

Mecánica del vehículo

Consulte nuestra página web: www.sintesis.com
En ella encontrará el catálogo completo y comentado



Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos.

Mecánica del vehículo

José Ignacio Rodríguez García

© José Ignacio Rodríguez García

© Empresas colaboradoras:

Bosch España

Continental Tires España, S.L.U.

IVECO ESPAÑA, S.L.

José Antonio San Lorenzo Ferriol

INA, SCHAEFFLER

MAHLE Holding España, S.L.U.

MICHELIN España y Portugal, S. A.

SEAT, S. A.

Volkswagen Group España Distribución

ZF Friedrichshafen AG

© EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.

Vallehermoso, 34. 28015 Madrid

Teléfono 91 593 20 98

<http://www.sintesis.com>

ISBN: 978-84-9171-379-1

Depósito Legal: M-20.923-2019

Impreso en España - Printed in Spain

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S. A.

Índice

| | |
|--|----|
| PRESENTACIÓN | 11 |
| 1. EL TALLER DE REPARACIÓN DE VEHÍCULOS | 13 |
| Objetivos | 13 |
| Mapa conceptual | 14 |
| Glosario | 14 |
| 1.1. Introducción | 14 |
| 1.2. Equipos de uso general en el taller de reparación | 15 |
| 1.2.1. Mesa de trabajo con tornillo de banco | 15 |
| 1.2.2. Esmeriladora | 15 |
| 1.2.3. Taladradora de columna | 16 |
| 1.2.4. Elevador | 16 |
| 1.3. Herramientas manuales | 16 |
| 1.3.1. Herramientas manuales de corte y ajuste | 17 |
| 1.3.2. Herramientas manuales de golpeo | 17 |
| 1.3.3. Herramientas manuales de apriete de tornillos | 17 |
| 1.4. Herramientas de medición | 19 |
| 1.4.1. Instrumentos de medida directa | 19 |
| Resumen | 21 |
| Ejercicios propuestos | 21 |
| Actividades de autoevaluación | 22 |
| 2. EL MOTOR DE COMBUSTIÓN | 25 |
| Objetivos | 25 |
| Mapa conceptual | 26 |
| Glosario | 26 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.1. | Introducción | 26 |
| 2.2. | Principio de funcionamiento del motor de cuatro tiempos | 27 |
| 2.2.1. | Funcionamiento teórico del motor de explosión de cuatro tiempos | 27 |
| 2.2.2. | Funcionamiento teórico del motor diésel de cuatro tiempos | 28 |
| 2.2.3. | Funcionamiento práctico del motor de cuatro tiempos | 28 |
| 2.2.4. | Magnitudes de referencia de los motores de combustión | 29 |
| 2.3. | Principio de funcionamiento del motor de dos tiempos | 30 |
| 2.3.1. | Fases del funcionamiento del motor de dos tiempos | 31 |
| 2.4. | Diseños constructivos o arquitectura de los motores | 32 |
| 2.4.1. | Motor de cilindros en línea | 32 |
| 2.4.2. | Motor de cilindros en V | 32 |
| 2.4.3. | Motor de cilindros en W | 33 |
| 2.4.4. | Numeración de los cilindros | 33 |
| 2.4.5. | Orden de encendido del motor | 34 |
| 2.5. | Componentes del motor | 34 |
| 2.5.1. | Culata y tapa de culata | 35 |
| 2.5.2. | Junta de culata | 36 |
| 2.5.3. | Bloque motor | 36 |
| 2.5.4. | Tren alternativo | 37 |
| 2.5.5. | Cárter | 40 |
| 2.5.6. | Distribución del motor | 41 |
| 2.6. | Sistema de accionamiento por correa para los grupos auxiliares del motor | 43 |
| 2.6.1. | Correa de accionamiento y rodillos fijos | 44 |
| 2.6.2. | Sistema de tensión | 44 |
| | Resumen | 45 |
| | Ejercicios propuestos | 45 |
| | Actividades de autoevaluación | 46 |
| 3. | EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN | 49 |
| | Objetivos | 49 |
| | Mapa conceptual | 50 |
| | Glosario | 50 |
| 3.1. | Función del circuito de lubricación | 50 |
| 3.2. | Elementos que componen el sistema de lubricación | 51 |
| 3.2.1. | Bomba de aceite | 52 |
| 3.2.2. | Válvula de descarga o limitadora de presión | 54 |
| 3.2.3. | Filtro de aceite | 55 |
| 3.2.4. | Intercambiador de calor | 56 |
| 3.2.5. | Inyector de aceite para refrigeración de los pistones | 56 |
| 3.2.6. | Elementos eléctricos y electrónicos de control del circuito de lubricación .. | 56 |
| 3.3. | Aceites del motor | 57 |
| 3.3.1. | Componentes de los aceites | 57 |
| 3.3.2. | Propiedades: la viscosidad | 58 |
| 3.3.3. | Especificaciones de calidad de los aceites | 61 |
| 3.4. | Comprobación del circuito de lubricación | 62 |
| | Resumen | 64 |
| | Ejercicios propuestos | 64 |
| | Actividades de autoevaluación | 66 |

