

TRABAJO TECNOLOGÍA INDUSTRIAL II - SEMANA 5

¡Hola Andrés!

Te envío el tema de Motores térmicos, mírate las 4 primeras páginas.

También van ejercicios de este tema, mírate también los 4 primeros ejercicios.

Hace 2 semanas te envié 1 tema nuevo de Termodinámica con su boletín de ejercicios.

Esta semana el viernes en la hora de clase (10:20) vamos a hacer una videoclase para ver dudas y resolver algún ejercicio.

Prepara para ese día todas las dudas que tengas e intenta tener hechos los ejercicios.

Te envío un enlace a un blog en el que puedes ver con detalle los diferentes tipos de motores térmicos: partes y funcionamiento

<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/fsancac/2016/11/03/motores-termicos-2/>

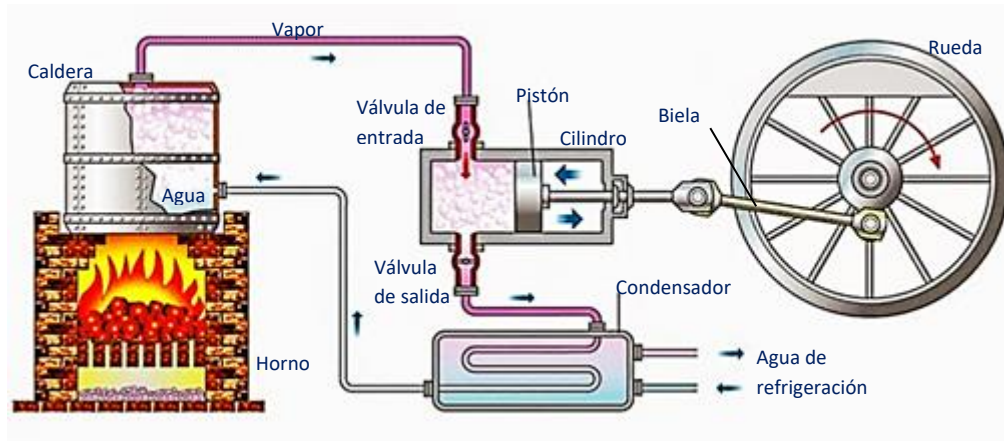
Un fuerte abrazo y mucho ánimo

Patricia Hermida



TEMA 7: MOTORES TÉRMICOS

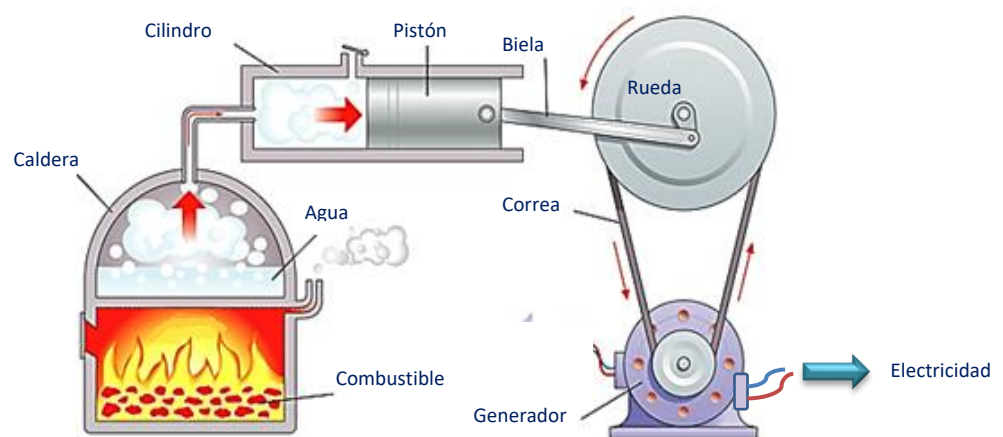
Son máquinas cuya misión es transformar la energía térmica en energía mecánica que sea directamente utilizable para producir trabajo.



Las fuentes de energía térmica pueden ser: nucleares, solares, quema de combustibles. En éste último caso se llaman “**motores de combustión**”.

➤ Según el lugar donde se quema el combustible, estos motores se clasifican en:

- ▶ **Motores de combustión externa:** la combustión se realiza fuera de la máquina, generalmente para calentar agua que, en forma de vapor, será la que realice el trabajo. Ej: **máquina de vapor**. Los motores de combustión externa también pueden utilizar gas como fluido de trabajo (aire, H₂ y He) como en el **motor Stirling**.
- **Funcionamiento:** En estas máquinas se genera vapor de agua en una caldera, que sale a elevada temperatura y presión, se lleva a un cilindro donde desplazará un pistón con movimiento lineal alternativo y mediante un mecanismo de biela-manivela se transformará en movimiento rotativo que accionará las ruedas de una locomotora o el rotor de un generador eléctrico (**turbina de vapor**). El pistón retrocede al expulsar los gases, con la ayuda de un volante de inercia.

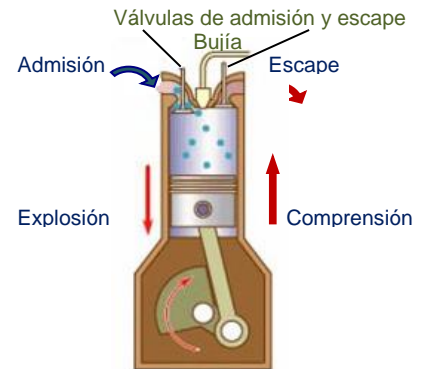
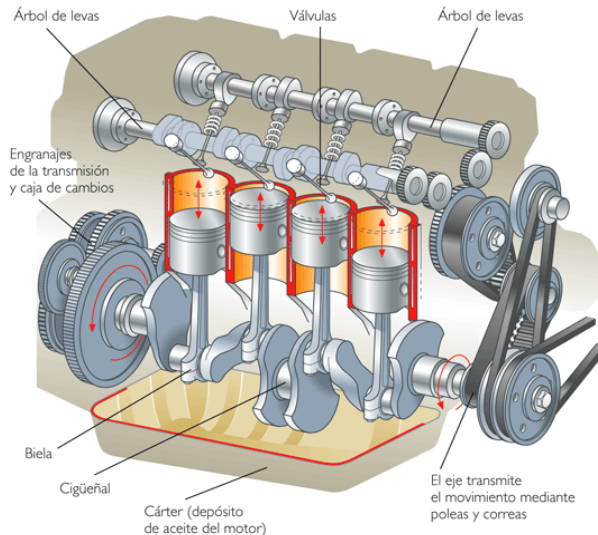


- ▶ **Motores de combustión interna:** queman el combustible en una cámara interna al propio motor. Los gases generados causan por expansión el movimiento de los mecanismos del motor.



