

**UC** | Chile

# **Termodinámica (FIS1523)**

## **Transferencia de Energía y 1<sup>ra</sup> Ley**

**Felipe Isaule**  
felipe.isaule@uc.cl

Miércoles 26 de Marzo de 2025

# Resumen clase anterior

- Revisamos distintas **formas de la energía**, incluyendo formas **macroscópicas y microscópicas**.
- Definimos la **energía interna**  $U$ .
- Vimos que **sistemas cerrados** pueden **transferir energía** por medio de **trabajo**  $W$  y **calor**  $Q$ .
- Revisamos los tres mecanismos de transferencia de calor: **conducción, convección, y radiación**.

# Clase 7: Transferencia de energía y 1<sup>ra</sup> Ley

- Transferencias de energía.
- 1ra Ley de la Termodinámica.

- Bibliografía recomendada:
  - Cengel (2.3, 2.4, 2.5, 2.6).

# Clase 7: Transferencia de energía y 1<sup>ra</sup> Ley

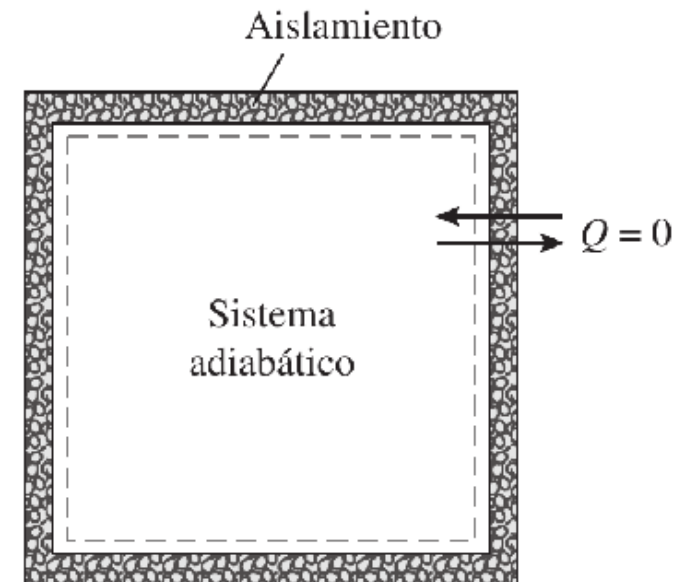
- **Transferencias de energía.**
- 1ra Ley de la Termodinámica.

# Transferencia de calor

- En la clase pasada vimos fórmulas para la **tasa de transferencia de calor**.
- El **calor** transferido en un **intervalo de tiempo** es:

$$Q_{1 \rightarrow 2} = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt.$$

- Recordar que el calor **depende de la trayectoria**.
- Como se definió en clases pasadas, un proceso **adiabático** es aquel que **no intercambia calor**.



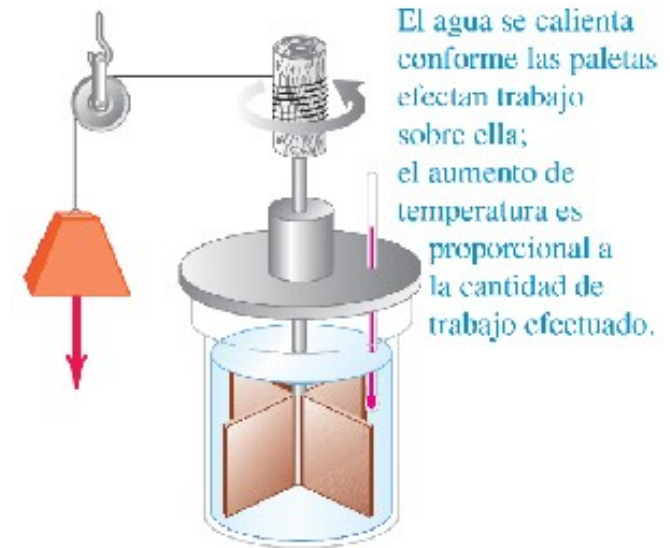
# Transferencia de calor

- Importante!

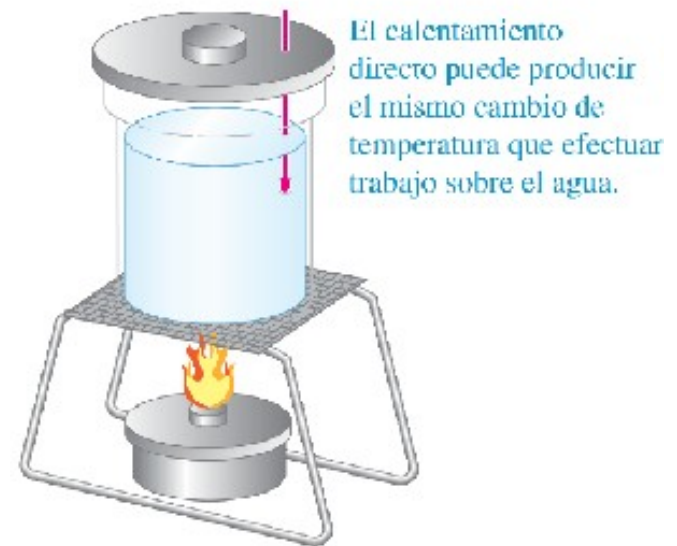
Se pueden inducir **cambios de temperatura con trabajo**.