| | |
|---|-----|
| 4. EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN | 69 |
| Objetivos | 69 |
| Mapa conceptual | 70 |
| Glosario | 70 |
| 4.1. Función del circuito de refrigeración | 70 |
| 4.2. Elementos que componen el sistema de refrigeración | 71 |
| 4.2.1. Bomba de agua | 72 |
| 4.2.2. Termostato | 73 |
| 4.2.3. Radiador | 74 |
| 4.2.4. Ventilador del radiador | 74 |
| 4.2.5. Depósito de expansión | 76 |
| 4.2.6. Tapón de presurización | 76 |
| 4.2.7. Sensores de temperatura | 77 |
| 4.3. Líquido refrigerante | 77 |
| 4.4. Comprobación del circuito de refrigeración | 78 |
| 4.4.1. Estandarización del circuito de refrigeración | 78 |
| 4.4.2. Comprobación de las válvulas del tapón del circuito | 78 |
| 4.4.3. Comprobación del termostato | 79 |
| Resumen | 79 |
| Ejercicios propuestos | 80 |
| Actividades de autoevaluación | 81 |
| | |
| 5. SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR | 83 |
| Objetivos | 83 |
| Mapa conceptual | 84 |
| Glosario | 84 |
| 5.1. Introducción | 85 |
| 5.2. Sistema de admisión de aire del motor | 85 |
| 5.2.1. Filtro de aire | 86 |
| 5.2.2. Medidor de la masa de aire o caudalímetro | 87 |
| 5.2.3. Turbocompresor | 87 |
| 5.2.4. <i>Intercooler</i> o intercambiador de aire de admisión | 88 |
| 5.2.5. Mariposa de admisión | 88 |
| 5.3. Sistema de escape | 89 |
| 5.3.1. Colector de escape | 89 |
| 5.3.2. Válvula EGR | 89 |
| 5.3.3. Catalizadores o elementos depuradores de los gases de escape | 90 |
| 5.3.4. Desacoplador de vibraciones | 90 |
| 5.3.5. Silenciador | 91 |
| 5.4. Sistema de alimentación de combustible en los motores de explosión | 91 |
| 5.4.1. Inyección indirecta multipunto con control electrónico | 91 |
| 5.4.2. Inyección directa de gasolina | 94 |
| 5.5. Sistema de encendido en los motores de explosión | 95 |
| 5.5.1. Bobina de encendido | 96 |
| 5.5.2. Distribuidor de encendido | 96 |
| 5.5.3. Cables de alta tensión y bujías de encendido | 97 |
| 5.6. Sistema de alimentación de combustible en los motores diésel | 97 |
| 5.6.1. Sistema de inyección diésel <i>common rail</i> | 98 |
| 5.6.2. Sistema de inyección diésel con inyector bomba | 100 |

| | |
|--|------------|
| 5.7. Sistema de precalentamiento en los motores diésel | 101 |
| Resumen | 102 |
| Ejercicios propuestos | 102 |
| Actividades de autoevaluación | 103 |
| 6. EL SISTEMA DE SUSPENSIÓN | 105 |
| Objetivos | 105 |
| Mapa conceptual | 106 |
| Glosario | 106 |
| 6.1. Finalidad del sistema de suspensión | 106 |
| 6.2. Elementos que componen el sistema de suspensión | 107 |
| 6.2.1. Elementos elásticos de la suspensión | 107 |
| 6.2.2. Elementos de absorción o amortiguación | 110 |
| 6.2.3. Elementos de guiado y apoyo | 111 |
| 6.3. Arquitectura de la suspensión | 113 |
| 6.3.1. De eje rígido | 113 |
| 6.3.2. De ruedas independientes | 114 |
| 6.3.3. De eje semirrígido o puente de torsión | 117 |
| Resumen | 118 |
| Ejercicios propuestos | 118 |
| Actividades de autoevaluación | 119 |
| 7. EL SISTEMA DE DIRECCIÓN | 121 |
| Objetivos | 121 |
| Mapa conceptual | 122 |
| Glosario | 122 |
| 7.1. Necesidad del sistema de dirección | 122 |
| 7.2. Geometría de la dirección | 123 |
| 7.2.1. Ángulo de caída | 124 |
| 7.2.2. Ángulo de salida o radio del pivote | 124 |
| 7.2.3. Ángulo de avance o <i>caster</i> | 124 |
| 7.2.4. Convergencia | 125 |
| 7.3. Elementos que componen el sistema de dirección | 126 |
| 7.3.1. Volante y columna de la dirección | 127 |
| 7.3.2. Mecanismo de la dirección | 127 |
| 7.3.3. Tirantería de la dirección | 128 |
| 7.4. Sistemas de dirección asistida | 129 |
| 7.4.1. Asistencia hidráulica | 129 |
| 7.4.2. Asistencia electromecánica | 132 |
| 7.5. Alineación del tren de rodaje | 133 |
| Resumen | 134 |
| Ejercicios propuestos | 135 |
| Actividades de autoevaluación | 136 |
| 8. LAS RUEDAS | 139 |
| Objetivos | 139 |
| Mapa conceptual | 140 |

| | |
|---|------------|
| Glosario | 140 |
| 8.1. Componentes principales de las ruedas | 140 |
| 8.2. El neumático | 141 |
| 8.2.1. Componentes del neumático | 142 |
| 8.2.2. Tipos de neumáticos según su aplicación | 144 |
| 8.2.3. Nomenclatura de los neumáticos | 145 |
| 8.3. Llantas | 147 |
| 8.3.1. Tipos de llantas | 147 |
| 8.3.2. Dimensiones de las llantas | 148 |
| 8.4. Válvula de inflado del neumático | 149 |
| 8.5. Mantenimiento de los neumáticos | 149 |
| 8.5.1. Presión de inflado | 149 |
| 8.5.2. Equilibrado | 150 |
| 8.6. Desmontaje del neumático | 151 |
| Resumen | 152 |
| Ejercicios propuestos | 152 |
| Actividades de autoevaluación | 153 |
| | |
| 9. EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DEL VEHÍCULO | 155 |
| Objetivos | 155 |
| Mapa conceptual | 156 |
| Glosario | 156 |
| 9.1. Introducción al sistema de transmisión de los vehículos | 156 |
| 9.1.1. Montaje transversal del motor y tracción eje delantero o eje trasero | 157 |
| 9.1.2. Montaje longitudinal motor/caja de cambios y tracción sobre el eje donde van colocados | 158 |
| 9.1.3. Montaje longitudinal motor/caja de cambios y tracción eje trasero | 158 |
| 9.1.4. Tracción a las cuatro ruedas | 159 |
| 9.2. El embrague | 159 |
| 9.2.1. Embrague de fricción | 159 |
| 9.2.2. Convertidor de par | 160 |
| 9.3. Caja de cambios | 161 |
| 9.3.1. Caja de cambios manual | 161 |
| 9.3.2. Caja de cambios manual automatizada o robotizada | 162 |
| 9.3.3. Caja de cambios automática | 163 |
| 9.4. Grupo de reducción final. Diferencial | 164 |
| 9.4.1. Grupo de reducción final | 164 |
| 9.4.2. Diferencial | 164 |
| 9.5. Árbol de transmisión o eje de transmisión | 165 |
| 9.6. Palieres o semiárboles de transmisión | 165 |
| 9.7. Transfer o diferencial central | 166 |
| Resumen | 166 |
| Ejercicios propuestos | 167 |
| Actividades de autoevaluación | 168 |
| | |
| 10. EL SISTEMA DE FRENADO | 171 |
| Objetivos | 171 |
| Mapa conceptual | 172 |