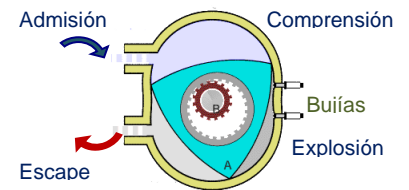
➤ Según la forma en que se obtiene la energía mecánica, los **motores de combustión interna** se clasifican en:

- ▶ **Motores alternativos:** en estos motores los gases resultantes de un proceso de combustión empujan un émbolo o pistón, desplazándolo en el interior de un cilindro (movimiento alternativo) y haciendo girar un cigüeñal, obteniendo finalmente un movimiento de rotación.



El árbol de levas al girar y las diferentes levas permiten la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape del cilindro.

- ▶ **Motores rotativos:** están formados por un rotor triangular que gira de forma excéntrica en el interior de una cámara. Al girar genera tres espacios o cámaras diferentes, donde ocurren las diferentes etapas



1. Motor alternativo de combustión interna

Son motores térmicos que se clasifican según el combustible en:

- ▶ **Motores de explosión o motor Otto: gasolina.**

La ignición de la mezcla gasolina-aire tiene lugar al producirse una chispa (bujía). Se llaman motores de encendido provocado (**MEP**).

El **carburador** es el dispositivo encargado de realizar la mezcla de aire-combustible.

- ▶ **Motores diesel**

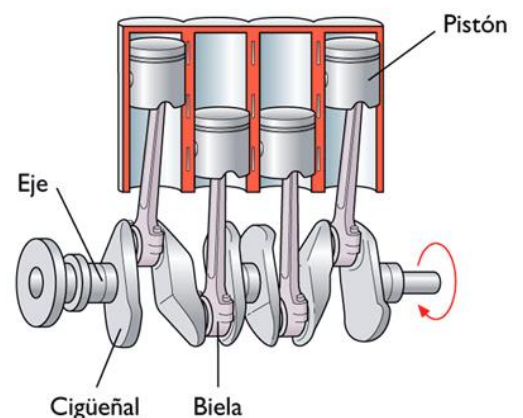
Son motores de encendido por compresión (**MEC**). La ignición se produce espontáneamente a medida que el combustible es inyectado en la cámara, cuando en esta se ha comprimido el aire a alta presión y temperatura.

Los motores alternativos están constituidos por 1 ó más cilindros en cuyo interior se desliza de forma alternativa el émbolo o **pistón**.

La parte superior se llama **culata** y contiene la cámara de compresión (y en los motores de explosión, la **bujía**). En la parte inferior se encuentra el **cárter** que contiene el aceite lubricante.

El movimiento alternativo del pistón se transmite a la **biela**, y de ésta al **cigüeñal**, produciendo así un movimiento rotatorio que irá a la **caja de cambios, diferencial y ruedas**.

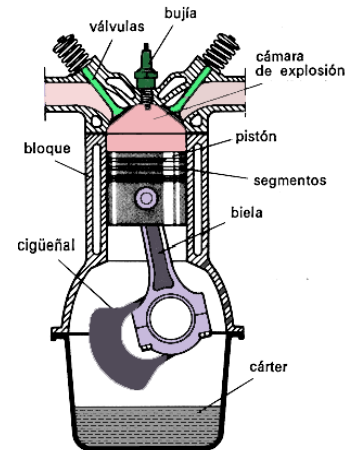
Las formas comunes de disposición de los cilindros son en V y en línea, con un número de cilindros variable en función de la potencia del motor.





Ciclo: el motor realiza un ciclo termodinámico que puede ser de 4 ó de 2 tiempos (4 ó 2 carreras del pistón)

- ▶ **Motor de 4 tiempos:** el ciclo termodinámico se completa en cuatro carreras del émbolo y dos vueltas del cigüeñal. En estos motores, la renovación del combustible se controla mediante la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape.



Motor monocilíndrico.

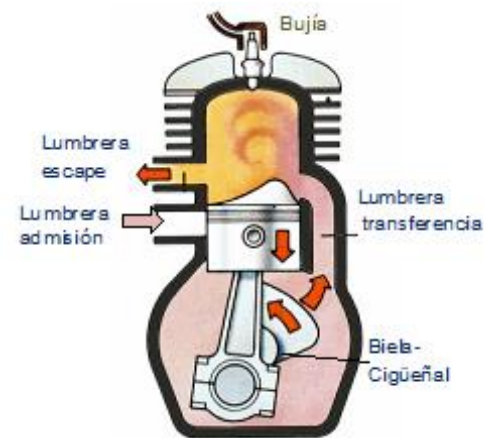
- ▶ **Motor de 2 tiempos:** el ciclo termodinámico se completa en dos carreras del émbolo y una vuelta del cigüeñal.

Este motor carece de válvulas y la entrada y salida de gases se realiza a través de las **lumbreras** (orificios situados en el cilindro)