- Finalmente, calor y trabajo son manifestaciones del mismo concepto.

a) Aumento de la temperatura del agua al efectuar trabajo sobre ella



b) Incremento de la temperatura del agua transfiriéndole directamente calor

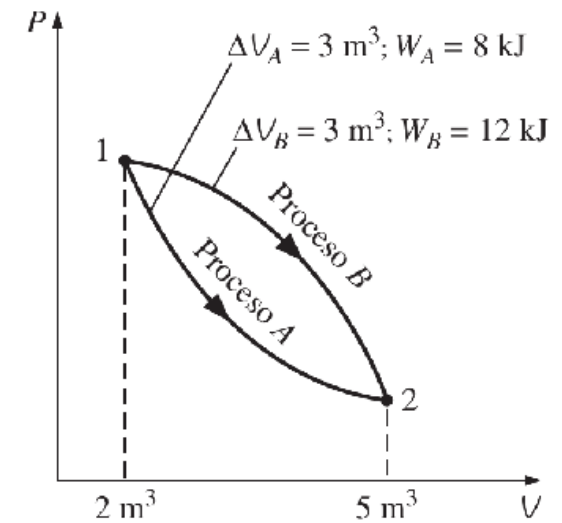


# Transferencia de trabajo

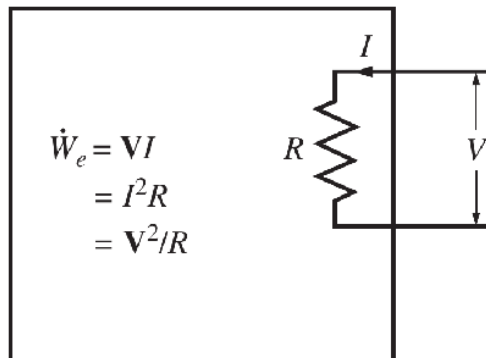
- El **trabajo** realizado durante un proceso:

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_1^2 \delta W.$$

- El trabajo también **depende de la trayectoria**.
- Hay distintas formas de realizar trabajo. En general nos enfocaremos en formas **mecánicas**.



Las propiedades son funciones de punto; pero el calor y el trabajo son funciones de la trayectoria (sus magnitudes dependen de la trayectoria seguida).

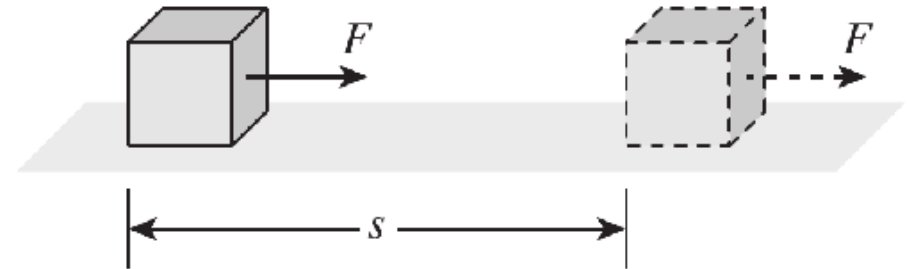


- Sin embargo, otra forma de trabajo común, y que es utilizada en algunos ejemplos del curso, es el **trabajo eléctrico**.

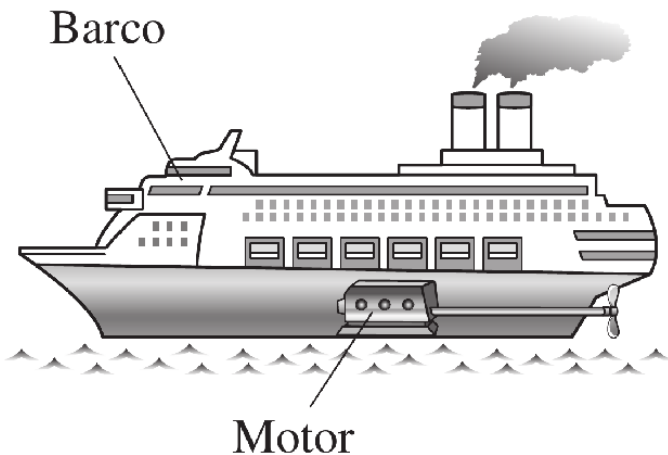
# Trabajo mecánico

- Recordemos que el **trabajo** realizado por una **fuerza** en una **trayectoria** está dado por:

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_{s_1}^{s_2} F ds.$$



- Para que exista transferencia de trabajo deben haber **movimientos** macroscópicos. Ejemplo: mov. de las **fronteras**.

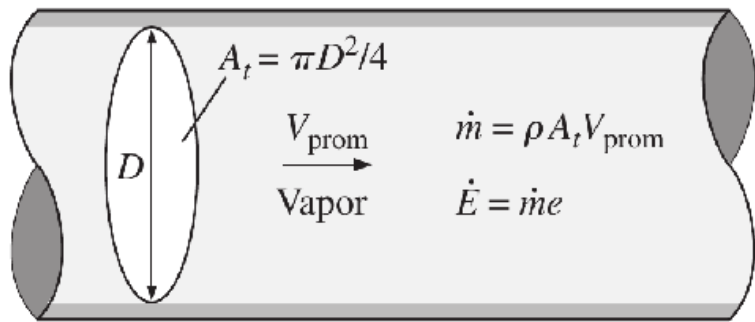


- En muchos sistemas termodinámicos el trabajo mecánico es la única forma de trabajo presente.
  - Revisar capítulo 2.5 del Cengel para repasar el cálculo de trabajos mecánicos.