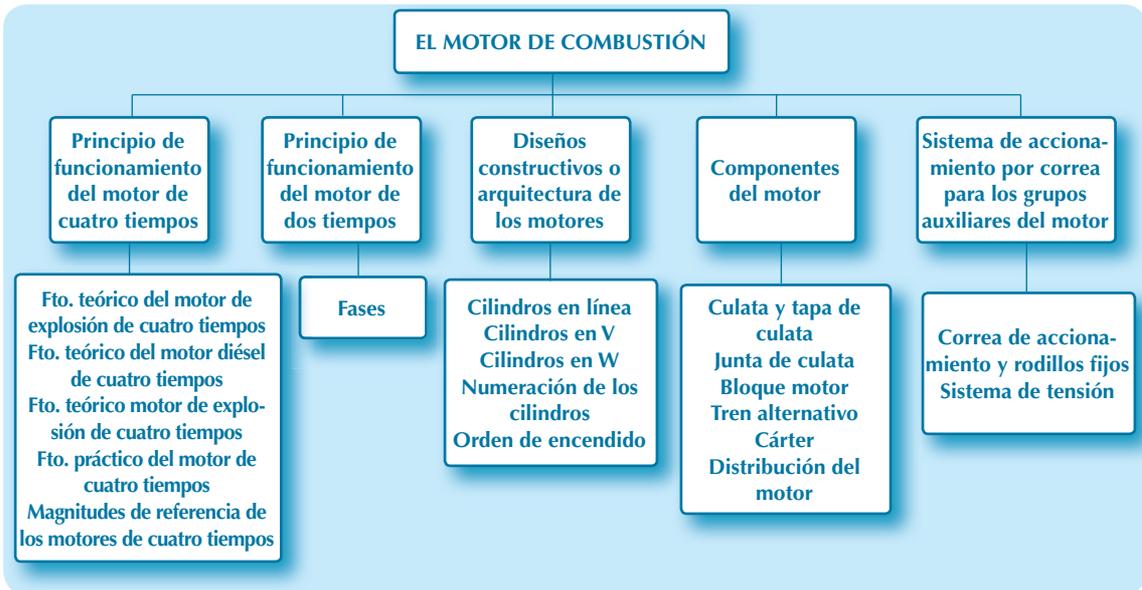
| | |
|--|------------|
| Glosario | 172 |
| 10.1. Introducción al sistema de frenado | 172 |
| 10.2. Frenos de disco | 173 |
| 10.2.1. Disco | 173 |
| 10.2.2. Pinza de frenos | 174 |
| 10.2.3. Pastillas de freno | 175 |
| 10.3. Frenos de tambor | 175 |
| 10.3.1. Zapatas | 175 |
| 10.3.2. Tambor | 176 |
| 10.3.3. Cilindro hidráulico de freno o bombín | 176 |
| 10.3.4. Dispositivo de ajuste automático del desgaste de las zapatas | 176 |
| 10.4. Circuito hidráulico del sistema de freno de servicio | 177 |
| 10.4.1. Bomba de frenos o cilindro maestro | 177 |
| 10.4.2. Servofreno | 178 |
| 10.4.3. Canalizaciones | 179 |
| 10.4.4. Líquido de frenos | 179 |
| 10.5. Freno de estacionamiento | 180 |
| 10.6. Sistema de frenado ABS | 182 |
| 10.6.1. Unidad de control electrónico | 183 |
| 10.6.2. Unidad hidráulica | 183 |
| 10.6.3. Sensores de rueda | 183 |
| Resumen | 184 |
| Ejercicios propuestos | 184 |
| Actividades de autoevaluación | 185 |
| | |
| 11. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y GESTIÓN DE RESIDUOS | 187 |
| Objetivos | 187 |
| Mapa conceptual | 188 |
| Glosario | 188 |
| 11.1. Introducción | 188 |
| 11.2. Riesgos en el taller de reparación | 189 |
| 11.2.1. Riesgos de seguridad | 189 |
| 11.2.2. Riesgos ergonómicos | 190 |
| 11.2.3. Riesgos higiénicos | 190 |
| 11.2.4. Riesgos psicosociales | 192 |
| 11.3. Medidas de prevención colectiva | 192 |
| 11.4. Medidas de prevención individual | 193 |
| 11.5. Señalización | 195 |
| 11.5.1. Señales de advertencia | 195 |
| 11.5.2. Señales de prohibición | 195 |
| 11.5.3. Señales de obligación | 195 |
| 11.5.4. Señales de salvamento o socorro | 196 |
| 11.5.5. Señales relativas a la lucha contra incendios | 196 |
| 11.6. Fichas de seguridad | 197 |
| 11.7. Gestión medioambiental | 197 |
| Resumen | 198 |
| Ejercicios propuestos | 199 |
| Actividades de autoevaluación | 200 |

El motor de combustión

Objetivos

- ✓ Conocer el funcionamiento teórico y práctico de los motores de ciclo Otto y diésel de cuatro tiempos.
- ✓ Identificar los elementos del motor de cuatro tiempos.
- ✓ Interpretar los diagramas de funcionamiento y los diagramas de la distribución de los motores de cuatro tiempos.
- ✓ Analizar las diferencias entre los funcionamientos teóricos y prácticos.
- ✓ Saber calcular las características que definen un motor de cuatro tiempos.