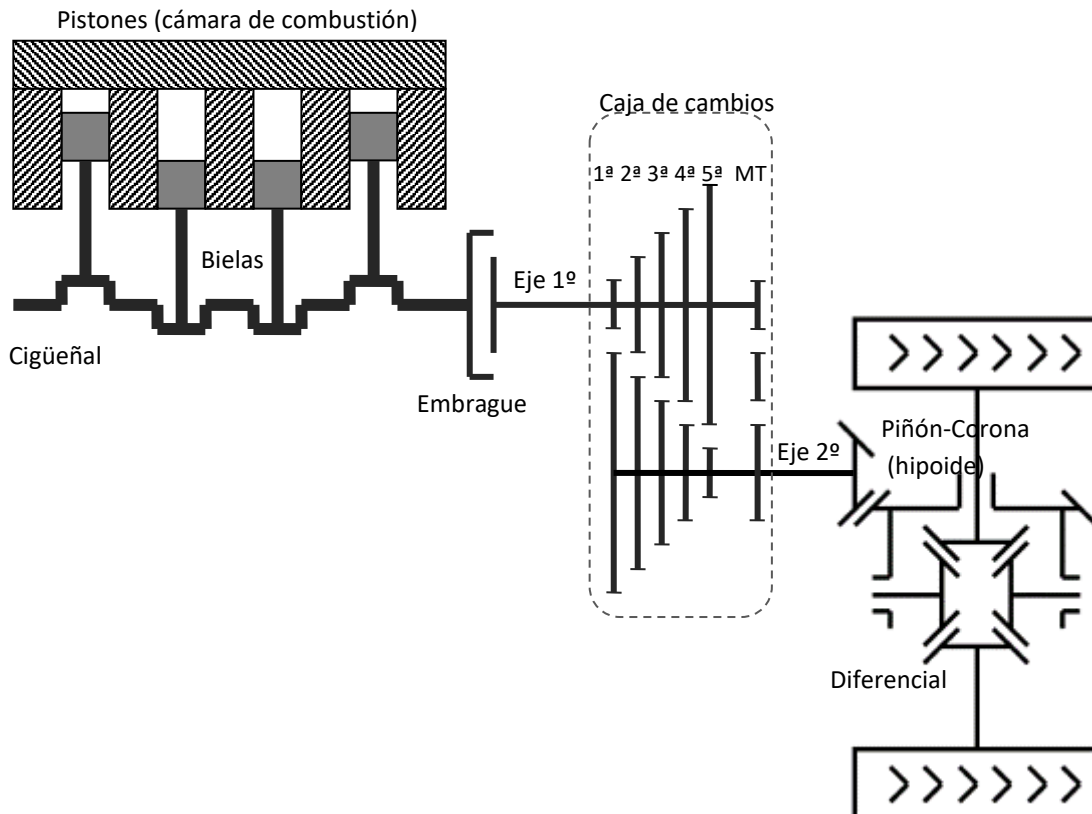
El pistón dependiendo de la posición que ocupa en el cilindro en cada momento abre o cierra el paso de gases a través de las lumbreras.

La lubricación, que en el motor de cuatro tiempos se efectúa mediante el cárter, en el motor de dos tiempos se consigue mezclando aceite con el combustible.

Al ser un motor ligero y económico es muy usado en aplicaciones en que no es necesaria mucha potencia tales como motocicletas, motores fuera borda, motosierras, cortadoras de césped, etc



Esquema de transmisión desde el cigüeñal a las ruedas:





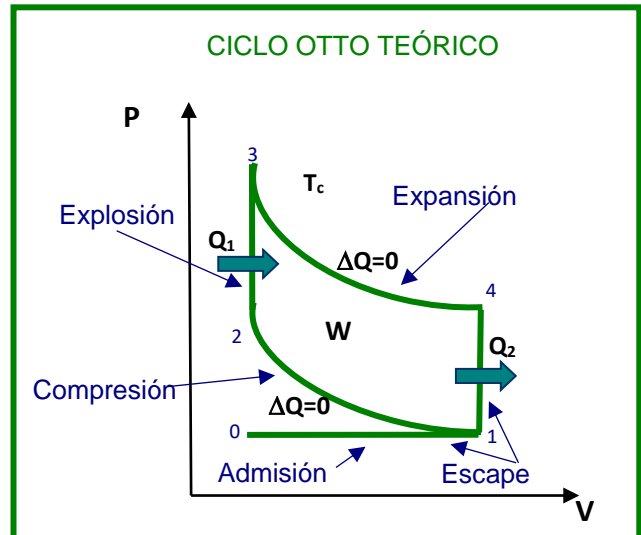
2. Motor de explosión de cuatro tiempos:

Se trata de un motor de encendido provocado (**MEP**), de gasolina que sigue un ciclo termodinámico **Otto**:

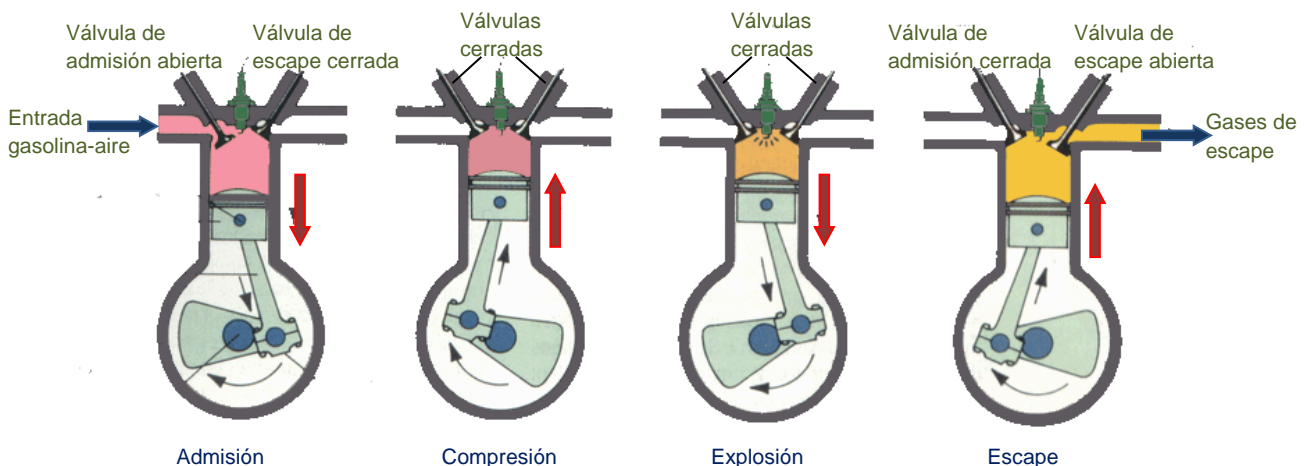
El ciclo Otto es un ciclo cerrado, que utiliza una mezcla de aire y gasolina y para su ignición tiene la ayuda de una chispa eléctrica producida por el sistema de encendido (bujía).

