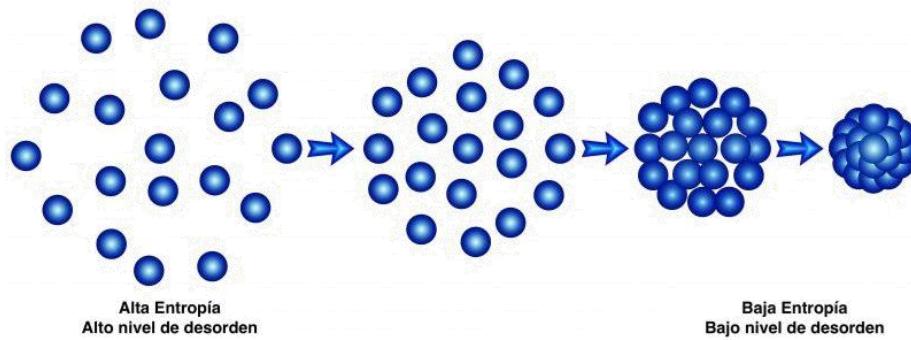


LEYES DE LA TERMODINÁMICA

Ing. Ind. Darwin Santiago Aldás

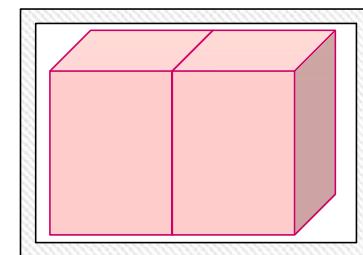
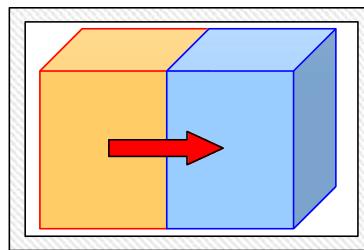


EQUILIBRIO TERMICO

Dos o más cuerpos en contacto, que se encuentran a distinta temperatura, alcanzan pasado un tiempo el equilibrio térmico (misma temperatura).



La **temperatura** es una magnitud física que mide el nivel de **energía** térmica de un sistema o cuerpo.



