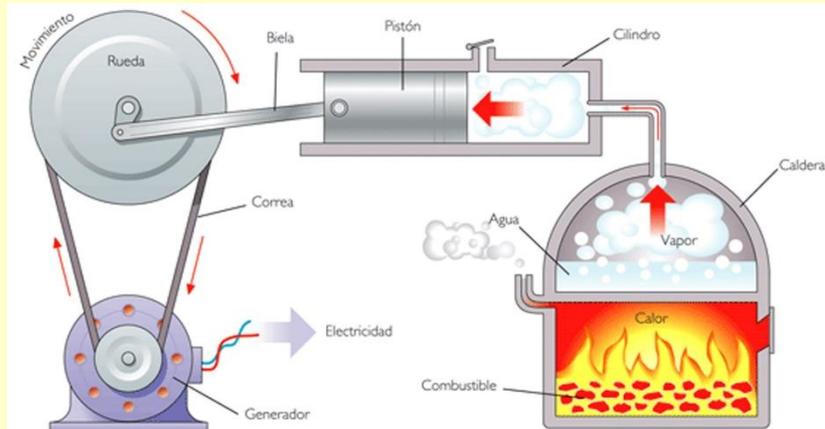


# 4º E.S.O.

## FÍSICA Y QUÍMICA

### 12. ENERGÍA Y CALOR



R. Artacho  
Dpto. de Física  
y Química

#### CONTENIDOS

1. El calor · 2. Efectos del calor · 3. Transformación entre calor y trabajo

#### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

4. Relacionar cualitativa y cuantitativamente el calor con los efectos que produce en los cuerpos: variación de temperatura, cambios de estado y dilatación.

#### ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE

- 4.1. Describe las transformaciones que experimenta un cuerpo al ganar o perder energía, determinando el calor necesario para que se produzca una variación de temperatura dada y para un cambio de estado, representando gráficamente dichas transformaciones.
- 4.2. Calcula la energía transferida entre cuerpos a distinta temperatura y el valor de la temperatura final aplicando el concepto de equilibrio térmico.
- 4.3. Relaciona la variación de la longitud de un objeto con la variación de su temperatura utilizando el coeficiente de dilatación lineal correspondiente.
- 4.4. Determina experimentalmente calores específicos y calores latentes de sustancias mediante un calorímetro, realizando los cálculos necesarios a partir de los datos empíricos obtenidos.

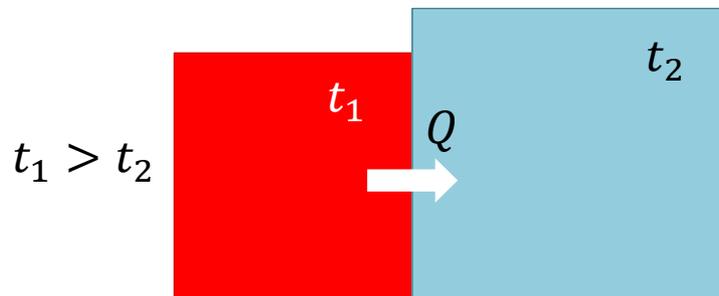
**Índice**

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>	<b>ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE</b>
5. Valorar la relevancia histórica de las máquinas térmicas como desencadenantes de la revolución industrial, así como su importancia actual en la industria y el transporte.	5.1. Explica o interpreta, mediante o a partir de ilustraciones, el fundamento del funcionamiento del motor de explosión. 5.2. Realiza un trabajo sobre la importancia histórica del motor de explosión y lo presenta empleando las TIC.
6. Comprender la limitación que el fenómeno de la degradación de la energía supone para la optimización de los procesos de obtención de energía útil en las máquinas térmicas, y el reto tecnológico que supone la mejora del rendimiento de estas para la investigación, la innovación y la empresa.	6.1. Utiliza el concepto de la degradación de la energía para relacionar la energía absorbida y el trabajo realizado por una máquina térmica. 6.2. Emplea simulaciones virtuales interactivas para determinar la degradación de la energía en diferentes máquinas y expone los resultados empleando las TIC.

### 1. El calor

#### 1.1. El calor es energía transferida

- ☞ Cuando un cuerpo a cierta temperatura se pone en contacto con otro cuerpo a menor temperatura, le cede calor, decimos que el cuerpo caliente se enfría y el frío se calienta.



*Los cuerpos no tienen calor, los cuerpos **absorben** o **pierden** energía.*

El **calor** es la energía que se intercambia cuando se ponen en contacto dos cuerpos que están a distinta temperatura.

- ☞ Se mide en unidades de energía: julios (J) o calorías (cal).

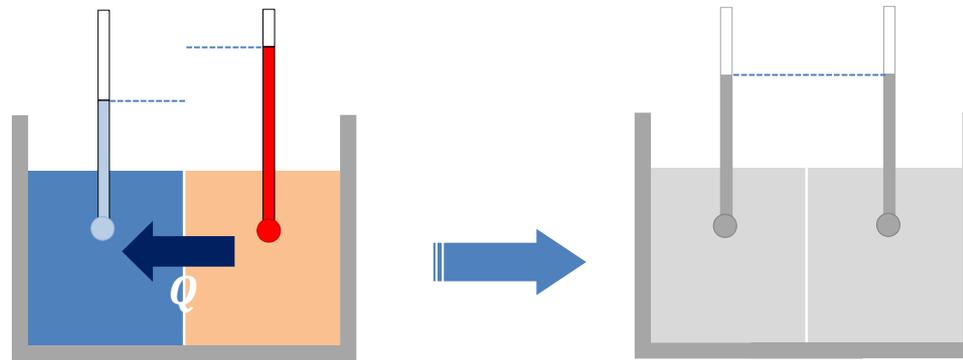
Una **caloría** es la cantidad de energía que hay que comunicar a un gramo de agua para que su temperatura aumente un grado centígrado

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

## 1. El calor

### 1.2. Equilibrio térmico

- ☞ Cuando se ponen en contacto dos cuerpos que están a distinta temperatura durante un tiempo suficiente, sus temperaturas llegan a igualarse.



Dos cuerpos que se encuentran en contacto y tienen la misma temperatura están en **equilibrio térmico**.

- ☞ El calor se transmite por:
- Conducción (sólidos).
  - Convección (fluidos).
  - Radiación (sin intervención de un medio material).

## 2. Efectos del calor

### 2.1. Calor y cambio de temperatura

☞ Cuando un cuerpo absorbe calor y cambia su temperatura, el valor que alcanza depende de la masa y del tipo de materia que lo forme.

