>
<p>Realizar el diagnóstico y mantenimiento de los motores de combustión interna para asegurar su correcto funcionamiento siguiendo procedimientos técnicos establecidos por el manual del fabricante.</p>	<p>Evaluar el estado del motor de combustión interna, siguiendo procedimientos establecidos en el manual de mantenimiento</p>	<p>Identifica el estado del motor realizando pruebas visuales de fugas y colores de humos elaborando un informe de práctica.</p>		<p><b>6</b> <b>SEMANAS</b></p>

## 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RELACIONAD

**Co-requisitos**

**BACHILLER**

## 3. UNIDADES TEÓRICA

### INTRODUCCIÓN

Motores de combustión interna es una asignatura articuladora de saberes que se imparte en el primer nivel de la Carrera de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, está ubicada dentro de la organización curricular básica, tiene un total de 270 horas de las cuales 108 horas son de componente docente, 100 horas de componente práctico y 66 horas de componente autónomo.

La asignatura tiene como propósito hacer conocer las características de los motores, diferenciarlos según su estructura, ciclo de trabajo y potencia mediante procedimientos de medición y control de parámetros establecidos por el fabricante para solucionar posibles fallas que se presentan en los sistemas auxiliares que integran los motores de combustión, de la cual se articula la formación del tecnólogo.

La materia de motores de combustión interna servirá de fundamento para el estudio y la comprensión de las demás materias técnicas que permite descubrir nuevos sistemas no solo del motor sino también de las diferentes partes que conforma un vehículo convencional.

El rediseño de la carrera presenta los contenidos de la materia en 3 unidades: Describir las generalidades, características y partes de los motores de combustión interna para la elaboración de informes técnicos que cumplan con la normativa ISO 9001. Reconocer los principios fundamentales de la matemática y termodinámica aplicada a los motores de combustión interna bajo las leyes de la física. Realizar el diagnóstico y mantenimiento de los motores de combustión interna para asegurar su correcto funcionamiento siguiendo procedimientos técnicos establecidos por el manual del fabricante.

Estimado estudiante, la guía que se encuentra a su disposición le va a permitir alcanzar los resultados de aprendizaje propuestos mediante la perseverancia y dedicación propia, le invito a conocer los motores de combustión interna y lo fabuloso de la Mecánica Automotriz.

### OBJETIVO

Conocer las características de los motores, diferenciarlos según su estructura, ciclo de trabajo y potencia mediante procedimientos de medición y control de parámetros establecidos por el fabricante para solucionar posibles fallas que se presentan en los

sistemas auxiliares que integran los motores de combustión interna mediante el uso de la guía didáctica.

### **ORIENTACIONES GENERALES PARA EL ESTUDIO**

Estimado estudiante:

Es necesario contar con una orientación básica para estudiar la asignatura, una metodología que sea útil para usted, no solo para la aprobación de ésta, sino tener un aprendizaje significativo que nos ayude a alcanzar los resultados de aprendizaje, así como las competencias genéricas y específicas propuestas en la guía.

Le presento algunas sugerencias para que logre alcanzar los resultados de aprendizaje de la asignatura de Motores de Combustión Interna.

- Tener a disposición el material básico (texto principal, guía didáctica, algún texto complementario, materiales para las prácticas de taller, ropa para talleres y laboratorios)
- Acudir puntualmente a clases
- Participar activamente en las clases
- Organizar el tiempo de manera que vaya avanzando de unidad en unidad
- Tenga presente que la asignatura de Motores de Combustión Interna está dividida en 3 unidades: las cuales deben seguir desarrollándose paulatina y secuencialmente.
- Empezar revisando su guía didáctica; aquí conocerá las unidades y partes del libro básico a tratar, actividades (ejercicios y preguntas) a desarrollar direccionando su aprendizaje.
- En caso de que tenga inquietudes o dudas, aclararlas en las horas de clase o acudir a las tutorías.
- Ingrese a la plataforma virtual del ISTCT para revisar trabajos enviados o enlaces que le permitirán afianzar sus conocimientos.
- En las prácticas propuestas, realice todo su esfuerzo y al final se revisará la rúbrica para verificar su trabajo.
- Motores de Combustión Interna es una materia teórica práctica, lo que usted ve en la teoría debe aplicarlo en talleres, entre más desarrolle, mayor será su dominio de los trabajos tratados; trate de entender casos especiales enfocados en el área laboral.
- Usted debe desarrollar todas las autoevaluaciones propuestas en su guía didáctica; ya que ello le ayudará a medir el nivel de conocimiento adquirido en cada tema estudiado, permitiéndole estar plenamente preparado para rendir sus pruebas parciales y examen final.
- Antes de empezar cada unidad, revise y lea cuidadosamente su guía.
- Ingrese a links recomendados para un mejor estudio de la asignatura.

## PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE PARA EL LOGRO DE COMPETENCIAS

### VALORES INSTITUCIONALES

**Honestidad**, que garantiza un accionar y comportamiento transparente, auténtico e íntegro con nuestros semejantes generando confianza colectiva.

**Solidaridad**, que permite la colaboración mutua entre la comunidad educativa para dar solución a los problemas o necesidades en beneficio mutuo.

**Responsabilidad**, que permite concientizar sobre las consecuencias que tiene nuestras acciones o lo que dejamos de hacer sobre nosotros mismos o sobre los demás.

**Equidad e inclusión**, que asegura el acceso, permanencia y culminación en el sistema educativo, lo que implica ofrecer igualdad de oportunidades a grupos con necesidades educativas especiales y promover la equidad en aspectos tales como capacidades diferentes, etnia, género, religión orientación sexual, condición socioeconómica, ambiente y territorio, nacionalidad, garantizando el cumplimiento efectivo de los derechos humanos.

**Excelencia**, que nos compromete a cumplir con los estándares de calidad en la prestación de los servicios educativos estatales, que lleve a un reconocimiento nacional y responda a las demandas de la sociedad.

**Humanismo**, que nos compromete a resaltar al ser humano, reconociendo la individualidad del estudiante como punto de partida de su educación y potencializando cada una de sus capacidades para que todas ellas se desarrollen.

**Integridad:** que permite promover al estudiante en todas y cada una de sus dimensiones, integrando lo cognitivo, actitudes y valores.

**Paz**, que permite fomentar la confianza en nuestras relaciones con los demás, para reaccionar con calma, firmeza y serenidad frente a las agresiones, reconociendo la dignidad y los derechos de las personas.

#### **Calidez:**

Garantiza el derecho de las personas a una educación armoniosa, contextualizada; articulada en todo el proceso educativo, con modalidades que incluyan sistemas de evaluación permanentes, desarrollando contenidos y metodologías flexibles acorde a las necesidades y Realidades de los estudiantes.

### UNIDADES

#### **UNIDAD 1. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

##### GENERALIDADES DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Un motor de combustión interna, motor a explosión o motor a pistón, es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión. Su nombre se debe a que

dicha combustión se produce dentro de la propia máquina, a diferencia de, por ejemplo, la máquina de vapor.

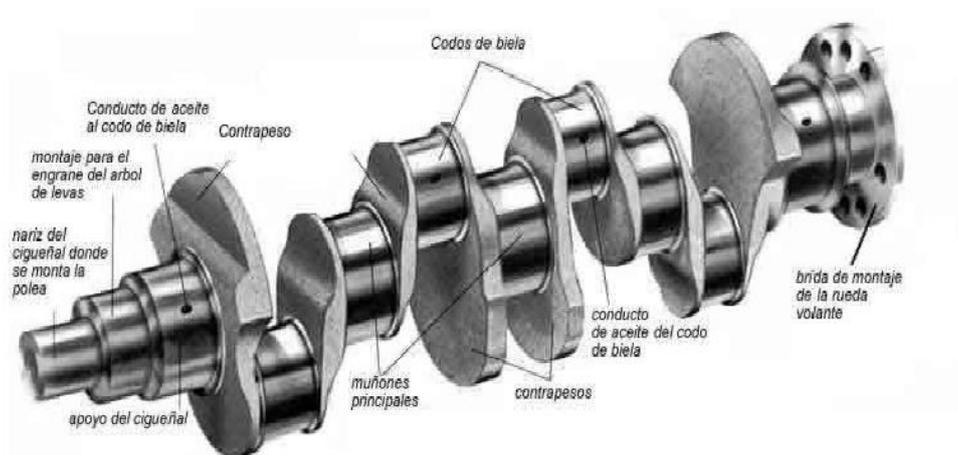
## IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL TREN ALTERNATIVO

Se denomina tren alternativo al conjunto formado por pistones, cilindros y bielas, y sus elementos auxiliares. Se describen a continuación cada uno de los elementos que forman parte del tren alternativo.

### El cigüeñal

- El primero tiene como función convertir, junto con la biela, el movimiento alternativo en movimiento rotativo. Biela y cigüeñal forman el conjunto denominado biela manivela.
- Es un eje acodado que recibe a través de la biela la fuerza que actúa sobre el pistón. Este elemento es de suma importancia en los motores diésel, debemos tener muchas precauciones al desmontarlo, no lo podemos dejar de cualquier manera porque se podrá doblar o partir ya no nos servirá, nos tocara comprar uno nuevo, sabiendo que es muy costoso.
- La forma de eje acodado en toda su longitud permite la colocación de todas las bielas, y los muñones principales le permite apoyarse sobre la bancada.

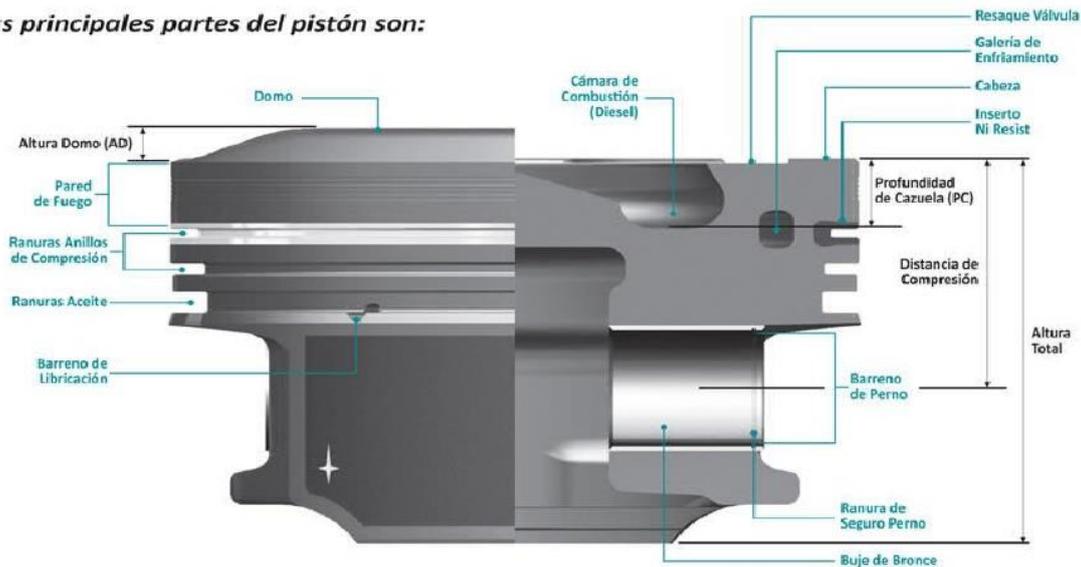
<https://es.scribd.com/presentation/332132519/Conjunto-Movil-o-Tren-Alternativo>



### El pistón

- Está ubicado dentro de los cilindros (tiene movimiento rectilíneo y alternativo dentro de estos y su función es recibir la fuerza generada por la combustión y transmitirla a la biela.) para que se pueda obtener un cierre % hermético entre el pistón y la pared del cilindro se colocan unos anillos que se encargan de lograr este cierre % hermético estos se ubican en las ranuras que encontramos en la cabeza del pistón.

*Las principales partes del pistón son:*



### CARACTERÍSTICAS DEL PISTÓN:

El pistón debe ser ligero así se consigue una velocidad constante. Buen conductor de calor para evacuar rápidamente el calor que producen los gases inflamables. De fácil desplazamiento, para no rallar el cilindro y evitar la fricción de lo contrario se producirían graves daños. Resistente para soportar la fuerza que ejercen los gases y otras piezas que sujeta.

#### Material de fabricación:

El material de fabricación de los pistones es aleaciones de aluminio y magnesio, metales moldeables y ligeros que transmiten fácilmente el calor.

#### Funciones del pistón

Los pistones deben desempeñar varias funciones, entre las más importantes encontramos.

Servir de soporte a los anillos y a la biela absorber el empuje lateral que obedece a la posición angular de la biela y de la vuelta del cigüeñal.

#### Los anillos

- Son piezas circulares de sección generalmente rectangular, que se adaptan en el embolo o pistón a una ranura practicada en él y que sirve para hacer estanca o hermética o aislada la cámara del pistón o embolo sobre las paredes del cilindro.
- Los anillos de los **pistones** tienen la función de impedir que los lubricantes se filtre del cárter a la cámara de combustión y que de esta última escapen los gases de combustión. Su fabricación suele realizarse con hierro fundido de grano /no y aleaciones especiales. Es importante destacar que los anillos son contru2dos con menor dureza que el **cilindro** para que el desgaste se produzca en los anillos y no en la superficie interna del cilindro.

#### Tipos de anillos del pistón

- **Anillo de compresión:** está más cerca de la explosión o compresión y su función es impedir el paso de los gases hacia el interior del motor.
- **Anillo rascador:** recoge el exceso de aceite.
- **Anillo de lubricación:** recibe el aceite lo canaliza y lo envía por agujeros.

#### Las bielas

Se puede denominar **biela** a un elemento mecánico que, sometido a esfuerzos de tracción o compresión, transmite el movimiento articulando a otras partes de la máquina. En un motor de combustión interna conectan el pistón al cigüeñal. Actualmente las bielas son un elemento básico en los motores de combustión interna y en los compresores alternativos. Se diseñan con una forma especial para conectarse entre las dos piezas, el pistón y el cigüeñal. Su sección transversal o lo puede tener forma de **H,I** o **+**. El material del que se fabrican es de una aleación de acero, titanio o aluminio. En la industria automotor todas se fabrican por forja, pero algunos fabricantes de piezas las hacen mediante mecanizado.

#### Partes de la biela

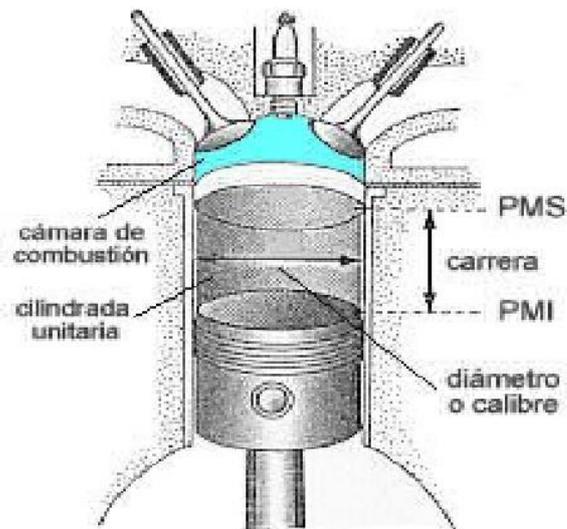
- EL PIE:** es la parte de la biela que se acopla al pistón por medio del pasador o bulón, puede ser abierto o cerrado. El pie se articula en el pasador del pistón promovido de un buje ya sea de bronce o de agujas.
- EL CUERPO:** reúne las dos extremidades de la biela. Su forma en doble (permite mayor rigidez para recibir las fuerzas que se producen en el pistón y en el cigüeñal al funcionar el motor).
- LA CABEZA:** se fija al muñón del cigüeñal y está dividida en dos partes la cabeza propiamente dicha ya la tapa, esta se fija a la cabeza por medio de tornillos de acero especial

<https://es.scribd.com/presentation/332132519/Conjunto-Movil-o-Tren-Alternativo>





Cuando el pistón (p) se encuentra en su parte más alta, la explosión de la mezcla de aire y gasolina lo desplaza con fuerza hacia abajo y su movimiento rectilíneo se convierte, por medio de la biela (h) en un giro del cigüeñal(C)" #i el cigüeñal gira, el pistón enlazado por la biela tendrá que moverse arriba y abajo dentro del cilindro la posición más baja del codo del cigüeñal corresponde a la más baja del pistón y se llama punto muerto inferior (PMI) y a su vez la más alta punto muerto superior(PMS.) el recorrido del pistón del p"m"s", al p"m"i" se llama carrera estos puntos muertos no tienen relación alguna con el punto muerto de la caja de velocidades"



## Camisas o cilindros

Cuando el pistón (p) se encuentra en su parte más alta, la explosión de la mezcla de aire y gasolina lo desplaza con fuerza hacia abajo y su movimiento rectilíneo se convierte, por medio de la biela en (h) en un giro del cigüeñal (C). Si el cigüeñal gira, el pistón a el enlazado por la biela tendrá que moverse arriba y abajo dentro del cilindro.

La posición más baja del codo del cigüeñal corresponde a la más baja del pistón y se llama punto muerto inferior (p.m.i) y a su vez la más alta punto muerto superior (p.m.s) El recorrido del pistón del p.m.s., al p.m.i. se llama carrera. Estos puntos muertos no tienen relación alguna con el punto muerto de la caja de velocidades.

### **Tipos de camisas**

**Camisas Secas:** se montan en el cilindro, en el mismo material que el del bloc (, de forma prensada de manera que no tenga contacto con el líquido refrigerante). No entra en contacto con el líquido.

**Una camisa seca no bien ajustada:** al bloc (creará una barrera térmica que mantendrá el calor dentro de la camisa lo que provocará un aumento de la temperatura lo que puede ocasionar ralladuras en la pared del cilindro, el pistón o los aros. Una camisa seca demasiado ajustada comprime el material de la camisa con lo cual se contrae y pierde el ajuste de interferencia y puede crear un hueco entre la camisa y el cilindro del block.

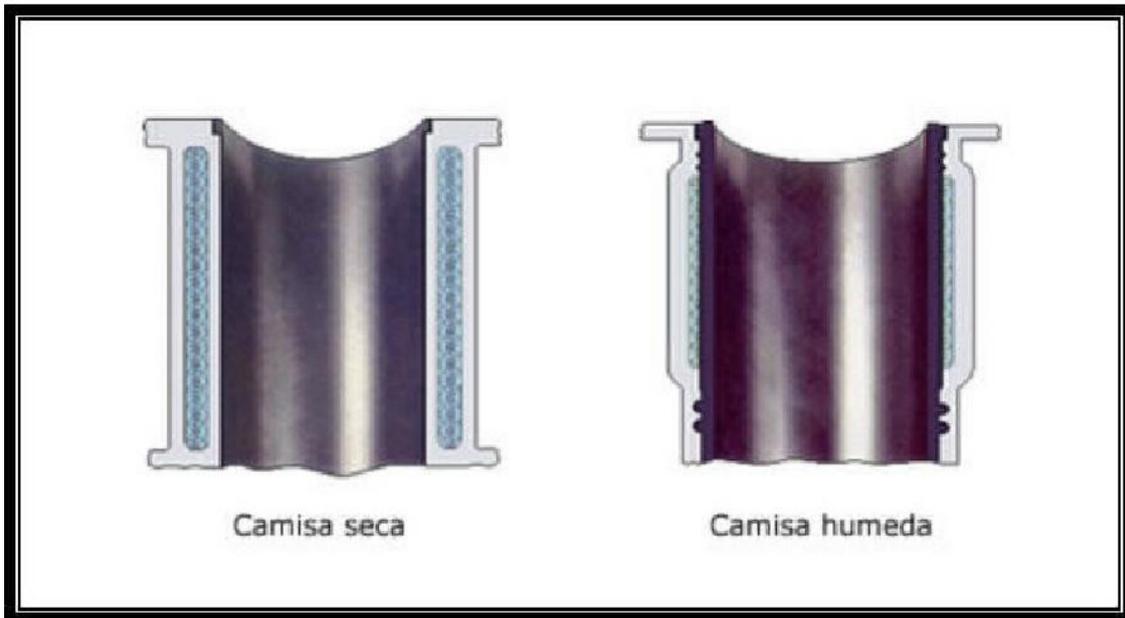
**Camisa húmeda:** Está rodeada de líquido refrigerante que moja la parte externa de la camisa con lo cual se elimina el problema de la transferencia del calor, para ello es necesario un sello en la parte superior que evite ingresar al líquido dentro del cilindro y otro sello inferior para que el líquido no llegue al cárter. El espesor de la camisa húmeda es mucho mayor que el de la camisa seca y ese mayor grosor especial es necesario porque la camisa húmeda no tiene apoyo en el cilindro en toda su longitud.