Este ciclo consta de 4 etapas o tiempos. **Admisión**, **compresión**, **explosión-expansión** y **escape**. Es un ciclo formado por dos adiabáticas y dos isócoras.

1. **Admisión (01)**: el pistón desciende arrastrado por el movimiento del cigüeñal y entra en el cilindro una mezcla aire-combustible a través de la válvula de admisión.
2. **Compresión (12)**: el pistón asciende arrastrado también por el movimiento del cigüeñal y comprime el aire y combustible, de forma que aumenta la presión y la temperatura de la mezcla.
3. **Explosión-expansión (234)**: al alcanzar la mezcla la máxima compresión, salta la chispa en la bujía, explota la mezcla y baja el pistón. El movimiento del pistón arrastra el cigüeñal, que realiza el **trabajo útil**.
4. **Escape (410)**: se abre la válvula de escape y el pistón sube y expulsa los gases. La válvula de escape se cierra y la válvula de admisión se abre, con lo que se está en disposición de iniciar un nuevo ciclo.



La diferencia entre la energía aportada Q_1 y la cedida Q_2 , se transforma en energía mecánica. Esta se manifiesta durante la carrera de expansión, que es la única en la que se produce trabajo útil y donde el pistón arrastra al cigüeñal. En el resto de las carreras es el cigüeñal el que arrastra al pistón gracias a la acción del volante de inercia, o bien, como se hace por norma, disponer, como mínimo, cuatro cilindros en un motor, combinando su funcionamiento de tal modo que en todo momento por lo menos uno de ellos trabaje.



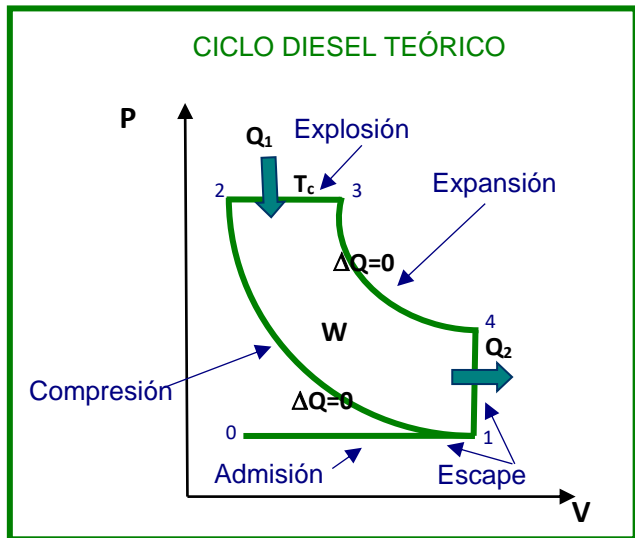
3. Motor diésel de cuatro tiempos:

Se trata de un motor de encendido por compresión (**MEC**), de gasoil que sigue un ciclo termodinámico cerrado. Utiliza aire a presión y la inyección de un combustible líquido el cual se inflama por la alta temperatura del aire lograda después de la compresión del aire.

Este ciclo consta de 4 etapas o tiempos: **admisión**, **compresión**, **explosión-expansión** y **escape**. Es un ciclo formado por dos adiabáticas, una isóbara y una isocora:



1. **Admisión (01):** el pistón desciende arrastrado por el movimiento del cigüeñal y entra en el cilindro aire a través de la válvula de admisión.
2. **Compresión (12):** el pistón asciende arrastrado también por el movimiento del cigüeñal y comprime el aire a una elevada presión (40-50 atm y 600°C).
3. **Explosión-expansión (234):** al alcanzar el aire la máxima compresión, se introduce el combustible finamente pulverizado mediante bomba inyectora. Al contacto con el aire caliente, el combustible se autoinflama y se produce la combustión. Baja el pistón y el movimiento del pistón arrastra el cigüeñal, que realiza el **trabajo útil**.
4. **Escape (410):** se abre la válvula de escape y el pistón sube y expulsa los gases.
La válvula de escape se cierra y la válvula de admisión se abre, con lo que se está en disposición de iniciar un nuevo ciclo.



Ventajas e inconvenientes de los motores diesel:

- Mayor rendimiento térmico. En el motor de gasolina el rendimiento está aproximadamente en un 24% y en el motor diesel en el 34%. Hay menos pérdidas en los gases de escape y por tanto menor contaminación.
- Menor consumo (por el mejor aprovechamiento del combustible) y menor coste del combustible.
- Menor contaminación por emisión de CO₂, responsable del efecto invernadero y calentamiento global.
- Mayor duración de la vida del motor, ya que tienen una mecánica más resistente al desgaste.
- Precio más elevado, por tener mayor coste de construcción.
- Más ruidosos por las fuertes explosiones de la combustión.
- Mayor contaminación por emisión de partículas contaminantes (óxidos nitrosos y CO). Aunque estas partículas las emiten los coches diésel antiguos.

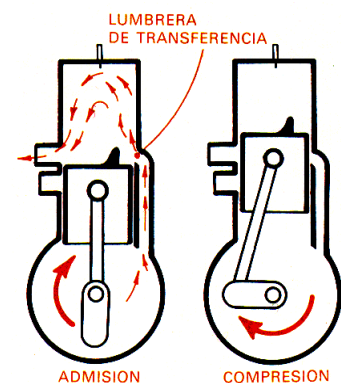
4. Motor de explosión de dos tiempos:

Los conductos de admisión y escape se llaman **lumbreras de admisión y escape**. Además, hay otra lumbrera que comunica el cárter con el cilindro y que recibe el nombre de **lumbrera de transferencia**. Estas lumbreras quedan abiertas o cerradas por el movimiento del pistón en el interior del cilindro.

El combustible entra en el cárter que actúa como una bomba que aspira el combustible a través de la lumbrera de admisión y lo transfiere al cilindro mediante la lumbrera de transferencia.