# Flujos másicos

- **Sistemas abiertos**, además de poder transferir calor y trabajo, pueden **transferir masa**, siendo una transferencia macroscópica de energía.
- El **flujo másico** corresponde a la cantidad de **masa** que fluye por una **sección transversal** por **unidad de tiempo**:



Tasas de flujo de masa y energía asociados a un flujo de vapor en una tubería de diámetro interno  $D$  con una velocidad promedio de  $V_{\text{prom}}$ .

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho A_t v_{\text{prom}}.$$

$V$  : Volumen  
 $v_{\text{prom}}$  : Rapidez promedio  
 $A_t$  : Área transversal

- Por tanto, el **flujo de energía** asociado:

$$\dot{E} = \dot{m} e.$$



Energía por unidad de masa del flujo

# Clase 7: Transferencia de energía y 1<sup>ra</sup> Ley

- Transferencias de energía.
- **1ra Ley de la Termodinámica.**

# 1ra Ley de la Termodinámica

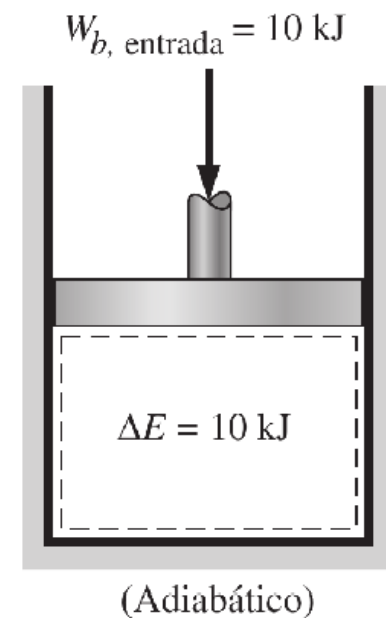
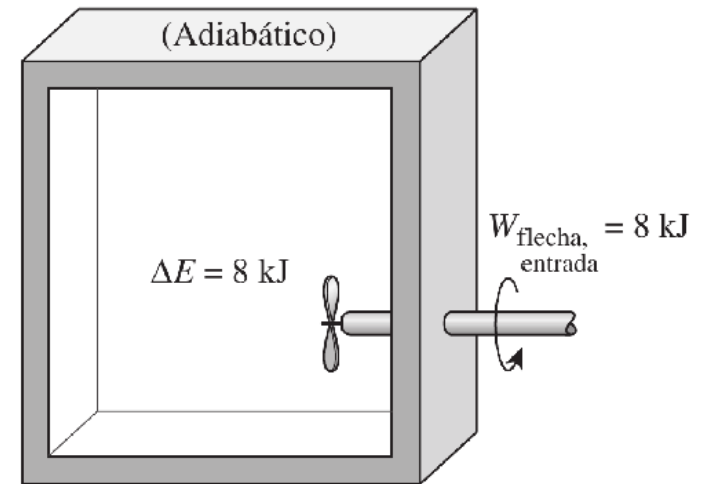
La **energía** no se puede crear ni destruir durante un proceso; **sólo puede cambiar de forma.**

- La 1<sup>ra</sup> Ley también se conoce como el **principio de conservación de la energía.**
- Una consecuencia de 1<sup>ra</sup> Ley es la **definición y existencia** de la energía.
  - Existe una **energía total**  $E$ .
- Sin embargo, en la práctica sólo trabajamos con **diferencias de energía.**

# 1ra Ley de la Termodinámica

→ Para todos los procesos adiabáticos entre dos estados determinados de un sistema cerrado, el trabajo neto realizado es el mismo sin importar la naturaleza del sistema cerrado ni los detalles del proceso.

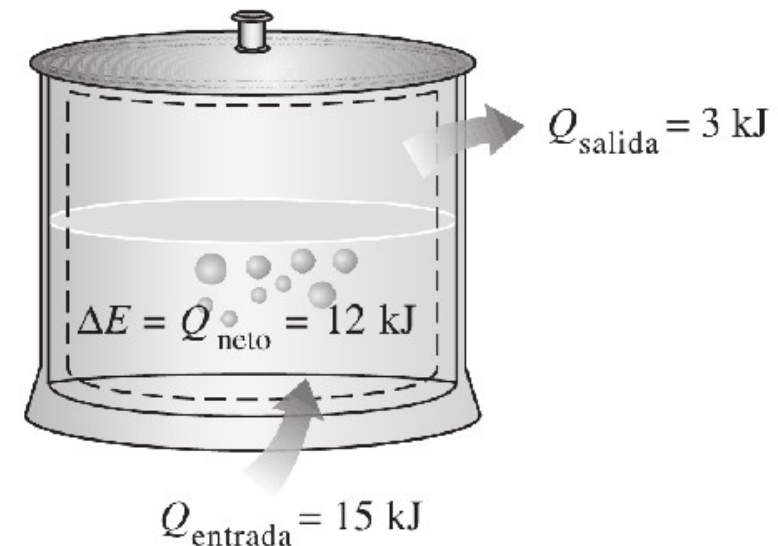
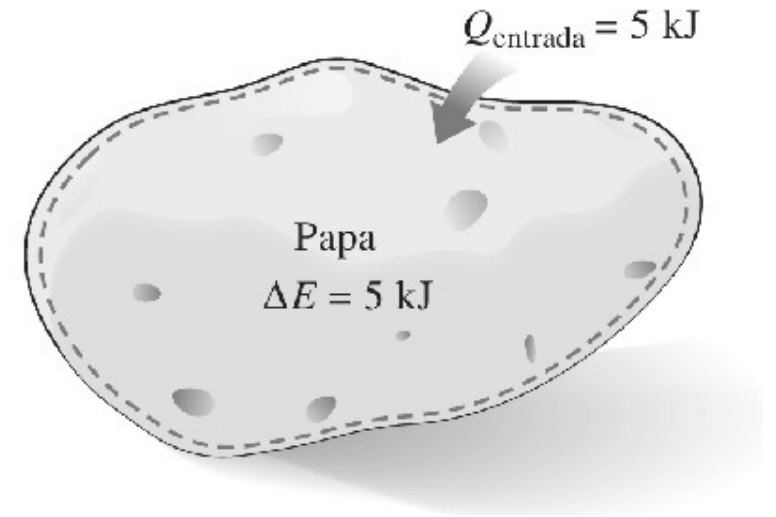
$$\longrightarrow W = \Delta E.$$