Se denomina **calor específico** ( $c_e$ ) de una sustancia a la cantidad de calor que hay que comunicar a 1 kg de la misma para que su temperatura aumente 1 K. Se mide en J/(kg·K).

☞ El calor específico es una propiedad característica de las sustancias.

Sustancia	C.e. [J/(kg·K)]
Agua	4180
Vapor de agua	1920
Hielo	2090
Aire	1000
Alcohol etílico	2400
Aceite	1670
Benceno	1750
Aluminio	878
Vidrio	812
Arena	800
Hierro	460
Cobre	375
Mercurio	140
Plomo	125

## 2.1. Calor y cambio de temperatura

La relación entre la cantidad de calor ( $Q$ ) que se comunica a un cuerpo y el cambio de temperatura ( $\Delta T$ ) que experimenta es:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot c_e \cdot \Delta T$$

- ☞ Se observa que el valor de  $\Delta T$  es el mismo si se mide en °C o en K.
- ☞ Cuando un cuerpo **absorbe calor**,  $T_2 > T_1$  y  $Q > 0$ .
- ☞ Cuando un cuerpo **cede calor**,  $T_2 < T_1$  y  $Q < 0$ .



#### ACTIVIDADES

1. Para preparar una infusión el agua debe estar a 90 °C. Calcula la cantidad de calor que hay que aportar a 150 mL de agua para que su temperatura pase de 20 °C a 90 °C.

Dato:  $c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

2. Observa la tabla de calores específicos y la relación en  $Q$  y  $\Delta T$  y razona si es cierto que cuando se comunica calor a un cuerpo, el aumento de su temperatura es mayor cuanto menor sea su calor específico.

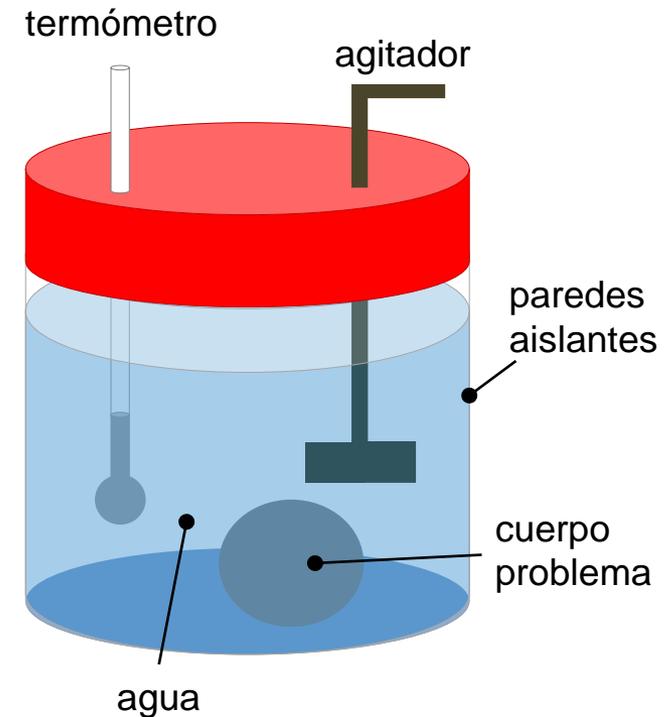
### 2.1. Calor y cambio de temperatura

#### Medida del calor específico. El calorímetro

- ☞ Para conocer el calor específico de un cuerpo, este se calienta hasta una temperatura conocida.
- ☞ Se pone en contacto con otro de calor específico conocido que esté a diferente temperatura (agua, por ejemplo).
- ☞ La temperatura del equilibrio permite conocer el calor intercambiado.
- ☞ Se usa el **calorímetro**.
- ☞ El balance de energía de un calorímetro es:

$$Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} =$$

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} + Q_{\text{cuerpo}} = 0$$



## 2.1. Calor y cambio de temperatura

### Medida del calor específico. El calorímetro

El **equivalente en agua de un calorímetro**,  $m_{eq\text{ agua}}$ , es la cantidad de agua que absorbe la misma cantidad de calor que el calorímetro. Se expresa en gramos de agua.

El calor que absorbe un calorímetro viene dado por:

$$Q_{\text{calorímetro}} = m_{eq} \cdot c_{\text{agua}} \cdot \Delta T_{\text{calorímetro}}$$

### 2.1. Calor y cambio de temperatura

#### Medida del calor específico. El calorímetro

##### Medida del equivalente en agua de un calorímetro

1. Se calientan 50 g de agua hasta que empiece a hervir (100 °C).
2. Se cogen 100 g de agua a temperatura ambiente, la colocamos en el calorímetro y medimos su temperatura (p.e., 27 °C).
3. Introducimos el agua caliente en el calorímetro, cerramos, removemos y esperamos a que se establezca la temperatura (p.e.,  $T_{eq} = 42$  °C).
4. Hacemos el balance de energías:

$$Q_{agua\ ambiente} + Q_{calorímetro} + Q_{agua\ caliente} = 0$$

$$0,1\ kg \cdot 4180 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (42 - 20)K + m_{eq\ agua} \cdot 4180 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (42 - 20)K$$

$$+ 0,05\ kg \cdot 4180 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (42 - 100)K = 0$$

$$m_{eq\ agua} = 0,032\ kg = 32\ g$$

### Ejemplo resuelto

Echamos 100 g de agua a 20 °C en el calorímetro del caso anterior. Introducimos un cilindro de aluminio de 50 g de masa a 100 °C. Si la  $T_{eq} = 26$  °C, calcula el calor específico del aluminio.