### **Modos de aumentar la durabilidad**

La duración de las camisas se puede aumentar de los modos siguientes.

- 1.- Instalando un termóstato en el sistema de refrigeración, en cuyo caso el desgaste de la camisa disminuye en 2 veces por término medio.
- 2.Utilizando ventilación en el cárter para desalojar los gases que llegan a el desde los cilindros.
- 3.Empleando filtros de papel de depuración fina.
- 4.Depurando el aire en dos etapas.
5. Colocando delante del radiador persianas mandadas por un termóstato independiente.

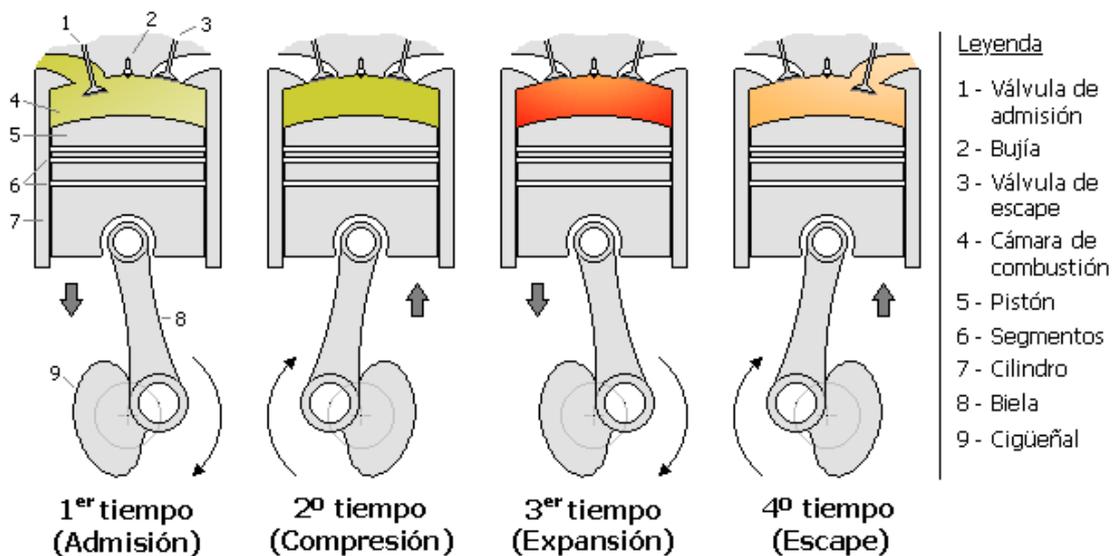
<https://es.scribd.com/presentation/332132519/Conjunto-Movil-o-Tren-Alternativo>



## FUNCIONAMIENTO DE LOS CICLOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Un motor de cuatro tiempos es un motor de combustión interna alternativo tanto de ciclo Otto como ciclo del diésel, que precisa cuatro carreras del pistón o émbolo (dos vueltas completas pero del cigüeñal) para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son: admisión, compresión, combustión o explosión o expansión y escape.

En 1861, el alemán Otto experimentó con su primer motor a gas de 4 tiempos que tuvo que abandonar debido a dificultades técnicas. En 1867 los alemanes Otto y Langen idearon un motor de gasolina de 4 tiempos, con la ignición de la mezcla comprimida, que presentaron el año siguiente en París. El gran acierto de Otto fue provocar la chispa en la mezcla comprimida en lugar de solo aspirada, lo que aumentó tanto la eficiencia como el rendimiento del motor.



## CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE MOTORES.

Los motores de combustión interna se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos:

Por la forma de iniciar la combustión:

- Motores OTTO.
- Motores DIESEL.

Por el ciclo de trabajo:

- Motores de 2 tiempos.
- Motores de 4 tiempos.

Por el movimiento del pistón.

- Motores de pistón alternativo.
- Motores de pistón rotativo.

## SEGÚN EL TIPO DE COMBUSTIBLES.

### **Motor Otto**

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, o también llamado motor de explosión o motor de encendido provocado (MEP). La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración.

En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano.

Consiguen su potencia máxima entre las 5.000 y 7.000 rpm.

La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica.

### **Motor diésel**

En teoría, el ciclo diésel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar en este último a volumen constante en lugar de producirse a una presión constante. La mayoría de los motores diésel tienen también cuatro tiempos, si bien las fases son diferentes de las de los motores de gasolina.

En la primera fase se absorbe aire hacia la cámara de combustión. En la segunda fase, la fase de compresión, el aire se comprime a una fracción de su volumen original, lo cual hace que se caliente hasta unos 440 °C. Al final de la fase de compresión se inyecta el combustible vaporizado dentro de la cámara de combustión, produciéndose el encendido a causa de la alta temperatura del aire. En la tercera fase, la fase de potencia, la combustión empuja el pistón hacia atrás, transmitiendo la energía al cigüeñal. La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de expulsión.

Aquí se detallan los diferentes tiempos (actividades realizadas durante el ciclo) y sus características.

- **1. Primer tiempo o admisión:** en esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado (MEP) o el aire en motores de encendido por compresión (MEC). La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  y el árbol de levas da  $90^\circ$ . La válvula de admisión se encuentra abierta y la carrera que realiza el pistón es descendente.
- **2. Segundo tiempo o compresión:** al llegar al final de la carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da  $360^\circ$  y el árbol de levas da  $180^\circ$ , y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.
- **3. Tercer tiempo o explosión/expansión:** al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diésel, se inyecta a través del inyector el combustible muy pulverizado, que se autoinflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  mientras que el árbol de levas gira  $90^\circ$  respectivamente, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.
- **4. Cuarto tiempo o escape:** en esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  y el árbol de levas gira  $90^\circ$ .

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE CILINDROS.

## Cilindros en línea



La disposición más habitual en la actualidad es la de **cilindros en línea**. Es la construcción más sencilla y por lo tanto es también la más económica de producir y una de la que menos problemas mecánicos presenta. Los cilindros van todos **alineados en la misma fila**, por lo que tampoco pueden ponerse muchos cilindros para no aumentar demasiado la longitud del motor.

En el mercado la oferta es bien amplia y podemos encontrar bloques de este tipo **desde los dos hasta los seis cilindros en línea**. De mayor a menor: con dos cilindros encontramos el pequeño Fiat Twin Air de 0.9 litros (que ya probamos en el Fiat 500) y con tres cilindros ya hay más opciones en varias marcas (el 1.0 EcoBoost de Ford se llevó el premio al motor del año en esta categoría).

Por encima están **los más populares**, los de cuatro cilindros que están presentes en casi todos los fabricantes de coches a día de hoy. Aunque son pocos, también podemos encontrar algún bloque de cinco cilindros en línea, como el 2.5 TFSI que probamos en el Audi TT RS. De **seis cilindros en línea**, BMW es uno de los grandes abanderados con ejemplos tan buenos como el del BMW M4. Históricamente también han existido motores de ocho cilindros en línea, pero sus dimensiones hacen que su uso en coches haya sido limitado.

## Cilindros opuestos (bóxer)



La **disposición de cilindros opuestos**, también conocida como motor bóxer, no es tan popular pero todavía se puede encontrar y cuenta con muchos seguidores. En este tipo de mecánica encontramos que los cilindros **se colocan enfrentados en un ángulo de 180°**. Esta disposición permite que la altura total del bloque se reduzca considerablemente (aunque la anchura sigue siendo notable) y se consiga un centro de gravedad bajo.

En la actualidad son **solamente dos marcas** las que apuestan por los motores bóxer. Subaru lleva más de medio siglo con estas mecánicas y se usa tanto en gasolina como diésel que van desde 114 CV del 1.6 atmosférico del Subaru XV hasta los 300 CV del 2.5 turboalimentado que equipa el WRX STI. **En Porsche también** se ha apostado por los bóxer, antes con mecánicas atmosféricas y ahora utilizando la turboalimentación. A lo largo de la historia ha habido otros bóxer conocidos como el dos cilindros del Citroën 2CV o los de doce cilindros de Ferrari.

## Cilindros en V



Cuando hablamos de una **disposición de cilindros en V**, nos referimos a dos bloques enfrentados en forma de dicha letra del abecedario y que convergen en el mismo cigüeñal. La V **puede tener distinto ángulo**, yendo desde los más abiertos que pueden llegar hasta los 90-110° hasta los más cerrados como el VR6 de Volkswagen con apenas 15° de apertura. Esta disposición presenta menos vibraciones que un motor en línea, pero también tiene una mayor complejidad al tener que contar con el doble de árboles de levas.

Normalmente se utiliza esta configuración con motores grandes, siendo **bastante populares todavía los V6 y V8** de varias marcas. Por encima también queda algún V10 como el del Audi R8 o del ya difunto Dodge Viper. El de los **V12 es un terreno limitado** a marcas de la talla de Ferrari, Lamborghini, Pagani o Aston Martin. Históricamente también han existido motores V2 (más en motos), V4 o V5 (curiosidad de Volkswagen).



La **disposición de cilindros en H** se trata de una rareza debido a su complejidad. Físicamente se podría asemejar a una especie de unión de dos motores bóxer (cada uno con su cigüeñal) que comparten eje de transmisión. Por eso recibe dicho nombre, porque al verlo recuerda a la letra 'H'. Podría ir tanto en vertical como en horizontal, teniendo como ventaja principal sus **dimensiones compactas y mejor aerodinámica**, aunque su rendimiento era inferior.

Su aplicación en el mundo del automóvil **ha sido muy limitada** por razones obvias. Uno de los más conocidos fue el utilizado por el equipo **British Racing Motors (BRM)** en su Fórmula 1, que incluso llegó a ganar el Grand Prix de Estados Unidos en 1966. Se trató de un bloque de 16 cilindros, H16, que no pasó a la historia por su rendimiento.

### Disposición radial



Los motores con **disposición radial de cilindros**, también conocidos como motores estrella, son un 'rara avis' en el mundo de las cuatro ruedas. En estos bloques, los cilindros van situados de **forma radial alrededor del cigüeñal**, como si se trataran de las puntas de una estrella. Por su diseño, son mucho más útiles en la aviación, donde se utilizan de forma bastante habitual.

Aunque no es lo mismo, el motor rotativo Wankel **comparte la filosofía** hasta cierto punto. En este tipo de mecánica no hay cilindros como tal, sino un **rotor triangular** dentro de una cavidad en forma de ocho que tiene un giro variable. Sus ventajas principales son la suavidad y simplicidad del sistema, aunque por el contrario tienen más emisiones, consumos y costes de mantenimiento. Este motor por el que apostó Mazda, en la actualidad no tiene representantes en el mercado.

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

## SEGÚN LOS CICLOS DE FUNCIONAMIENTO.

- De dos tiempos (2T): efectúan una carrera útil de trabajo en cada giro.
- De cuatro tiempos (4T): efectúan una carrera útil de trabajo cada dos giros.

Existen los diésel y gasolina, tanto en 2T como en 4T.

## PARTES FIJAS DEL MOTOR

### LA CULATA

**La culata** constituye una pieza de hierro fundido (o de aluminio en algunos motores), que va colocada encima del bloque del motor. Su función es sellar la parte superior de los cilindros para evitar pérdidas de compresión y salida inapropiada de los gases de escape.

En la culata se encuentran situadas las válvulas de admisión y de escape, así como las bujías. Posee, además, dos conductos internos: uno conectado al múltiple de admisión (para permitir que la mezcla aire-combustible penetre en la cámara de combustión del cilindro) y otro conectado al múltiple de escape (para permitir que los gases producidos por la combustión sean expulsados al medio ambiente). Posee, además, otros conductos que permiten la circulación de agua para su refresco..

La culata está firmemente unida al bloque del motor por medio de tornillos. Para garantizar un sellaje hermético con el bloque, se coloca entre ambas piezas metálicas una “junta de culata”, constituida por una lámina de material de amianto o cualquier otro material flexible que sea capaz de soportar, sin deteriorarse, las altas temperaturas que se alcanzan durante el funcionamiento del motor.

### EL BLOQUE

En **el bloque** están ubicados los cilindros con sus respectivas camisas, que son barrenos o cavidades practicadas en el mismo, por cuyo interior se desplazan los pistones. Estos últimos se consideran el corazón del motor.

La cantidad de cilindros que puede contener un motor es variable, así como la forma de su disposición en el bloque. Existen motores de uno o de varios cilindros, aunque la mayoría de los coches o automóviles utilizan motores con bloques de cuatro, cinco, seis, ocho y doce cilindros, incluyendo algunos coches pequeños que emplean sólo tres.

El bloque del motor debe poseer rigidez, poco peso y poca dimensión, de acuerdo con la potencia que desarrolle.

### EL CARTER

**El cárter** es el lugar donde se deposita el aceite lubricante que permite lubricar el cigüeñal, los pistones, el árbol de levas y otros mecanismos móviles del motor. Suele ser de fundición de hierro, pero en los motores gasolina y diesel potentes se hacen de aleación ligera (aluminio) para así hacer de enfriador de aceite.

Durante el tiempo de funcionamiento del motor una bomba de aceite extrae el lubricante del cárter y lo envía a los mecanismos que requieren lubricación.

Existen también algunos tipos de motores que en lugar de una bomba de aceite emplean el propio cigüeñal, sumergido parcialmente dentro del aceite del cárter, para lubricar “por salpicadura” el mismo cigüeñal, los pistones y el árbol de levas.

## COLECTORES

**Colector admisión:** son tubos encargados de la entrada de alimentación (mezcla aire-combustible) y sirve de soporte para la fijación del carburador o, en su caso la ubicación de inyector. Se fabrican generalmente en aluminio, aunque a veces de hierro. Se fijan a la culata mediante tornillos con una junta intermedia de las mismas características que la junta culata.

También **pueden ser de plástico** con lo que se consigue mejorar a diferencia de los anteriores, es una importante reducción de peso y una mejora de las prestaciones como consecuencia de la reducción de calentamiento del originada por la baja conductividad térmica del plástico. también reduce la fricción en las paredes, incrementa el flujo y par motor.

**Colector admisión variable:** tienen las mismas características que los anteriores pero con ellos se obtiene mejor rendimiento, reducen el consumo, aumentan la potencia del motor a altas revoluciones y aumenta el par en ralentí. Se componen de un colector de admisión, donde habrá dos conductos por cilindro para hacer llegar mejor el aire o mezcla, y un conjunto de mariposas alojadas en el colector de admisión y unidas todas entre sí por una varilla de accionamiento, accionado a través de presión o de vacío (depresión)

## COLECTOR DE ESCAPE

Constan de tantos tubos como salida de gases tenga la culata. Están fabricados en fundición de hierro, ya que las aleaciones ligeras no soportan las altas temperaturas que se acumulan (500°C a 800°C).

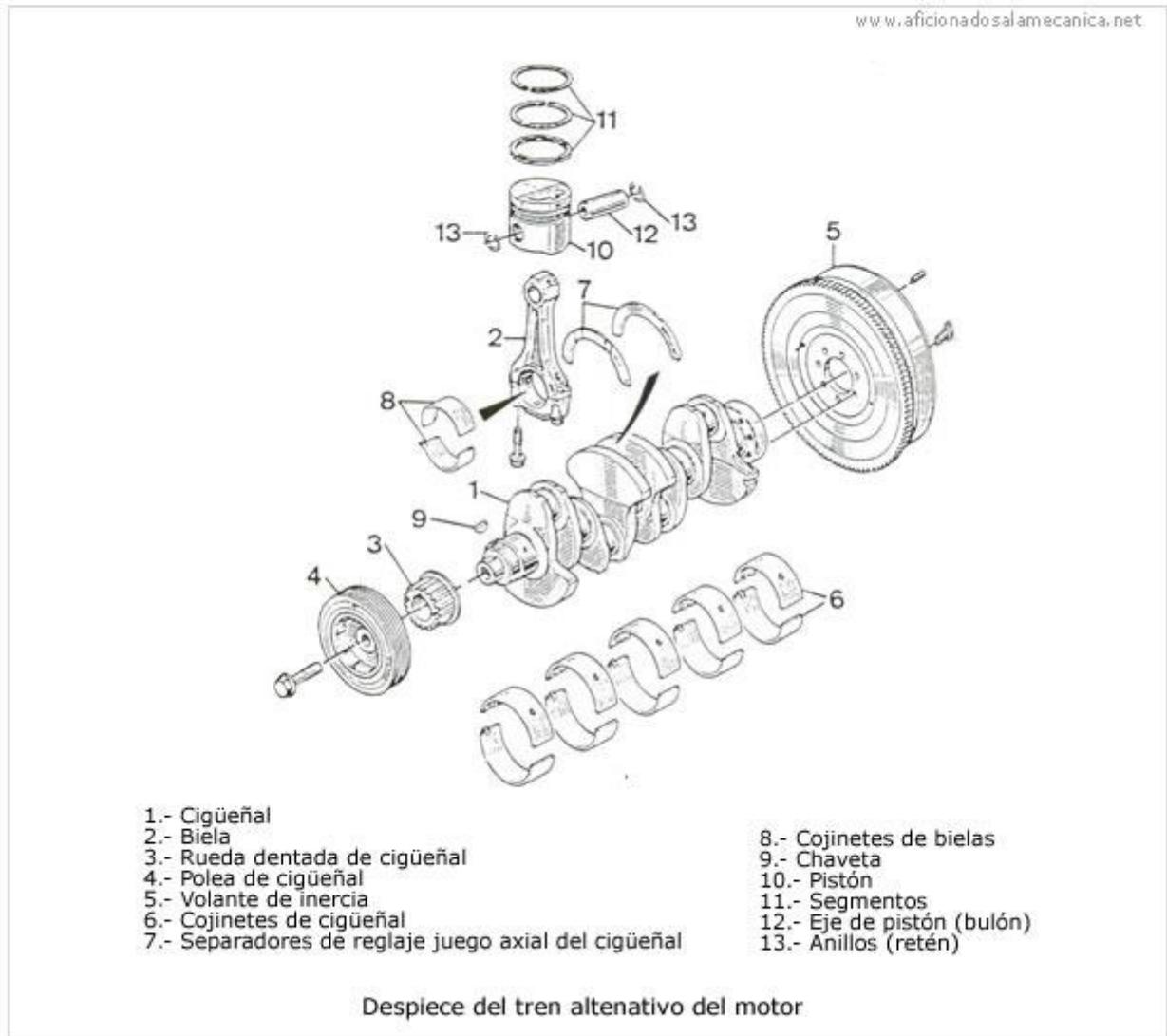
Se fijan a la culata mediante tornillos con una junta intermedia de las mismas características que la junta culata.

## PARTES MÓVILES DEL MOTOR

### **Elementos móviles del motor**

El grupo de elementos motrices es el encargado de transformar la energía térmica, desarrollada en el interior del cilindro, en energía mecánica, a través de un sistema biela-manivela que transforma el movimiento alternativo del émbolo en movimiento de rotación del cigüeñal.