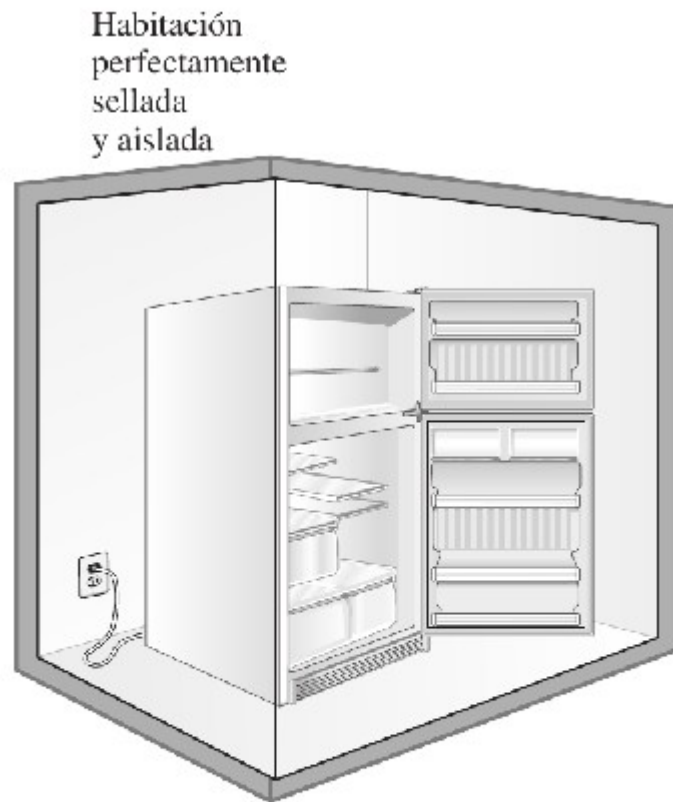
# 1ra Ley de la Termodinámica

- Por otro lado, si un sistema experimenta un cambio de energía donde no hay trabajo involucrado:

$$\longrightarrow Q = \Delta E.$$

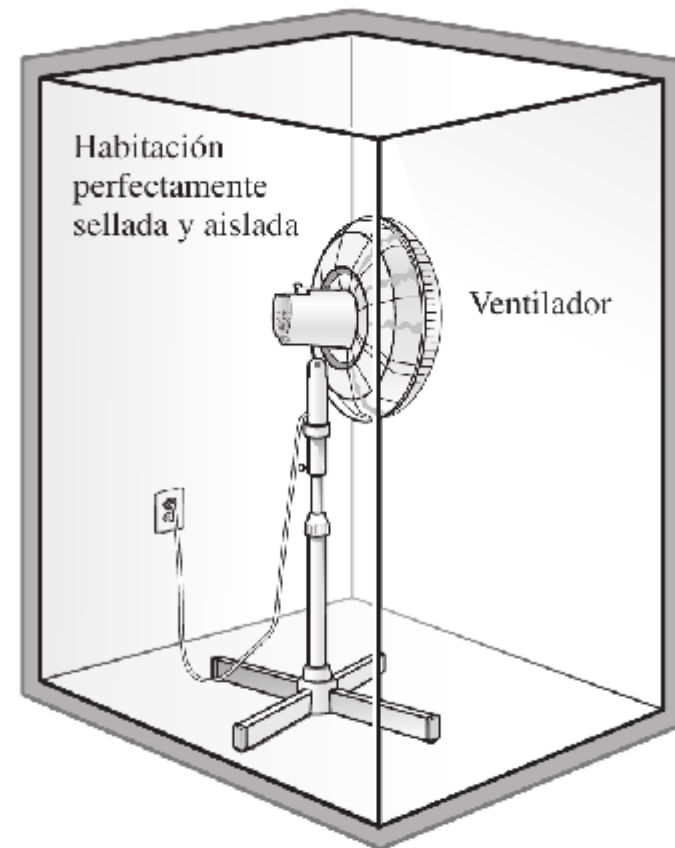


# ¿Aumenta o disminuye la temperatura?



**FIGURA 2-1**

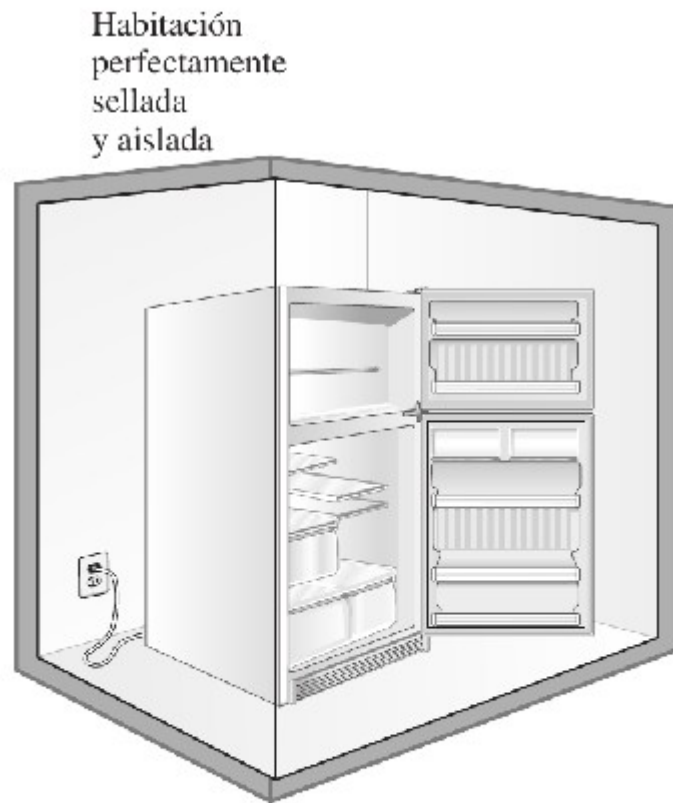
Un refrigerador en funcionamiento con su puerta abierta dentro de una habitación perfectamente sellada y aislada.



**FIGURA 2-2**

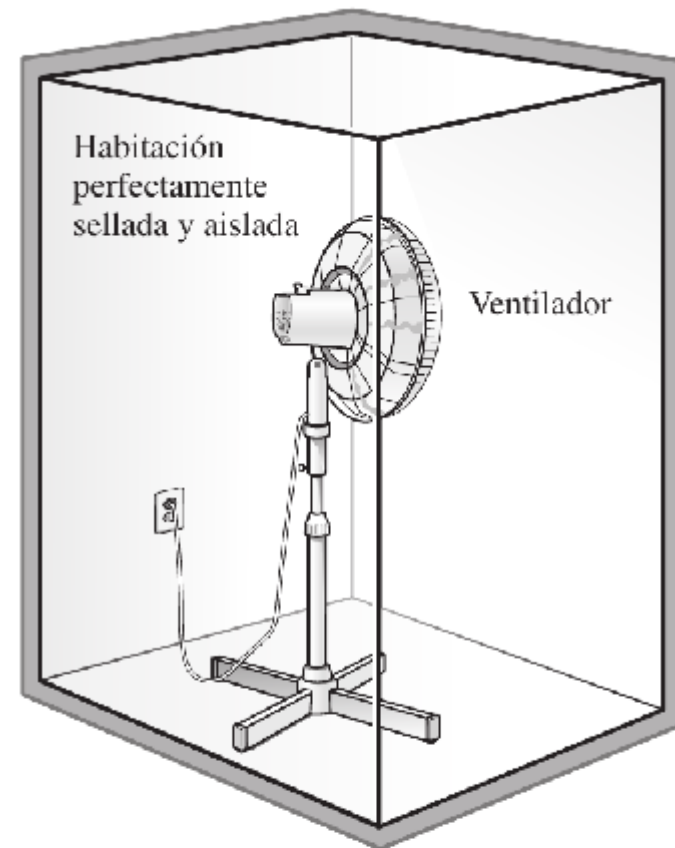
Un ventilador en funcionamiento en una habitación bien sellada y aislada hará que aumente la temperatura del aire que se halla en la habitación.

# ¿Aumenta o disminuye la temperatura?



**FIGURA 2-1**

Un refrigerador en funcionamiento con su puerta abierta dentro de una habitación perfectamente sellada y aislada.



**FIGURA 2-2**

Un ventilador en funcionamiento en una habitación bien sellada y aislada hará que aumente la temperatura del aire que se halla en la habitación.

**En ambos casos aumenta!!!**

Sólo hay energía entrando a las habitaciones, la que se termina convirtiendo en calor (no hay energía saliente). Este calor provoca el aumento de la temperatura.

# Balance de energía

- *El **cambio neto** de la **energía total** del sistema durante un proceso es igual a la **diferencia** entre la energía total que **entra** y la energía total que **sale** del sistema:*

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}.$$

- Esta relación se conoce como **balance de energía**.



# Cambio de la energía durante un proceso

- Si la **energía cambia** durante un **proceso** (es decir con el tiempo), entonces el cambio de energía es:

$$\Delta E_{\text{sistema}} = E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}}.$$

Cambio de energía interna,  
potencial, y cinética.

Transferencia de energía  
(calor, trabajo, masa).