$$Q_{agua} + Q_{calorímetro} + Q_{aluminio} = 0$$

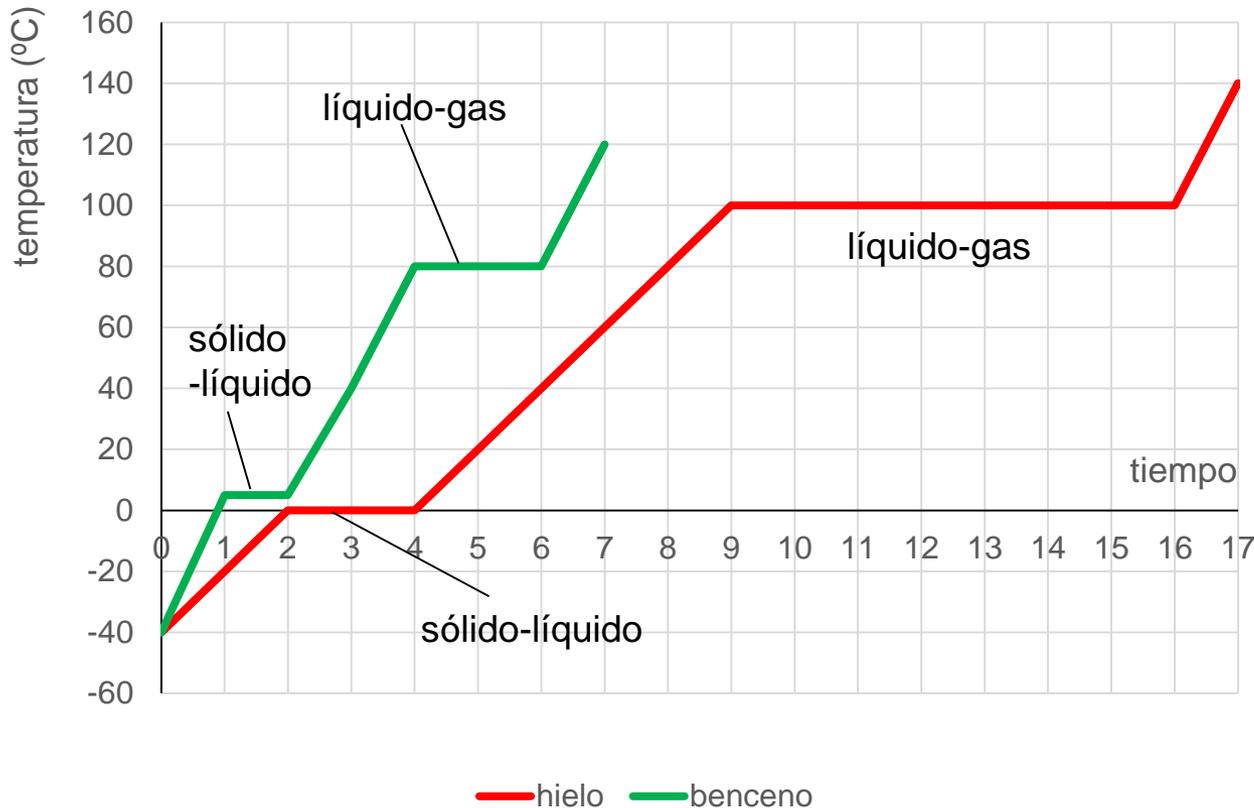
$$0,1 \cdot 4180 \cdot (26 - 20) + 0,032 \cdot 4180 \cdot (26 - 20) + 0,05 \cdot c_{Al} \cdot (26 - 100) = 0 \quad \rightarrow \quad c_{Al} = 895 \frac{J}{kg \cdot K}$$

### ACTIVIDADES

- Calcula el calor específico del aluminio a partir de los datos del ejemplo anterior resuelto, pero despreciando el calor absorbido por el calorímetro. Compáralo con el resultado obtenido en el ejemplo resuelto y halla el porcentaje de error en este cálculo.

### 2.2. Calor y cambio de estado

☞ Cuando un cuerpo intercambia energía en forma de calor puede sufrir un cambio de estado.



☞ Los cambios de estado se producen a una temperatura determinada que es característica para cada tipo de materia.

☞ Mientras se produce el cambio de estado, la temperatura permanece constante.

## 2.2. Calor y cambio de estado

Se llama **calor latente de cambio de estado (L)** a la cantidad de calor que hay que comunicar a la unidad de masa de una sustancia para que experimente el cambio de estado, a la temperatura de ese cambio de estado. Se mide en J/kg.

$$Q = m \cdot L$$

- ☞ Hablaremos del **calor latente de fusión ( $L_F$ )** o del **calor latente de vaporización ( $L_V$ )**.
- ☞ Los calores latentes de solidificación y condensación son opuestos a los de fusión y vaporización.

Sustancia	$L_F$ (kJ/kg)	$T_F$ (°C)	Sustancia	$L_V$ (kJ/kg)	$T_E$ (°C)
Agua	334,4	0	Agua	2248,8	100
Benceno	127,0	5	Benceno	396	80
Aluminio	321,0	657	Mercurio	248,2	357
Cobre	175,6	1083	Amoniaco	1369	- 33,0

### Ejemplo resuelto

Calcula el calor necesario para derretir completamente 90 g de hielo que se encuentra a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- a) Si introducimos el hielo en un calorímetro que contiene 100 g de agua a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ¿se derretirán completamente? El equivalente del calorímetro es 35 g.
- b) Haz los cálculos precisos para determinar la composición de lo que hay dentro del calorímetro cuando se alcance el equilibrio entre los 100 g de agua a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el hielo a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  que se ha introducido.

**Datos:** Los datos se pueden tomar de las tablas anteriores.

Para que el hielo se derrita completamente:

$$Q_{\text{derretir hielo}} = Q_{-5 \rightarrow 0} + Q_F = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot [0 - (-5)] + m_{\text{hielo}} \cdot L_F$$

$$Q_{\text{derretir hielo}} = 0,09 \cdot 2090 \cdot 5 + 0,09 \cdot 334\,400 = \mathbf{30\,284\,J}$$

#### Ejemplo resuelto

- a) El agua del calorímetro se puede enfriar hasta alcanzar 0 °C. Calcula el calor liberado en este proceso para comprobar si es suficiente para derretir el hielo:

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (0 - 50) + m_{\text{eq}} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (0 - 50)$$

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0,1 \cdot 4180 \cdot (0 - 50) + 0,035 \cdot 4180 \cdot (0 - 50)$$

$$= -28\,215\text{ J}$$

No es suficiente para derretir completamente los 90 g de hielo.

- b) Dentro del calorímetro quedará agua en estado líquido y parte en estado sólido. Hacemos el balance de calor admitiendo que la mezcla estará a 0 °C.

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} + Q_{\text{cambio de temperatura hielo}} + Q_F = 0$$

$$m_a \cdot c_a \cdot (0 - 50) + m_{\text{eq}} \cdot c_a \cdot (0 - 50) + m_h \cdot c_h \cdot [0 - (-5)]$$

$$+ m_{h \text{ fundido}} \cdot L_F = 0$$

### Ejemplo resuelto

Despejamos y sustituimos:

$$m_{h \text{ fundido}} = \frac{27\,310,5 \text{ J}}{334\,400 \text{ J/kg}} = \mathbf{81,67 \text{ g}}$$

En el equilibrio, habrá:

- $100 \text{ g} + 81,67 \text{ g} = \mathbf{181,67 \text{ g}}$  de agua a  $0 \text{ °C}$ .
- $90 \text{ g} - 81,67 \text{ g} = \mathbf{8,33 \text{ g}}$  de hielo a  $0 \text{ °C}$ .