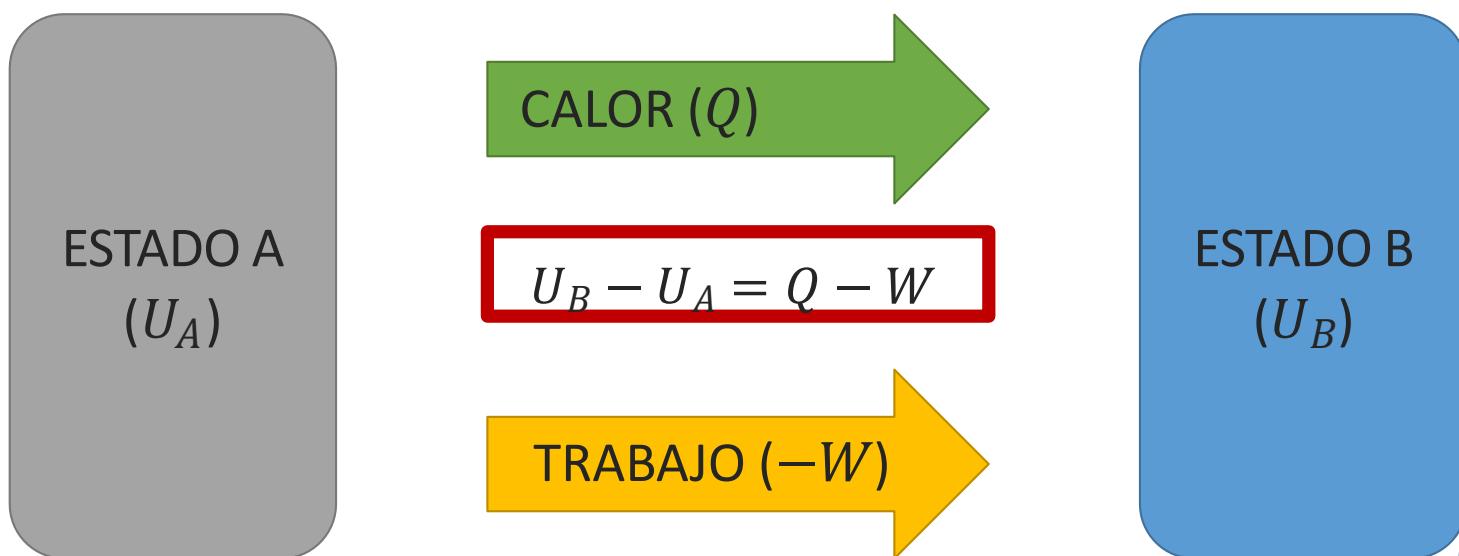


Primera ley de la termodinámica

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

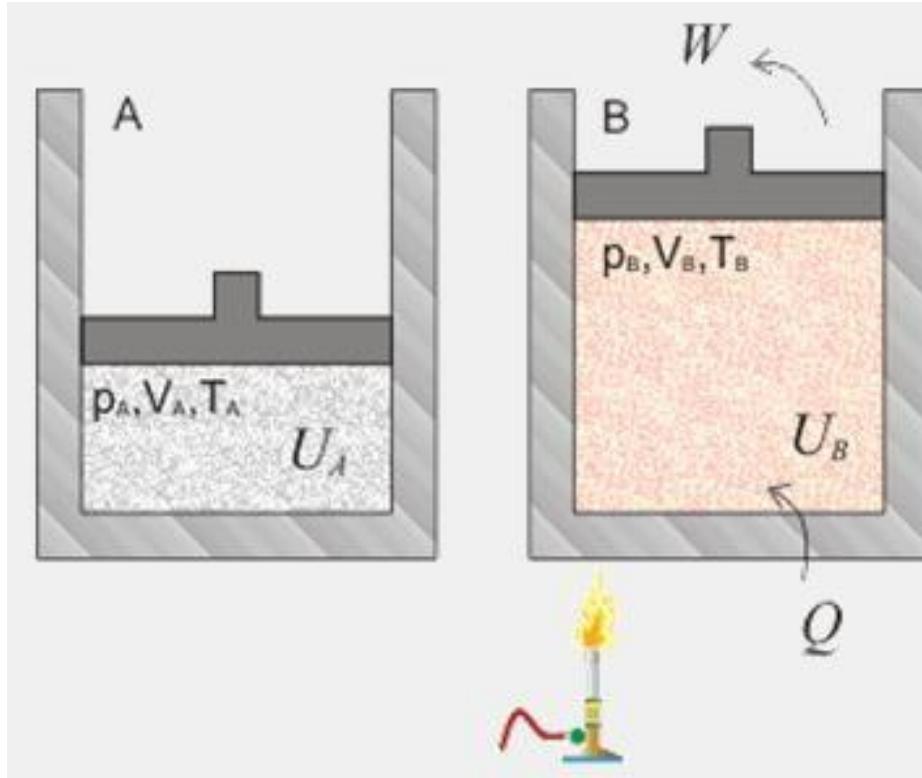
¿Cómo intercambia energía un sistema termodinámico con el medio ambiente?

Un sistema termodinámico puede intercambiar energía con el medio en forma de trabajo y de calor, y también almacenar energía interna. Un sistema aislado, conserva su energía como energía interna.



PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA



$$Q = W + (U_B - U_A)$$

W realizado por el gas $W > 0$

Q absorbido por el gas $Q > 0$

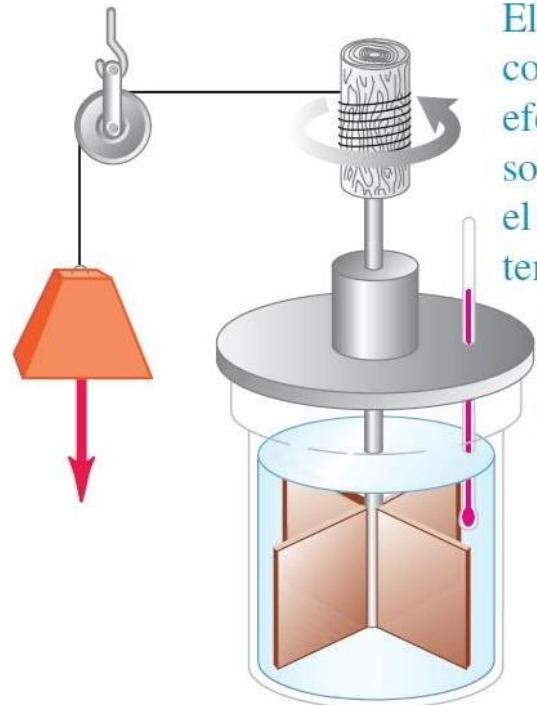
$$Q = W + \Delta U$$

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR (ΔU)



El calentamiento directo puede producir el mismo cambio de temperatura que efectuar trabajo sobre el agua.



El agua se calienta conforme las paletas efectan trabajo sobre ella; el aumento de temperatura es proporcional a la cantidad de trabajo efectuado.

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal} = 4186 \text{ J}$$

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

¿Por qué se enfriá el café?