- La energía es una propiedad de estado. Por tanto, un **cambio de energía** provoca un **cambio en el estado** del sistema.
- En ausencia de efectos electromagnéticos y de tensión superficial:

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \Delta U + \Delta E_{\text{potencial}} + \Delta E_{\text{cinetica}}.$$
$$\Delta E_{\text{potencial}} = mg(z_{\text{final}} - z_{\text{inicial}})$$
$$\Delta E_{\text{cinetica}} = \frac{m}{2}(v_{\text{final}}^2 - v_{\text{inicial}}^2)$$

- En sistemas **estacionarios** sólo cambia la energía interna:

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \Delta U$$

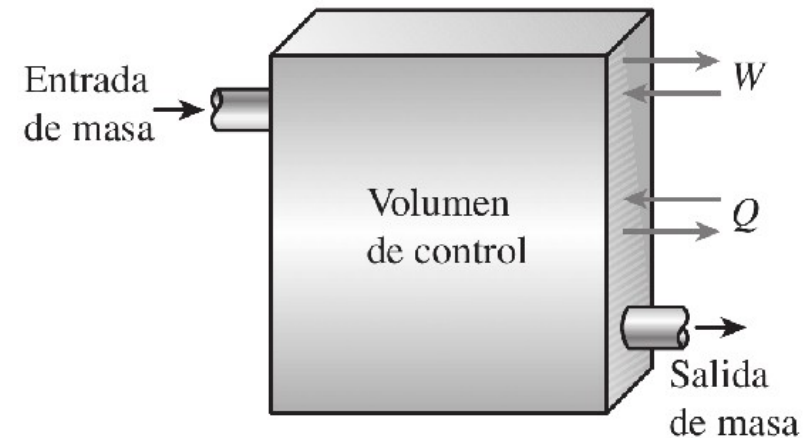
# Transferencia de energía

- Como ya hemos visto, la **energía** se puede **transferir** por medio de **masa** (sólo en sistemas abiertos), **trabajo** y **calor**.

$$\longrightarrow \Delta E_{\text{sistema}} = \Delta W + \Delta Q + \Delta E_{\text{masa}}.$$

- En forma de **tasa**:

$$\frac{dE_{\text{sistema}}}{dt} = \dot{Q} + \dot{W} + \dot{E}_{\text{masa}}.$$



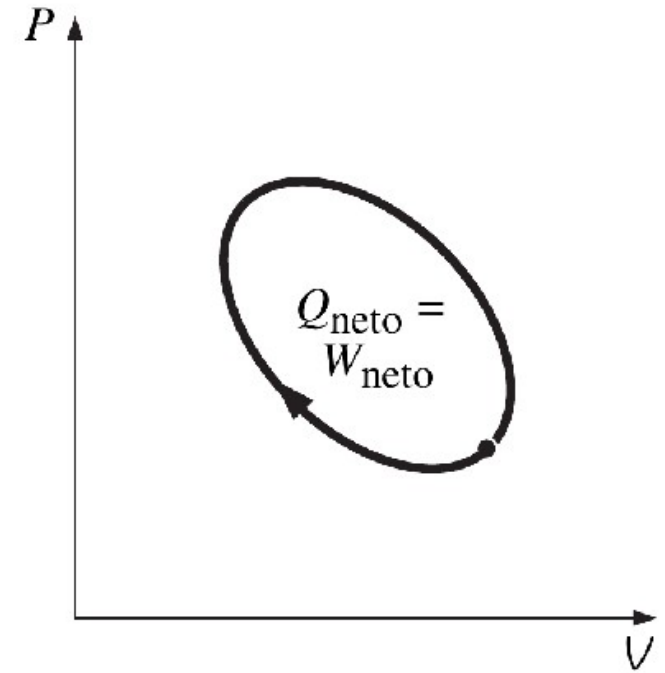
# Ciclos

- Un **ciclo** en un sistema cerrado tiene **estados iniciales y finales idénticos**:

$$E_{\text{inicial}} = E_{\text{final}} \longrightarrow \Delta E_{\text{sistema}} = 0.$$

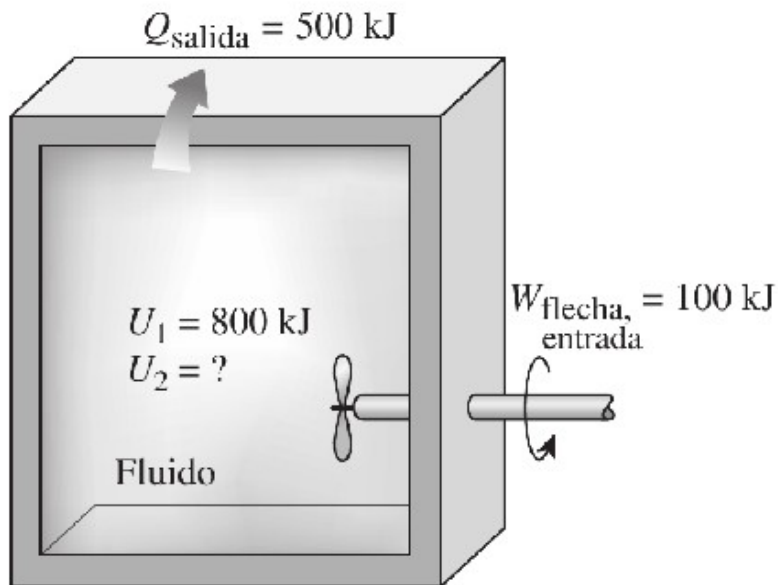
- Debido a que no hay flujo másico, entonces:

$$W_{\text{entrada}} = Q_{\text{salida}}, \quad \dot{W}_{\text{entrada}} = \dot{Q}_{\text{salida}}.$$



# Ejemplo 1: Enfriamiento de un fluido

- Un **recipiente rígido** contiene un **fluido caliente** que se **enfía** mientras es agitado por un **ventilador**. Al **inicio**, la **energía interna** del fluido es de 800 kJ, pero durante el proceso de enfriamiento **pierde** 500 kJ de **calor**. Por su parte, la **rueda realiza** 100 kJ de **trabajo sobre el fluido**. Determine la **energía interna final del fluido** e ignore la energía almacenada en el ventilador.