Mapa conceptual



Glosario

AAA. Abreviatura de avance, apertura, admisión.

AAE. Abreviatura de avance, apertura, escape.

AE. Abreviatura de avance del encendido.

AI. Abreviatura de avance de la inyección.

Cámara de combustión. Alojamiento en la culata o en la cabeza del pistón donde se queda la mezcla comprimida cuando el pistón está en el punto muerto superior.

Carrera. La distancia que recorre el pistón desde el punto muerto inferior al punto muerto superior.

PMI. Abreviatura de punto muerto inferior.

PMS. Abreviatura de punto muerto superior.

RCA. Abreviatura de retraso, cierre, admisión.

RCE. Abreviatura de retraso, cierre, escape.

2.1. Introducción

En este capítulo se va a estudiar el motor de combustión interna, que es el más utilizado en los vehículos actuales (figura 2.1). Dentro de los motores de combustión interna se distinguen los motores que funcionan según el ciclo Otto, más comúnmente denominados *motores gasolina*, y el *motor diésel*; ambos tipos de motores presentan un diseño similar.

Estos motores son máquinas térmicas, las cuales transforman la energía química almacenada en el combustible (mediante un proceso termodinámico) en energía mecánica. El hecho de que

este proceso se realice interiormente en el motor hace que estos motores se denominen *de combustión interna*.

El proceso de funcionamiento consiste en quemar el combustible dentro del motor en la cámara de combustión, lo cual produce un calor que genera una elevada presión dentro de las paredes del cilindro. Esta elevada presión produce una fuerza que empuja al pistón colocado dentro del cilindro hacia abajo. Esta fuerza es transmitida del pistón a la biela, produciendo el giro del cigüeñal (transformándose el movimiento rectilíneo del pistón en un movimiento circular del cigüeñal).

Para que se produzca este proceso tienen que desarrollarse una serie de pasos o tiempos que van a explicarse en los siguientes apartados.



Figura 2.1
Motor de combustión MAHLE®.

2.2. Principio de funcionamiento del motor de cuatro tiempos

El funcionamiento del motor de combustión interna se desarrolla mediante un proceso cíclico que se repite continuamente. Este proceso de trabajo sigue una serie de pasos o tiempos en los cuales, en primer lugar, se introduce aire y combustible en la cámara de combustión; después, ambos se comprimen y se produce su combustión para producir trabajo. Una vez realizada esta combustión, se evacúan los gases quemados al exterior del cilindro.

2.2.1. Funcionamiento teórico del motor de explosión de cuatro tiempos

El funcionamiento teórico del motor de combustión, según el ciclo de los cuatro tiempos, sigue estos cuatro pasos: admisión, compresión, expansión o explosión y escape.

- a) *Admisión*: el pistón se desplaza desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI) con la válvula de admisión abierta (figura 2.2 a). En esta carrera descendente, el cigüeñal gira su primera media vuelta (180°). Se produce el llenado del cilindro de aire y gasolina.
- b) *Compresión*: la válvula de admisión se cierra en el PMI y el pistón sube hasta el PMS, comprimiendo la mezcla de aire y gasolina (figura 2.2 b). El cigüeñal gira otros 180° , dando ya su primera vuelta.
- c) *Expansión o explosión*: al llegar al PMS, salta la chispa en la bujía, provocando el inicio de la combustión de la mezcla, la cual produce la expansión de los gases que empujan al pistón en su carrera descendente hacia el PMI (figura 2.2 c).

Las dos válvulas siguen cerradas durante este tiempo, girando el cigüeñal otros 180° . Es en la única fase de funcionamiento del motor en la que se produce trabajo.

- d) *Escape*: el pistón asciende desde el PMI con la válvula de escape abierta, para expulsar al exterior del cilindro los gases quemados (figura 2.2 d). Al llegar al PMS, se cierra la válvula de escape, abriéndose la de admisión para empezar otra vez el ciclo.

Durante este tiempo, el cigüeñal ha girado otros 180° (media vuelta), para terminar dando las dos vueltas de cigüeñal de que consta el ciclo de los cuatro tiempos.

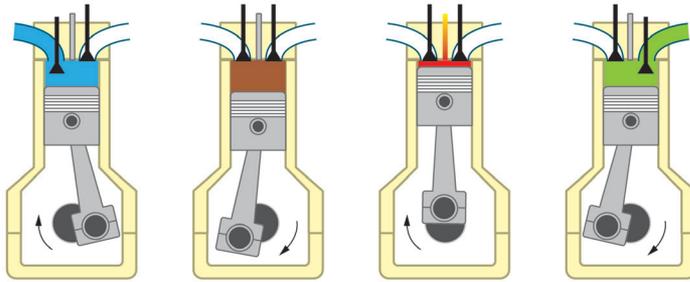


Figura 2.2
(a, b, c y d). Resumen del principio de funcionamiento del motor de cuatro tiempos.

2.2.2. Funcionamiento teórico del motor diésel de cuatro tiempos

El funcionamiento de un motor diésel de cuatro tiempos es muy similar al de gasolina, y también sigue estos cuatro pasos: admisión, compresión, expansión o explosión y escape.