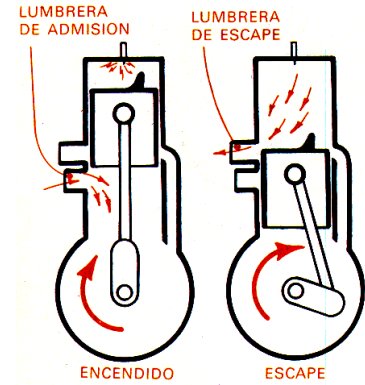
El ciclo de funcionamiento de un motor de dos tiempos consta de las mismas cuatro fases que el de cuatro tiempos, sólo que realizadas en dos carreras del pistón y una sólo vuelta del cigüeñal. Las dos etapas son:

1. **Admisión – compresión (012):** el pistón asciende arrastrado por el cigüeñal y en este movimiento comprime la mezcla (MEP) o el combustible (MEC) que se encuentra en el cilindro. A la vez, descubre la lumbrera de admisión, para que una cantidad nueva de combustible entre en el cárter.





2. **Explosión - expansión – escape (2340):** al llegar el pistón arriba se produce la combustión y el pistón desciende. Se abre la lumbrera de escape y los gases salen al exterior. También se abre la lumbrera de transferencia y el combustible procedente del cárter entra en el cilindro y desaloja al resto de gases.



Ventajas e inconvenientes de los motores de dos tiempos:

- Sencillez de construcción, pues carece de árbol de levas y de la correspondiente correa de distribución.
- No tiene válvulas (sujetas a gran desgaste).
- Mayor potencia, ya que el motor realiza trabajo útil en cada vuelta del cigüeñal (el de cuatro tiempos lo realiza cada dos vueltas).
- Menor rendimiento mecánico.
- Mayor temperatura de funcionamiento, ya que la combustión de la mezcla se produce con una frecuencia superior. Esto también produce un mayor desgaste.
- Mayores niveles de contaminación generados por la combustión de los aditivos de la mezcla.

5. Cálculo de magnitudes de un motor

► **Energía y Trabajo.**

La **energía consumida o absorbida** por el motor es la energía química de combustión aportada por el combustible. Y esta energía es aprovechada por el motor para producir un **trabajo mecánico útil** o movimiento.

Las fórmulas son:

■ **Energía química:**

$$E_q = P_c \cdot m_c \text{ (sólidos y líquidos) } \text{ ó } P_c \cdot V \text{ (gases)}$$

P_c = poder calorífico

m_c = masa de combustible

Cuando hablamos de Energía calorífica se suele utilizar como unidad la **cal o Kcal**

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Combustible	Poder calorífico P_c
Sólidos Kcal/Kg	
Antracita	8000
Madera	2500-3600
Líquidos Kcal/Kg	
Alcohol	5980
Gasóleo	10300
Gasolina	10700
Gases Kcal/m ³	
Gas natural	8540

- **Energía mecánica:** es la energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo, por lo tanto, es la suma de las **energías potencial** y **cinética** del cuerpo

$$W = E_m = E_p + E_c \quad E_p = m \cdot g \cdot h \quad E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

En el S.I. se mide en **Julio** (1 J = 1N.m = 1 W.s)

- **Par motor C:** es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro

$$C = F \cdot r$$

El par motor en los motores de combustión lo aporta el combustible. En los motores eléctricos, se relaciona con la corriente consumida.

El par motor se miden en **N.m** en el S.I.



- ▶ La **potencia** de un motor se obtiene multiplicando su par motor por las revoluciones a las que se desarrolla.

$$P = C \cdot n \quad n = \text{velocidad de giro (en el S.I. en rad/s)}$$

P, en el S.I. se mide en **Vatio (1 W)**

Otra unidad de medida es el **caballo de vapor CV (1 CV = 736 W)**

Un motor, al estar acoplado a un cambio de marchas, varía su par, pero la potencia se mantiene constante desde la entrada a la salida. Dicho de otra forma, los engranajes transmiten la potencia, pero varían el par y la velocidad de giro, manteniendo su potencia constante

También podemos calcular la potencia como la energía o el trabajo realizado por una máquina en un intervalo de tiempo

$$P_{\text{útil}} = \frac{W}{t} \quad P_{\text{absorbida}} = \frac{E}{t}$$

- ▶ **Rendimiento**: es la relación entre el trabajo que sale (trabajo o energía útil) y el que entra (energía suministrada o absorbida), o como la relación entre la potencia que sale y la que entra.

$$\eta = E_{\text{útil}} / E_{\text{absorbida}} = E_u / E_a$$

$$\eta = P_{\text{útil}} / P_{\text{absorbida}} = P_u / P_a$$

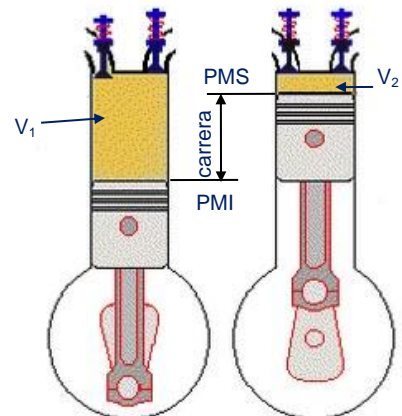
$$\eta = E_u / E_a = E_{\text{mecánica}} / E_{\text{química combustión}}$$

- ▶ La **relación de compresión** nos dice cuántas veces comprimes la mezcla aire-combustible en las cámaras de combustión. En un motor de gasolina la RC es de 10:1 y en un motor diesel es de 25:1 aproximadamente.

$$RC = V_1 / V_2$$

V₁= volumen del cilindro cuando el pistón se encuentra en el punto inferior de su recorrido (PMI)

V₂= volumen del cilindro cuando el pistón se encuentra en el punto superior de su recorrido (PMS), es el **volumen de la cámara de combustión**



- ▶ La **carrera del pistón** es su desplazamiento en el interior del cilindro (**c**)
- ▶ La **cilindrada** es el volumen barrido por el pistón en el interior del cilindro. Y se calcula como la superficie del cilindro por la carrera. Suele medirse en cm³ o cc.

$$\text{Cilindrada (un cilindro)} = \pi r^2 \cdot c = V_1 - V_2$$

$$\text{Cilindrada motor} = N \cdot \pi r^2 \cdot c$$

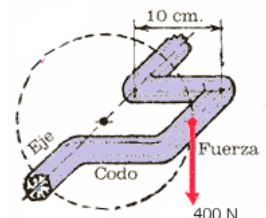
N = nº de cilindros

r = radio del cilindro

c = carrera

De la cilindrada depende la fuerza de cada explosión en el interior del cilindro. Y la fuerza lineal que ejerce cada pistón se transforma en el cigüeñal en fuerza de rotación o **par motor**

C = F · r la medida del codo del cigüeñal es fundamental



6. Sobrealimentación. Motor turbo:

La necesidad de aumentar la potencia de un coche, sin tener que aumentar la cilindrada, hace necesario una **sobrealimentación de combustible**.