El conjunto está formado por una serie de elementos sometidos, durante su funcionamiento, a grandes esfuerzos y altas temperaturas. Por ello están dotados de características especiales, en función de tipo de motor y de la potencia a desarrollar.



### Embolo o pistón

En la carrera de explosión, el pistón recibe un fuerte impulso por su parte superior, que lo lanza del PMS hacia el PMI. Este impulso se transmite al cigüeñal por medio de la biela. La fuerza que actúa sobre la cabeza del pistón en el momento de la explosión depende del tipo del vehículo de que se trate, pero puede suponerse de 1500 kg. Este impulso lanza al pistón hacia abajo con una velocidad lineal aproximada de 12 m/s en un motor que gire a 5.000 rpm. Las temperaturas medias que alcanza el pistón durante el funcionamiento oscilan entre los 300 a 400°C.

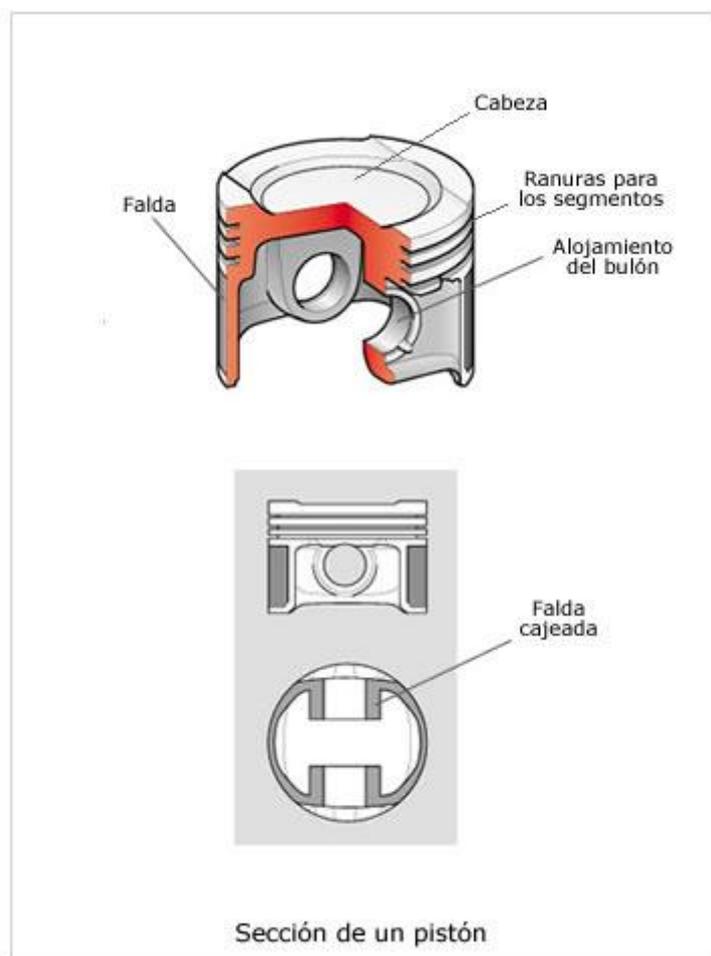
El pistón, por tanto, deberá ser resistente para soportar las presiones y elevadas temperaturas que se desarrollan en el momento de la explosión y tener un peso reducido para atenuar los efectos de inercia debidos a la gran velocidad con que se mueve.

Una de las características importantes del pistón es la precisión de algunas de sus medidas debido a la extremada exactitud de su acoplamiento con el cilindro para mantener la estanqueidad. También hay que considerar la influencia de la dilatación de los materiales empleados. Si el émbolo se ajusta en frío, al producirse la dilatación, se agarrota. Si por el contrario se ajusta en caliente, con el motor frío se produce un

cabeceo en el émbolo que golpea las paredes del cilindro. Debido a esto se requiere el empleo de materiales con un reducido coeficiente de dilatación térmica, muy difícil de conseguir con las aleaciones ligeras. <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

### Estructura del embolo

Un embolo es semejante a un vaso invertido, completamente hueco para reducir al máximo su peso. Está formado por una cabeza ( ) destinada a recibir los esfuerzos de empuje, en el cual se mecanizan las ranuras ( ) que contienen los aros o segmentos encargados de hacer el cierre hermético con el cilindro. La parte inferior llamada falda ( ), sirve de guía al embolo en su desplazamiento por el cilindro. En ella se sitúa el alojamiento ( ) destinado al ajuste del bulón de amarre con la biela, a través del cual se transmiten los esfuerzos de empuje.



La cabeza del émbolo puede ser plana, o adoptar formas especiales, destinadas a provocar la turbulencia del gas, como ocurre en los motores Diesel, o con protuberancias en forma de deflector para conducir los gases, en los motores de inyección directa y también en los de 2 tiempos. También los pistones pueden tener rebajes para no interferir con las válvulas



### Características de los émbolos

Teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento a que están sometidos, los émbolos deben reunir las siguientes características:

- Disponer de una estructura robusta, sobre todo en las zonas de mayor esfuerzo, como son la cabeza y el alojamiento del bulón.
- Tener el menor peso posible y estar perfectamente equilibrados en todos los cilindros.
- Máxima resistencia al desgaste y a los agentes corrosivos.
- Mínimo coeficiente de dilatación.
- Gran conductibilidad térmica.

El material empleado para la fabricación de émbolos destinados a motores es a base de aleaciones ligeras, a base de aluminio-silicio con ligeros contenidos de Cu, Ni y Mg, fundidas en coquilla. Una vez mecanizados se someten a un tratamiento térmico escalonado con la finalidad de elevar la dureza y resistencia al desgaste.

Para motores de alta potencia y Diesel sobrealimentados, los pistones se fabrican mediante forja y estampación, con altos contenidos de silicio, hasta un 25%.

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

### Tipos de émbolos

Los diferentes tipos de émbolos empleados actualmente en automoción se diferencian esencialmente por los procedimientos empleados en cuanto a diseño, para regular la dilatación térmica. Los más importantes son los siguientes:

- Émbolos auto térmicos con bandas anulares

Las bandas de acero, a modo de arandelas, se insertan circularmente durante la fundición e impiden una dilatación térmica exagerada en todo el perímetro circular. Estos émbolos de falda completa son aptos para motores de dos tiempos con distribución por lumbreras y aseguran una holgura constante en toda su periferia.

- Embolo compensador

En él se aprovecha la diferencia de temperatura entre la cabeza y la falda para fabricarlo en forma acampanada y ligeramente ovalada en sentido perpendicular al eje del bulón. Con esta disposición la falda del émbolo queda ajustada en frío, lo que impide el cabeceo. Cuando se alcanza a la temperatura de trabajo, la dilatación se produce en el sentido del menor diámetro del émbolo, que toma forma cilíndrica.

- Embolo compensado por ranuras

En esta clase de émbolo la compensación térmica se realiza practicando en la falda del émbolo unas ranuras en forma de "T" o en "U". Esta precaución da lugar a que la dilatación térmica se produzca a través de ellas sin que aumente el diámetro del émbolo. Este se caracteriza por su sencillez y economía, empleándose en motores de serie de pequeña cilindrada.

Es necesario cuidar en su montaje que la ranura no quede situada en la zona de mayor esfuerzo lateral.

Otro émbolo de este tipo es el tubular, donde la cabeza va separada de la falda por medio de una garganta circular, interrumpida en la zona del bulón. Con esta disposición la falda queda separada de las fuertes temperaturas y dilataciones térmicas a que está sometida la cabeza.



■ Pistón fundido monometálico



■ Pistón forjado monometálico



■ Pistón con aro oculto de dilatación-controlada



■ Pistón con chapas reguladoras



■ Pistón con inserto y canal de refrigeración

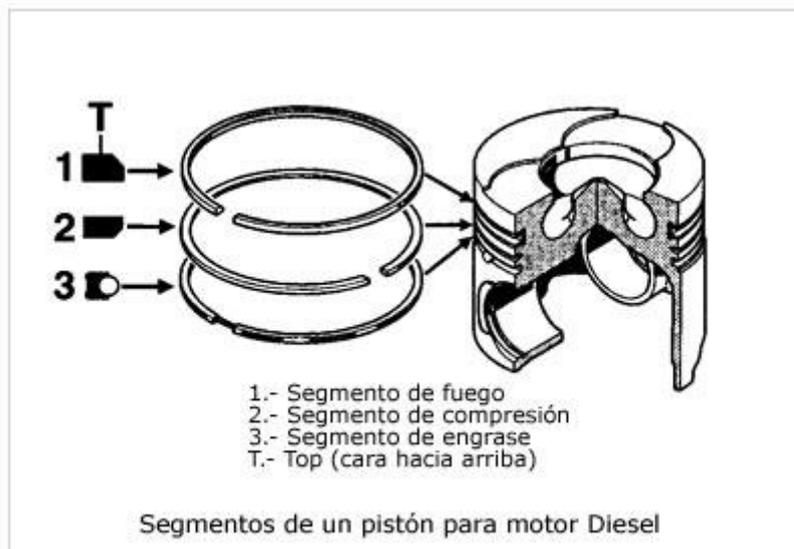


■ Pistón con chapas reguladoras e inserto

## Segmentos

Los segmentos son unos anillos elásticos situados sobre las ranuras practicadas en la cabeza del pistón. Tienen como misión:

- Hacer estanco el recinto volumétrico durante el desplazamiento del émbolo.
- Asegurar la lubricación del cilindro.
- Transmitir el calor absorbido por el émbolo, a la pared del cilindro para su evacuación.



## Tipos de segmentos según el trabajo que realizan

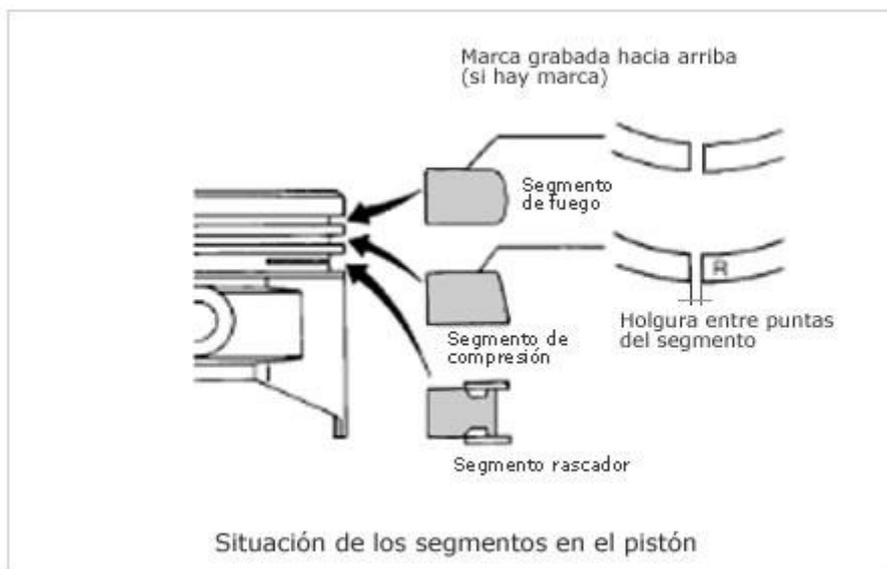
Existen dos tipos de segmentos:

- Segmentos de compresión.
- Segmentos de engrase

### Segmentos de compresión

Los segmentos de compresión están destinados a realizar el cierre hermético del cilindro y van colocados en número de 2 ó 3 en la parte superior del émbolo. Su posición en el pistón hace que estos segmentos sean los más afectados por la temperatura y las elevadas presiones que se originan durante el ciclo. El primero de ellos es el que recibe directamente los efectos de la explosión, por lo que también se le conoce como "segmento de fuego".

Su forma rectangular les permite adaptarse perfectamente a la pared del cilindro y facilita la transmisión del calor y su montaje flotante sobre la ranura del émbolo para compensar las dilataciones que en ellos se producen. Los segmentos deben poder moverse en sus alojamientos libremente con una holgura axial calculada. También deben contar con una abertura entre puntas es necesaria para asegurar en todo momento una presión radial del segmento sobre las paredes del cilindro a pesar de las dilataciones y del desgaste.

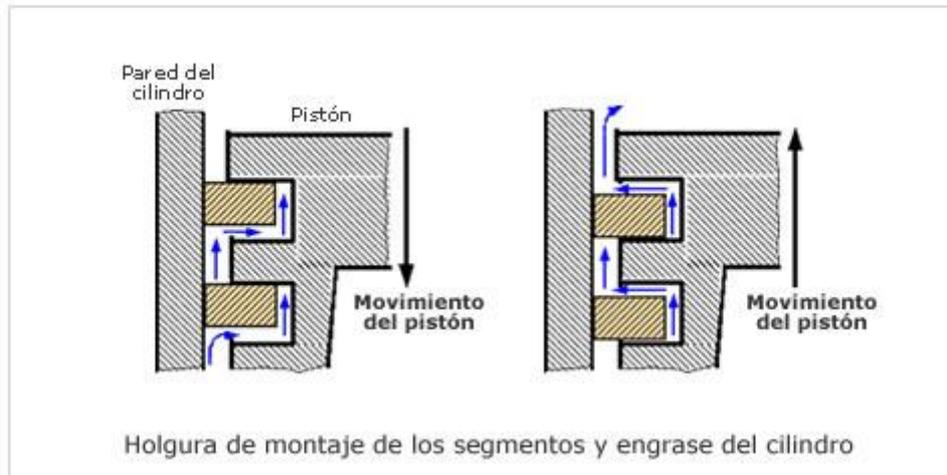


La estanqueidad se consigue por desplazamiento lateral de los segmentos en su ranura correspondiente. Durante el desplazamiento del émbolo quedan asentados sucesivamente sobre las superficies superiores e inferiores de las ranuras (como se ve en

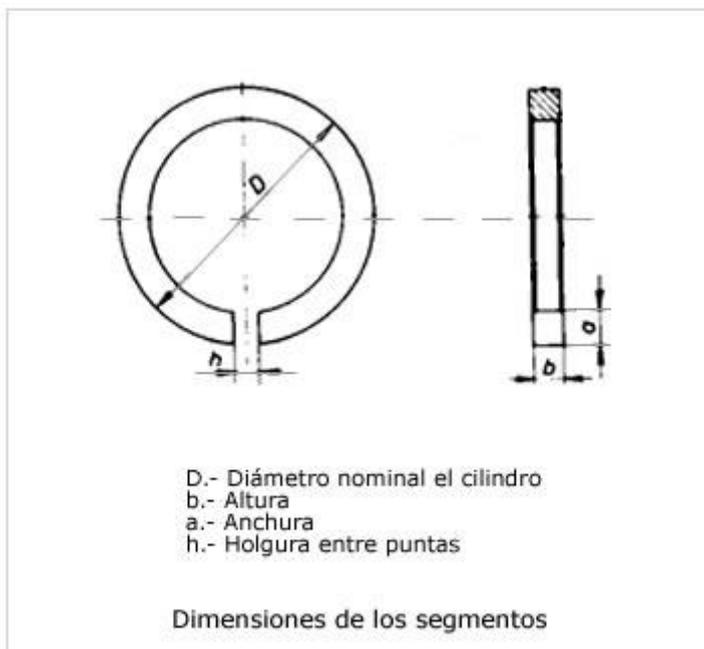
la figura inferior), asegurando así el cierre hermético e impidiendo la fuga de gases a través de esta holgura de montaje.

Esta pequeña holgura permite a su vez el engrase del cilindro y las superficies en contacto por bombeo, ya que durante el descenso se llena de aceite el hueco que queda entre segmento y ranura; luego es expulsado hacia la parte superior durante la subida del émbolo. El pequeño consumo de aceite que se produce puede llegar a ser excesivo cuando los segmentos están desgastados o la holgura de montaje es excesiva.

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>



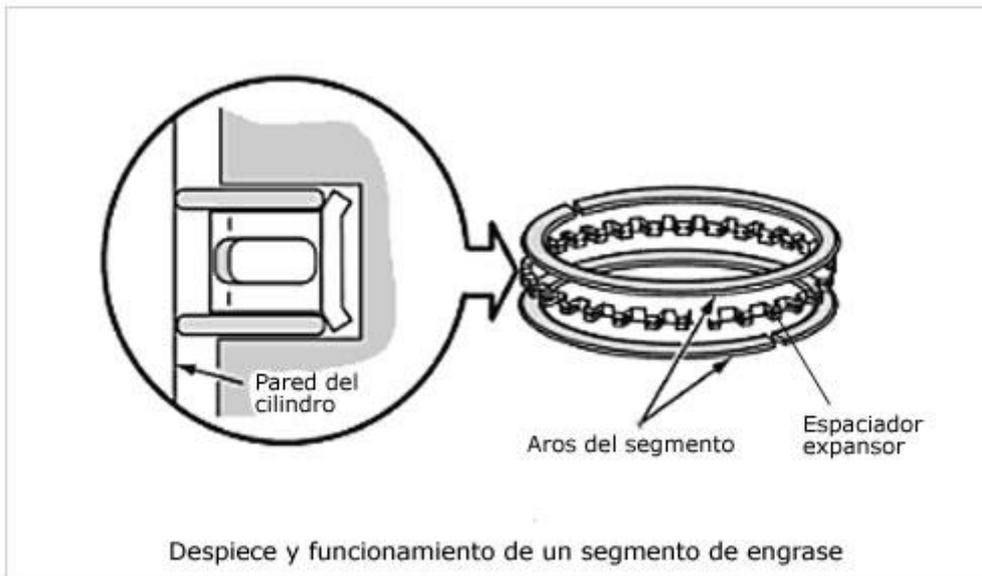
Los segmentos deben moverse en sus cajas libremente con una holgura axial suficiente para que pueda absorber la dilatación térmica. También es necesario una abertura entre puntas para asegurar en todo momento una presión radial del segmento sobre las paredes del cilindro independientemente de las dilataciones y el desgaste de los motores a medida que acumulan una gran cantidad de kilómetros.



### Segmento de engrase

Los segmentos de engrase también llamado segmento "rascador", van situados por debajo de los de compresión, tienen la misión de barrer, durante el descenso del émbolo, el exceso de aceite depositado sobre la pared del cilindro, permitiendo, dentro de unos límites, su paso a la parte alta del mismo. El aceite que no es arrastrado por el segmento de engrase es recogido por los segmentos de compresión, y una mínima cantidad pasa a lubricar la zona alta del cilindro.

Los segmentos de engrase suelen ir provistos de un muelle expansor que asegura el contacto continuo con el cilindro.



### Características de los segmentos

Los segmentos durante el funcionamiento del motor están sometidos a fuertes desgastes

por rozamiento y a elevadas temperaturas, por tanto, deben reunir unas características especiales en cuanto a forma, dimensiones y calidad de material, que les permita cumplir la misión encomendada.

El material empleado para la fabricación de segmentos debe tener una dureza suficiente para evitar un desgaste prematuro, pero no excesiva, para no ocasionar desgastes en el cilindro. Por otra parte han de poseer una estructura lo suficientemente elástica, para mantener la presión necesaria sobre la pared del cilindro y asegurar así la estanqueidad. En la fabricación de segmentos se utiliza la fundición de hierro aleada con ligeras proporciones de Si, Ni, y Mn, con una estructura perlítica de grado fino obtenida por colada centrífuga. Para mejorar el comportamiento del segmento en la fricción, se le somete a un tratamiento de fosfatación. Con este tratamiento se consigue formar una capa porosa que se impregna de aceite, lo que ayuda a mejorar las condiciones de rozamiento, con una elevada reducción del desgaste.

A los segmentos de fuego en particular se les da un tratamiento de cromado para que puedan soportar las condiciones extremas a las que trabajan.

#### **Tipos de segmentos según su forma y características (figura inferior):**

- Segmento cilíndrico de sección rectangular (A)

Se utiliza como segmento de fuego, al cual se le da un revestimiento de cromo con un espesor de 0,06 a 1 mm, según las características del motor. Presenta gran superficie de contacto que facilita la estanqueidad y la evacuación del calor.