La diferencia principal es que, en el motor diésel, en el tiempo de admisión, solamente se aspira aire y, al final del tiempo de compresión, un poco antes del PMS, se inyecta el gasóleo a elevada presión dentro de la cámara de combustión.

El gasóleo, al entrar en contacto con el aire caliente dentro del cilindro, se autoenciende, produciéndose la combustión. Esta combustión se realiza según va entrando el gasóleo en la cámara de combustión, originando que la presión se mantenga prácticamente constante durante el tiempo de expansión, hecho por el cual de los motores diésel se dice que tienen una *combustión a presión constante*.

2.2.3. Funcionamiento práctico del motor de cuatro tiempos

Como ya se ha visto en el funcionamiento teórico de los motores Otto y diésel, cada uno de los tiempos dura 180° de giro de cigüeñal, desarrollándose el ciclo completo en dos vueltas del cigüeñal y cuatro carreras del pistón.

Este funcionamiento del motor, según el ciclo teórico, tiene un rendimiento bastante pobre, por lo cual se pasó a un funcionamiento de ciclo práctico o real.

En el ciclo de funcionamiento real, lo que se hace es mantener más tiempo abiertas las válvulas de admisión y de escape, alargándose estos dos tiempos, consiguiéndose una mejor aspiración de gases frescos y una mejor evacuación de los gases quemados.

Dado que, así, las válvulas de admisión y de escape se abren antes y se cierran después de sus puntos de cierre, aparecen unas cotas angulares denominadas *cotas de la distribución*. Estos ángulos están referidos a ángulos de giro del cigüeñal y se dibujan en el diagrama, denominado *diagrama de distribución del motor*.

En la figura 2.3 se muestran las dos vueltas de giro del cigüeñal y los grados de giro de este, que duran los cuatro tiempos reales en el motor.

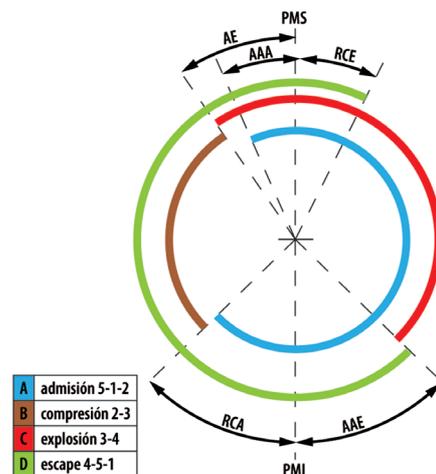


Figura 2.3
Diagrama de distribución del funcionamiento práctico del motor.

- a) Las cotas de la distribución relativas al tiempo de admisión son:
- ✓ Avance a la apertura de admisión (AAA): que son los grados de giro del cigüeñal que abre la válvula de admisión antes del PMS.
 - ✓ Retraso al cierre de admisión (RCA): que equivale a los grados de giro del cigüeñal que cierra la válvula de admisión después del PMI.
- b) Las cotas de la distribución relacionadas con el escape son:
- ✓ Avance a la apertura del escape (AAE): los grados que abre la válvula de escape antes de que llegue el pistón al PMI.
 - ✓ Retraso al cierre de escape (RCE): los grados de giro del cigüeñal que está abierta la válvula de escape después de sobrepasarse el PMS.

En el diagrama de distribución también se marcan los grados de avance del encendido (motor de gasolina) o de inyección (diésel). Esta cota determina los grados de giro del cigüeñal antes de que el pistón llegue al PMS en el tiempo de compresión. Cada motor presentará un diagrama de distribución determinado para conseguir el mayor rendimiento posible.

Recurso web

www

Para entender bien el diagrama de distribución y las cotas se recomienda la visualización del siguiente vídeo, al que puede accederse a través de este código QR:



Actividad propuesta 2.1

Elige un motor del taller de prácticas y busca en su manual las cotas de distribución que presenta.

2.2.4. Magnitudes de referencia de los motores de combustión

Los motores alternativos de combustión interna presentan unas magnitudes o dimensiones comunes a todos ellos, siendo las más importantes las siguientes (figura 2.4):

- a) *Punto muerto superior (PMS)*: los puntos muertos del pistón son aquellos en los cuales se invierte el sentido de movimiento del pistón. Se hace referencia al punto muerto superior cuando el pistón se encuentra en la posición más alta posible dentro del cilindro.
- b) *Punto muerto inferior (PMI)*: en este punto, el pistón se encuentra en la posición más baja dentro del cilindro.

- c) *Carrera*: es la distancia recorrida por el pistón entre el PMS y PMI.
 d) *Diámetro o calibre*: es el diámetro del cilindro del motor.
 e) *Cilindrada*: se corresponde con la suma de cada uno de los volúmenes unitarios de los cilindros de que consta el motor. Para calcular el volumen de cada cilindro del motor se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_u = \pi r^2 \cdot \text{carrera}$$

- f) *Cámara de combustión*: es el volumen dentro del cual se queda comprimido el gas dentro del cilindro cuando el pistón se encuentra en el PMS. Esta cámara de combustión puede ir labrada en la culata o colocada en el interior del pistón.
 g) *Relación de compresión*: esta magnitud del motor relaciona el volumen unitario del cilindro con el volumen de la cámara de combustión. Es una magnitud sin dimensiones y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RC = (VC + V_c) / V_c$$

Donde:

RC: relación de compresión.

VC: volumen del cilindro.

V_c: volumen de la cámara.