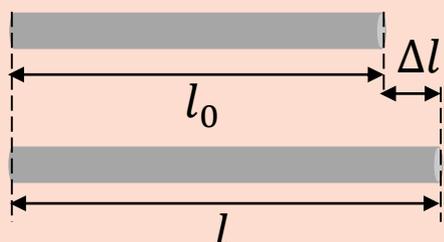
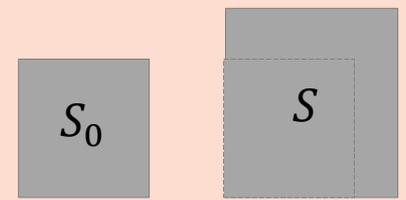
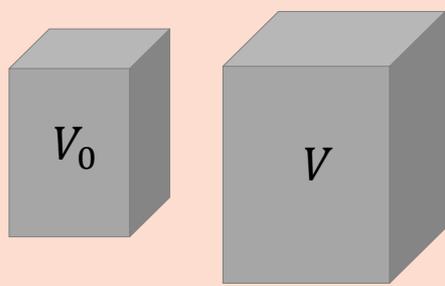
#### ACTIVIDADES

4. **Calcula la cantidad de calor que tienen que perder 5 kg de agua a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  para que se congelen.**
5. **¿Qué cantidad de hielo a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  podremos derretir si disponemos de 100 kJ?**
6. **¿Cuál será la temperatura final tras mezclar 200 g de hielo a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  con 0,5 kg de agua a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?**
7. **¿Qué cantidad de hielo fundirá si se mezclan 1 kg de hielo a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 1 kg de agua a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?**
8. **Si mezclamos 30 g de vapor de agua a  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  con medio litro de agua a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ¿cuál será el resultado de la mezcla?**
9. **Si mezclamos 10 kg de hielo a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 10 kg de agua a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ¿cuál será el resultado de la mezcla?**

### 2.3. Calor y cambio de tamaño

- ☞ Casi todos los cuerpos cambian de tamaño cuando se calientan (**dilatación**).
- ☞ Se explica a partir de la teoría cinética.

### Dilatación de los sólidos

Dilatación lineal	Dilatación superficial	Dilatación cúbica
 <p style="text-align: center;"><math>l = l_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)</math></p> <p><math>l_0</math> longitud inicial. <math>\lambda</math> es el coeficiente de dilatación lineal.</p>	 <p style="text-align: center;"><math>S = S_0 \cdot (1 + \sigma \cdot \Delta t)</math></p> <p><math>S_0</math> superficie inicial. <math>\sigma</math> es el coeficiente de dilatación superficial. <math>\sigma = 2\lambda</math></p>	 <p style="text-align: center;"><math>V = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)</math></p> <p><math>V_0</math> superficie inicial. <math>\alpha</math> es el coeficiente de dilatación superficial. <math>\alpha = 3\lambda</math></p>



## 2. Efectos del calor

Sustancia	$\lambda$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Acero	$1,05 \cdot 10^{-5}$
Hierro	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Aluminio	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Vidrio	$8 \cdot 10^{-6}$

## ACTIVIDADES

10. ¿Qué tamaño alcanzará una barra de aluminio de 5 m de longitud y 2 kg de masa si su temperatura aumenta  $50^{\circ}\text{C}$ ? ¿Qué calor hubo que comunicar a la barra para ello?
11. Zamora puede alcanzar  $-12^{\circ}\text{C}$  en invierno y  $42^{\circ}\text{C}$  en verano. ¿Cuál es la máxima variación de longitud que pueden experimentar los raíles de una vía si miden 15 m de longitud y son de hierro?

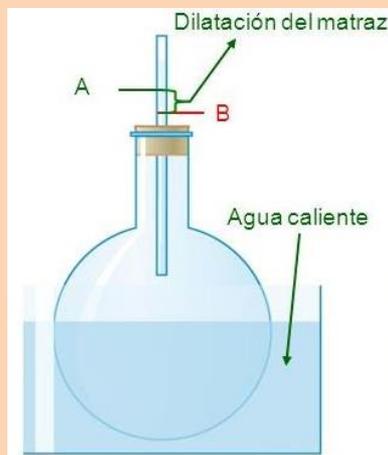
### 2.3. Calor y cambio de tamaño

#### Dilatación de los líquidos

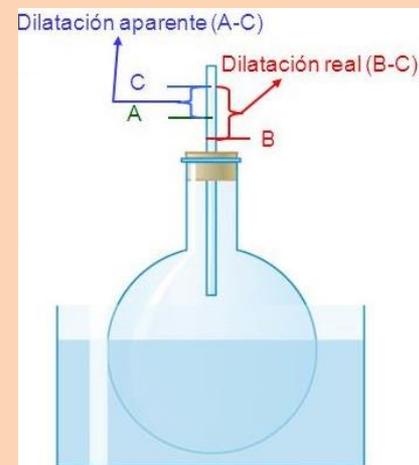
- ☞ En general, los líquidos se dilatan más que los sólidos.
- ☞ Su dilatación es difícil de medir por que el recipiente también se dilata.



Hasta la marca A el contenido del matraz es de 100 mL.



Si se calienta el matraz, éste se dilata antes que el líquido y los 100 mL se corresponderían con la marca B