- Segmento cónico (B)

Se emplea como segmento de compresión y se sitúa debajo del segmento de fuego. Su forma acelera el asiento circular durante el rodaje como consecuencia de su conicidad. La cara superior debe venir marcada para no invertir su posición en el montaje ya que, en este caso, aumentaría considerablemente el paso de aceite.

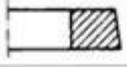
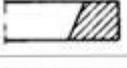
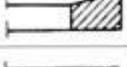
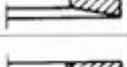
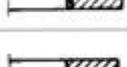
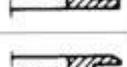
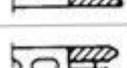
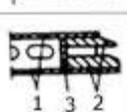
- Segmento de torsión (C)

Este tipo de segmento conserva su forma cilíndrica en la parte exterior o superficie de asiento, pero tiene una cierta conicidad en la parte interior. A cada variación de sentido del émbolo tiende a bascular en su ranura, lo cual aumenta la estanqueidad durante la carrera de ascenso y durante el descenso hace las veces de segmento rascador.

- Segmento trapecial (D y E)

Se utiliza en motores con elevada temperatura interna, como en los Diesel. La menor dimensión de la cara interna, debido a la forma trapecial, les permite bascular en ambos sentidos y evita que se queden clavados en la ranura por efecto de la mayor dilatación en esa zona. Se utiliza como segmento de fuego.

- Segmento con expansor (F)
- Conserva las características de fundición en cuanto a la cara de deslizamiento, pero lleva sobre el fondo del alojamiento un resorte de banda de acero que le permite aumentar la presión superficial sobre el cilindro.
- Segmentos recogedores de aceite (tipo G y H)
- Se emplean como segmentos de engrase. Tienen forma de U, con unos orificios o ranuras centrales a través de las cuales pasa el aceite al interior del pistón para su retorno al cárter. La forma de los labios puede ser recta (G) o en forma de bisel (H).
- Aro compuesto (I)  
Se emplea también como segmento de engrase. Esta formado por una arandela guía (1) a cada lado del segmento, un espaciador hueco (2) y un expansor (3) de lámina de acero.

	A	Cilíndrico
	B	Cónico
	C	Torsión
	D	Trapecial lateral
	E	Trapecial bilateral
	F	Cilíndrico con expansor
	G	De engrase con labios rectos
	H	De engrase con labios en bisel
	I	Aro compuesto

### Biela

La biela se encarga de unir el pistón con el cigüeñal. La función de la biela es transmitir la fuerza recibida por el pistón en la combustión hasta el cigüeñal.

Se trata de una pieza de suma importancia, tanto para la transmisión de potencia, como

para la transformación del movimiento. Durante su funcionamiento está sometida a esfuerzos de tracción, compresión y flexión por pandeo. Debe tener una longitud que guarde relación directa con el radio de giro de la muñequilla del cigüeñal y la magnitud de los esfuerzos a transmitir. Tiene que ser lo suficientemente robusta para que soporte las sollicitaciones mecánicas que se originan.

#### Material empleado en su fabricación

El material empleado en su fabricación es el acero al carbono aleado con Ni y Cr, con un tratamiento adecuado para obtener las elevadas características mecánicas que se precisan. Se fabrica por estampación en caliente y se mecanizan las zonas de amarre al émbolo y al cigüeñal, así como los elementos de unión y los pasos de aceite. Las condiciones exigidas en la fabricación de las bielas para su correcto funcionamiento destacan:

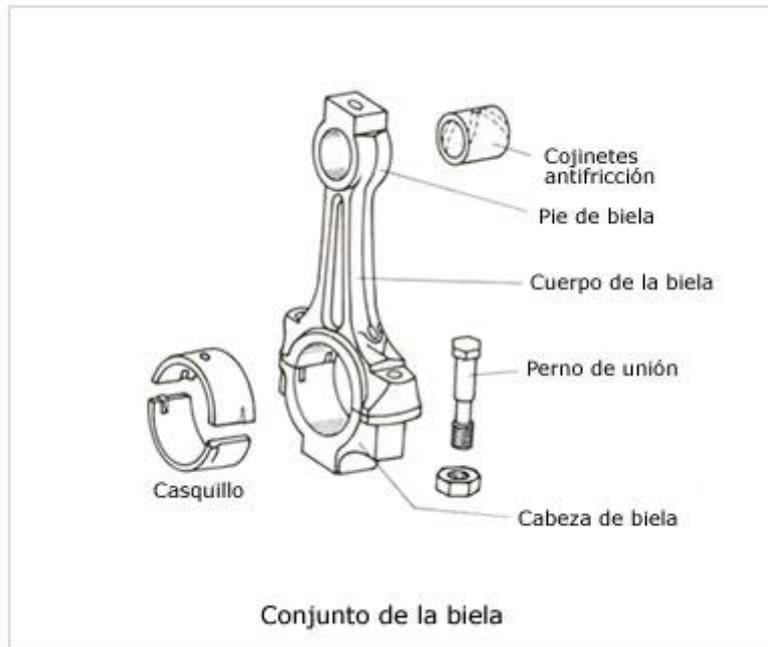
- Igualdad de peso para cada grupo de bielas de un mismo motor.
- Paralelismo entre ejes de simetría.
- Precisión en la longitud o distancia entre centros.

#### Partes y características constructivas de una biela

Las características constructivas de la biela, en cuanto a forma y dimensiones, están en función del trabajo a desarrollar.

En una biela hay que distinguir las siguientes parte:

- Pie de biela.
- Cabeza de biela.
- Perno de unión.
- Cuerpo de la biela.

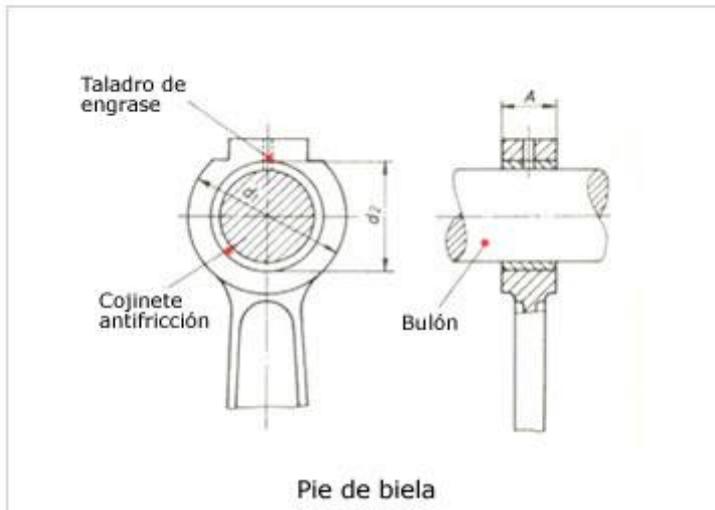


### Pie de biela

Es la parte alta de la biela, por donde ésta se une al émbolo mediante un pasador o bulón. Trabaja, por tanto, bajo carga alternativa y oscilante, lo que produce un fuerte desgaste en las zonas superior e inferior del diámetro. Para reducir este desgaste se coloca un cojinete de antifricción entre el bulón y el alojamiento de la biela.

El diámetro interior de este alojamiento ( $d_1$ ) viene determinado por las condiciones de engrase, de forma que éste se realice en perfectas condiciones bajo carga, sin que se rebase el límite de fatiga del material.

Las demás dimensiones del pie de la biela dependen del diseño y posterior mecanizado de la misma, siempre orientado a reducir al máximo su peso. La anchura ( $A$ ) del biela suele tener un valor aproximadamente igual a la mitad del diámetro del émbolo. En la parte superior exterior suele llevar una especie de cresta o saliente, que confiere rigidez al conjunto y es donde suele ir situado el taladro de engrase para las bielas con montaje de bulón flotante. <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

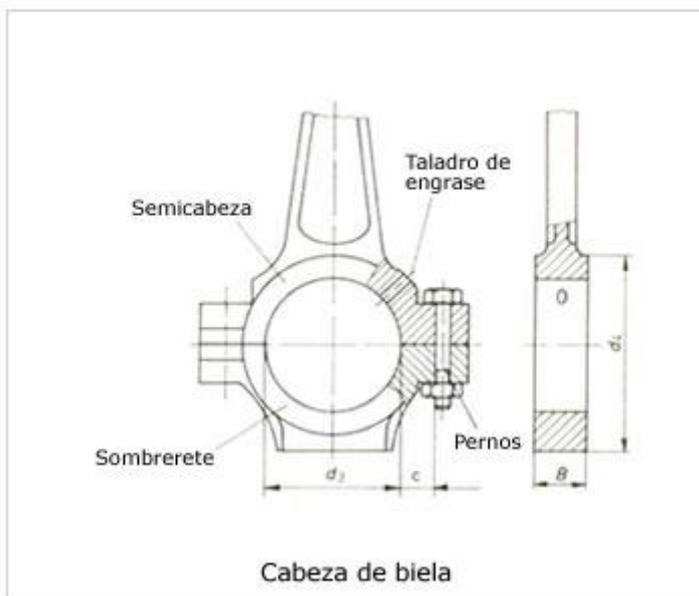


### Cabeza de biela

Esta parte de la biela es por donde se una a la muñequilla del cigüeñal. Para facilitar el montaje se divide en dos partes. La parte llamada semicabeza va unida directamente al cuerpo de la biela y la otra, llamada sombrerete, queda unida a la biela a través de unos pernos.

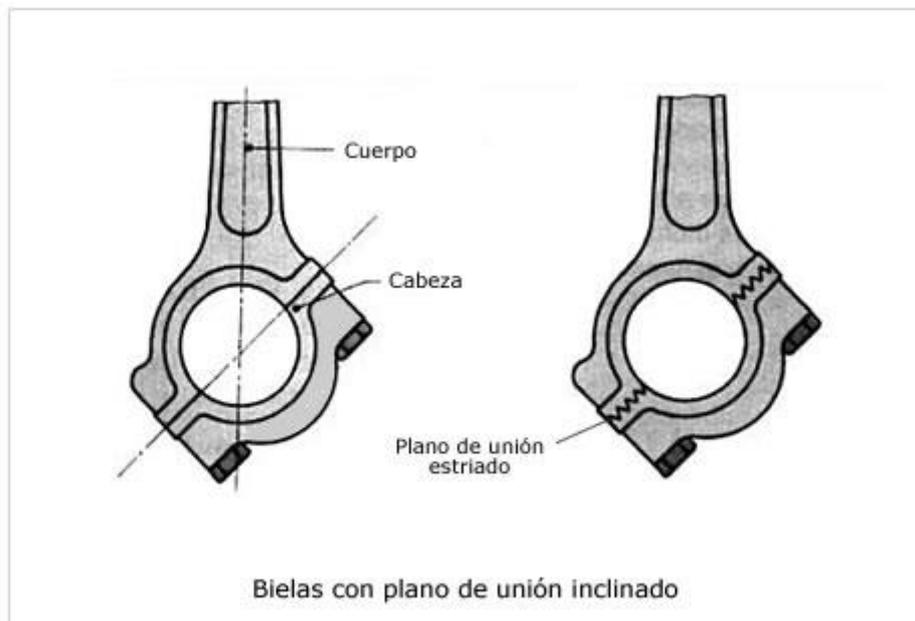
En la superficie de unión de ambas piezas hay una serie de estrías de anclaje para asegurar un posicionado correcto y para dar resistencia a la unión, ya que esta sometida a cizallamiento. Otros modelos de bielas llevan el asiento totalmente plano y la posición se determina por medio de dos números marcados en la biela y el sombrerete.

Para determinar la anchura (B) y diámetro exterior ( $d_4$ ) se suelen tomar valores que están en función del diseño y resistencia del material.



El plano de unión entre el sombrerete y la biela puede ser horizontal o inclinado. Esta última disposición se utiliza cuando las dimensiones de la cabeza son grandes, con

objeto de facilitar su extracción a través del cilindro, o también para reforzar la zona de mayor empuje cuando la cargas son elevadas, debiendo coincidir en su montaje, el menor ángulo de inclinación por la parte por donde baja la biela.



Los pernos (tornillos) que unen el sombrerete a la biela, deben fabricarse de material resistente para que soporten los esfuerzos de tracción y cizalladura a que están sometidos durante su trabajo. Su tamaño y disposición debe facilitar su montaje y desmontaje. Deben permanecer inmóviles, para eso en los tornillos pasantes se suele practicar un chaflán sobre la cabeza para sirva de tope en su asiento, o también se dispone una chapa de freno en los tornillos que van roscados a la parte fija de la biela.

### Cuerpo de la biela

Constituye el elemento de unión entre el pie y la cabeza de la biela. Su perfil o sección es de doble T, ya que es la forma constructiva que proporciona mayor resistencia con una menor sección y, al mismo tiempo, es de fácil estampación.

La longitud de la biela es otra de la característica importante y depende del tipo de motor, de la relación carrera-calibre y del ciclo de funcionamiento del motor. El número de revoluciones del motor influye sobre la longitud de la biela, en motores más revolucionados la longitud de la biela se acorta dentro de unos límites admisibles, con el fin de evitar, en lo posible, los efectos de la inercia.

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

### Bielas para motores en "V"

Las bielas empleadas en estos motores, cuya unión al cigüeñal se realiza de una forma especial, suelen ser de tres tipos:

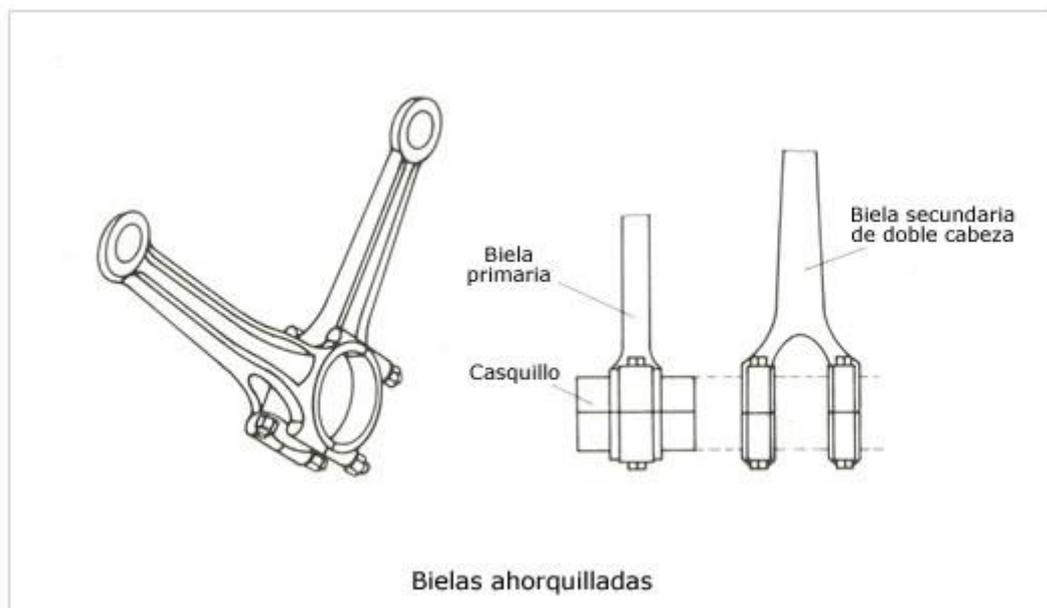
- Bielas ahorquilladas

- Bielas articuladas
- Bielas conjugadas

### Bielas ahorquilladas

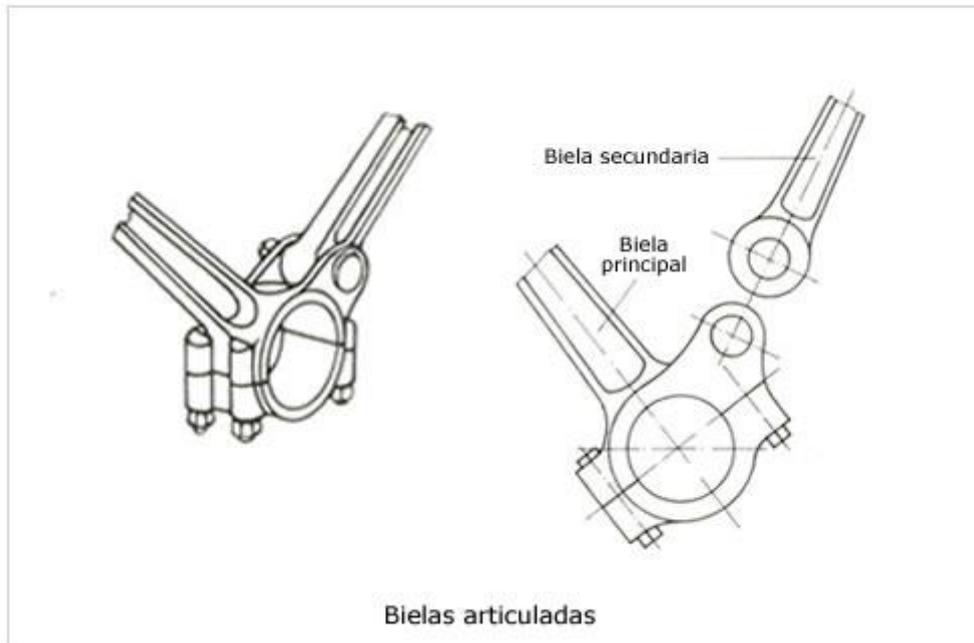
Este sistema emplea un casquillo común para unir las dos bielas que trabajan sobre el mismo codo del cigüeñal. El casquillo va montado fijo en la biela principal y hace de bulón en la biela secundaria que tiene dos cabezas.

Las ventajas de este sistema consisten en que se aprovecha al máximo el casquillo de unión y las carreras se realizan perfectamente, sin que se produzcan esfuerzos adicionales. Tienen el inconveniente de su elevado costo y que el cojinete de unión soporta mayores esfuerzos, ya que tiene que sufrir los efectos de inercia y las cargas de ambas bielas.



### Bielas articuladas

Este tipo realiza la articulación de la biela secundaria en la parte lateral de la biela principal. Emplea un cojinete único para ambas bielas y su construcción es más sencilla y económica. Por el contrario, en este montaje son mayores los esfuerzos laterales que se producen en el émbolo, como consecuencia de la posición de los ejes de las bielas y también lo son las flexiones a que esta sometida la biela principal debido al empuje que sobre ella realiza la biela secundaria.



### **Bielas conjugadas**

Este tipo de biela es el más empleado en la actualidad para motores en V. Se caracterizan por ser iguales e independientes en su funcionamiento y se articulan sobre la misma muñequilla del cigüeñal.

Tienen el inconveniente del rozamiento lateral que se produce entre ambas bielas, por lo que requieren un tratamiento especial en esa zona para que el desgaste sea mínimo.



### **Bulón**

La unión de la biela con el émbolo se realiza a través de un pasador o bulón, el cual permite la articulación de la biela y soporta los esfuerzos a que está sometido aquel. Debe tener una estructura robusta y a la vez ligera para eliminar peso.

Estos bulones se fabrican generalmente huecos, en acero de cementación. El diámetro exterior del émbolo es aproximadamente el 40% del diámetro del émbolo o pistón.

