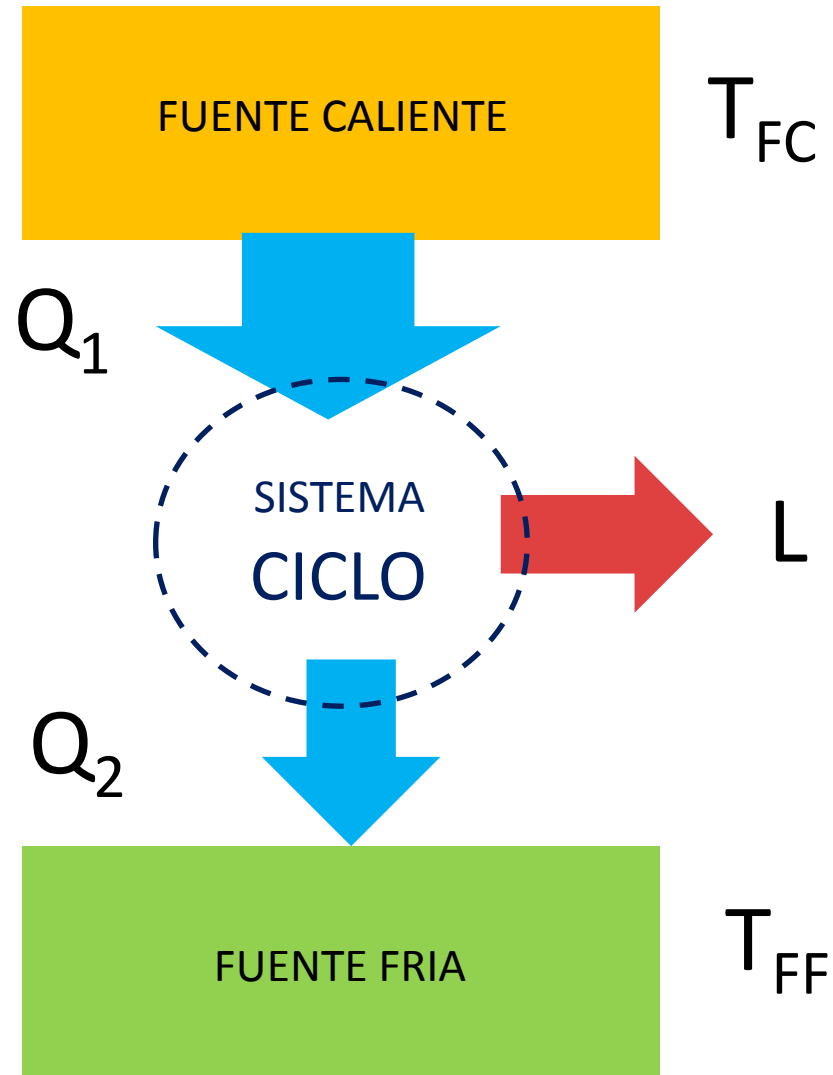


SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINAMICA

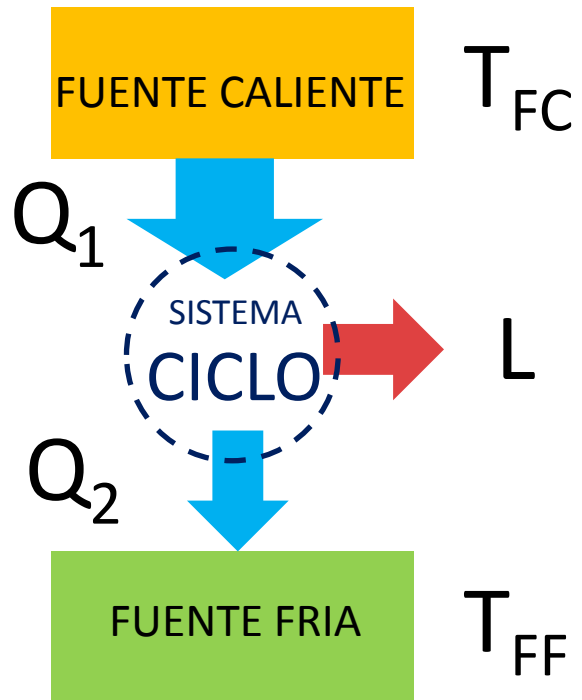
El segundo Principio tiene varias formas de ser enunciado. Una forma (en realidad son varias) viene del mundo de las máquinas y otra forma proviene a través de una magnitud física nueva llamada Entropía.