Aumentar la potencia depende de la cantidad de combustible quemado (energía) y del número de revoluciones. Pero tanto en motores Diesel como en los de gasolina, por mucho que aumentemos el

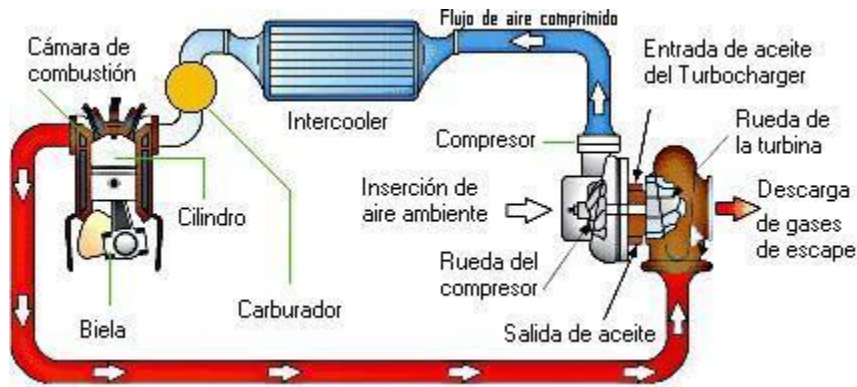


combustible que hacemos llegar al interior de la cámara de combustión, no conseguimos aumentar su potencia si este combustible no encuentra aire suficiente para quemarse. Así pues, solo conseguiremos aumentar la potencia, sin variar la cilindrada ni el régimen del motor, si conseguimos colocar en el interior del cilindro un volumen de aire (motores Diesel) o de mezcla (aire y gasolina para los motores de gasolina) mayor que la que hacemos entrar en una "aspiración normal".

El aire se introduce comprimido a alta presión. Para ello se intercala en el circuito de entrada un compresor, accionado por una turbina movida por los gases de escape. Este dispositivo recibe el nombre de **turbocompresor**.

A la salida del compresor los gases salen a elevada presión y temperatura. Por esto, a la salida del compresor se instala un intercambiador de calor que enfría los gases antes de que penetren en el motor, a este dispositivo se le llama "**intercooler**".

El intercooler es un radiador que es enfriado por el aire que incide sobre el coche en su marcha normal



7. Coches híbridos

Son los que combinan un motor de combustión con uno o más motores eléctricos y una batería adicional que se encarga de almacenar la electricidad. Hay varios tipos de híbridos en el mercado:

- ▶ **Coches híbridos que combinan un motor de combustión asociado a un motor eléctrico (EV).** La misión del motor eléctrico es apoyar al de combustión para reducir los consumos y emisiones. Estos modelos son capaces de almacenar en la batería adicional la electricidad generada en el frenado y deceleraciones. Este tipo de híbridos pueden funcionar en modo 100% eléctrico en momentos específicos, como por ejemplo en la salida de un garaje, o en algunos tramos de ciudad siempre que no se supere cierta velocidad, que suele rondar los 40-60 km/h. Apenas tienen autonomía en modo eléctrico (EV) y son los denominados híbridos convencionales.
- ▶ **Coches híbridos enchufables o híbridos plug-in (PHEV):** se caracterizan porque puede cargar su batería a través de una fuente de energía externa (la red eléctrica). Pueden recorrer entre 40 - 60 Km en modo eléctrico.
- ▶ **Coches híbridos gas - eléctricos:** utilizan en lugar de gasolina o gasóleo, **gas natural** (GLP = gas licuado del petróleo, generalmente propano y butano) o **gas natural comprimido** (GNC). El gas reduce la intensidad de las explosiones, reduce la vibración, la sonoridad y la contaminación además es más barato que la gasolina o gasóleo. Los inconvenientes de usar GNC en un coche híbrido es que hay que sacrificar espacio para el depósito de gas, y que la infraestructura de repostaje es menor.



EJERCICIOS TEMA 7: MOTOR TÉRMICO

Ejercicio 1

Según los datos del fabricante, el motor del Citroen Xsara RFY tiene las siguientes características:

Nº de cilindros : 4 Calibre 86 mm
Carrera 86 mm Relación de compresión 10,4/1

Calcular:

- La cilindrada del motor
- Volumen de la cámara de combustión
- Volumen total del cilindro
- Sabiendo que la potencia máxima la suministra a 6500 rpm con un par de 164 Nm, calcula la potencia

Solución:

- La cilindrada será:
 $Cilindrada = N \cdot \pi r^2 \cdot c = 4 \cdot \pi \cdot (8,6/2)^2 \cdot 8,6 = 1998,2 \text{ cc}$
He introducido los datos en cm para que el resultado salga en cm^3 ó cc, que es la unidad utilizada en coches.
Resultado =1998,2 cc
- Volumen de la cámara de combustión V_2
Tenemos que emplear un sistema de dos ecuaciones
 $RC = V_1 / V_2$ $10,4 / 1 = V_1 / V_2$
 $Cilindrada = V_1 - V_2$ $1998,2 / 4 = V_1 - V_2$ }
La cilindrada que debe introducirse es la de un sólo cilindro y no la total.
Resolviendo el sistema: **$V_2 = 53,14 \text{ cc}$**
- $V_1 =$ volumen del cilindro
 $V_1 = 10,4$ $V_2 = 552,64 \text{ cc}$
- La potencia se calcula: $P = C \cdot n$
Necesitamos conocer la velocidad de giro en rad/s
 $5500 \text{ rpm} = 6500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 680,7 \text{ rad/s}$
 $P = C \cdot n = 164 \cdot 680,7 = 111631,3 \text{ W} = 151,7 \text{ CV}$
Resultado =151,7 CV

Ejercicio 2

Un vehículo de 850 kg de masa, impulsado por un motor de combustión interna con un rendimiento del 30%, parte del reposo y alcanza una velocidad final de 100 km/h circulando por un circuito horizontal.