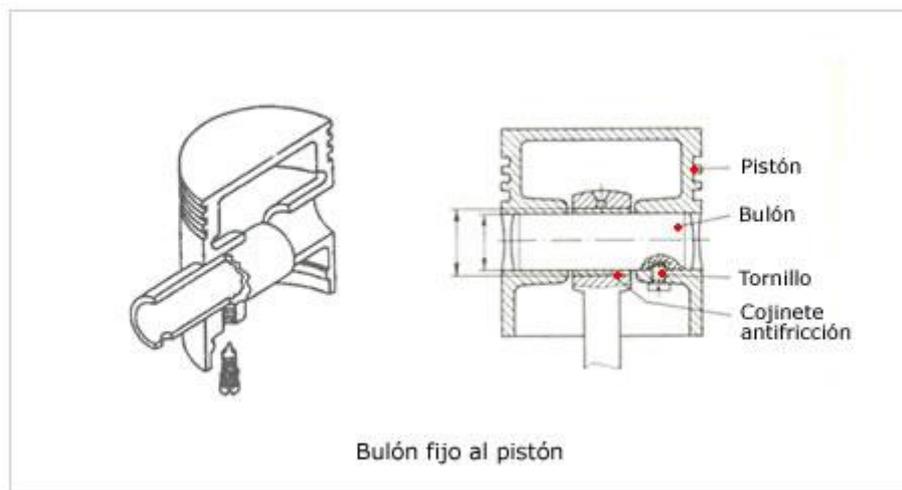
Montaje según la forma de unión

Según la forma de unión de la biela con el émbolo se distinguen cuatro tipos de montaje:

- Bulón fijo al émbolo.
- Bulón fijo a la biela.
- Bulón flotante
- Bulón desplazado

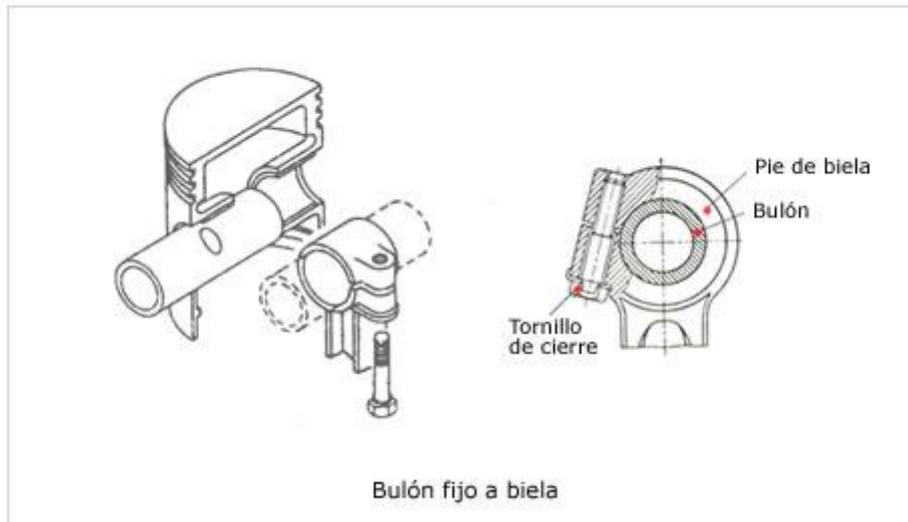
### **Bulón fijo al émbolo**

En esta forma de montaje el bulón queda unido al émbolo a través de un tornillo pasador o chaveta, mediante los cuales se asegura la inmovilización del bulón. La unión bulón-biela se realiza por medio de un cojinete de antifricción.



### **Bulón fijo a biela**

En este tipo de montaje, la biela se fija al bulón a través de un tornillo de cierre. En este caso, el bulón gira sobre su alojamiento en el émbolo.

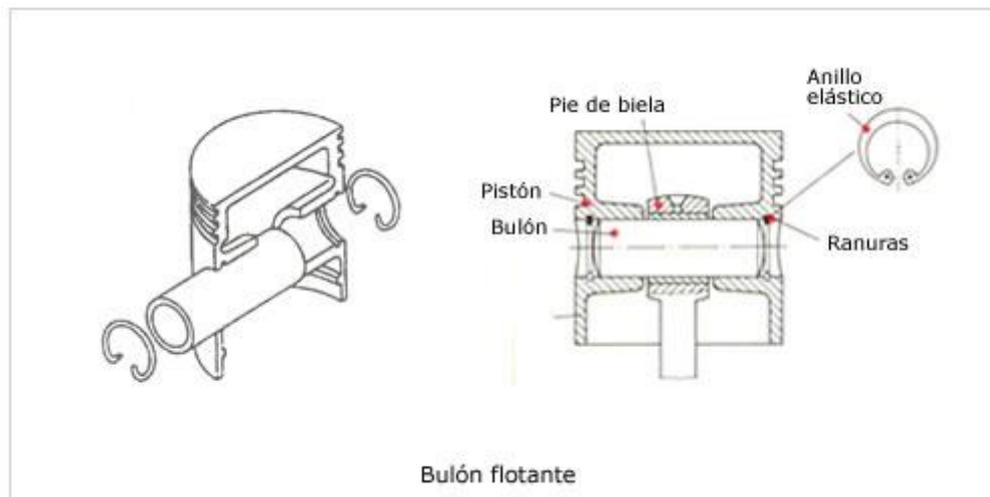


### Bulón flotante

En este sistema el bulón (3) queda libre tanto de la biela (2) como del émbolo (1). Es el sistema más empleado en la actualidad pues, además de un fácil montaje, tiene la ventaja de repartir las cargas de rozamientos entre ambos elementos.

La unión con la biela se realiza a través de un cojinete antifricción (4). El bulón se monta en el émbolo, en frío, con una ligera presión, de forma que al dilatarse queda libre.

Para mantener el bulón en su posición de montaje y evitar que pueda desplazarse lateralmente, en unas ranuras (5) practicadas sobre el alojamiento del émbolo se monta unos anillos elásticos (6) cuyas medidas están normalizadas.

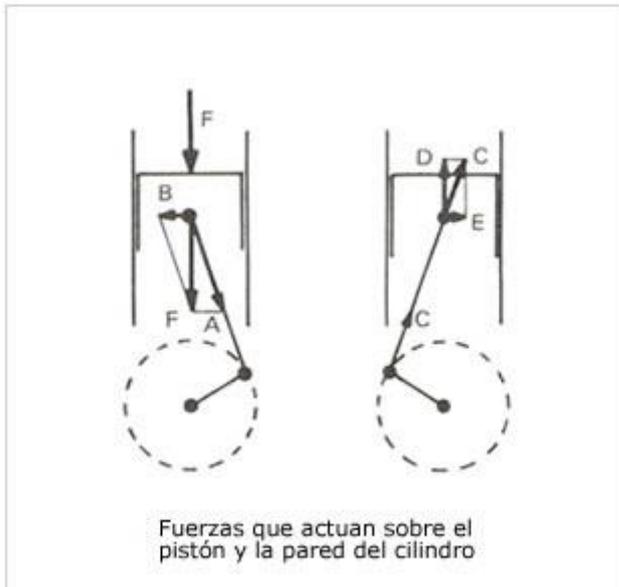


### Bulón desplazado

En motores que soportan grandes esfuerzos laterales se suele montar el bulón en el émbolo ligeramente desplazado hacia el lado sometido a mayor presión, con el fin de equilibrar los esfuerzos laterales y mantener alineado al émbolo en su desplazamiento. Con este sistema se reduce el desgaste en esa zona del cilindro.

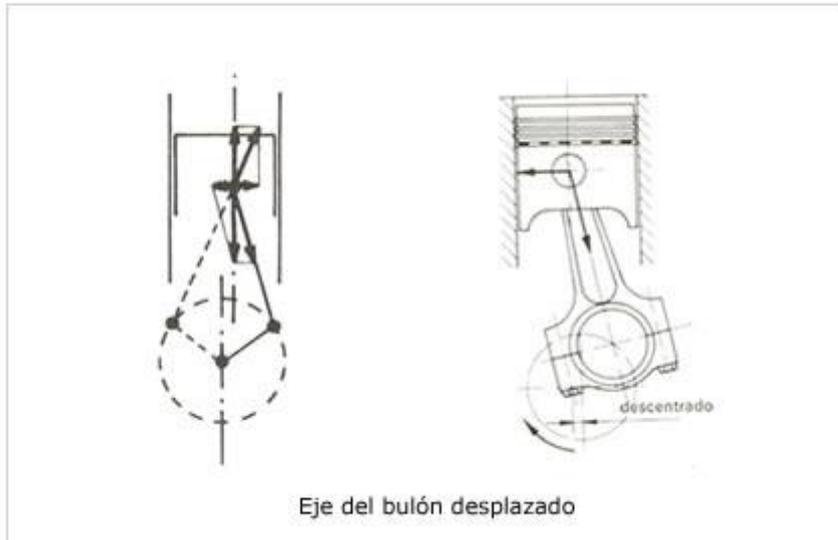
El rozamiento del pistón con el cilindro no es todo lo regular que podría desearse y, así, ocurre que, en la carrera de explosión, el esfuerzo  $F$  (figura inferior) transmitido al pistón, no pasa en su totalidad a la biela, sino que se descompone en los esfuerzos  $A$  y

B, como se aprecia en la figura, resultando que una gran parte se pierde en frotamiento del pistón contra la pared del cilindro. Vemos, por tanto, que el pistón está sometido a un empuje lateral, que produce un fuerte rozamiento contra la pared del cilindro, lo que provoca un mayor desgaste en esta zona. En las carreras ascendentes, la biela empuja al pistón haciéndole subir y este empuje C se descompone, actuando una fuerza D en el sentido vertical ascendente, que hace subir el pistón, y otra fuerza E que aplica al pistón contra la pared. El rozamiento, por lo tanto, es mayor cuando el pistón desciende empujado por la explosión y es menor cuando el pistón asciende empujado solamente por la inercia del cigüeñal.



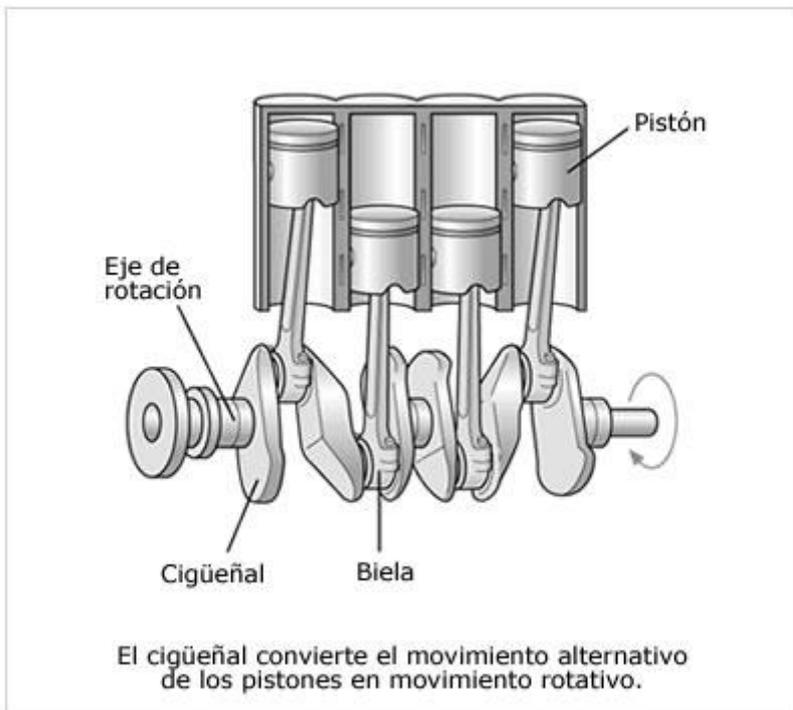
Debido a estos rozamientos, el desgaste de las paredes del cilindro es irregular, acentuándose más en el eje perpendicular al bulón. Para igualar la presión lateral y rozamiento del pistón, se recurre en la actualidad en muchos vehículos a desplazar el eje del bulón como hemos dicho anteriormente, quedando descentrado hacia el lado por donde baja la biela. Con este sistema se consigue que las presiones que actúan sobre la cabeza del pistón, al estar desigualmente repartidas a ambos lados del eje, mantengan el pistón alineado en todo momento y así se reduzca el rozamiento contra la pared izquierda de la figura que es la que sufre mayor desgaste.

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>



### Cigüeñal

El cigüeñal es la pieza que recoge el esfuerzo de la explosión y lo convierte en par motor a determinadas revoluciones. Es el encargado de transformar el movimiento alternativo de los pistones en un movimiento rotativo. El cigüeñal también transmite el giro y fuerza motriz a los demás órganos de transmisión acoplados al mismo.



El cigüeñal está constituido por un árbol acodado, con unos muñones (A) de apoyo alineados respecto al eje de giro. Dichos muñones se apoyan en los cojinetes de la bancada del bloque.

Durante su trabajo, el cigüeñal se calienta y sufre una dilatación axial; por esta razón las muñequillas de apoyo se construyen con un pequeño juego lateral, calculado en función

de la dilatación térmica del material.

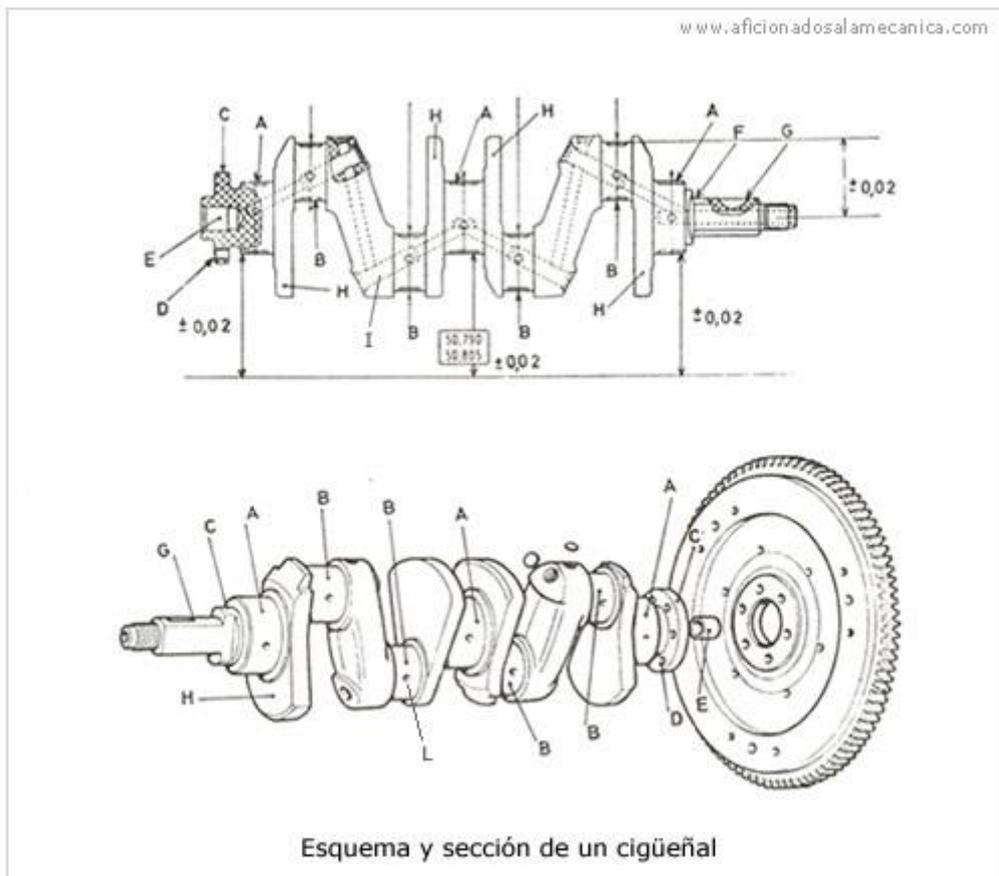
En los codos del árbol se mecanizan unas muñequillas (B), situadas excéntricamente respecto al eje del cigüeñal, sobre las que se montan las cabezas de las bielas.

Los brazos que unen las muñequillas se prolongan en unos contrapesos (H), cuya misión es equilibrar el momento de giro y compensar los efectos de la fuerza centrífuga, evitando las vibraciones producidas en el giro y las deformaciones torsionales. En la parte posterior del eje va situado el plato de amarre (D) para el acoplamiento del volante de inercia.

El cigüeñal tiene una serie de orificios (I) que se comunican entre sí y con los taladros de engrase (L), situados en las muñequillas y muñones. La misión de estos conductos es hacer circular el aceite de engrase para la lubricación de los cojinetes, tanto en los apoyos como en las muñequillas, y expulsar el sobrante al cárter.

En (E) existe un orificio con casquillo de bronce, donde se apoya el eje primario de la caja de cambios, sobre el eje se monta el embrague. En (F) se monta un piñón por mediación de un chavetero o rosca, del que se saca movimiento para el árbol de levas.

En (G) se monta una polea, también por mediación de un chavetero, que da movimiento generalmente a la bomba de agua



### Equilibrado estático y dinámico del cigüeñal

- **Equilibrado estático**  
Consiste en disponer toda su masa perfectamente repartida con relación al eje de rotación, de forma que el cigüeñal, situado sobre los apoyos de la bancada, quede en reposo cualquiera que sea su posición. Para que esto ocurra, el peso de las muñequillas debe estar perfectamente compensado con los contrapesos, ya que

entonces las fuerzas laterales quedan equilibradas, tanto en reposo como en movimiento, produciendo un par de rotación uniforme. El equilibrado se efectúa en una máquina especial llamada equilibradora dinámica. El equilibrado se consigue suprimiendo material de la zona más pesada por medio de vaciados en los contrapesos o aplicando una pasta especial (mastic) en la zona necesaria, hasta conseguir que toda su masa quede uniforme.

- **Equilibrado dinámico**  
El equilibrado dinámico se consigue con el correcto diseño de las muñequillas del cigüeñal, de forma que las fuerzas centrífugas o momentos dinámicos que actúan sobre ellas en el giro, con respecto a cualquiera de los puntos de apoyo, se compensen y su resultante sea nula.

El cigüeñal se equilibra después de su mecanizado mediante máquinas especiales. La operación se realiza al eliminar material de los contrapesos hasta conseguir el equilibrio. El volante de inercia también se equilibra por separado y a continuación conjuntamente con el cigüeñal.

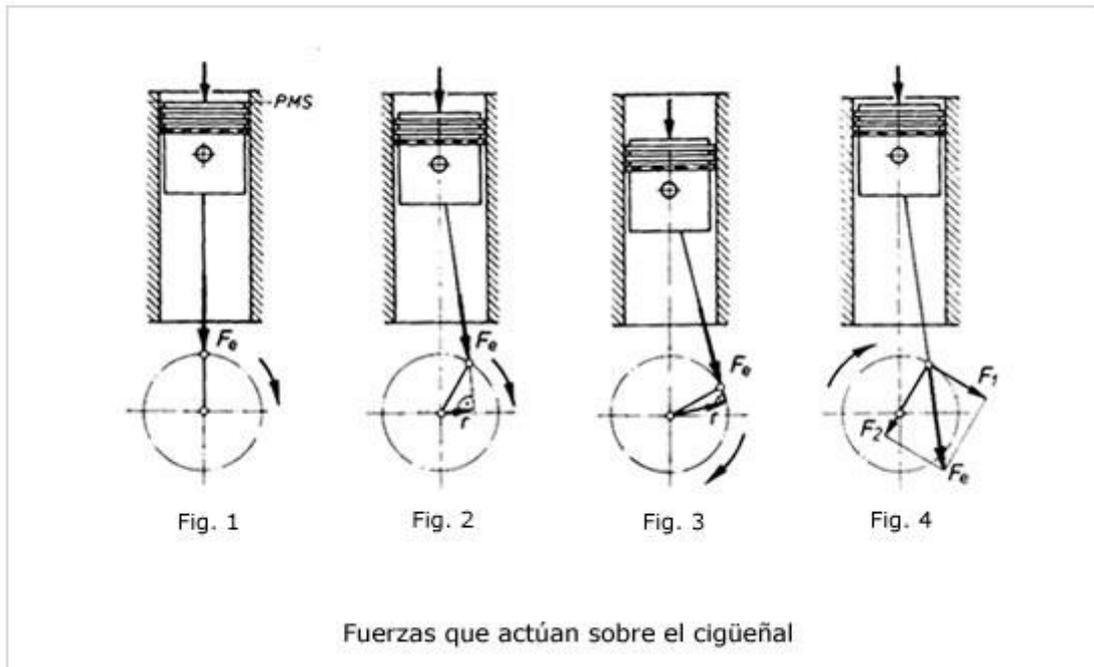
La falta de equilibrio provoca fuertes cargas sobre los cojinetes de apoyo y vibraciones que se transmiten a la carrocería.