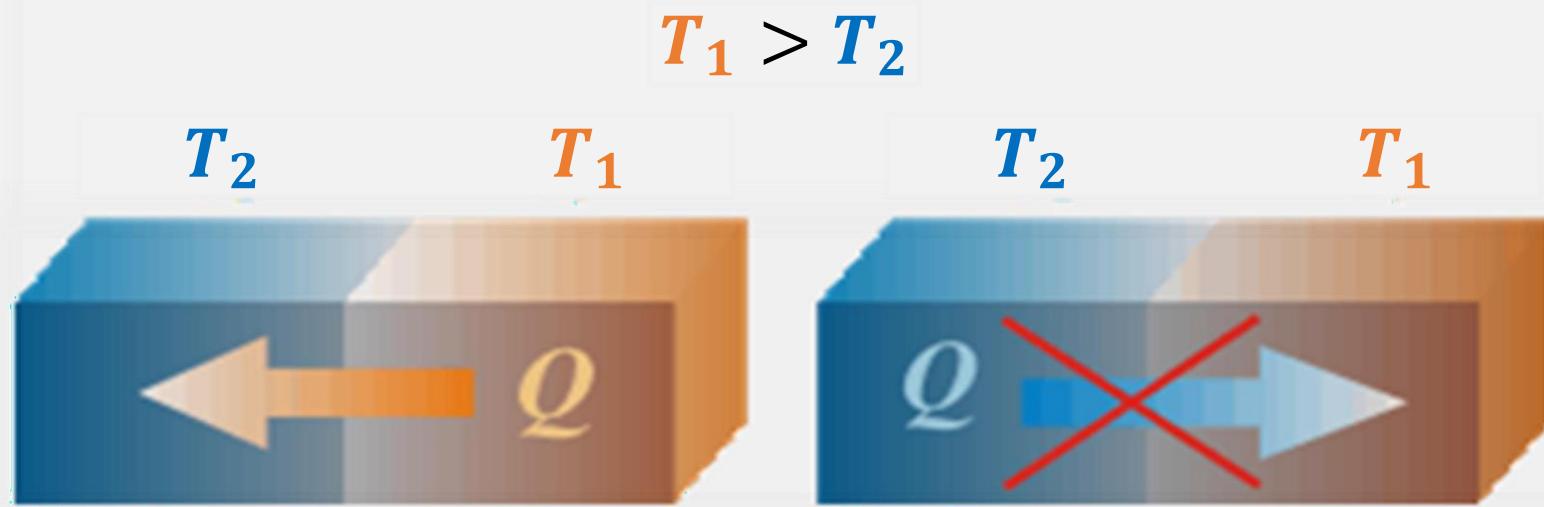




Segunda ley de la termodinámica

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La primera ley no es suficiente para determinar si un proceso puede ocurrir o no. Existe otra ley, que establece en qué dirección ocurrirá el proceso.



La Segunda Ley de la Termodinámica explica por qué los procesos térmicos son irreversibles, cómo la entropía siempre aumenta y por qué nunca se puede aprovechar el 100% de la energía en una máquina térmica.

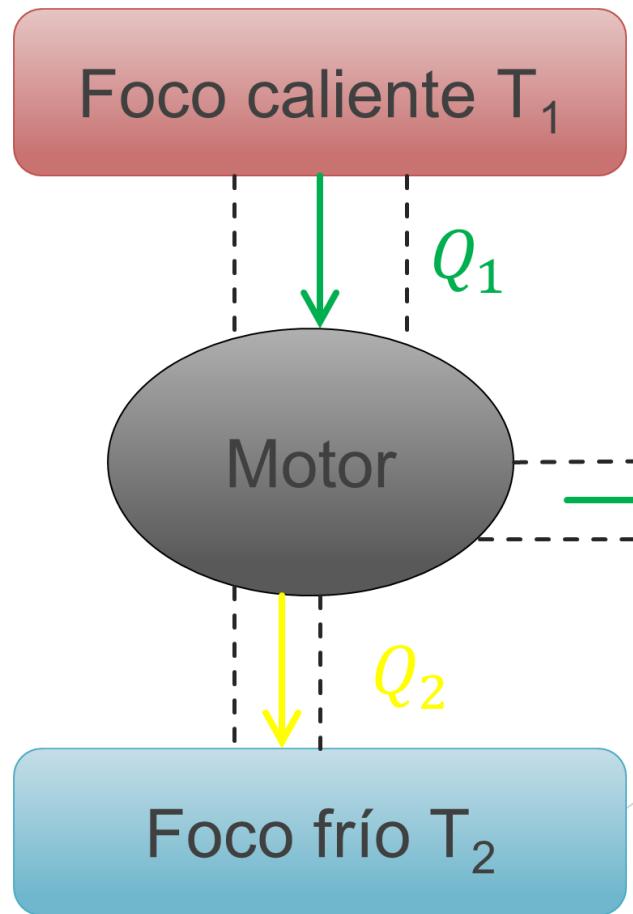
SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

En el **MOTOR** el objetivo es producir trabajo mecánico a expensas de introducir calor en el sistema.

Su rendimiento es:

$$W=Q_1-Q_2$$

$$\eta = \frac{|W_{neto}|}{|Q_1|} < 1$$



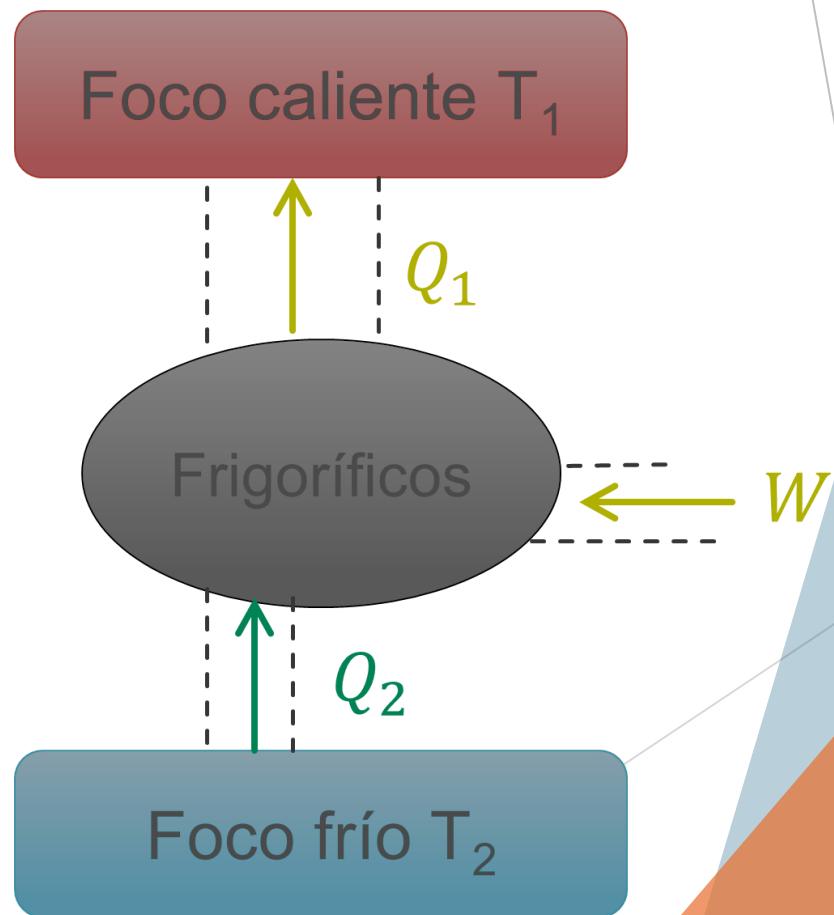
SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