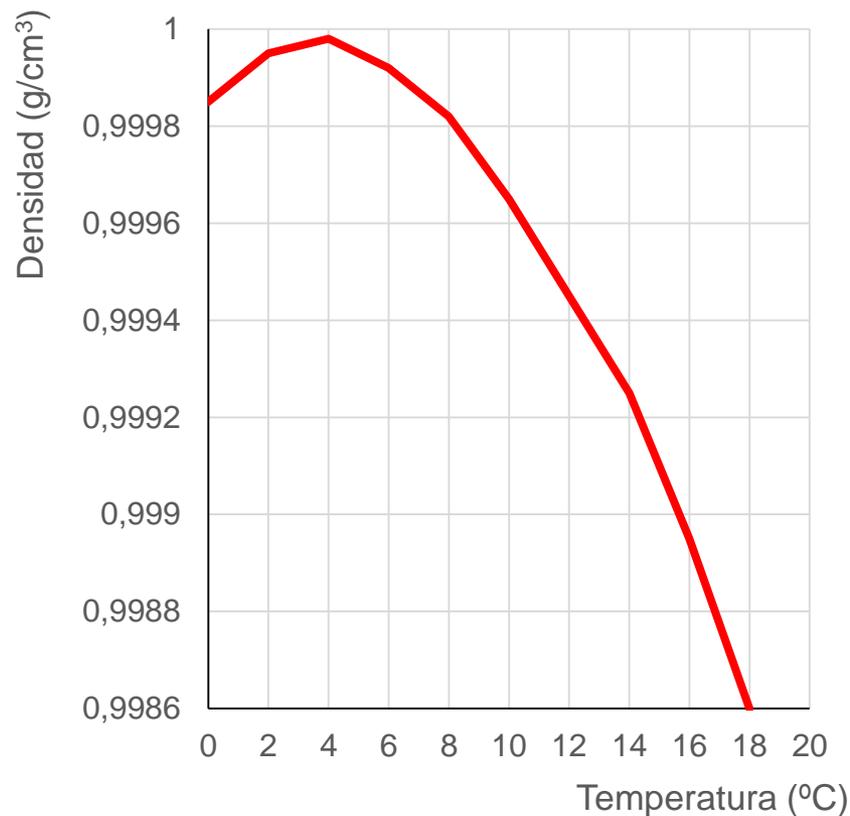


Si el matraz tuviese líquido hasta el nivel A, al calentarse, llegaría al nivel C.

### 2.3. Calor y cambio de tamaño

#### Dilatación de los líquidos

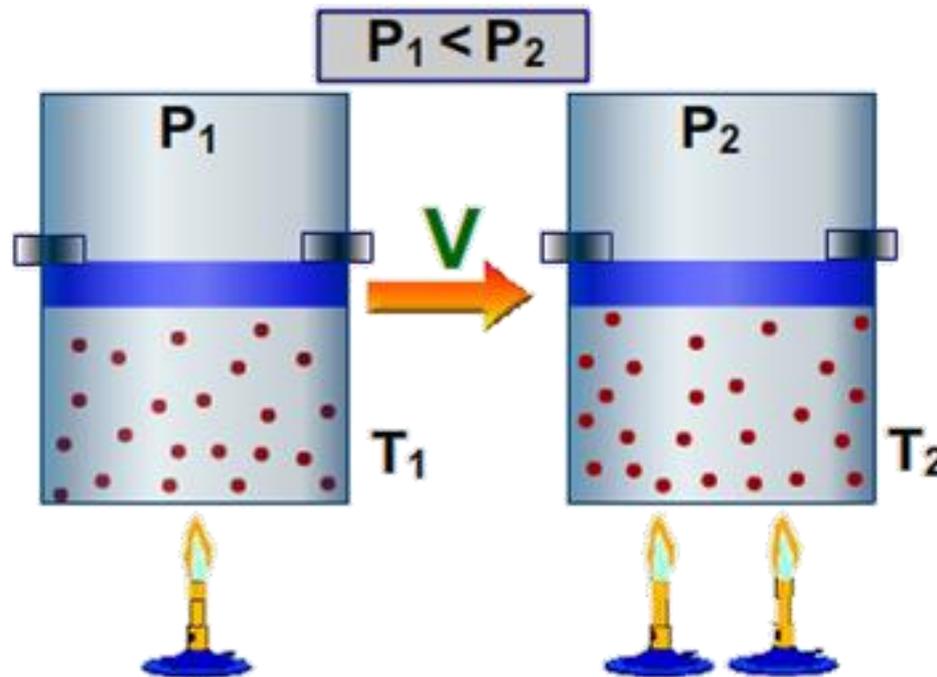
- ☞ El agua presenta un comportamiento anómalo.
- ☞ El que la densidad del agua sea mayor a los 4 °C, hace que el hielo flote, permitiendo la vida submarina.



### 2.3. Calor y cambio de tamaño

#### Dilatación de los gases

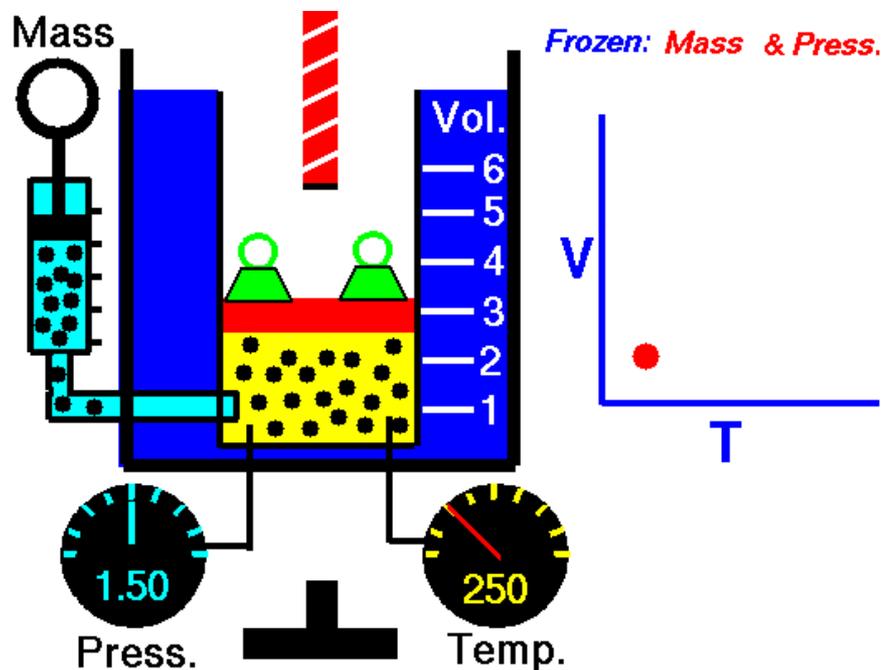
- Los gases se dilatan mucho más que los sólidos y los líquidos.
- Si el gas está en un recipiente de paredes fijas, su volumen permanece constante y un aumento de la temperatura supone un incremento proporcional de la presión:



## 2.3. Calor y cambio de tamaño

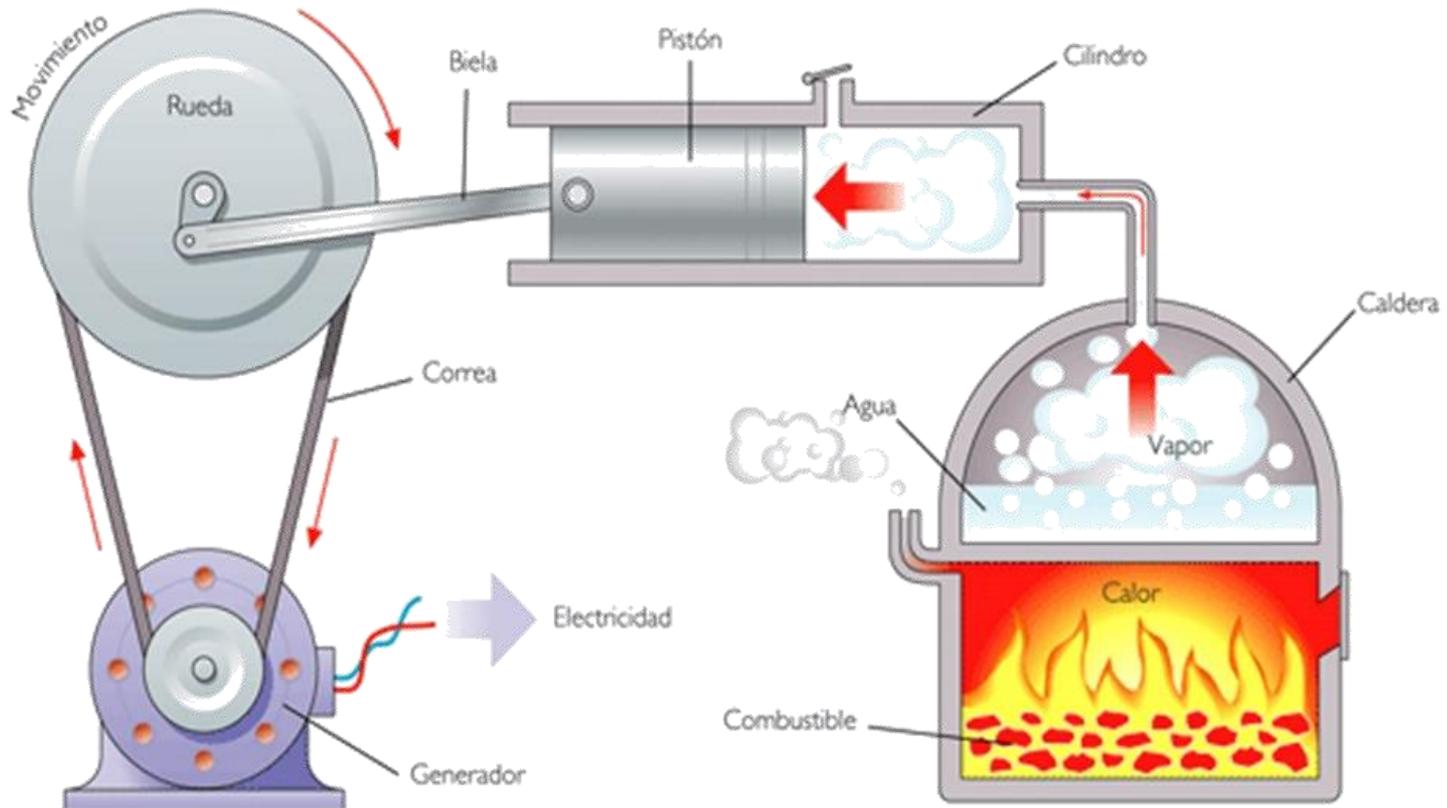
### Dilatación de los gases

- Si el gas está en un recipiente cuyo volumen puede variar, al aumentar la temperatura, aumenta el volumen. Si la presión permanece constante, durante el proceso, el aumento de volumen es proporcional al de la temperatura.



3. Transformación entre calor y trabajo

- Además de los efectos que acabamos de ver, el calor también puede producir trabajo.



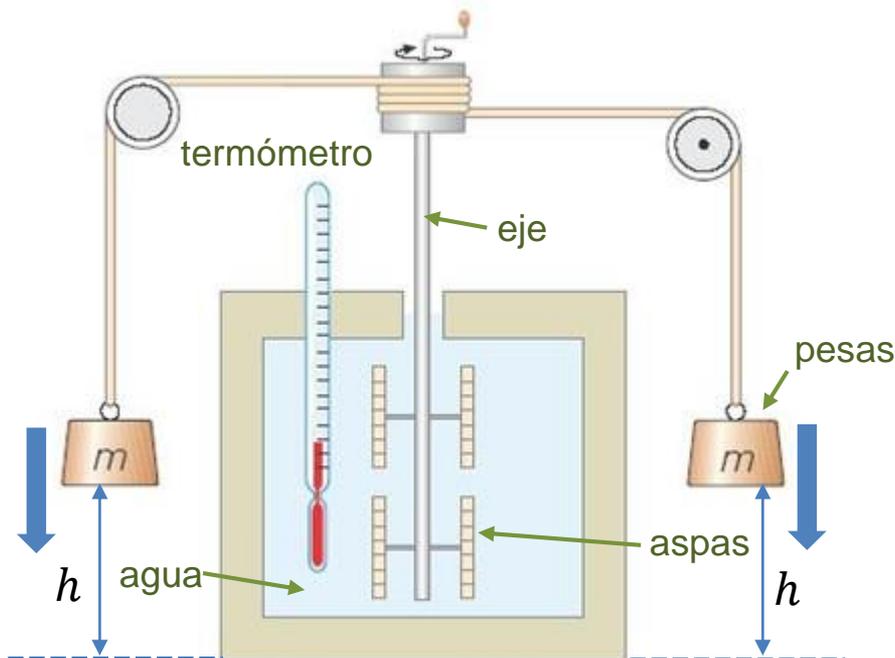
#### 3.1. Conservación y degradación de la energía

☞ En cualquier proceso en el que se realiza trabajo mecánico, una parte se transforma en calor por el rozamiento.



- ☞ Aunque la energía se conserva, una parte se transforma en calor.
- ☞ Se dice que se **degrada** por no se puede aprovechar para realizar trabajo.