### **Vibraciones en el cigüeñal**

Las vibraciones en el cigüeñal se pueden producir, bien por el desequilibrado del cigüeñal, bien por las fuerzas que actúan sobre él.

Cuando el pistón se halla en el PMS, la biela y el codo del cigüeñal forman una línea recta (Fig. 1). En esta posición la fuerza ( $F_e$ ) actúa de forma radial sobre la muñequilla del cigüeñal y, por tanto, no produce momento de giro. Si el cigüeñal sigue girando (Fig. 2), aparece un momento de giro cuando la biela toma un cierto ángulo y actúa la fuerza de empuje en el codo o brazo de palanca e impulsa el cigüeñal. El brazo de palanca eficaz varía según el ángulo del cigüeñal y produce un momento de giro irregular; estas irregularidades las compensa precisamente el volante de inercia.

La fuerza de empuje ( $F_e$ ) que actúa sobre la muñequilla del cigüeñal se descompone en otras dos que forman entre sí, un ángulo recto y que actúan como se indica (Fig. 4). La fuerza ( $F_1$ ), tangencial a la sección de la muñequilla, proporciona el trabajo de giro, mientras que la otra fuerza radial ( $F_2$ ) actúa como presión sobre el cojinete y consume una parte de la fuerza de empuje que recibe del émbolo. Estas fuerzas varían lógicamente con la posición del brazo del cigüeñal e influyen en la marcha del motor, ocasionando un desgaste irregular en la muñequillas a causa de la carga unilateral.



En los puntos de inflexión actúan las fuerzas perpendiculares al eje del cigüeñal. La presión de la combustión que actúa sobre el cigüeñal hace que se flexione hacia abajo, pero las fuerzas de inercia actúan rápidamente en sentido contrario y restablecen el equilibrio.

Estas fuerzas se producen en cada una de las muñequillas del cigüeñal y dan origen a vibraciones relativamente importantes que repercuten negativamente en todos los órganos del motor.



El volante de inercia es otro agente productor de vibraciones, ya que su peso retarda la propulsión del cigüeñal. La presión de trabajo produce un esfuerzo de torsión sobre el cigüeñal y, en la compresión, las resistencias en el cilindro actúan de nuevo, pero de forma antagónica. La alternancia de estas fuerzas ocasiona unas vibraciones llamadas vibraciones de torsión que aparecen especialmente en el momento de arranque y en el frenado.

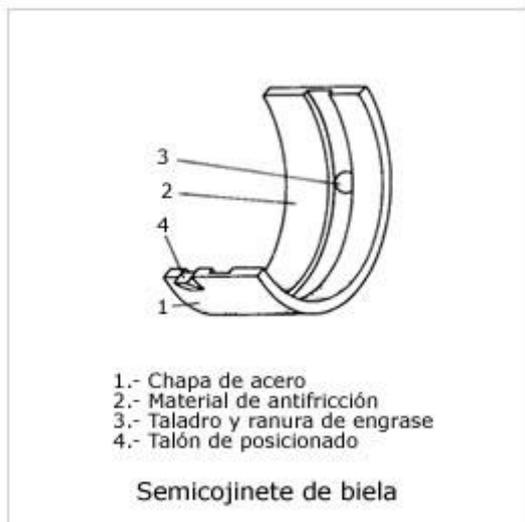
Estas vibraciones destruyen poco a poco la estructura del material y originan la rotura

por fatiga. Para evitar estos efectos, en los motores de más de 6 cilindros, se acopla un amortiguador de vibraciones.

Cuando el motor gira a determinado número de revoluciones, llamado número de revoluciones crítico, se suman las diversas vibraciones (resonancia) y, por este motivo se pueden producir cargas peligrosas. Cuando esto ocurre todo el vehículo vibra y esta circunstancia debe evitarse con la máxima diligencia.

### Cojinetes de biela y bancada

La unión del cigüeñal a la biela y el montaje de sus apoyos sobre el cárter del bloque, se realiza a través de unos cojinetes especiales en dos mitades llamados semicojinetes de biela o bancada.



Debido a las condiciones duras de trabajo a que están sometidos deben reunir las siguientes características:

- Resistencia al gripado, para evitar el riesgo de microsoldadura. Se emplea para ello materiales o afines con el cigüeñal.
- Facilidad de incrustación, para que las impurezas, que se introducen con el aceite entre las superficies en contacto, se incrusten en el material del cojinete y de esta forma no dañen el cigüeñal.
- Conformabilidad, para absorber las pequeñas deformaciones producidas en la alineación de los elementos.
- Resistencia a la fatiga, para que soporten las cargas a que están sometidos.
- Resistencia a la corrosión, que producen los agentes químicos que pasan al cárter procedentes de la combustión o diluidos en el aceite de engrase.
- Gran conductibilidad térmica, para evacuar el calor producido por rozamiento en el cojinete.



### Clases de aleaciones antifricción

La fabricación de este tipo de cojinetes se realiza a base de chapa de acero recubierta en su cara interna con aleación antifricción, la cual reúne las características mencionadas. Estas aleaciones, según los materiales empleados, pueden ser de varios tipos:

- Metal blanco con estaño o plomo.
- Bronce al cadmio.
- Bronce al cobre.
- Bronce al aluminio.
- Bronce al cobre-níquel impregnado de plomo.

Estas aleaciones proporcionan un rozamiento suave y evitan el desgaste del cigüeñal. Al mismo tiempo, gracias a su bajo punto de fusión, si se calienta excesivamente por falta de engrase, el cojinete se funde y así evita el agarrotamiento del cigüeñal con los elementos de unión. Cuando se produce la fusión de una de las bielas, la holgura resultante ocasiona un golpeteo característico, que se conoce en el argot automovilístico como "biela fundida".

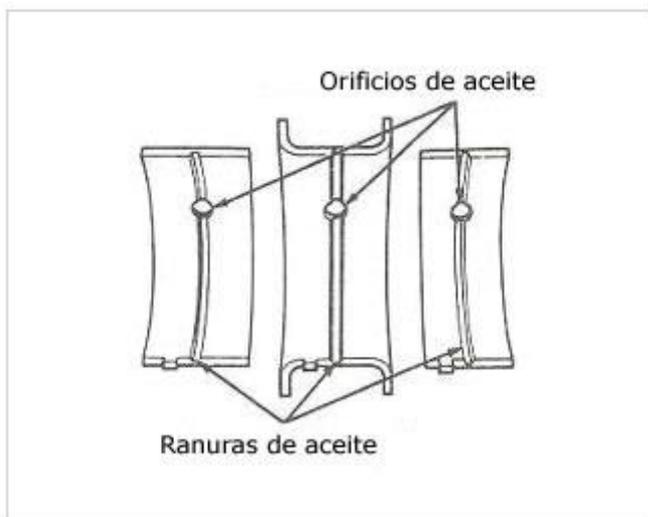
### Montaje de los semicojinetes

Los semicojinetes se suministran con su diámetro nominal estándar y se montan fácilmente en su apoyo o soporte. La fijación se consigue mediante la tapa respectiva que los mantiene sujetos a la cabeza de la biela, debido a la presión de la tapa y al sistema de posicionamiento del casquillo.



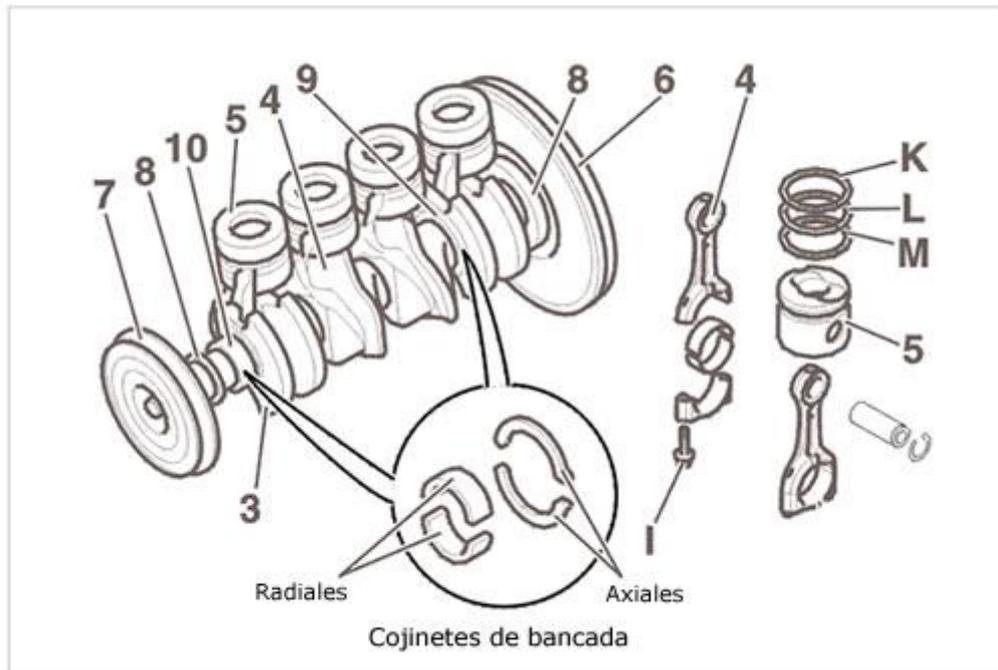
### Ranuras de engrase

La garantía de un perfecto rodaje y de la conservación de la forma geométrica y las dimensiones del orificio de un cojinete, depende en gran parte de la eficacia del sistema de engrase. Por esta razón es importante conocer la forma y situación que deben tener las ranuras y orificios de engrase del cojinete con el fin de garantizar una adecuada lubricación.



### Cojinetes axiales

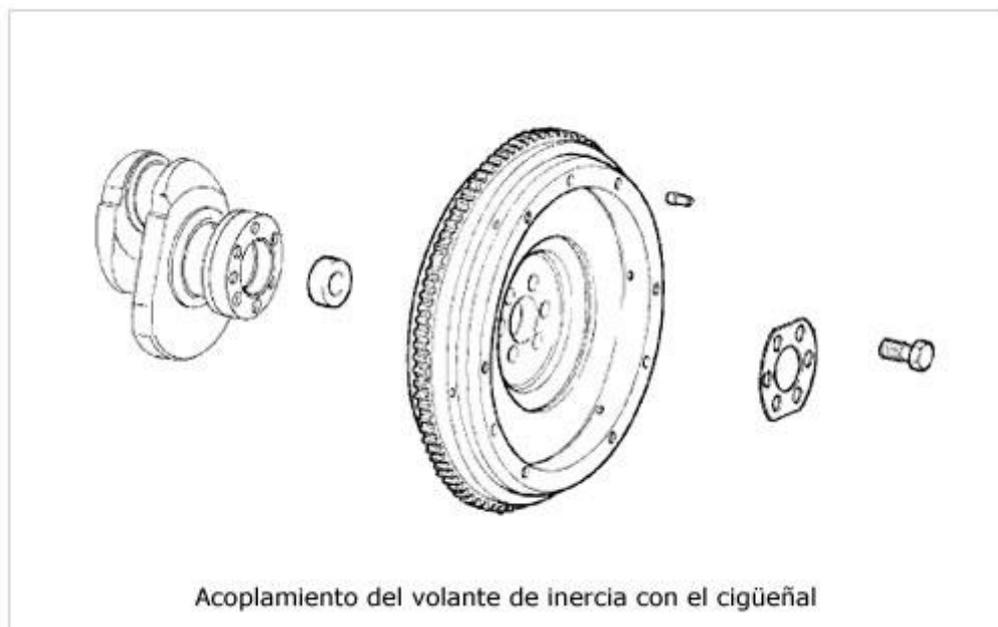
El cigüeñal va provisto también de cojinetes axiales que soportan los esfuerzos producidos por el accionamiento del embrague. Se disponen axialmente en ambos lados de uno de los soportes de bancada.



### Volante de inercia

El volante de inercia es una pieza circular pesada unida al cigüeñal, cuya misión es regularizar el giro del motor mediante la fuerza de inercia que proporciona su gran masa. Su trabajo consiste en almacenar la energía cinética durante la carrera motriz y cederla a los demás tiempos pasivos del ciclo de funcionamiento.

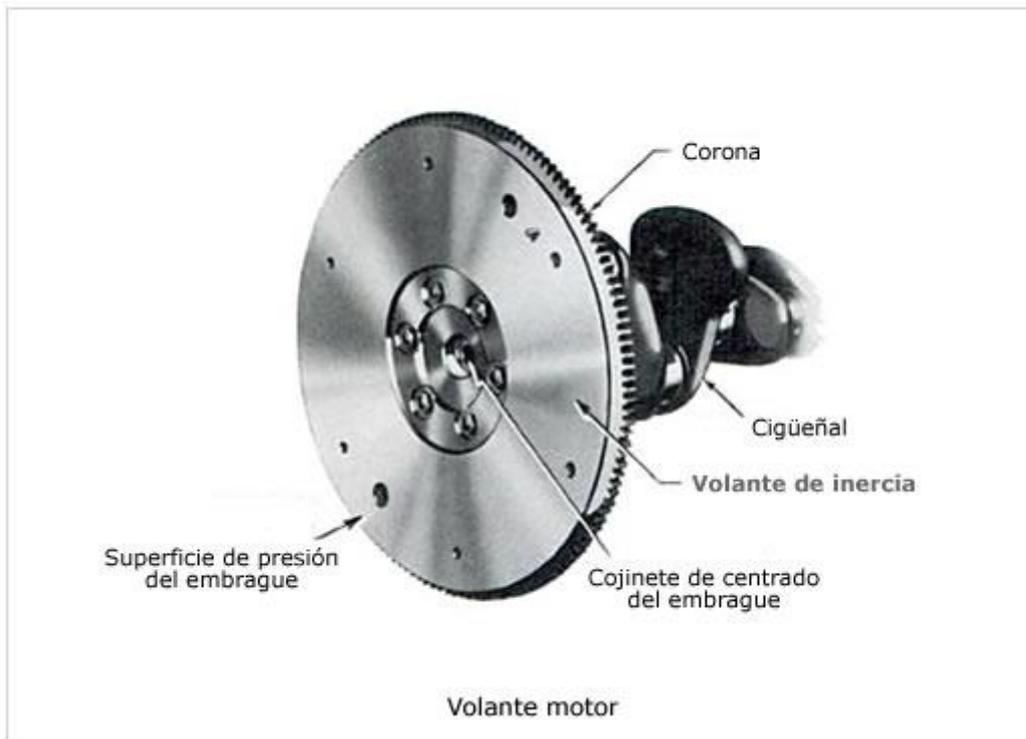
El diseño del volante debe ser calculado, sobre todo su peso, teniendo en cuenta las características del motor. Un peso excesivo del volante se opone a una buena aceleración del motor.



Acoplamiento del volante de inercia con el cigüeñal

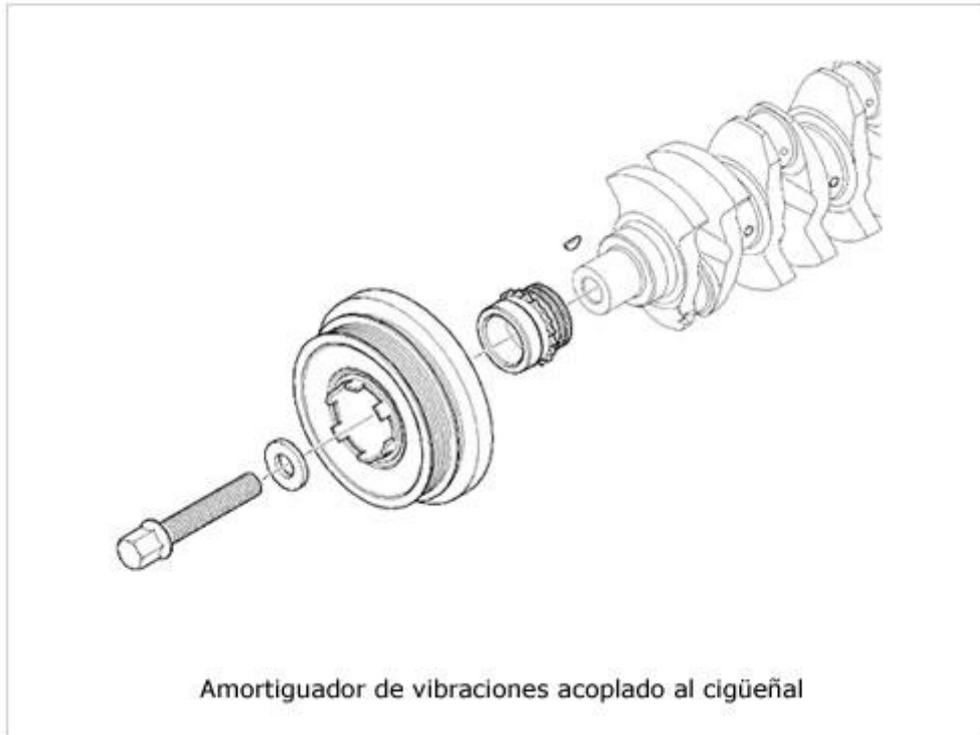
El volante se fabrica en fundición gris perlática, que se obtiene por colada en moldes y después se mecaniza en todas sus partes para equilibrar su masa. En su periferia se monta la corona de arranque en caliente y, una vez fría, queda ajustada perfectamente a presión en el volante. <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

El volante debe ser equilibrado independientemente y después montado con el cigüeñal para obtener en conjunto la compensación de masas.