# Ejemplo 1: Enfriamiento de un fluido

- Un **recipiente rígido** contiene un **fluido caliente** que se **enfía** mientras es agitado por un **ventilador**. Al **inicio**, la **energía interna** del fluido es de 800 kJ, pero durante el proceso de enfriamiento **pierde** 500 kJ de **calor**. Por su parte, la **rueda realiza** 100 kJ de **trabajo sobre el fluido**. Determine la **energía interna final del fluido** e ignore la energía almacenada en el ventilador.

Como es un sistema estacionario, entonces:

$$\Delta E = \Delta U$$

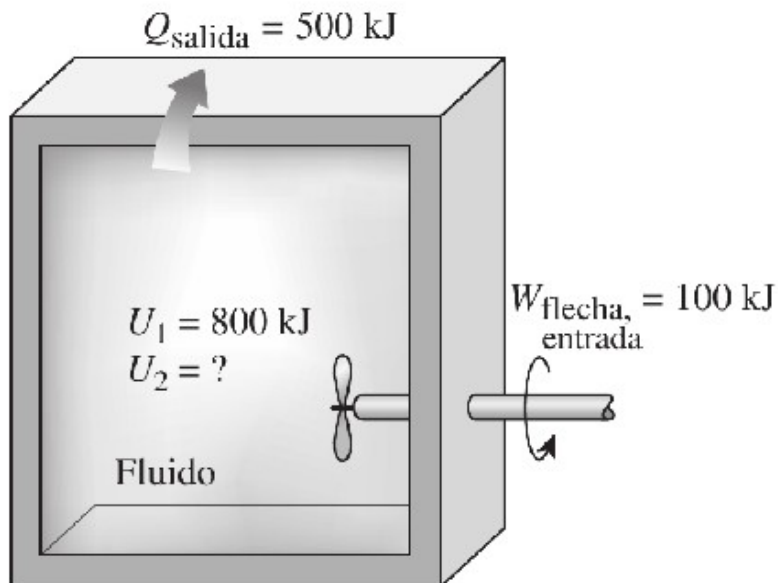
Por balance de energía:

$$\Delta E = E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}}$$

$$U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}} = W_{\text{entrada}} - Q_{\text{salida}}$$

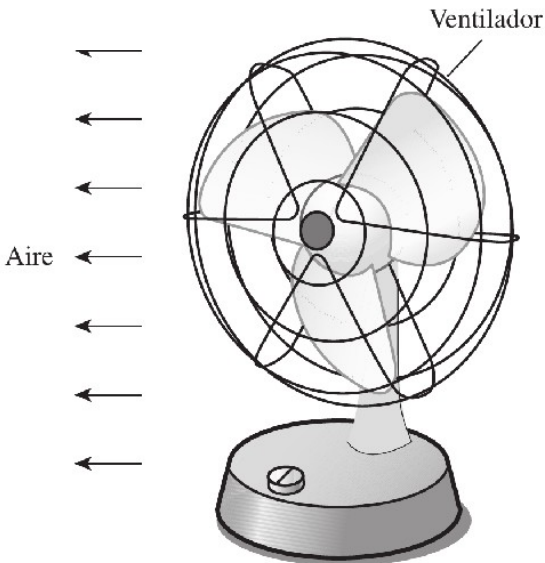
$$U_{\text{final}} - 800 \text{ kJ} = 100 \text{ kJ} - 500 \text{ kJ}$$

$$\longrightarrow \boxed{U_{\text{final}} = 400 \text{ kJ}}$$



## Ejemplo 2:

- Un **ventilador** en funcionamiento **consume** 20 W de **potencia eléctrica** y **descarga aire** del cuarto a ventilarse a una **tasa** de 1.0 kg/s. Encuentre la **velocidad de descarga**.



## Ejemplo 2:

- Un **ventilador** en funcionamiento **consume** 20 W de **potencia eléctrica** y **descarga aire** del cuarto a ventilarse a una **tasa** de 1.0 kg/s. Encuentre la **velocidad de descarga**.

La tasa de energía es la potencia, la cual es constante:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{W}_{\text{elec}} = 20 \text{ W}$$

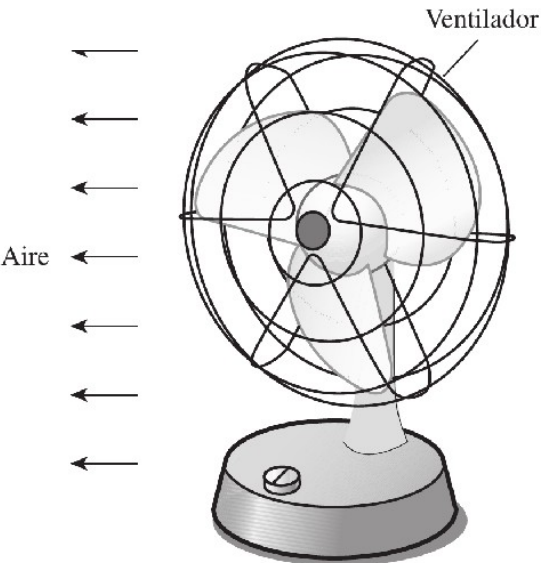
Podemos entender el problema como un sistema abierto con flujo másico:

$$\dot{E} = \dot{m}_{\text{aire}} e = \dot{m}_{\text{aire}} \frac{v^2}{2}, \quad \dot{m}_{\text{aire}} = 1.0 \text{ kg/s.}$$