Calcule:

- El trabajo mecánico realizado por el vehículo.
- La cantidad de combustible utilizado por el motor, conociendo que su calor de combustión es de 45.000 kJ/kg.

Solución

- El trabajo mecánico realizado es el trabajo útil.

$$E_u = E_C = E_{cf} - E_{ci} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2$$
$$E_u = \frac{1}{2} \cdot 850 \cdot (27,8)^2 - \frac{1}{2} \cdot 850 \cdot 0^2 = 328457 \text{ J}$$



Resultado = 328457 J

- b) El trabajo o energía absorbida es la energía química de combustión. Para calcularlo aplicamos el rendimiento.

$$\eta = E_u / E_{ab}$$

$$0,30 = 328457 / E_{ab}$$

$$E_{ab} = 1094856,7 \text{ J}$$

La energía química de combustión es:

$$E_{ab} = E_q = P_c \cdot m$$

$$1094,8567 \text{ KJ} = 45000 \text{ KJ/kg} \cdot m$$

$$m = 0,02433 \text{ Kg} = 24,33 \text{ g}$$

Resultado = 24,33 g

Ejercicio 3

Un automóvil de 1.275 kg de masa, en el que se encuentran dos personas con una masa de 75 kg cada una de ellas, acelera de 0 a 100 km/h en 9 s. Conociendo que, durante ese tiempo, el motor del automóvil tiene un rendimiento medio del 37 % y el poder calorífico del combustible utilizado es 42.500 J/g, calcule:

- La energía suministrada por el motor que se convierte en trabajo mecánico.
- La energía total liberada por combustión en el motor del vehículo.
- La cantidad de combustible consumida por el motor.
- El par motor aplicado si la velocidad de giro del motor, durante la aceleración, es de 5.500 r.p.m.

Solución

- a) Se trata de calcular el trabajo mecánico o útil.

$$E_u = E_c = E_{cf} - E_{ci} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2$$

$$E_u = \frac{1}{2} \cdot 1425 \cdot (27,8)^2 - \frac{1}{2} \cdot 1425 \cdot 0^2 = 550648,5 \text{ J}$$

Resultado = 550648,5 J

- b) La energía absorbida es la energía de combustión. Para calcularla aplicamos el rendimiento.

$$\eta = E_u / E_{ab}$$

$$0,37 = 550648,5 / E_{ab}$$

$$E_{ab} = 1488239,2 \text{ J}$$

Resultado = 1488239,2 J

- c) Nuestra energía química de combustión es:

$$E_{ab} = E_q = P_c \cdot m$$

$$1488239,2 \text{ J} = 42500 \text{ J/g} \cdot m$$

$$m = 35,02 \text{ g}$$

Resultado = 35,02 g

- d) Par motor:

$$P = C \cdot n$$

Necesitamos conocer la potencia útil y la velocidad de giro en rad/s

$$P_u = \frac{E_u}{t} = 550648,5 / 9 = 61183,2 \text{ W}$$

$$5500 \text{ rpm} = 5500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 576 \text{ rad/s}$$

$$P = C \cdot n$$

$$61183,2 \text{ W} = C \cdot 576 \text{ rad/s}$$

$$C = 106,2 \text{ Nm}$$

Resultado = 106,2 Nm



Ejercicio 4

El motor de un vehículo consta de 4 cilindros con un diámetro de 82,5 mm y una carrera de 93 mm para cada uno de ellos. El consumo de dicho vehículo es de 12,5 litros en 100 km, los cuales recorre en una hora. Si el combustible tiene un poder calorífico de 45.000 kJ/kg y una densidad de 0,75 g/cm³, calcule:

- La cilindrada del motor.
- La potencia producida en la combustión.
- La potencia útil del motor si el rendimiento es del 45 %.
- El par motor cuando gira a 4.000 rpm.

Solución:

- a) La cilindrada será:

$$\text{Cilindrada} = N \cdot \pi r^2 \cdot c = 4 \cdot \pi \cdot (8,25 / 2)^2 \cdot 9,3 = 1988,6 \text{ cc}$$

He introducido los datos en cm para que el resultado salga en cm³ ó cc, que es la unidad utilizada en coches.

Resultado = 1988,6 cc

- b) La potencia producida en la combustión será la potencia absorbida

$$P_{ab} = \frac{E_{ab}}{t} = \frac{Pc \cdot m}{t} = \frac{45000 \text{ KJ} \cdot 7 \text{ Kg} \cdot 9,375 \text{ Kg}}{3600 \text{ s}} = \mathbf{117,2 \text{ kW}}$$

La masa se ha calculado con la fórmula de la densidad: $d = m / V$

- c) La potencia útil del motor si el rendimiento es del 45 %.

$$\eta = P_u / P_{ab}$$

$$0,45 = P_u / 117,2$$

$$\mathbf{P_u = 52,74 \text{ kW}}$$

- d) El par motor cuando gira a 4.000 rpm.

Necesitamos conocer la velocidad de giro en rad/s

$$4000 \text{ rpm} = 4000 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 418,9 \text{ rad/s}$$

$$P_u = C \cdot n$$

$$C = 52740 / 418,9 = \mathbf{125,9 \text{ Nm}}$$

Ejercicio 5

- Indique los procesos termodinámicos del ciclo ideal de Otto.
- Indique los procesos termodinámicos del ciclo ideal de Diesel

Solución:

- a) Ciclo ideal de Otto.

1ª etapa: Admisión : Transformación isóbara: el pistón desciende arrastrado por el movimiento del cigüeñal y entra en el cilindro una mezcla aire-combustible a través de la válvula de admisión.

2ª etapa: Compresión: Transformación adiabática: el pistón asciende arrastrado también por el movimiento del cigüeñal y comprime el aire y combustible, de forma que aumenta la presión y la temperatura de la mezcla.

3ª etapa: Explosión-expansión: Transformación isocora - adiabática: al alcanzar la mezcla la máxima compresión, salta la chispa en la bujía, explota la mezcla y baja el pistón. El movimiento del pistón arrastra el cigüeñal, que realiza el **trabajo útil**.

4ª etapa: Escape: Transformación isocora : se abre la válvula de escape y el pistón sube y expulsa los gases.