MAQUINAS

MÁQUINA TÉRMICA



MÁQUINA TÉRMICA



PRIMER PRINCIPIO

$$\Delta U_{SIS} = Q_{SIS} - L_{SIS}$$

$$\Delta U_{SIS} = \Delta U_{CICLO} = 0$$

$$Q_{SIS} = Q_1 - Q_2$$

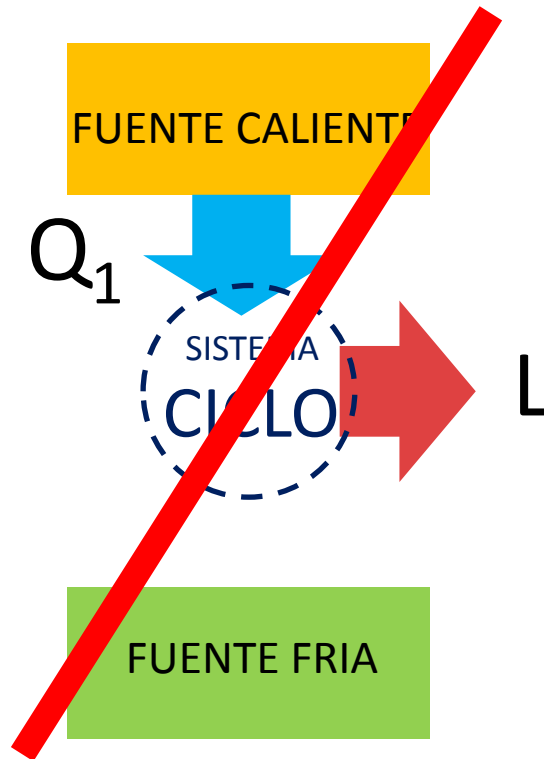
$$|Q_1| - |Q_2| = |L|$$

RENDIMIENTO

$$\eta = \frac{\text{trabajo realizado por el sistema en un ciclo}}{\text{calor absorbido por el sistema en un ciclo}} = \frac{|L|}{|Q_1|}$$

ENUNCIADO DE KELVIN - PLANCK

ES IMPOSIBLE CONSTRUIR UN MOTOR TÉRMICO QUE, FUNCIONANDO SEGÚN UN CICLO, NO PRODUZCA OTRO EFECTO QUE EXTRAER CALOR DE UNA ÚNICA FUENTE Y REALIZAR UNA CANTIDAD IGUAL DE TRABAJO.



Es imposible
que L sea igual a Q_1

Es imposible
que Q_2 sea nula

**SEGUNDO PRINCIPIO
PARA MÁQUINAS TÉRMICAS**

$$\eta < \eta_{Reversible}$$

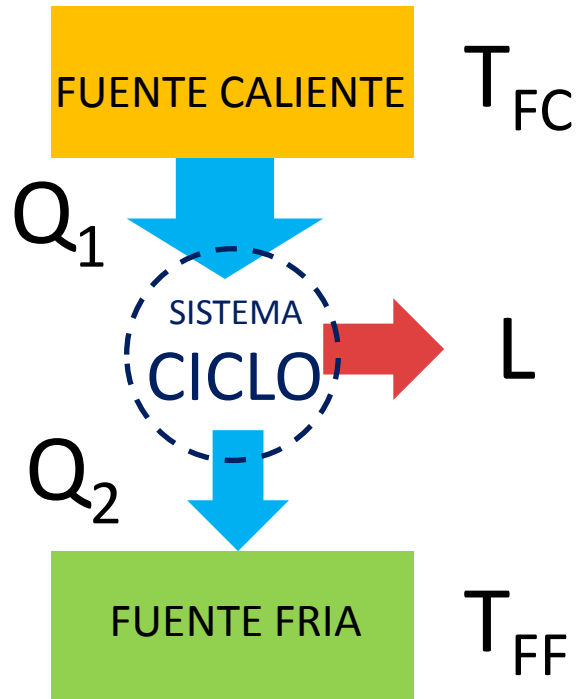
Rendimiento del motor
térmico REVERSIBLE de
Carnot (Motor IDEAL)

