

## Capítulo 5. Principio de aumento de Entropía

Principio de aumento de entropía

Variación de Entropía en un Ciclo de Carnot



## Principio de Aumento de Entropía

“En todo proceso que tenga lugar en un sistema aislado, la entropía del sistema o aumenta o permanece constante”.

$$\Delta S_{\text{aislado}} \geq 0$$

Un sistema y su medio o entorno constituyen un sistema aislado

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{medio}} \geq 0$$

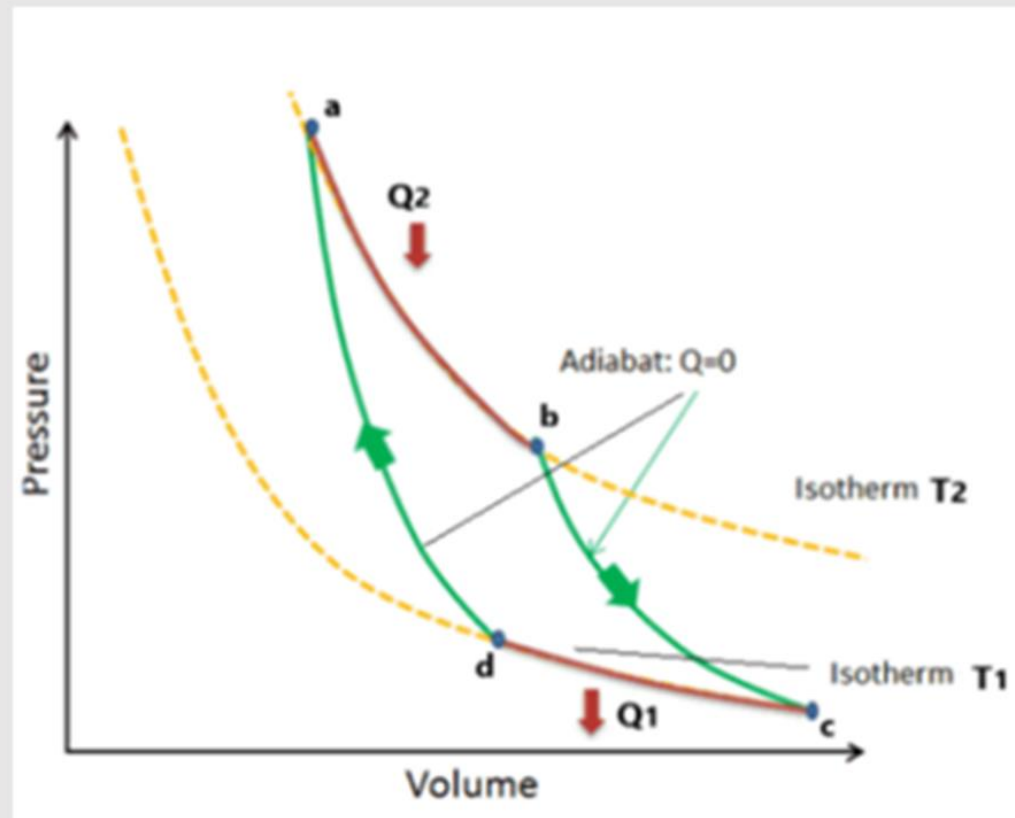
En todo proceso reversible, la entropía del universo permanece constante.

En todo proceso irreversible, la entropía del universo aumenta.

## Ciclo de Carnot

Como un Ciclo de Carnot es, por definición reversible, la variación de entropía total después de un ciclo debe ser nula.