Igualando y despejando  $v$  :

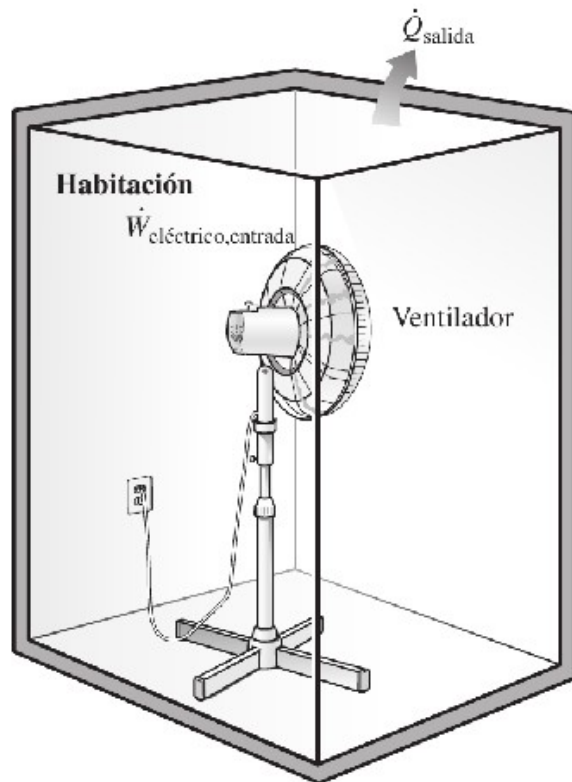
$$\dot{W}_{\text{elec}} = \dot{E}$$

$$\longrightarrow v = \sqrt{\frac{2\dot{W}_{\text{elec}}}{\dot{m}}} \longrightarrow \boxed{v = 6.3 \text{ m/s.}}$$



## Ejemplo 3:

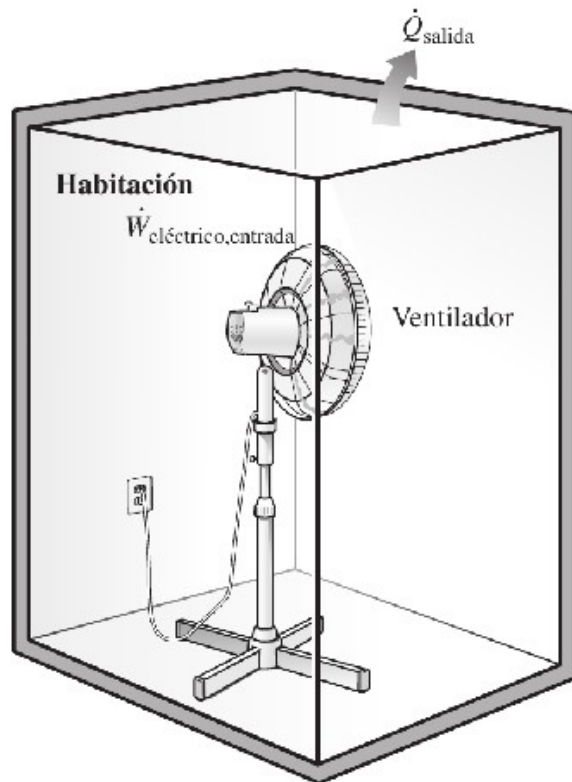
- Una habitación se encuentra **inicialmente** a una **temperatura** de  $25^{\circ}\text{C}$ . Luego, se enciende un ventilador con una **potencia** eléctrica de  $200\text{W}$ . La habitación **transfiere calor** al exterior por **convección** con una **tasa**  $h=6\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y teniendo una **superficie expuesta** de  $A=30\text{m}^2$ . Determine la **temperatura** del aire en el interior cuando se alcance el **régimen estacionario** de funcionamiento.





## Ejemplo 3:

- Una habitación se encuentra **inicialmente** a una **temperatura** de 25°C. Luego, se enciende un ventilador con una **potencia** eléctrica de 200W. La habitación **transfiere calor** al exterior por **convección** con una **tasa**  $h=6 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , y teniendo una **superficie expuesta** de  $A=30\text{m}^2$ . Determine la **temperatura** del aire en el interior cuando se alcance el **régimen estacionario** de funcionamiento.



Recordemos que la tasa de calor transferido por convección es:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f),$$

Por balance de energía, tenemos que:

$$\dot{W}_{\text{elec}} = \dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f).$$

$$\longrightarrow T_s = \frac{\dot{W}_{\text{elec}}}{hA} + T_f = \frac{200 \text{ W}}{6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} 30 \text{ m}^2} + 25^\circ\text{C}$$

$$\longrightarrow T_s \approx 26.1^\circ\text{C}$$

# Resumen

- Hemos postulado la **1<sup>ra</sup> Ley de la Termodinámica**, correspondiendo al **principio de conservación de la energía**.
- Revisamos los **balances de energía**, conectándolo con la **transferencia de calor y trabajo**.
- Próxima clase:
  - Eficiencia y ejemplos.