En el **REFRIGERADOR** el objetivo es mover calor del foco frío al foco caliente a expensas de introducir trabajo mecánico en el sistema.

Su eficiencia es:

$$e = \frac{|Q_2|}{|W_{neto}|} > 0$$

Los ciclos invertidos son sistemas que realizan procesos cíclicos que consumen una cantidad neta positiva de trabajo (véase Figura), y el objetivo es retirar calor de un depósito frío (ciclos de refrigeración)



SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

PRINCIPIO DE DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA

- ✓ Ningún equipo puede funcionar de modo tal que su único efecto (en el sistema y sus alrededores) sea convertir completamente todo el calor absorbido por el sistema en trabajo hecho por el sistema.

$$\eta = \frac{|W_{neto}|}{|Q_1|} < 1$$

**Límite teórico
(Carnot)**

$$\eta_C = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

T: Temperatura, expresada en K.

$$\eta_C = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Q₁ > 0: calor absorbido del foco caliente

W > 0: trabajo producido

Q₂ < 0: calor cedido al foco frío

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

PRINCIPIO DE DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA

- ✓ No existe transformación alguna que tenga como único resultado transferir calor de un cuerpo frío a un cuerpo caliente.

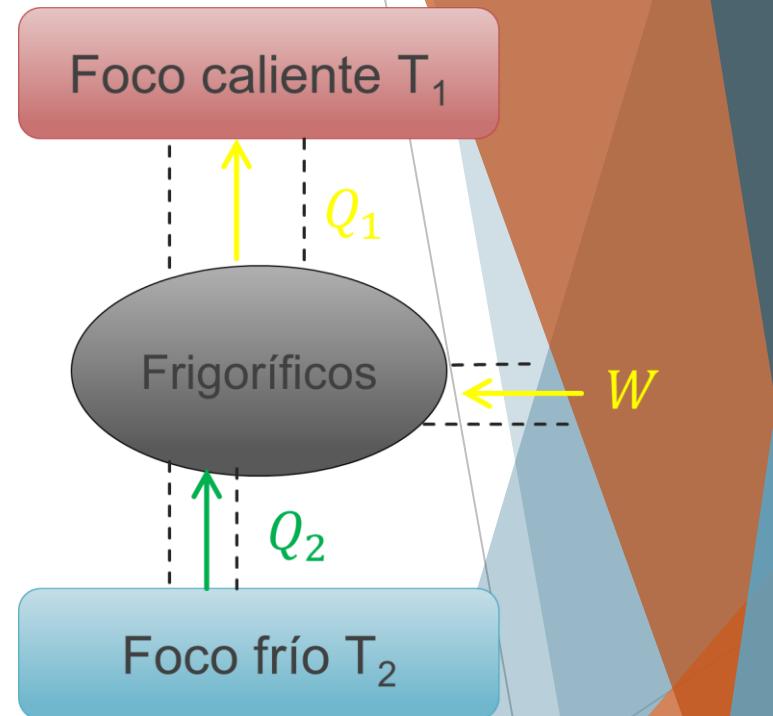
$$\text{Eficiencia(COP)} = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Límite teórico
(Carnot)

$$\text{Eficiencia(COP)} = \frac{1}{\left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

T : Temperatura, expresada en K .

El rendimiento térmico de las máquinas invertidas se llama coeficiente de operación COP



$Q_2 > 0$: calor absorbido del foco frío

$W < 0$: trabajo consumido

$Q_1 < 0$: calor cedido al foco caliente

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

¿Por qué se enfria el café?



APLICACIÓN A UNA VIVIENDA

Una **casa** interacciona con el medioambiente sólo mediante *intercambio de energía en forma de calor*.