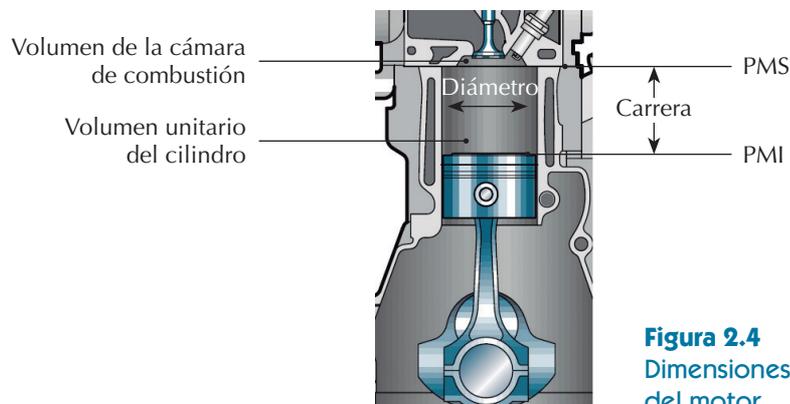


Figura 2.4
Dimensiones importantes del motor.

2.3. Principio de funcionamiento del motor de dos tiempos

El motor de dos tiempos, a diferencia del de cuatro, realiza su ciclo de funcionamiento de admisión-compresión-expansión-escape en dos carreras del pistón, una vuelta del cigüeñal (figura 2.5).

Las diferencias fundamentales entre los motores de dos tiempos con respecto a los de cuatro son las siguientes:

1. La entrada y salida de los gases de admisión y escape al motor se realiza mediante unos orificios denominados *lunbreras*, los cuales son abiertos y cerrados por el movimiento del pistón dentro del cilindro. Así pues, este motor no tiene sistema de distribución al no tener válvulas, lo cual representa su principal ventaja constructiva.

2. El pistón realiza trabajo por sus dos caras; en la cara superior recibe la explosión y en la inferior se encarga de la precompresión de la mezcla en el cárter del cigüeñal.
3. Este motor no tiene circuito de lubricación. Esta lubricación se realiza por partículas de aceite contenidas en el combustible que impregnan todas las piezas mecánicas del motor. Por esto, el aceite se mezcla con el combustible en una determinada proporción.

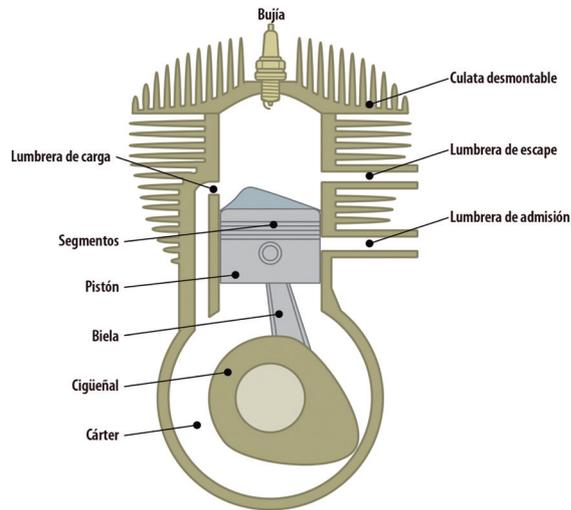


Figura 2.5
Componentes del motor
de combustión de dos tiempos.

2.3.1. Fases del funcionamiento del motor de dos tiempos

Las fases de funcionamiento, como se ha visto, se realizan en las dos carreras del pistón (figura 2.6).

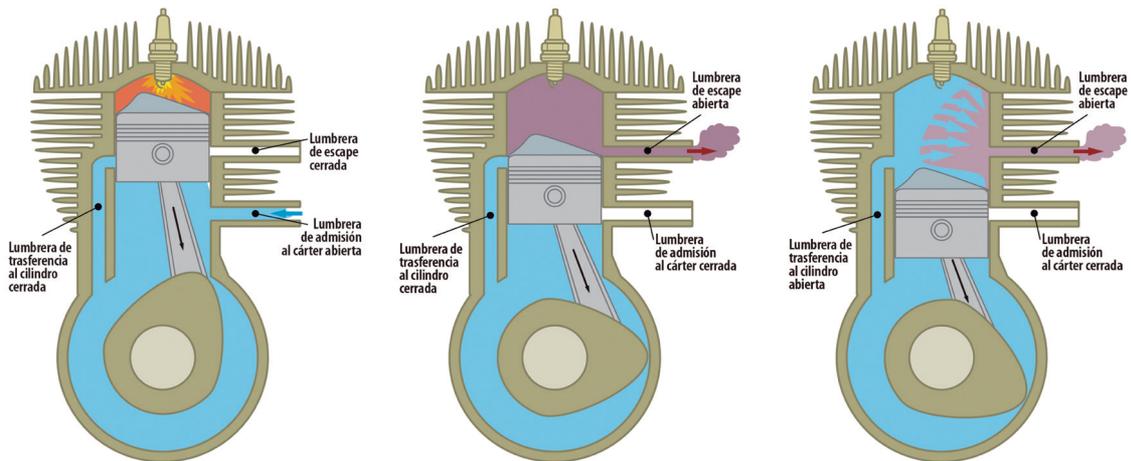


Figura 2.6
Funcionamiento del motor de combustión de dos tiempos.

- a) *Carrera ascendente: fases de admisión-compresión.* En el recorrido ascendente del pistón desde el PMI, el pistón abre la lumbrera de admisión para que entre la mezcla de aire-gasolina en el cárter. Al seguir subiendo, realiza la compresión de la mezcla que ha pasado del cárter al cilindro por medio de la lumbrera de carga. Al llegar el pistón al PMS,

saltará la chispa en la bujía que producirá la explosión de la mezcla, impulsando con fuerza al pistón para que realice en su carrera descendente.

- b) *Carrera descendente: fases de expansión-escape.* En su carrera descendente, el pistón abre la lumbrera de escape para que salgan los gases quemados, y la lumbrera de transferencia, para que pase la mezcla de aire-gasolina precomprimida en el cárter del cigüeñal.