$$\Delta S_{\text{ciclo}} = 0$$

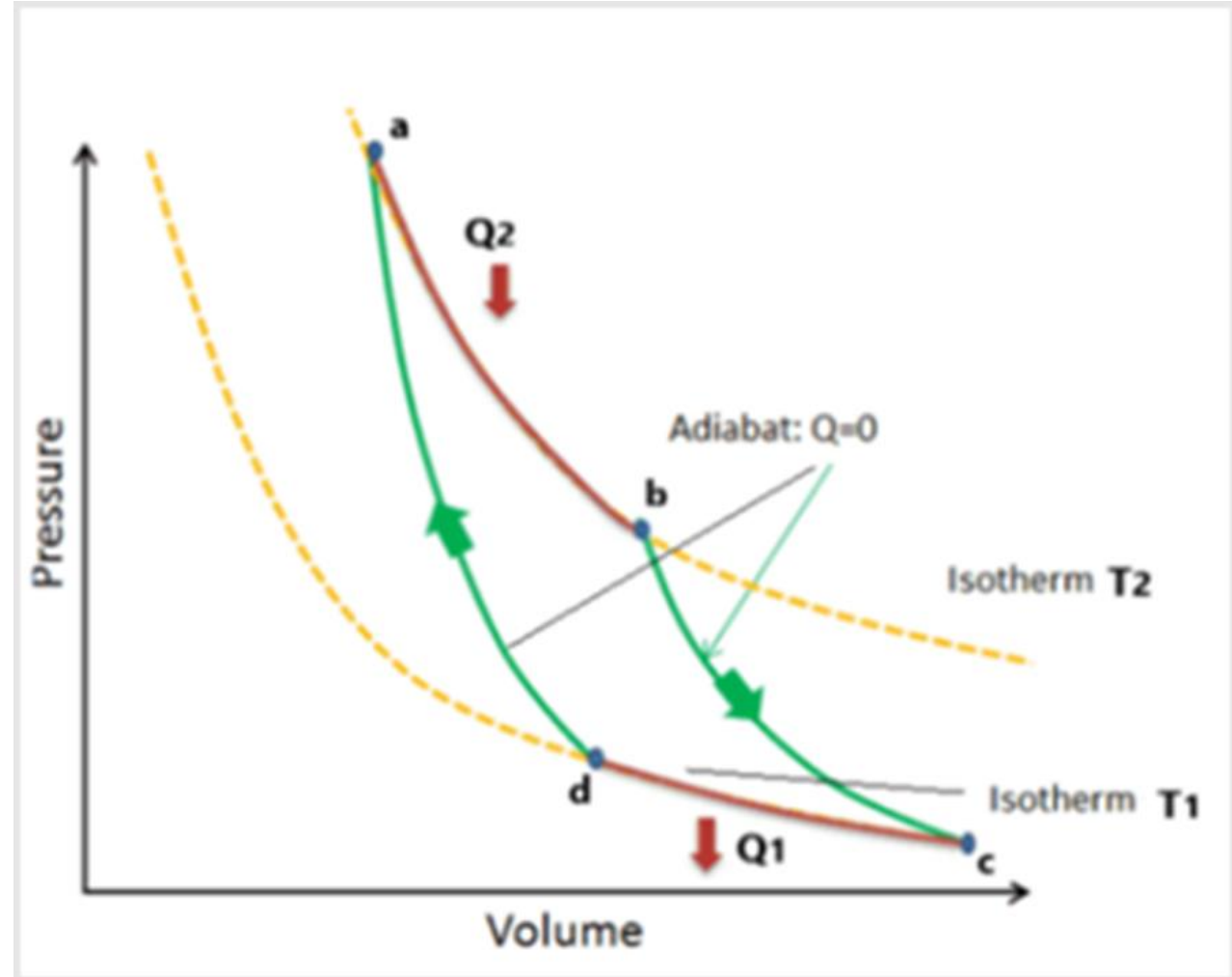


**Problema**: Una máquina de Carnot toma 2000 J de calor de una fuente a 500 K, realiza trabajo  $W$ , y desecha 1400 J de calor a una fuente a 350 K.

- a) Calcule el cambio de entropía total en la máquina durante un ciclo.
- b) ¿Qué magnitud tiene el cambio total de entropía del entorno de la máquina durante este ciclo?.

*Datos:*  $Q_2 = 2000 \text{ J}$  ;  $T_2 = 500 \text{ K}$  ;

$Q_1 = 1400 \text{ J}$  ;  $T_1 = 350 \text{ K}$



Datos:  $Q_2 = 2000 \text{ J}$ ;  $T_2 = 500 \text{ K}$ ;  $Q_1 = 1400 \text{ J}$ ;  $T_1 = 350 \text{ K}$

**a) Calcule el cambio de entropía total en la máquina durante un ciclo.**

$\Delta S = 0$  en los procesos de expansión (b-c) y compresión (d-a) adiabática.

$$\Delta S_{bc} = 0 ; \Delta S_{da} = 0$$

Expansión isotérmica a  $T_2$ . La máquina toma calor.

$$\Delta S_{ab} = \int \frac{d'Q_2}{T_2} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{2000 \text{ J}}{500 \text{ K}} = 4.0 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Compresión isotérmica a  $T_1$ . La máquina cede calor (expulsa).

$$\Delta S_{cd} = \int \frac{d'Q_1}{T_1} = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{-1400 \text{ J}}{350 \text{ K}} = -4.0 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

El cambio de entropía total en la máquina durante un ciclo es:

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{ab} + \Delta S_{bc} + \Delta S_{cd} + \Delta S_{da} = 4.0 \frac{\text{J}}{\text{K}} + 0 + -4.0 \frac{\text{J}}{\text{K}} + 0 = 0$$

**b) ¿Qué magnitud tiene el cambio total de entropía del medio o entorno de la máquina durante este ciclo?.**

En este caso, la fuente o foco caliente a  $T_2$ , cede 2000 J de calor durante la expansión isotérmica.

$$\Delta S_{F2} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{-2000 \text{ J}}{500 \text{ K}} = -4.0 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Mientras que la fuente (foco) fría a  $T_1$ , absorbe 1400 J de calor durante la compresión isotérmica.

$$\Delta S_{F1} = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{1400 \text{ J}}{350 \text{ K}} = 4.0 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{medio} = \Delta S_{F2} + \Delta S_{F1} = -4.0 \frac{J}{K} + 4.0 \frac{J}{K} = 0$$

El cambio total de entropía del medio o entorno es cero.

### Variación de entropía total

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{\substack{\text{sistema} \\ \text{(máquina)}}} + \Delta S_{\substack{\text{medio} \\ \text{(foco)}}} = 0$$

El cambio total de entropía es cero, ya que la máquina de Carnot funciona reversiblemente.