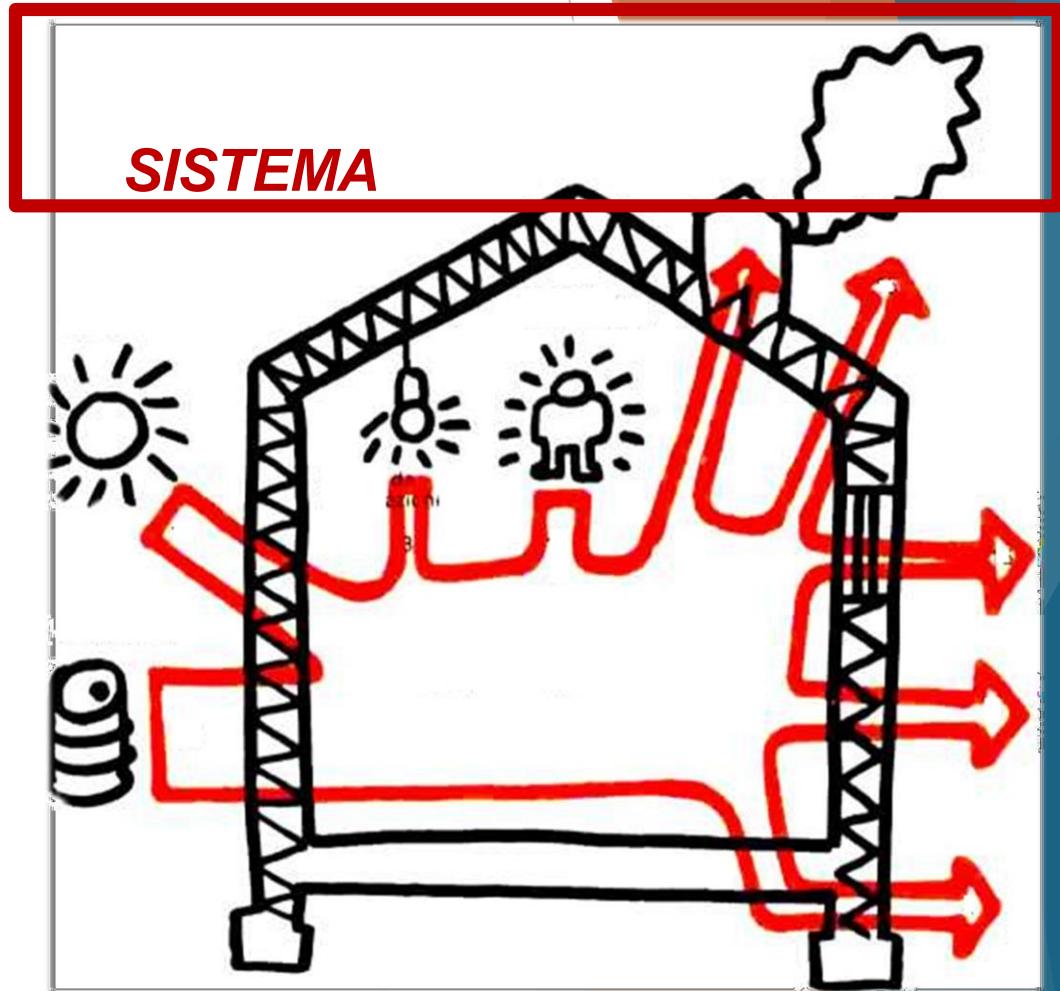
- ▶ Para generar las condiciones de confort necesarias, es necesario controlar la temperatura interna. Esto se logra agregando o quitando energía en forma de calor.