Actividad propuesta 2.2



Elige en el taller de prácticas un motor de dos tiempos y determina su PMS y PMI, su carrera y el volumen del cilindro.

2.4. Diseños constructivos o arquitectura de los motores

Los motores de combustión han presentado numerosas variantes o diseños constructivos en función de la disposición de los cilindros en el motor. Los que más se utilizan son los que se estudian a continuación.

2.4.1. Motor de cilindros en línea

En esta disposición del motor, los cilindros van colocados en una línea, utilizándose este diseño en motores de entre dos y seis cilindros (figura 2.7.)

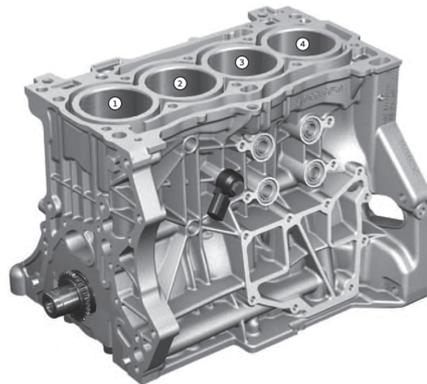


Figura 2.7
Motor con cilindros en línea.

La numeración de los cilindros del motor puede diferir en función del constructor del motor, utilizándose, generalmente, la que empieza a contar los cilindros desde el lado opuesto al de entrega de fuerza del motor (lado del volante de inercia).

2.4.2. Motor de cilindros en V

En este caso, los cilindros van colocados en dos líneas o bancadas, las cuales forman un ángulo de 60 o 90°, como se puede apreciar en la figura 2.8.

Este tipo de diseño se utiliza para motores de 6, 8 o 10 cilindros. Un caso especial de un motor en V son los motores de V estrecha o VR (figura 2.9), donde el ángulo entre los cilindros es de 15° y van colocados en dos líneas pero en una misma bancada.

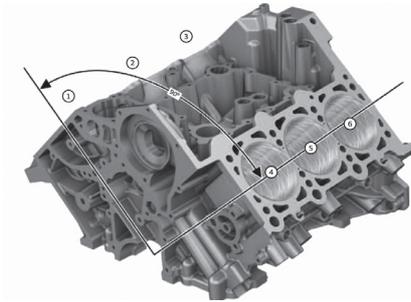


Figura 2.8
Motor de cilindros en V.

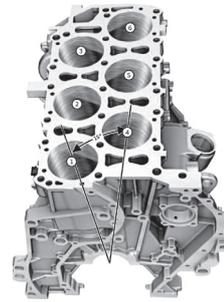


Figura 2.9
Motor de cilindros en V estrecha o VR.

2.4.3. Motor de cilindros en W

Una combinación de dos bancadas de cilindros VR constituye el motor en W (figura 2.10). Así se consigue un motor de una gran cilindrada, muy compacto.

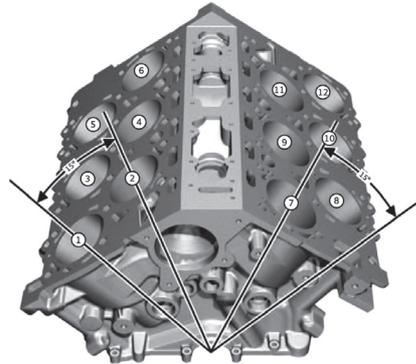


Figura 2.10
Motor de cilindros en W.

2.4.4. Numeración de los cilindros

Los cilindros en el motor van numerados para poder identificarlos correctamente en el motor (figura 2.11).

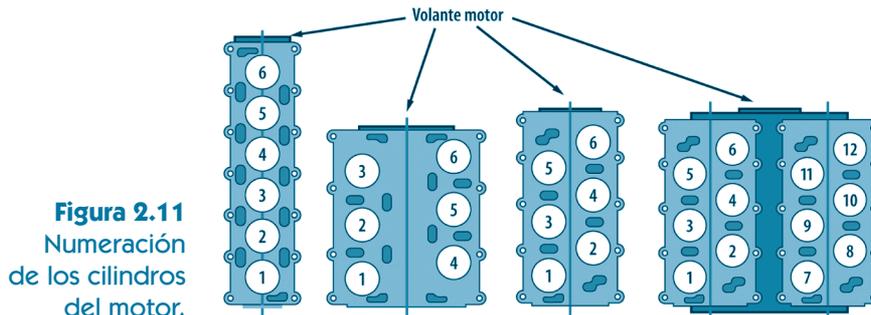


Figura 2.11
Numeración de los cilindros del motor.

Según la normativa, se empieza a enumerar los cilindros mirando de frente al motor desde el extremo opuesto al extremo de salida de la fuerza del motor (lado del volante de inercia).

Cuando el motor tiene varias líneas, se empieza a contar desde la bancada de la izquierda.

Aunque hay fabricantes que no siguen esta norma, por lo que es *muy importante* ver el manual del fabricante del motor para saber desde dónde se empiezan a enumerar a los cilindros.

2.4.5. Orden de encendido del motor

El orden de encendido indica la secuencia con la que se produce la explosión en cada uno de los cilindros que componen el motor. Este orden de encendido lo determina el fabricante para conseguir un funcionamiento suave del motor, por lo cual puede variar de un motor a otro.

En el cuadro 2.1 se detallan los órdenes de encendido usuales en los motores en línea y en V.