### 3.2. Equivalencia entre calor y trabajo



- ☞ En 1845 Joule realizó un experimento para determinar la equivalencia entre el calor y el trabajo.
- ☞ Midió el aumento de temperatura cuando las pesas descienden una determinada altura.
- ☞ Como se trata de un sistema aislado:  $W = Q$ .

$$W = 2 \cdot m \cdot g \cdot h$$

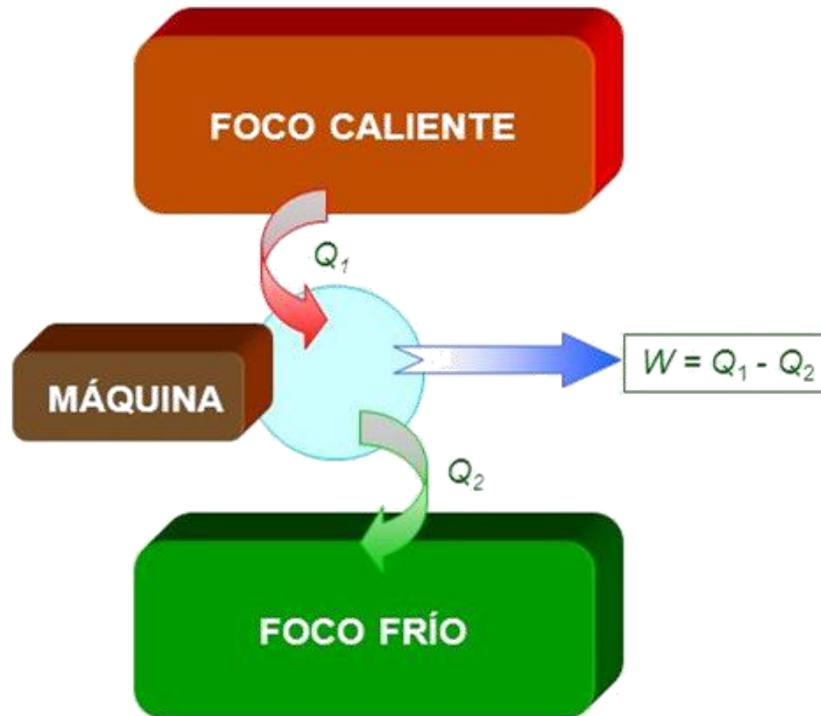
$$Q = m \cdot c_a \cdot \Delta t$$

- ☞ Cada vez que el agua recibía 1 cal, las pesas realizaban un trabajo de 4,18 J.

Se llama **equivalente mecánico del calor** a la relación entre el trabajo realizado y el calor que se puede producir:  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ ; o bien  $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$ .

### 3.3. Máquinas térmicas

☞ Son dispositivos que producen trabajo mecánico a partir de la transferencia de calor de un foco caliente a un foco frío.



☞ Dependiendo de como se obtenga el calor, tendremos dos tipos de máquinas térmicas:

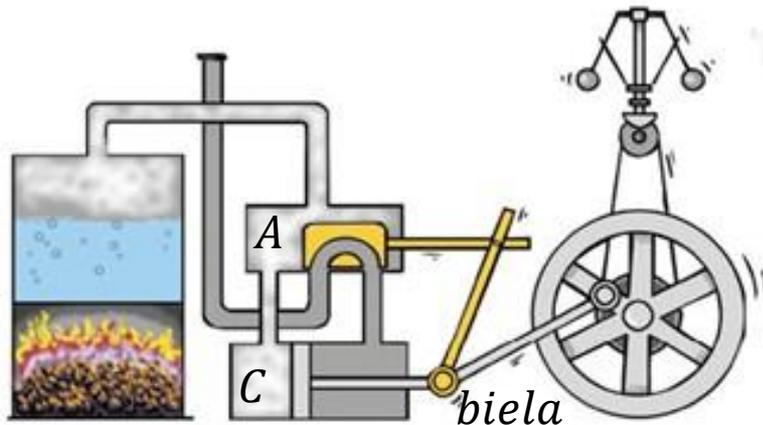
- De **combustión externa**.
- De **combustión interna**.

En una máquina térmica el trabajo realizado es igual al calor absorbido ( $Q_1$ ) menos el calor cedido ( $Q_2$ ),

#### 3.3. Máquinas térmicas

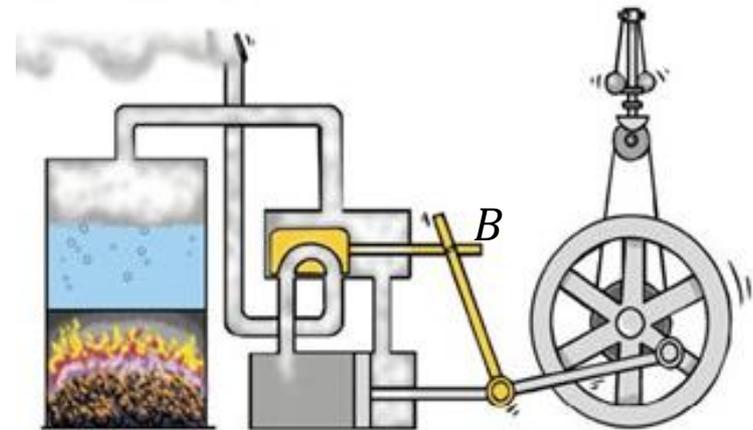
##### Máquina de vapor: combustión externa

###### 1 Fase de admisión



El agua que se calienta en la caldera se convierte en vapor que penetra en el recipiente A. Llega al cilindro C y desplaza al émbolo hacia la derecha.