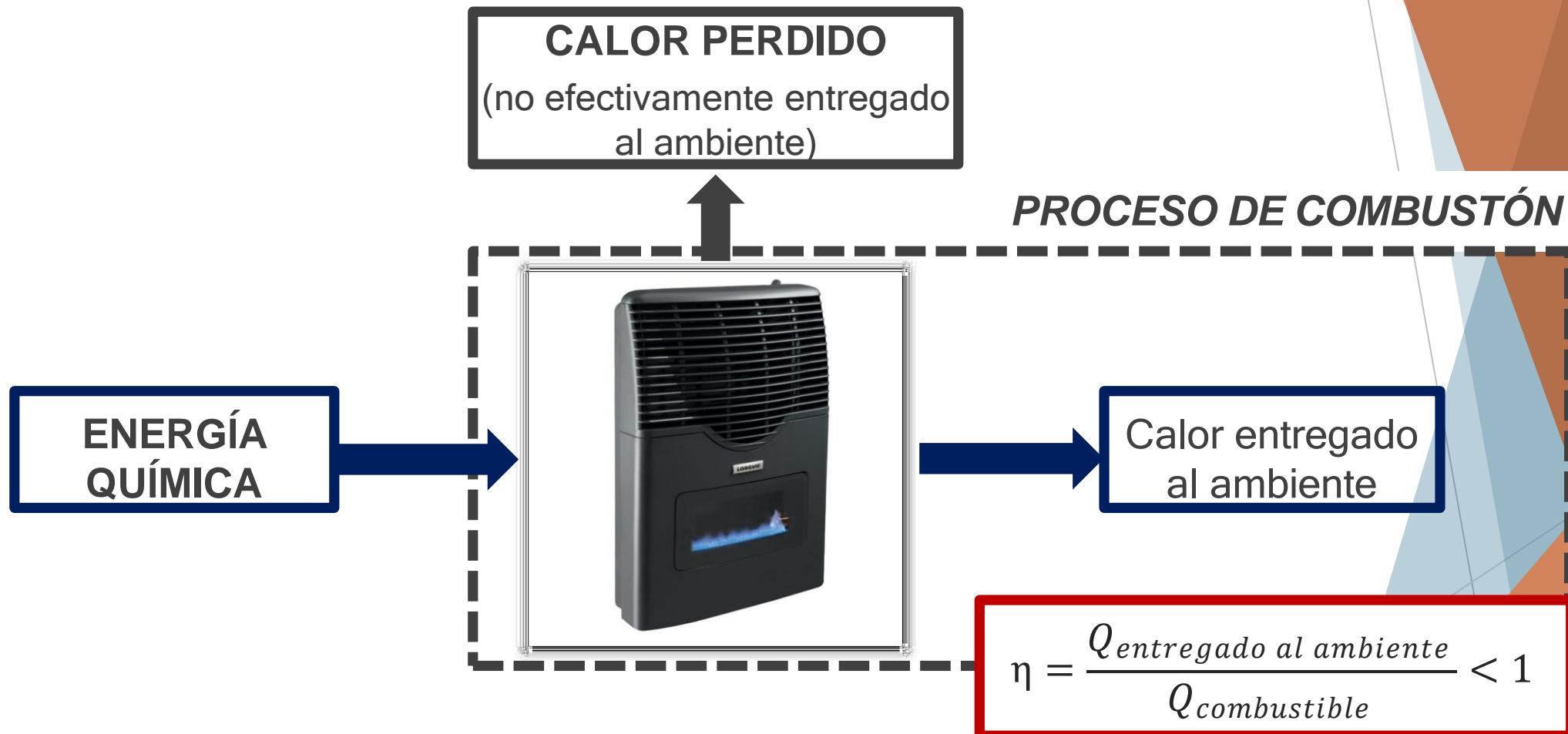
CALEFACTOR
O CALDERA



AIRE ACONDICIONADO
MODO FRÍO/CALOR



CALEFACTORES O CALDERAS



Una máquina térmica absorbe **500 J** de calor de una fuente caliente y libera **300 J** a una fuente fría.

Pregunta:

¿Cuál es la eficiencia de la máquina térmica?

Solución:

La eficiencia (η) de una máquina térmica se calcula con la fórmula:

$$\eta = \frac{W}{Q_{caliente}} = \frac{Q_{caliente} - Q_{frío}}{Q_{caliente}}$$

Donde:

- $Q_{caliente} = 500J$ (calor absorbido)
- $Q_{frío} = 300J$ (calor liberado)
- $W = Q_{caliente} - Q_{frío} = 500J - 300J = 200J$ (trabajo útil)

$$\eta = \frac{200}{500} = 0.4 \text{ o } 40\%$$

Un caldero suministra **800 kJ** de calor a una turbina que opera en un ciclo de Carnot entre **600 K** y **300 K**.

Pregunta:

¿Cuánto trabajo útil realiza la turbina?

Solución:

La eficiencia de Carnot se calcula con:

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

Donde:

- $T_c = 600K$ (temperatura del caldero)
- $T_f = 300K$ (temperatura del sumidero)

$$\eta = 1 - \frac{300}{600}$$

$$\eta = 1 - 0.5 = 0.5 \text{ o } 50\%$$

El trabajo realizado es:

$$W = \eta Q$$

$$W = (0.5)(800 \times 10^3)$$

$$W = 400 \times 10^3 = 400kJ$$

Conclusión: La turbina realiza **400 kJ** de trabajo útil, transformando el 50% del calor en energía mecánica.

CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

Son combustibles todas aquellas sustancias que reaccionan químicamente con un agente oxidante para obtener energía en forma de calor.

Los **combustibles fósiles** derivan de la fosilización de compuestos de carbono. Estos compuestos provenían de la fotosíntesis, por lo tanto, la fuente de energía para dicha reacción química ha sido la solar. La conversión de energía solar en energía química se da de la siguiente manera:

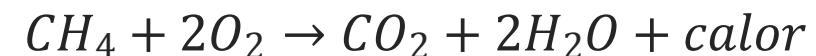


Bajo altas presiones y temperatura, en ausencia de oxígeno, los compuestos de carbono se transformaron en compuestos con la fórmula general C_xH_y , y fracciones de O , N y S .

CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

PODER CALORÍFICO

Es el calor que entrega un kilogramo o un metro cúbico de combustible al oxidarse totalmente. Es decir, cuando todo el carbono presente se convierte en anhídrido carbónico. Las unidades más utilizadas son [$kcal/kg$], [kWh/m^3], [btu/ton], entre otras.



Es posible distinguir entre el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI).

CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS)

Se define suponiendo que todos los elementos de la combustión (combustible y aire) son tomados a 0°C y los productos (gases) de la combustión son llevados a 0°C luego de la misma, por lo que **el vapor de agua estará totalmente condensado**. El vapor de agua provendrá del contenido de humedad que presente el combustible, y de la combinación del *H* con el *O*.

PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI)

Se define suponiendo que el vapor de agua presente en los productos de la combustión, **no condensa**.