CUADRO 2.1

Órdenes de encendido usuales en motores en línea y en V

| Tipo de motor/ Número de cilindros | Desplazamiento de los muñones del cigüeñal | Ángulo en V | Intervalo de encendido (KW- grados de giro del cigüeñal) | Orden de encendido |
|---------------------------------------|--|----------------|---|----------------------------|
| Cuatro cilindros en línea | 180° | – | 180° KW | 1-3-4-2 |
| Seis cilindros en línea | 120° | – | 120° KW | 1-5-3-6-2-4 |
| Ocho cilindros en V | 90° | 90° | 90° KW | 1-5-4-8-6-3-7-2 |
| Doce cilindros en V | 60° | 60° | 60° KW | 1-7-5-11-3-9-6-12-2-8-4-10 |

Actividad propuesta 2.3



Elige en el taller de prácticas un motor policilíndrico e indica su orden de encendido y desde dónde empiezan a enumerarse los cilindros.

2.5. Componentes del motor

Los motores de combustión se componen de una gran cantidad de piezas (figura 2.12), agrupándose estas en unos grupos denominados *componentes fundamentales* de los motores.

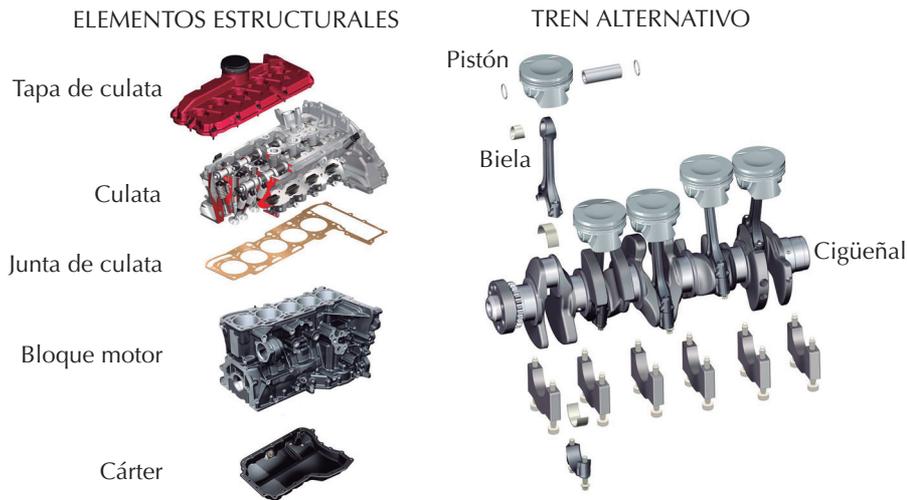


Figura 2.12
Componentes fundamentales de los motores de combustión alternativos.

2.5.1. Culata y tapa de culata

La culata es el elemento que cierra los cilindros en su parte superior, formando la cámara de combustión del cilindro (figura 2.13).

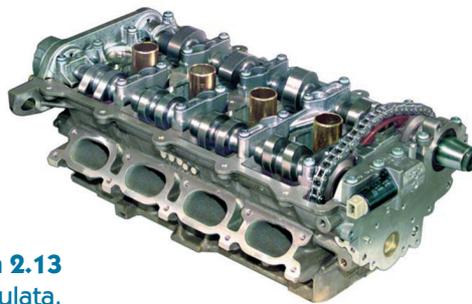


Figura 2.13
Culata.

Esta cámara de combustión puede estar labrada en la culata o colocada en la cabeza del pistón. En la culata, van colocadas las válvulas de admisión y escape, las cuales son las encargadas de abrir y cerrar los conductos de admisión y de escape con el interior del cilindro para que se produzcan los cuatro tiempos de funcionamiento del motor.

Esta pieza del motor está sometida a unos esfuerzos importantes, pues recibe la explosión que la tiende a separar del bloque motor, por lo cual, va atornillada al bloque motor con intermediación de una junta denominada *junta de culata*.

FUNDAMENTAL

En la culata, es muy importante seguir el orden y el par de apriete de los tornillos de unión al bloque.

Otra función que tiene que cumplir la culata es la evacuación del calor que no se aprovecha por el pistón, por eso dispone de canales por donde circula el líquido de refrigeración.

La culata va cerrada en su parte superior por una pieza denominada *tapa de culata* o *tapa de balancines* (figura 2.14), la cual evita que el aceite encargado de lubricar a los elementos superiores de la culata se escape al exterior. Esta tapa puede ser de chapa de acero, de materiales ligeros o de plástico.



Figura 2.14
Tapa de culata o de balancines.

2.5.2. Junta de culata

La junta de culata se encarga de sellar la unión entre la culata y el bloque motor (figura 2.15).

Su función es la de aislar el interior del cilindro del motor con los conductos de refrigeración, lubricación presentes en el bloque y en la culata, y evitar que se escape la compresión al exterior del cilindro.



Figura 2.15
Junta de culata.

Este elemento, durante su funcionamiento, está sometido a altas temperaturas y a fuertes cargas mecánicas, por lo cual se construye en materiales que se puedan deformar para conseguir un cierre hermético al mismo tiempo que flexible, para aguantar estos requerimientos térmicos y mecánicos.

Actualmente se utilizan dos tipos de juntas de culata:

1. *Juntas de material blando.* Constan de una chapa de soporte de metal, a la cual se unen por sus dos caras unas capas de material blando.
2. *Juntas metálicas.* Están formadas por varias capas de chapas de acero. Se utilizan en motores sometidos a cargas elevadas por su elevado aguante.

2.5.3. Bloque motor

El bloque motor constituye el cuerpo del motor, donde van colocados los cilindros; estos cilindros pueden ir perforados en el bloque o ser postizos (figura 2.16).

Otra función importante del bloque motor es la de soportar los esfuerzos producidos en el cigüeñal durante el funcionamiento del motor.

El bloque motor, como se ha visto anteriormente, presenta distintas formas según vayan colocados los cilindros, fabricándose en fundición o en aluminio.

En el bloque también van dispuestos los conductos de refrigeración, rodeando a los cilindros y conductos de lubricación encargados de conducir el aceite del circuito de lubricación.