La válvula de escape se cierra y la válvula de admisión se abre, con lo que se está en disposición de iniciar un nuevo ciclo.

b) Ciclo ideal de Diesel

1ª etapa: Admisión: Transformación isóbara: el pistón desciende arrastrado por el movimiento del cigüeñal y entra en el cilindro aire a través de la válvula de admisión.

2ª etapa: Compresión: Transformación adiabática: el pistón asciende arrastrado también por el movimiento del cigüeñal y comprime el aire a una elevada presión (40-50 atm y 600°C).

3ª etapa: Explosión-expansión: Transformación isobara - adiabática: al alcanzar el aire la máxima compresión, se introduce el combustible finamente pulverizado mediante bomba inyectora. Al contacto con el aire caliente, el combustible se autoinflama y se produce la combustión. Baja el pistón y el movimiento del pistón arrastra el cigüeñal, que realiza el **trabajo útil**.

4ª etapa: Escape: Transformación isocora: se abre la válvula de escape y el pistón sube y expulsa los gases.

La válvula de escape se cierra y la válvula de admisión se abre, con lo que se está en disposición de iniciar un nuevo ciclo.

Ejercicio 6

El motor de un automóvil consta de 4 cilindros y desarrolla una potencia efectiva de 30 CV a 6.200 rpm. Conociendo que el diámetro de cada pistón es de 80,5 mm, la carrera de 97,6 mm y la relación de compresión de 10:1, calcule:

- La cilindrada total
- El rendimiento efectivo del motor, si consume 7,2 L/h de un combustible cuyo poder calorífico es 43.700 kJ/kg y su densidad es de 0,7 g/cm³.
- El par motor que está suministrando.

Solución:

- a)** La cilindrada será:

$$\text{Cilindrada} = N \cdot \pi r^2 \cdot c = 4 \cdot \pi \cdot (8,05/2)^2 \cdot 9,76 = \mathbf{1987 \text{ cc}}$$

He introducido los datos en cm para que el resultado salga en cm³ ó cc, que es la unidad utilizada en coches.

- b)** El rendimiento efectivo del motor $\eta = P_u / P_{ab}$

$$P_{ab} = \frac{E_{ab}}{t} = \frac{P_c \cdot m}{t} = \frac{43700 \text{ KJ} \cdot 7 \text{ Kg} \cdot 5,04 \text{ Kg}}{3600 \text{ s}} = 61,2 \text{ kW}$$

$$\eta = P_u / P_{ab} = 22080 / 61200 = \mathbf{0,36 = 36\%}$$

- c)** El par motor que está suministrando

$$P_u = C \cdot n$$

$$C = 22080 / 649,3 = \mathbf{34 \text{ Nm}}$$



Ejercicio 7

- Explique cómo transcurre el ciclo de funcionamiento de un motor de explosión de dos tiempos.
- Indique al menos dos ventajas de este tipo de motores

Solución:

a) 1ª etapa: Expansión-Escape:

Con la combustión de la mezcla se ejerce una presión sobre el pistón, que desciende arrastrando el cigüeñal. Se descubre la lumbrera de escape, saliendo al exterior los gases de combustión, y al abrirse la lumbrera de transferencia entra al cilindro la mezcla procedente del cárter, desalojando el resto de los gases de combustión. El pistón, que ahora se encuentra en el Punto Inferior (PMI) está preparado para comenzar un nuevo ciclo.

2ª etapa: Admisión-Compresión:

El pistón, impulsado por el cigüeñal, asciende desde el PMI hasta el Punto Superior (PMS) comprimiendo la mezcla que está en el cilindro. A la vez, con la lumbrera de escape cerrada, se descubre la lumbrera de admisión para que entre al cárter una nueva cantidad de mezcla. Cuando el pistón alcanza el PMS la chispa ocasiona la combustión de la mezcla presente en el cilindro.

b) Indicar al menos dos ventajas:

- sencillez de construcción, no existen válvulas (originan problemas de desgaste),
- mayor potencia (se genera trabajo útil en cada vuelta de cigüeñal),

Ejercicio 8

Un vehículo con una masa de 950 kg aprovecha el 35% de la energía liberada en la combustión del gasóleo que emplea como combustible. Sabiendo que alcanza una velocidad final de 100 km/h partiendo del reposo y ascendiendo a una altura de 25 m sobre la posición en la que arranca, calcule:

- El trabajo mecánico realizado por el vehículo
- La cantidad de combustible consumido, conociendo que su calor de combustión es de 42.000 kJ/kg

Solución:

a) Se trata de calcular el trabajo mecánico o útil

$$E_u = E_c + E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 + mgh$$

$$E_u = \frac{1}{2} \cdot 950 \cdot (27,8)^2 + 950 \cdot 9,8 \cdot 25 = 599849 \text{ J}$$

Resultado = 599849 J

b) El trabajo o energía absorbida es la energía de combustión. Para calcularlo aplicamos el rendimiento.

$$\eta = E_u / E_{ab}$$

$$0,35 = 599849 / E_{ab}$$

$$E_{ab} = 1713854,3 \text{ J}$$

Nuestra energía química de combustión es:

$$E_{ab} = E_q = P_c \cdot m$$

$$1713,85 \text{ KJ} = 42000 \text{ KJ/kg} \cdot m$$

$$m = 0,0408 \text{ Kg} = 40,8 \text{ g}$$

Resultado = 40,8 g



Ejercicio 9

Un vehículo de 1220 kg de masa impulsado por un motor diesel acelera de 0 a 100 km/h en 10 s. Si en los 10 s de aceleración el motor consume 550 g de combustible y el poder calorífico del combustible utilizado es 45500 J/g, determine:

- a) La energía suministrada por el motor que se convierte en trabajo mecánico
- b) La energía total liberada en el motor
- c) El rendimiento del motor
- d) El par motor medio aplicado si la velocidad de giro del motor, durante la etapa de aceleración, es de 4000 r.p.m.

Solución:

- a) **Resultado** $E_u = 471432,4 \text{ J}$
- b) **Resultado** $E_{ab} = 25025000 \text{ J}$
- c) **Resultado** $\eta = 0,019 = 1,9 \%$
- d) **Resultado** $C = 112,5 \text{ Nm}$