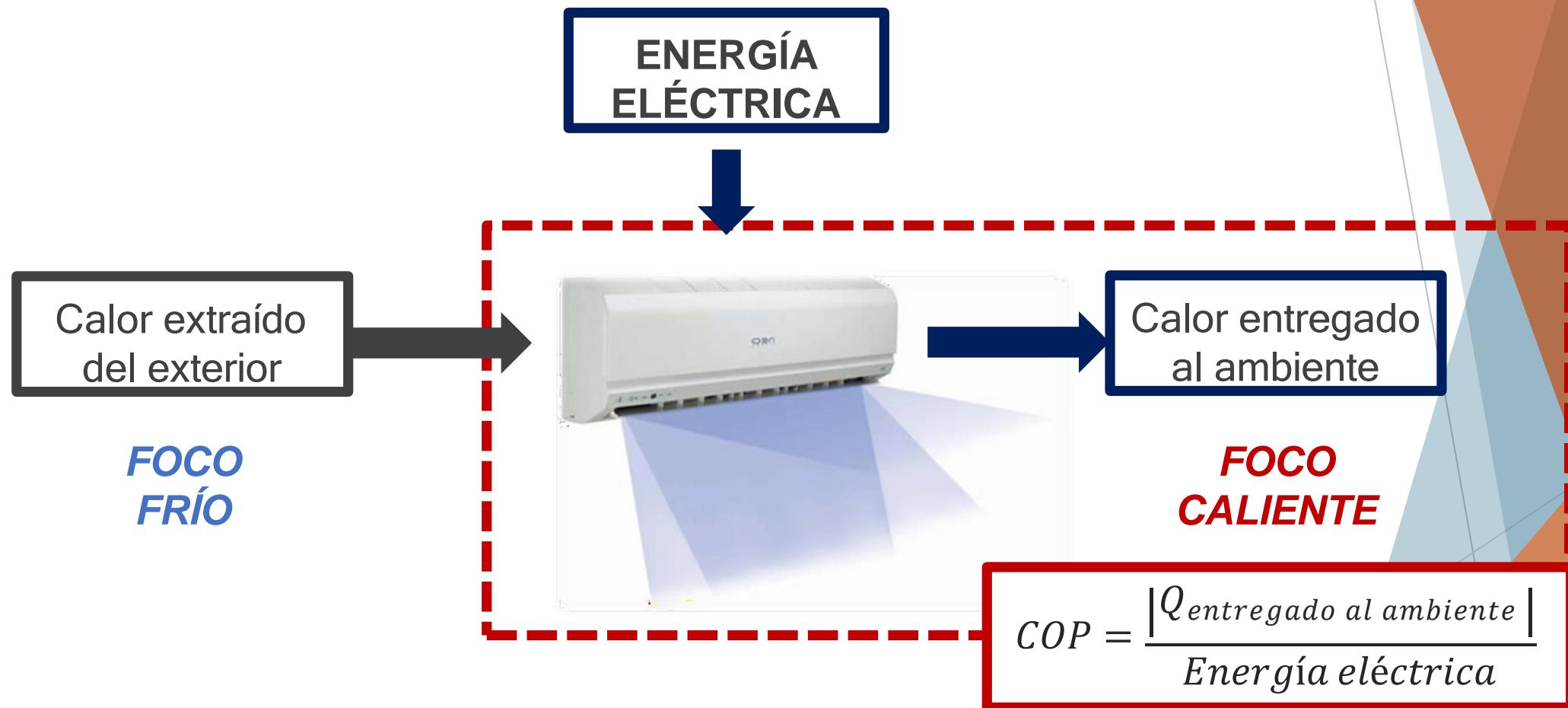
CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

Los **calefactores sin salida al exterior**, **alimentan su combustión utilizando el oxígeno del ambiente y despiden el producto de combustión también al ambiente**. NO deben instalarse en baños, ni dormitorios. Se deben colocar las rejillas superior e inferior reglamentarias de ventilación.

Los **calefactores de tiro natural** **tienen un conducto al exterior por medio del cual evacuan los productos de combustión, y utilizan el oxígeno del ambiente para su combustión**. NO deben instalarse en baños, ni dormitorios. Se debe colocar la rejilla inferior reglamentaria de ventilación.

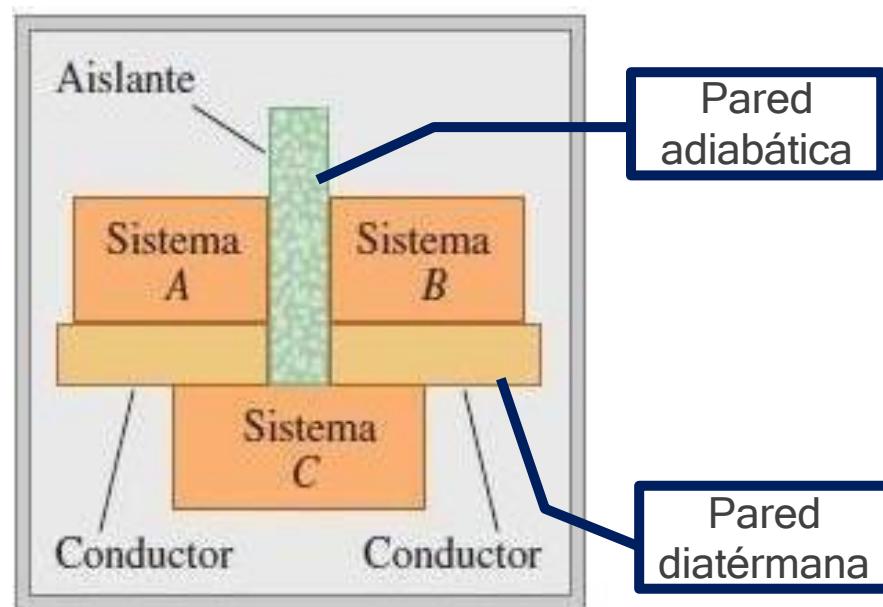
Los **calefactores de tiro balanceado** **tienen una doble comunicación al exterior, por medio de la cual toman el oxígeno del exterior y despiden los productos de combustión al exterior**. Pueden instalarse en todo tipo de ambientes. No requieren rejillas de ventilación.