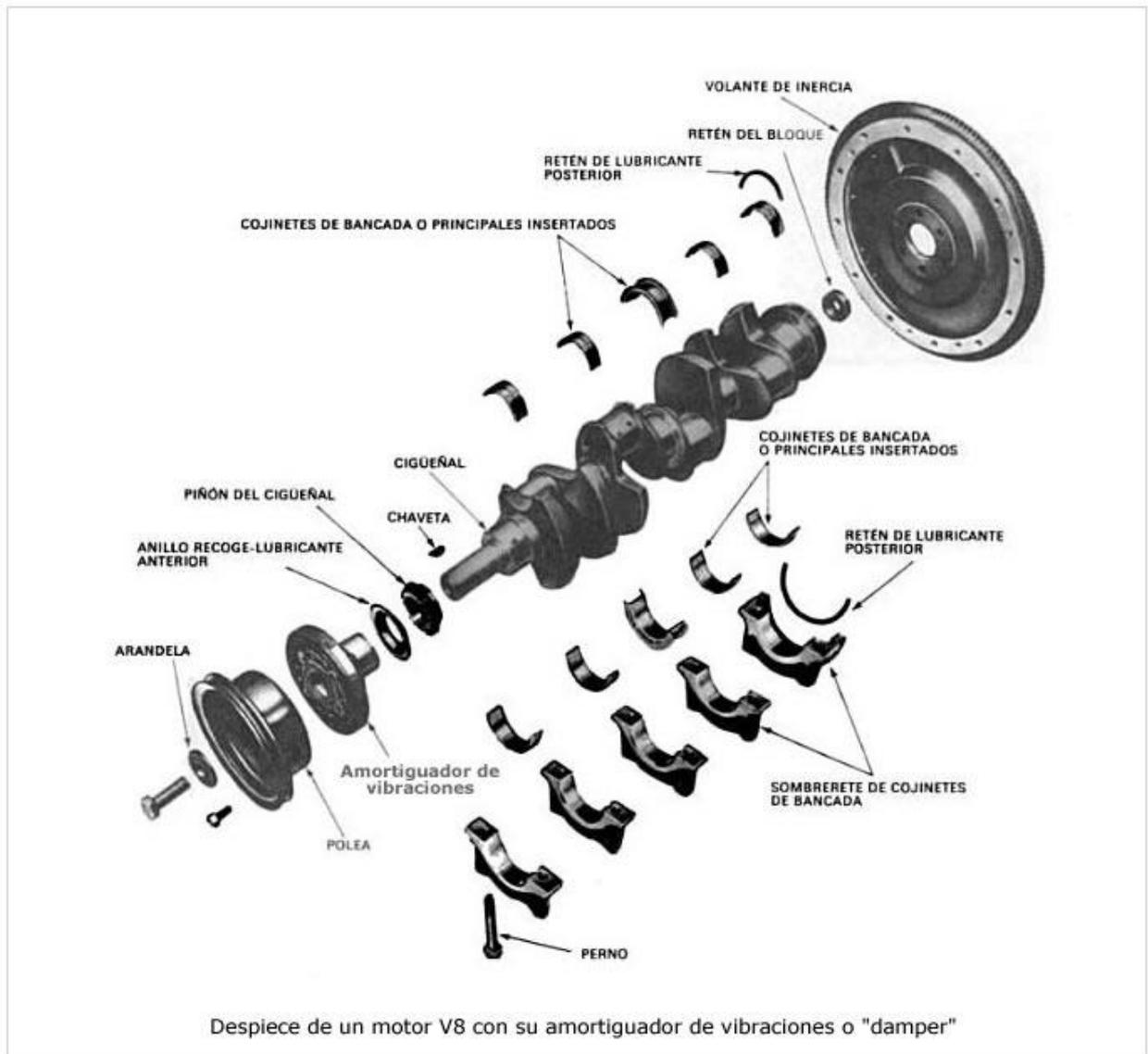


### Amortiguador de vibraciones

El amortiguador de vibraciones también llamado "damper", tiene como misión atenuar las vibraciones que se producen en la polea del cigüeñal, por causa de los esfuerzos de torsión y flexión a que está sometido, para que no se transmitan a la correa o cadena de la distribución. Estas torsiones y flexiones, se producen debido a la fuerza de las explosiones y por las inercias que tiene que soportar el cigüeñal, por el movimiento que recibe de los pistones a través de las bielas, ya que este movimiento varía con las revoluciones y la carga del motor.



Si la frecuencia de vibración torsional coincide con la frecuencia propia de torsión del cigüeñal, puede dar lugar a una resonancia, aumentando la amplitud de la vibración y provocando la rotura del cigüeñal. Para evitar esto, se pueden instalar poleas Damper o amortiguadores torsionales, en el lado de la distribución, moviendo la correa de accesorios. La idea es que estos elementos absorban la energía torsional fluctuante del cigüeñal, amortiguándola. Este tipo de amortiguadores pueden ser de dos tipos: con dos masas que se unen por un elemento de caucho o de dos masas que se mueven relativamente interponiendo un medio viscoso como silicona.



Este dispositivo está compuesto por una masa volante cuya unión al cigüeñal no es rígida, y permite un ligero deslizamiento elástico provocado por su resistencia a la inercia, lo que amortigua las vibraciones torsionales del cigüeñal. El amortiguador de vibraciones se utiliza en motores de gran cilindrada, generalmente en motores de 6 cilindros en adelante, con arquitectura tanto en línea como en "V".

El elemento se compone de tres partes, la polea del cigüeñal, un disco amortiguador que lleva unos muelles sujetos a una placa y por último un disco de fricción. El disco de fricción va unido a la polea, y es oprimido por el disco amortiguador. Entre la polea y el disco existe un cojinete de fricción para el desplazamiento entre ambas. Y la polea une todo el conjunto por medio de unos tornillos que se sujetan a la placa del disco amortiguador y que pasan por los orificios dispuestos en el disco amortiguador.

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>

## UNIDAD 2. PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA

### PRINCIPIOS Y MAGNITUDES TERMODINÁMICAS

El desarrollo de un ciclo en el interior del cilindro comprende una serie de transformaciones que dan lugar a variaciones en el volumen, la presión y la temperatura de los gases. Para ello se detalla en conceptos fundamentales:

#### Volumen

Es una magnitud métrica de tipo escalar entendido como el espacio que ocupa un cuerpo. La misma posee tres dimensiones: alto, ancho y largo. El volumen, según el Sistema Internacional de Unidades, es representado por el metro cúbico, aunque la unidad más utilizada para medir el volumen de líquidos o recipientes, es el litro

#### *Sistema Internacional*

En el Sistema Internacional de Unidades la unidad de volumen es el metro cúbico. Algunos de los múltiplos y submúltiplos usuales del metro cúbico son los siguientes:

Múltiplos	Submúltiplos
• Kilómetro cúbico = $10^9$ m <sup>3</sup>	• Decímetro cúbico = $10^{-3}$ m <sup>3</sup>
• Hectómetro cúbico = $10^6$ m <sup>3</sup>	• Centímetro cúbico = $10^{-6}$ m <sup>3</sup>
• Decámetro cúbico = $10^3$ m <sup>3</sup>	• Milímetro cúbico = $10^{-9}$ m <sup>3</sup>

#### *Sistema anglosajón de medidas*

Las unidades de volumen en el sistema anglosajón de unidades se derivan de las respectivas unidades de longitud, como la pulgada cúbica, el pie cúbico, la yarda cúbica, el acre-pie o la milla cúbica. Para medir el volumen de líquidos, las unidades de capacidad más extendidas son el barril, el galón y la pinta, y en menor medida la onza líquida o el cuarto

Visite el siguiente sitio web para encontrar los factores de conversión de las diferentes unidades de medida: <https://es.slideshare.net/julioosha/tabla-conversiones>

#### Presión

La presión es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa. Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma:

$$P = \frac{F}{A}$$

En el Sistema Internacional de Unidades la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa), que es equivalente a una fuerza total de un newton (N) actuando uniformemente en un metro cuadrado (m<sup>2</sup>).<sup>3</sup> En el sistema anglosajón la

presión se mide en libra por pulgada cuadrada (pound per square inch o psi), que es equivalente a una fuerza total de una libra actuando en una pulgada cuadrada.

Visite el siguiente sitio web para encontrar los factores de conversión de las diferentes unidades de medida: <https://es.slideshare.net/julioosha/tabla-conversiones>

## TEMPERATURA

Es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente.

La temperatura está relacionada con la energía interior de los sistemas termodinámicos, de acuerdo al movimiento de sus partículas: a mayor energía sensible, más temperatura

Visite el siguiente sitio web para encontrar los factores de conversión de las diferentes unidades de medida: <https://termodinamica3c1n.wordpress.com/2012/10/16/factor-de-conversion-temperatura/>

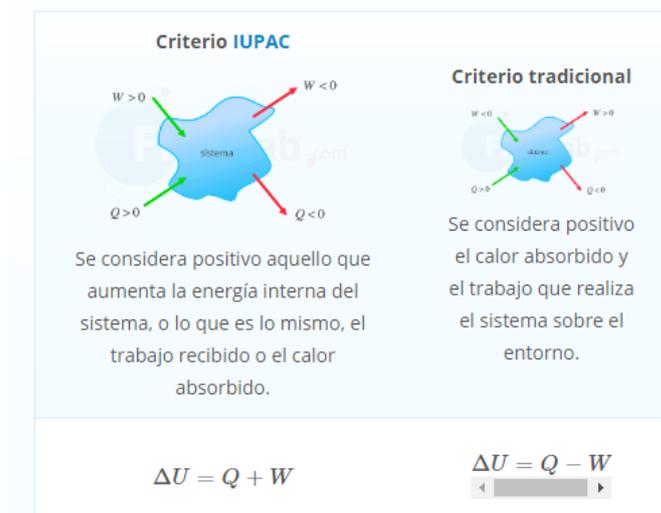
## MAGNITUDES Y LAS UNIDADES QUE INFLUYEN EN UN PROCESO TERMODINÁMICO

### TERMODINÁMICA

Es la parte de la física que estudia las transferencias de *calor*, la conversión de la *energía* y la capacidad de los sistemas para producir *trabajo*. Las leyes de la termodinámica explican los comportamientos globales de los sistemas macroscópicos en situaciones de equilibrio.

### PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Determina que la energía interna de un sistema aumenta cuando se le transfiere calor o se realiza un trabajo sobre él. Su expresión depende del criterio de signos para sistemas termodinámicos elegido:



Donde:

- $\Delta U$ : *Incremento de energía interna* del sistema ( $\Delta U = U_{final} - U_{inicial}$ ). Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el julio ( $J$ )
- $Q$ : *Calor intercambiado* por el sistema con el entorno. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el julio ( $J$ ), aunque también se suele usar la caloría ( $cal$ ).  $1 cal = 4.184 J$
- $W$ : *Trabajo intercambiado* por el sistema con el entorno. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el julio ( $J$ )

#### EJERCICIO PROPUESTO:

¿Qué calor se intercambia en un proceso cuando se realiza un trabajo de 850 J, sabiendo que la diferencia de energía interna entre sus estados inicial y final es de 3 kJ?

Suponiendo que el trabajo lo realiza un gas a una presión de 2 atm, ¿qué variación de volumen tiene lugar en el proceso?

<https://www.fisicalab.com/ejercicio/679#contenidos>

#### SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Se expresa en varias formulaciones equivalentes:

##### Enunciado de Kelvin - Planck

No es posible un proceso que convierta todo el calor absorbido en trabajo.

##### Enunciado de Clausius

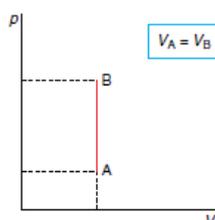
No es posible ningún proceso cuyo único resultado sea la extracción de calor de un cuerpo frío a otro más caliente.

#### PROCESOS TERMODINÁMICOS

El trabajo termodinámico más habitual tiene lugar cuando un sistema se comprime o se expande y se denomina trabajo presión - volumen ( $p - v$ ).

##### *Transformación isócara o a volumen constante*

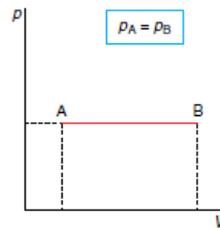
Proceso de transformación que sucede sin que haya variación en el volumen. Si la temperatura de un gas aumenta mientras se mantiene su volumen constante, su presión también aumenta proporcionalmente. El motor Otto realiza la combustión teóricamente a volumen constante.



##### *Transformación isóbara o a presión constante*

Este tipo de transformación se produce si a pesar de variar el volumen se mantiene constante la presión

El motor Diesel realiza la combustión teóricamente a presión constante.

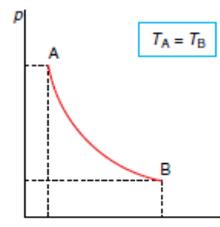


### *Transformación adiabática*

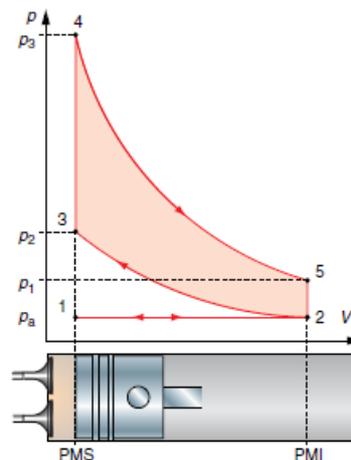
Una transformación adiabática es aquella que se realiza mientras el sistema se mantiene térmicamente aislado de su entorno. Los tiempos de compresión y expansión son adiabáticos en el caso de que no exista intercambio de calor a través de las paredes del cilindro.

### *Transformación isoterma o a temperatura constante*

Manteniendo constante la temperatura del gas dentro del cilindro, el volumen y la presión varían en relación inversamente proporcional.



### **DIAGRAMA P-V TEÓRICO CICLO OTTO**



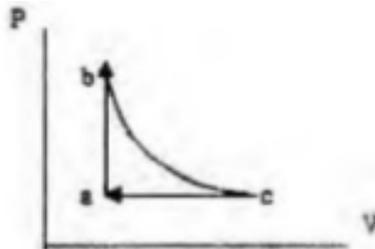
Los diagramas presión volumen aportan gran cantidad de información, además de servir para el cálculo del trabajo realizado por el sistema. Vamos a particularizar en el caso de los gases ideales por ser su ecuación de estado  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  la más sencilla.

## EJERCICIOS DE CÁLCULO TERMODINÁMICO

## EJERCICIO RESUELTO

Una máquina de calor contiene 0,5 moles de un gas diatómico ideal y evoluciona según la figura mostrada. Los tramos son: ab isovolumétrico, bc adiabático, y ca isobárico. Siendo  $T_a = 250 \text{ }^\circ\text{K}$ ,  $T_b = 550 \text{ }^\circ\text{K}$ ,  $T_c = 400 \text{ }^\circ\text{K}$ ,  $P_a = 1,2 \text{ atm}$ . Calcular:

- a) La presión en el punto b



DATOS:

$$\begin{aligned} n &= 0,5 \text{ mol} \\ T_a &= 250 \text{ }^\circ\text{K} \\ T_b &= 550 \text{ }^\circ\text{K} \\ T_c &= 400 \text{ }^\circ\text{K} \\ P_a &= 1,2 \text{ atm} \end{aligned}$$

RESOLUCIÓN:

$$PV = nRT$$

Proceso a-b = isovolumétrico

$$\begin{aligned} V_a &= V_b \\ V_a &= \frac{nRT_a}{P_a} \\ V_b &= \frac{nRT_b}{P_b} \\ \frac{nRT_a}{P_a} &= \frac{nRT_b}{P_b} \\ \frac{T_a}{P_a} &= \frac{T_b}{P_b} \\ P_b &= \frac{P_a T_b}{T_a} \\ P_b &= \frac{1,2 \text{ atm} \cdot 550 \text{ }^\circ\text{K}}{250 \text{ }^\circ\text{K}} \\ P_b &= 2,64 \text{ atm} \end{aligned}$$

### EJERCICIO PROPUESTO

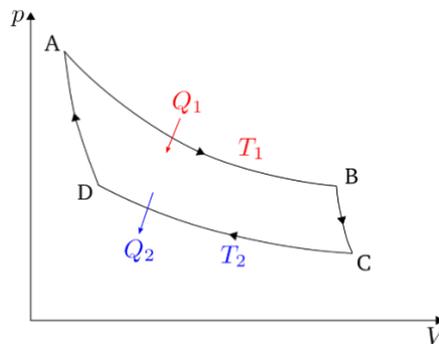
Determina la variación de volumen que experimentan 40 g de oxígeno O<sub>2</sub> a presión de 1 atm cuando su temperatura pasa de 25 °C a 50 °C.

Visualice la solución en: <https://www.fisicalab.com/ejercicio/681#contenidos>

## CICLOS DE CARNOT, OTTO, DIÉSEL, SABATHÉ, BRAYTON Y RANKIN

### CICLO DE CARNOT

El ciclo de Carnot es un ciclo termodinámico que se produce en un equipo o máquina cuando trabaja absorbiendo una cantidad de calor  $Q_1$  de una fuente de mayor temperatura y cediendo un calor  $Q_2$  a la de menor temperatura produciendo un trabajo sobre el exterior.



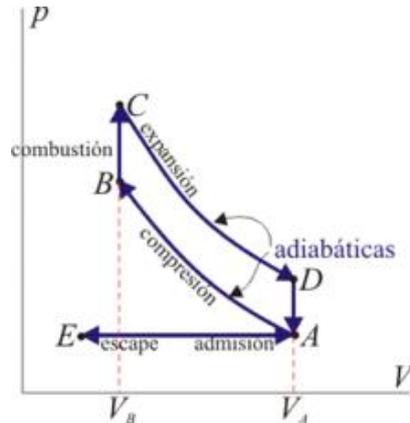
Como todos los procesos que tienen lugar en el ciclo ideal son reversibles, por lo que el ciclo puede invertirse y la máquina absorbería calor de la fuente fría y cedería calor a la fuente caliente, teniendo que suministrar trabajo a la máquina. Si el objetivo de esta máquina es extraer calor de la fuente fría (para mantenerla fría) se denomina máquina frigorífica, y si es ceder calor a la fuente caliente, bomba de calor

En el siguiente video se observa las diferentes etapas termodinámicas del ciclo de Carnot: <https://www.youtube.com/watch?v=yHyeHdR1m5w>

### CICLO OTTO

Muchas de las máquinas térmicas que se construyen en la actualidad (motores de camiones, coches, maquinaria, etc) están provistas de un motor denominado motor de cuatro tiempos. El ciclo que describe el fluido de trabajo de dichas máquinas se denomina ciclo de Otto, inventado a finales del siglo XIX por el ingeniero alemán del mismo nombre.

En el ciclo de Otto, el fluido de trabajo es una mezcla de aire y gasolina que experimenta una serie de transformaciones (seis etapas, aunque el trabajo realizado en dos de ellas se cancela) en el interior de un cilindro provisto de un pistón.



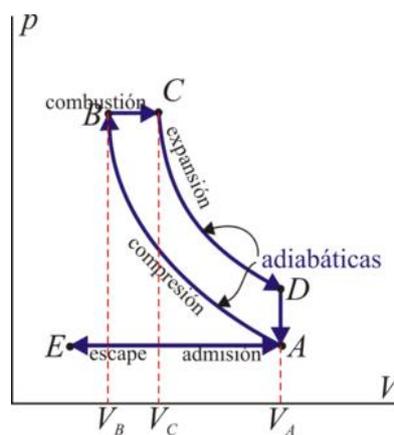
Las etapas son:

- Admisión
- Compresión
- Explosión
- Escape

En el siguiente video se observa las diferentes etapas termodinámicas del ciclo Otto:  
<https://www.youtube.com/watch?v=u7geC32XZrY>

## CICLO DIÉSEL

Un ciclo Diésel ideal es un modelo simplificado de lo que ocurre en un motor diésel, la combustión no se produce por la ignición de una chispa en el interior de la cámara. En su lugar, aprovechando las propiedades químicas del gasóleo, el aire es comprimido hasta una temperatura superior a la de auto ignición del diesel y el combustible es inyectado a presión en este aire caliente, produciéndose la combustión de la mezcla. La relación de compresión de un motor diésel puede oscilar entre 12 y 24, mientras que el de gasolina puede rondar un valor de 8.



- Etapa de Admisión
- Etapa de Compresión
- Etapa de Combustión
- Etapa de Expansión

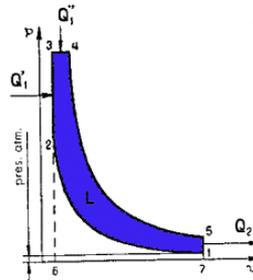
- Etapa de Escape

En el siguiente video se observa las diferentes etapas termodinámicas del ciclo Diesel:  
<https://www.youtube.com/watch?v=6oPviC27xz8>

### CICLO SABATHE

Las condiciones reales de funcionamiento de los motores Diesel difieren notablemente de las que se hallan representadas en los ciclos ideales Otto y Diesel. Para los motores Diesel, el proceso de combustión se aproxima a una transformación a presión constante sólo en el caso de motores excepcionalmente grandes y lentos.