###### 2 Fase de escape

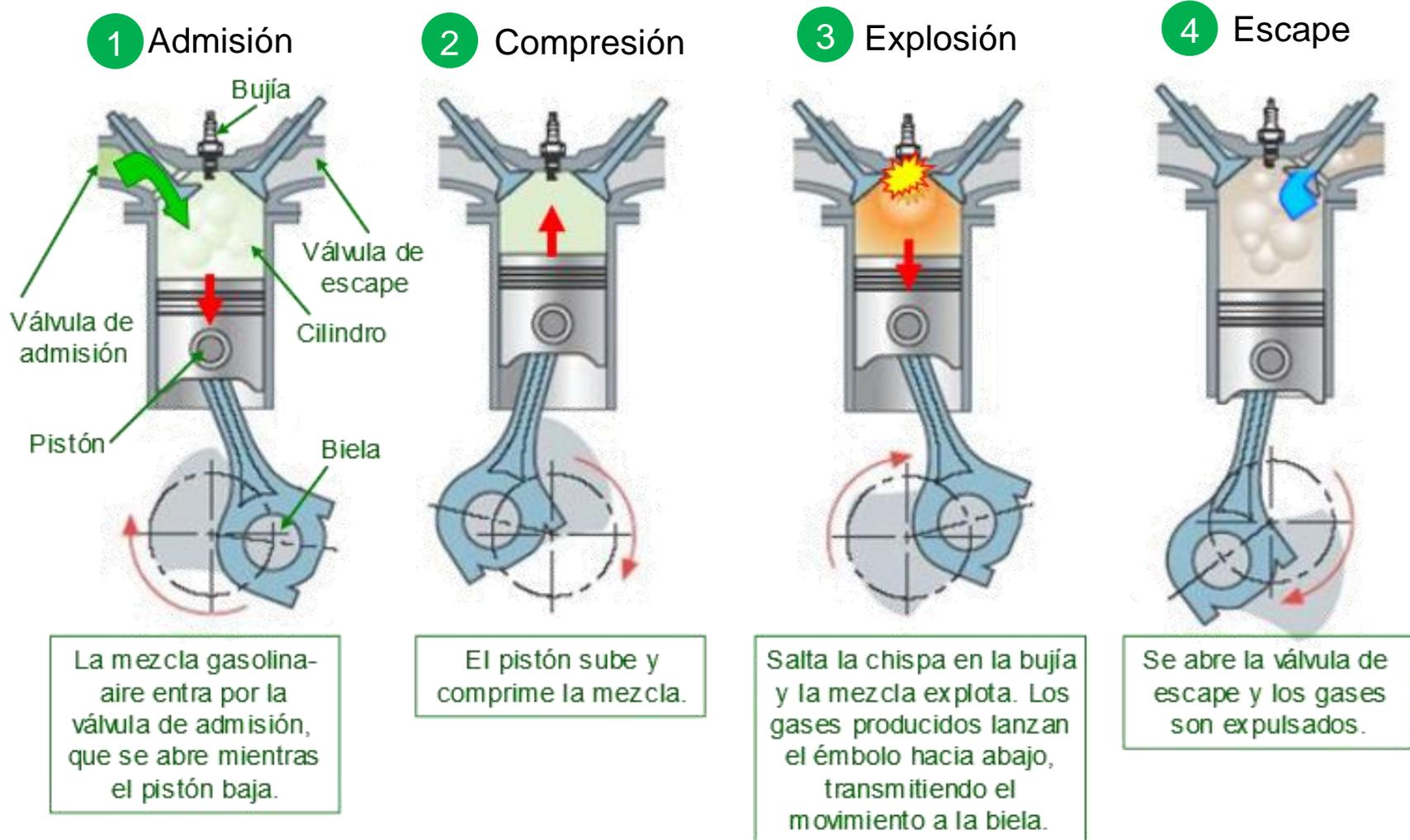


Cuando llega al final de su recorrido, al biela desplaza la pieza B, que cambia las conexiones que comunican A y C; ahora, el émbolo se desplaza hacia la izquierda y el valor más frío sale al exterior.

👉 La máquina de vapor fue perfeccionada por **James Watt** en el siglo XVIII y gracias a ella se produjo la revolución industrial.

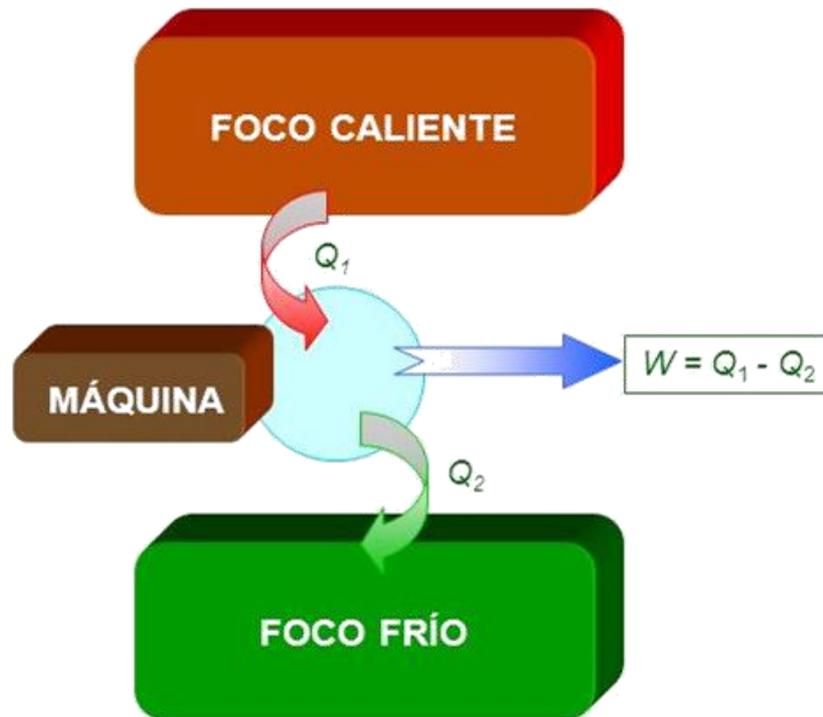
### 3.3. Máquinas térmicas

#### El motor de explosión: combustión interna



3. Transformación entre calor y trabajo

3.4. El rendimiento de las máquinas térmicas



En una máquina térmica el trabajo realizado es igual al calor absorbido ( $Q_1$ ) menos el calor cedido ( $Q_2$ ),

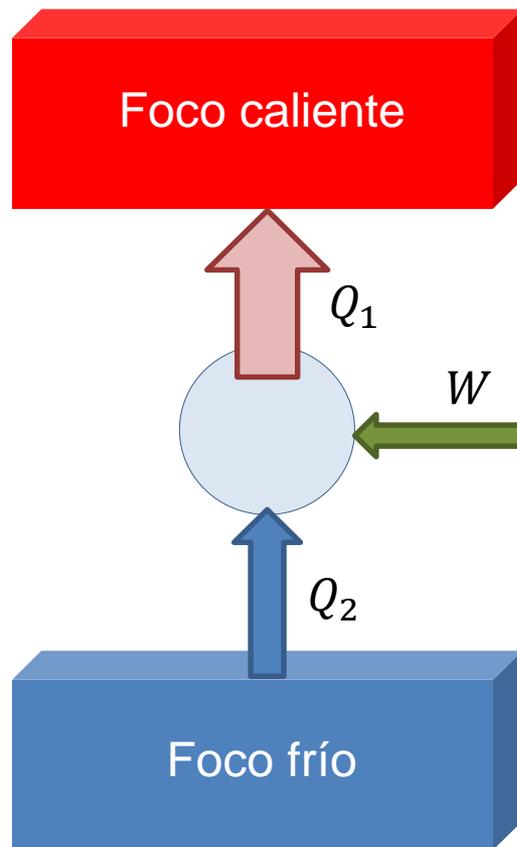
El **rendimiento** de una máquina térmica es la relación entre el trabajo producido y la energía consumida.

$$R = \frac{W}{Q} \cdot 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100$$

☞ El rendimiento es siempre menor que uno.

### 3.4. El rendimiento de las máquinas térmicas

#### Máquina frigorífica



Se define la **eficiencia** o **coeficiente de operación** como:

$$COP = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