AIRE ACONDICIONADO MODO CALOR

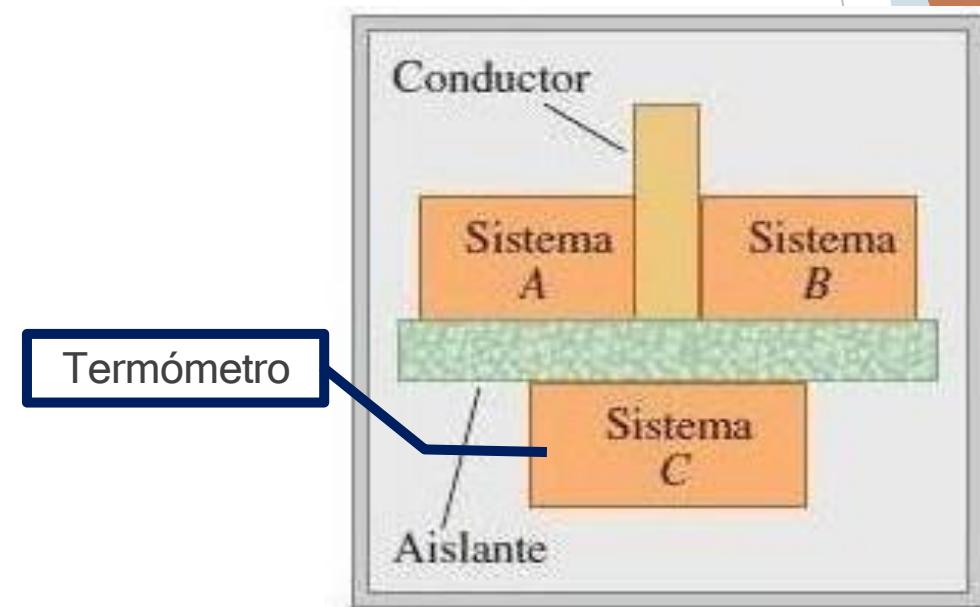


LEY CERO DE LA TERMODINÁMICA

Si dos sistemas están, por separado, en equilibrio térmico con un tercero, entonces están en equilibrio térmico entre sí. Dos sistemas están en equilibrio térmico si y sólo si tienen la misma temperatura.



A interactúa con C hasta alcanzar el equilibrio térmico
B interactúa con C hasta alcanzar el equilibrio térmico



Si luego A y B interactúan, NO se produce ningún cambio en sus propiedades macroscópicas

Explicación:

- Esta ley introduce la idea de **temperatura** como una propiedad fundamental que determina el equilibrio térmico entre sistemas.
- Si un sistema A está en equilibrio térmico con un sistema C y un sistema B también está en equilibrio térmico con C, entonces A y B estarán en equilibrio térmico entre sí.
- Esto significa que **todos los cuerpos en equilibrio térmico tienen la misma temperatura**.

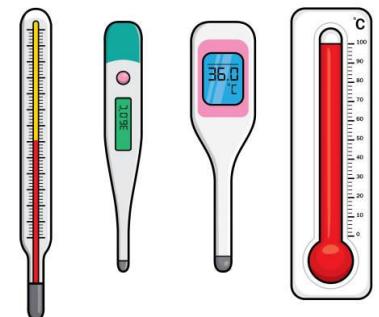
Aplicaciones

► 1. Uso de Termómetros

- Cuando colocamos un termómetro en contacto con un objeto, ambos alcanzan el equilibrio térmico y la temperatura que marca el termómetro es la misma que la del objeto medido.

► 2. Control de Temperatura en Electrodomésticos

- **Refrigeradores y aires acondicionados:** Mantienen una temperatura constante en su interior
- **Hornos eléctricos y microondas:** Alcanzan y mantienen una temperatura uniforme para cocinar los alimentos de manera homogénea.



Aplicaciones

► Sistemas de Climatización

- En oficinas y hogares, los sistemas de calefacción y aire acondicionado funcionan basándose en la Ley Cero para equilibrar la temperatura del ambiente con la temperatura deseada.

► 4. Fabricación y Procesos Industriales

- En la industria metalúrgica y química, los procesos requieren mantener materiales y reactores a temperaturas controladas para garantizar calidad y seguridad.
- En la fabricación de dispositivos electrónicos, es crucial controlar la temperatura para evitar daños en los componentes.

EJERCICIO

- ▶ Un refrigerador mantiene su interior a 4°C . Se introduce una botella de jugo a temperatura ambiente (25°C).
- ▶ **Pregunta:**
¿Qué ocurrirá con la temperatura del jugo después de un tiempo?