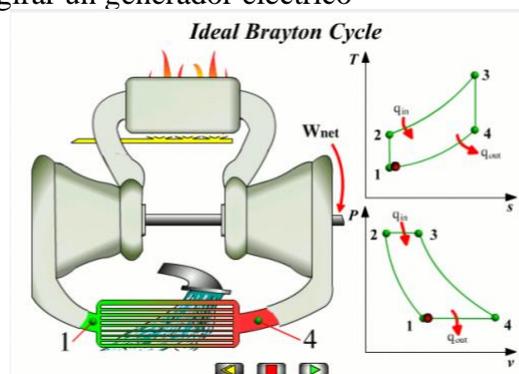
Se puede afirmar que, en la práctica, los ciclos Otto y Diesel se aproximan mucho en la forma, hasta el punto de poderlos considerar como un caso particular del ciclo mixto, en el cual, parte de la combustión se verifica a volumen constante, y parte, a presión constante. Este ciclo teórico se conoce con el nombre de ciclo mixto de Sabathé



En el siguiente video se observa las diferentes etapas termodinámicas del ciclo Sabathé:  
<https://www.youtube.com/watch?v=tUfP-Wh3M2s>

### CICLO BRAYTON

Este es un ciclo con aire, que es ampliamente utilizado en los motores de reacción de los aviones, y en todas aquellas centrales termoeléctricas que no operan con vapor de agua. Consiste en dar presión al aire para luego calentarlo a base de quemar combustible. Posteriormente este gas a alta temperatura se hace pasar por una turbina donde se extrae su energía; una parte de esa energía se emplea para impulsar el compresor, y la energía restante se utiliza para girar un generador eléctrico

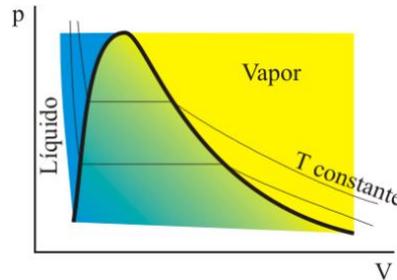


En el siguiente video se observa las diferentes etapas termodinámicas del ciclo Brayton:  
<https://www.youtube.com/watch?v=dTOuIXqQwc>

## CICLO RANKINE

El ciclo Rankine es un ciclo que opera con vapor, y es el que se utiliza en las centrales termoeléctricas. Consiste en calentar agua en una caldera hasta evaporarla y elevar la presión del vapor. Éste será llevado a una turbina donde produce energía cinética a costa de perder presión. Su camino continúa al seguir hacia un condensador donde lo que queda de vapor pasa a estado líquido para poder entrar a una bomba que le subirá la presión para nuevamente poder introducirlo a la caldera.

Los diagramas p-V en los que interviene un líquido que se vaporiza tienen una diferencia respecto a los de gas: aparece la llamada campana de cambio de fase.



En el siguiente video se observa las diferentes etapas termodinámicas del ciclo Rankine:  
[https://www.youtube.com/watch?v=4aO1NEQXd\\_I](https://www.youtube.com/watch?v=4aO1NEQXd_I)

En el siguiente link se puede observar un texto procedente de la universidad de Almería que contiene un resumen de los diferentes ciclos de motores de combustión interna  
<https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-almeria/construcciones-motores-y-maquinaria-agricola/apuntes/tema-4-ciclos-teoricos/1410267/view>

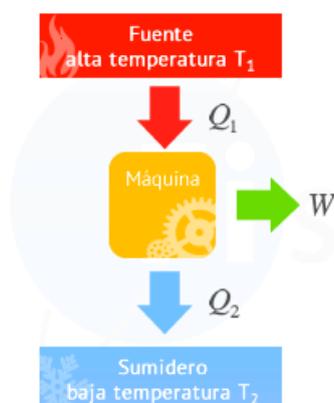
## CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CICLO OTTO Y DIÉSEL

Las diferencias entre un motor Otto y Diesel se observan en la siguiente tabla.

	Tipo de motor	
	Otto	Diésel
Admisión	Entrada de mezcla en el cilindro.	Entrada de aire en el cilindro.
Compresión	Relación de compresión limitada por el índice de octano del combustible.	Relación de compresión alta, al comprimir solamente aire.
Encendido	La inflamación de la mezcla se produce mediante una chispa eléctrica.	La inflamación se consigue mediante una elevada compresión del aire y una inyección de combustible a alta presión.
Elementos estructurales	Se utilizan materiales muy ligeros, ya que se consiguen altas revoluciones.	Los materiales utilizados son más pesados, pues están sometidos a grandes presiones.
Mezcla de aire-combustible	Se produce en el colector de admisión, en la proporción adecuada.	Producida en la cámara de compresión, al introducir el combustible a presión elevada.
Rendimientos	Bajos rendimientos, tanto térmico como volumétrico.	Mejores rendimientos, trabaja a temperaturas más altas y empleo frecuente de la sobrealimentación.
Consumo	Alto consumo específico.	Consumo específico inferior.
Duración	Limitada, pues trabaja normalmente a revoluciones altas.	Al trabajar a regímenes inferiores soportan gran número de kilómetros.
Ruidos	Motor muy silencioso.	Motor más ruidoso.
Arranque	Fácil en todas las épocas del año.	Algunos problemas, sobre todo en zonas extremadamente frías.

## MÁQUINAS TÉRMICAS Y MÁQUINAS FRIGORÍFICAS

Las máquinas térmicas son sistemas que *transforman calor en trabajo*. En ellas, se refleja claramente las restricciones señaladas anteriormente. Existen muchos ejemplos de aparatos que son, en realidad, máquinas térmicas: la máquina de vapor, el motor de un coche, e incluso un refrigerador, que es una máquina térmica funcionando en sentido inverso y se conoce como máquina frigorífica



### Esquema de una máquina térmica

Las máquinas térmicas se componen de manera general por un elemento a alta temperatura, llamado fuente y otro a baja temperatura llamado sumidero de tal forma que el calor fluye desde la fuente al sumidero transformándose parcialmente en trabajo.

## AUTOEVALUACIÓN

1. Señale el ciclo que no corresponde al funcionamiento del motor Otto

- a) Admisión
  - b) Compresión
  - c) Explosión
  - d) Combustión
  - e) Escape
2. Indique el ciclo de funcionamiento del motor de combustión interna que trabaja mediante una turbina
- a) Carnot
  - b) Otto
  - c) Diésel
  - d) Sabathé
  - e) Brayton
  - f) Rankin
3. Indique el tipo de ciclo de un motor de combustión interna que al realizar el trabajo produce una bomba de calor
- a) Carnot
  - b) Otto
  - c) Diésel
  - d) Sabathé
  - e) Brayton
  - f) Rankin
4. Indique a que ciclo de funcionamiento pertenece a una máquina frigorífica
- a) Carnot
  - b) Otto
  - c) Diésel
  - d) Sabathé
  - e) Brayton
  - f) Rankin
5. Indique el ciclo que funciona por medio de calor
- a) Carnot
  - b) Otto
  - c) Diésel

- d) Sabathé
  - e) Brayton
  - f) Rankin
6. Los motores Otto y Diesel en realidad se aproximan al ciclo de funcionamiento
- a) Carnot
  - b) Otto
  - c) Diésel
  - d) Sabathé
  - e) Brayton
  - f) Rankin
7. La magnitud métrica que posee tres dimensiones es:
- a) Volumen
  - b) Presión
  - c) Temperatura
  - d) Masa
8. Señale el proceso de transformación que sucede sin que haya variación en el volumen.
- a) Adiabático
  - b) Isovolumétrico
  - c) Isotérmico
  - d) Isocórico

### **UNIDAD 3. DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

#### **ESTADO DEL MOTOR REALIZANDO PRUEBAS VISUALES DE FUGAS Y COLORES DE HUMOS**

Cuando usted encuentra el líquido que se escapa del motor, usted necesita actuar rápidamente para fijar la fuga. Si el líquido es oscuro y aceitoso, es muy probable que el aceite de motor. Un líquido rojizo indicará que hay algún líquido de transmisión que se escapa. Si el líquido es verde, rojo, anaranjado u otro color brillante podría ser líquido refrigerante.

#### **FUGAS DE ACEITE DE MOTOR**



Las fugas de aceite del motor son una de las fugas automotrices más comunes. Usualmente ocurren en juntas de empaque rotas o gastadas alrededor del bloque del motor.

Para reemplazar la empaquetadura, se necesita desmontar la parte superior del motor (Culata).



Las juntas están hechas de capas de acero y revestidas de goma. El aceite del motor también puede gotear de otras ubicaciones además de la Junta del cabezote. El aceite puede filtrarse más allá de los sellos usados del cigüeñal o del árbol. Estos tipos de fugas sólo se notarán cuando el vehículo esté en funcionamiento.

Un cigüeñal es parte esencial de su motor. **Es responsable de permitir el movimiento de la válvula – que regula la relación entre el aire y el combustible.** Si esta relación está alterada, el motor funcionará mal y oírás un ruido metálico fuerte mientras el motor falla entre los ciclos. Esto es una indicación de la correa dentada del motor que resbala, que lanzará apagado la operación entera del vehículo. Si no se dirige, el motor funcionará áspero y la pérdida de energía podría ocurrir. El sobrecalentamiento, el estancamiento y el humo procedente del escape se producirán si la fuga no se fija.

## FUGAS DE REFRIGERANTE

Una fuga en el sistema de refrigeración por agua puede ser difícil de rastrear, especialmente si es interna, por ejemplo, en la junta de la culata entre los cilindros

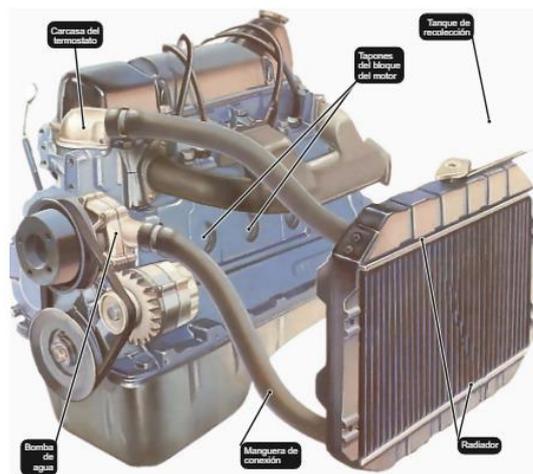


Son señales de una fuga: un indicador de aumento de temperatura, un charco de líquido refrigerante debajo del auto y una caída en el nivel del radiador. Por lo tanto habrán manchas de óxido en el compartimiento del motor.

Pero si no puede ver la fuga, será necesaria una comprobación sistemática

### ÁREAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN A COMPROBAR POR FUGAS

Compruebe los tapones del núcleo a un lado del bloque del cilindro. Verifique que todas las mangueras de conexión estén bien apretadas, pero asegúrese de que las abrazaderas no estén cortando la goma. Mire a lo largo de la manguera en busca de grietas, especialmente en los puntos donde la manguera se flexiona por el movimiento del motor. Inspeccione las uniones del radiador por separaciones, también el tanque de recolección y su caño. Esté atento a las fugas en los rulemanes de la bomba de agua y de la junta de la bomba. Chequee la carcasa del termostato en busca de grietas y la carcasa de la junta por fugas.



### FUGAS DE ACEITE HIDRÁULICO

Hacer que el sistema de dirección hidráulica funcione cuando el líquido tiene un nivel bajo puede arruinar la bomba de dirección. Asegúrate de que el líquido está en el nivel recomendado cuando se presente una fuga. Una fuga en el sistema de dirección ocurre principalmente en los acoplamientos de las mangueras, la bomba de dirección y las juntas viejas. Existen unas maneras con las que puedes detener una fuga en el líquido de dirección desde la comodidad de tu casa, pero si el problema es mayor, debería verlo un mecánico.



## CONTAMINANTES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN DEL MOTOR

Los vehículos emiten tres contaminantes principales: hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Los hidrocarburos reaccionan con los óxidos de nitrógeno por acción de la luz solar y a temperaturas elevadas, formando ozono a nivel del suelo, el cual puede causar irritación de los ojos, tos, jadeo, insuficiencia respiratoria y trastornos pulmonares permanentes. Los óxidos de nitrógeno (NOX) contribuyen a la formación de ozono y de lluvia ácida, además de afectar la calidad del agua. El monóxido de carbono es un gas incoloro letal que reduce el flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo y puede afectar las funciones cerebrales y la visión. En las zonas urbanas, los vehículos son responsables de nada menos que el 90 por ciento del monóxido de carbono del aire. Los vehículos a motor también emiten grandes cantidades de dióxido de carbono, el cual atrapa la radiación solar reflejada por la superficie terrestre, causando así el calentamiento global. Los automóviles despiden contaminantes por el tubo de escape como consecuencia de la combustión de la gasolina y a través del capó y del sistema de combustible cuando el calor provoca la evaporación del mismo.

El Nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el Nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de Óxidos de Nitrógeno, aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente. El Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%

### *HUMOS DE ESCAPE*

#### *HUMO BLANCO*

Los **humos de escape** pueden tener fundamentalmente cuatro colores ‘anormales: **blanco, gris, azulado y negro**. Si el humo que expulsa tu coche es de **color blanco**, debes saber que, si lo hace en pequeñas cantidades y normalmente al arrancar, es decir, en frío, no debes preocuparte, ya que se trata probablemente de la condensación normal en el escape.

Pero si este se emite de manera habitual, o sea, también en caliente, y este humo es denso, indica que parte del líquido refrigerante se está quemando en el motor, señal de que pueden existir grietas en la **junta de culata** o en el bloque motor

#### *HUMO NEGRO*

Resulta bastante habitual ver vehículos circulando que al pisar el acelerador empiezan a soltar una gran cantidad de **humo negro** por el tubo de escape. Esto es porque en un momento se ha quemado gran cantidad de **combustible dentro del motor**

#### *HUMO AZUL*

Si por el escape de tu coche sale un **humo algo azulado** y huele un poco a tostado, lo que sucede es que está **entrando aceite a la cámara de combustión**. Se suele producir en automóviles antiguos o con muchos kilómetros, al encontrarse desgastados los sellos de la guía de las válvulas o tener holguras en los anillos del pistón, provocando una pérdida de aceite hacia la cámara de combustión. Hay cuatro posibles motivos para que esto suceda

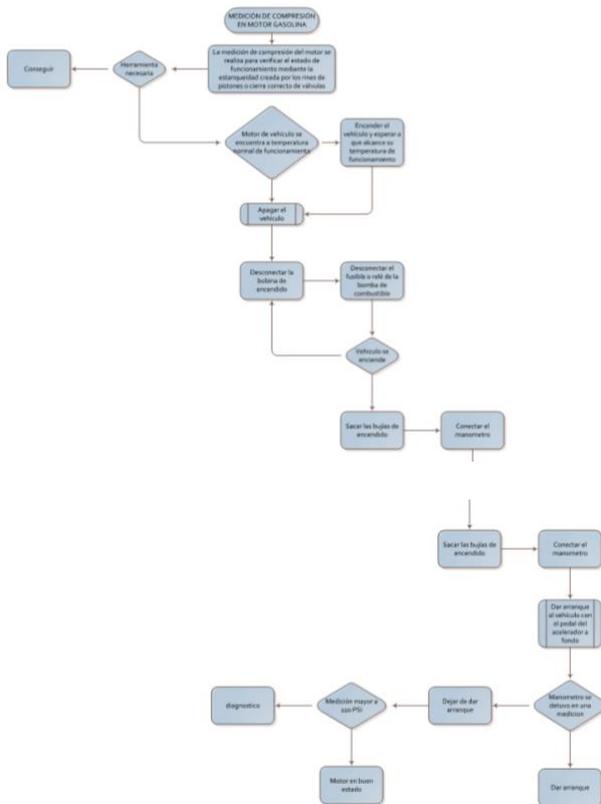
## ESTADO DEL MOTOR REALIZANDO PRUEBAS AUDITIVAS

### PRUEBAS DE COMPRESIÓN

La compresión de los cilindros de un motor es un factor extremadamente importante a la hora de un funcionamiento correcto.

La compresión del motor influye directamente en la potencia del motor, consumo de aceite del motor y emisión de gases del motor- Aprobación de revisión vehicular del motor.

La compresión del motor es la presión obtenida en las cámaras de combustión cuando el pistón ó émbolo alcanza el Punto Muerto Superior- en otras palabras, es la presión que se alcanza dentro de la cámara de combustión en su menor volumen.



### AUTOEVALUACIÓN

- Si tenemos una compresión de 7.48 bar hablamos que el motor tiene una mala compresión? ( )
- ¿El Vacuómetro automotriz nos ayuda a determinar el estado de la compresión del motor? ( )
- Si tenemos una relación de compresión considerablemente alta, esto quiere decir que:

- a) El motor ha sido reparado y la culata ha sido rebajada.
  - b) Las válvulas no chocan contra el pistón
  - c) A y B
  - d) Ninguna de las anteriores.
4. Se considera que una buena compresión de un cilindro es:
- a) 90 a 110 PSI
  - b) 100 a 120 PSI
  - c) 120 a 160 PSI
  - d) Ninguna de las anteriores
5. Se desea verificar si existen fugas de compresión por los rines, el técnico A recomienda utilizar un medidor de compresión para detectar anomalías, mientras que el técnico B recomienda el uso de un vacuómetro ya que es más preciso que el medidor de compresión. ¿Quién tiene la razón?
- a) Técnico A
  - b) Técnico B
  - c) Ambos
  - d) Ninguno



• **Desarrollo de las Unidades de Aprendizaje (contenidos)**

**A. Base Teórica**

**B. Base de Consulta**

TÍTULO	AUTOR	EDICIÓN	AÑO	IDIOMA	EDITORIAL
Motores de Combustión Interna.	Muñoz, M & Roviro de Antonio, A.	Séptima edición	2015	Español	UNED
Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel	Gonzales, D.	Tercera edición	2015	Español	PARANINFO
Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo	Gonzales, D.	Quinta edición	2015	Español	PARANINFO

**C. Base práctica con ilustraciones**





#### 4. ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

<b>ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE 1: Análisis y Planeación</b>	
<b>Descripción:</b>	Análisis y aplicación sobre procesos de reparación y mantenimiento, manuales, fichas técnicas y videos. Interpretación de mediciones y resultados de cálculo de motor
<b>Ambiente(s) requerido:</b>	Aula amplia con buena iluminación, taller equipado con herramienta adecuada y material didáctico mínimo un motor por cada grupo de 10 alumnos, equipamiento adecuado y equipo de EPP.
<b>Material (es) requerido:</b>	Infocus, laptop, motores a gasolina, fungibles de limpieza.
<b>Docente:</b>	Con conocimiento de la materia y experiencia práctica comprobada.

#### 5. ACTIVIDADES

- Análisis teórico
- Exposiciones
- Prácticas en taller
- Elaboración de proyectos
- Investigación automoma

**Se presenta evidencia física y digital con el fin de evidenciar en el portafolio de cada aprendiz su resultado de aprendizaje. Este será evaluable y socializable**

#### 6. EVIDENCIAS Y EVALUACIÓN

<b>Tipo de Evidencia</b>	<b>Descripción ( de la evidencia)</b>
De conocimiento:	Resolución de cusionarios. Definición del tema de investigación



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR JAPÓN  
GUIA DE APRENDIZAJE

Desempeño:	Trabajo grupal presentación de los sistemas de motor
De Producto:	Guía de prácticas e informes.
Criterios de Evaluación (Mínimo 5 Actividades por asignatura)	Desarrollo de investigación de procesos de desarmado y armado de motor (procesos y técnicas) Aplicación de herramienta adecuada

<b>Elaborado por:</b> <b>(Docente)</b>	<b>Revisado Por:</b> <b>(Coordinador)</b>	<b>Reportado Por:</b> <b>(Vicerrector)</b>



*Guía Metodológica Motores de combustión interna  
Carrera Mecánica Automotriz  
Ing. Franklin Llumiquinga  
2019*

*Coordinación Editorial Dirección:*

*Lucía Begnini Dominguez.*

*Coordinación Editorial:*

*Milton Altamirano Pazmiño, Alexis Benavides.*

*Diagramación: Sebastián Gallardo.*

*Corrección de Estilo: Lucía Begnini.*

*Diseño: Sebastián Gallardo.*

*Instituto superior tecnológico Japón*

*AMOR AL CONOCIMIENTO*