$$\eta_{Reversible} = 1 - \frac{T_{FF}}{T_{FC}}$$

Rendimiento del motor térmico

$$\eta = \frac{|L|}{|Q_1|}$$

RESUMEN MÁQUINA TÉRMICA



PRIMER PRINCIPIO

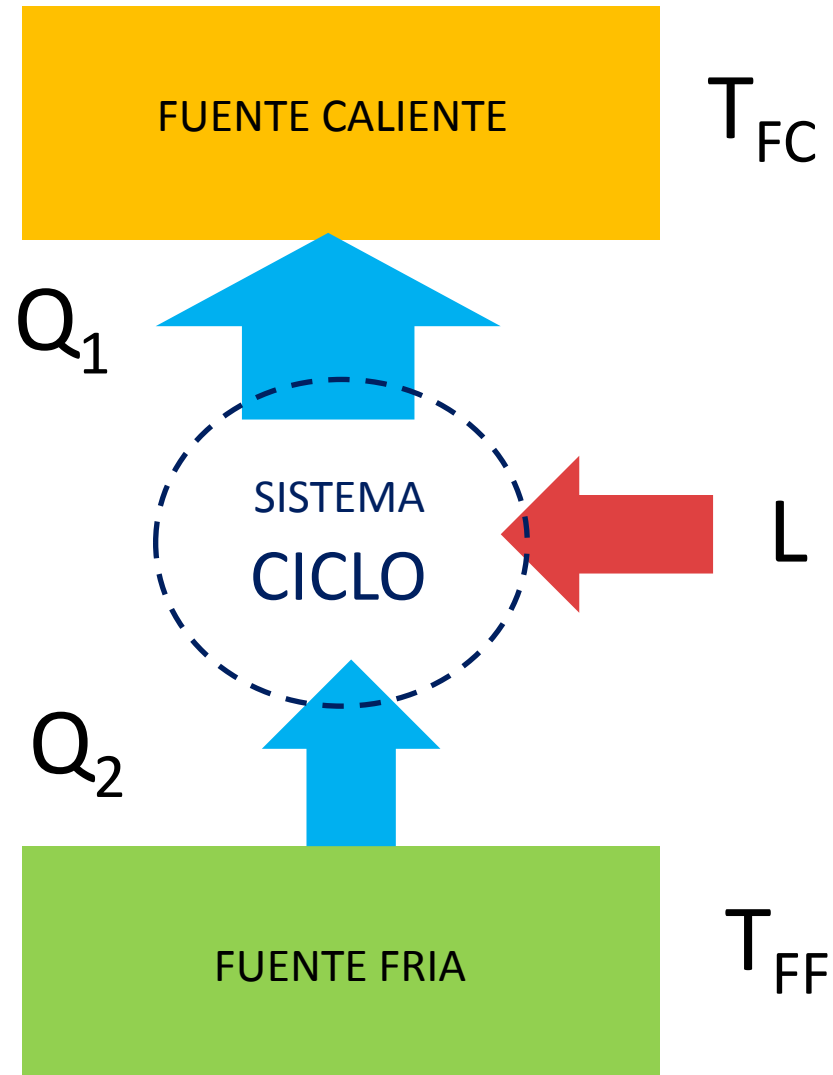
$$|Q_1| - |Q_2| = |L|$$

SEGUNDO PRINCIPIO

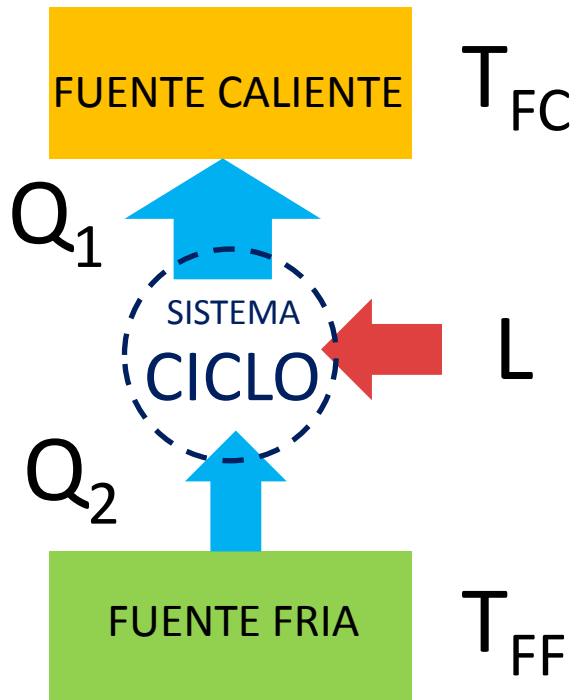
$$\eta < \eta_{Reversible}$$

$$\frac{|L|}{|Q_1|} < 1 - \frac{T_{FF}}{T_{FC}}$$

MÁQUINA FRIGORÍFICA



MÁQUINA FRIGORÍFICA



PRIMER PRINCIPIO

$$\Delta U_{SIS} = Q_{SIS} - L_{SIS}$$

$$\Delta U_{SIS} = \Delta U_{CICLO} = 0$$

$$Q_{SIS} = Q_1 - Q_2$$

$$|Q_1| - |Q_2| = |L|$$

EFICIENCIA

$$\varepsilon = \frac{\text{Calor absorbido de la fuente fria}}{\text{Trabajo entregado al sistema}} = \frac{|Q_2|}{|L|}$$

ENUNCIADO DE CLAUSIUS

ES IMPOSIBLE CONSTRUIR UN MOTOR QUE , FUNCIONANDO SEGÚN UN CICLO, NO PRODUZCA OTRO EFECTO QUE EL PASO DE CALOR DE UN CUERPO A OTRO MAS CALIENTE.



Es imposible
que Q_1 sea igual a Q_2

Es imposible
que L sea nulo

**SEGUNDO PRINCIPIO
PARA MÁQUINAS FRIGORÍFICAS**

$$\varepsilon < \varepsilon_{Reversible}$$

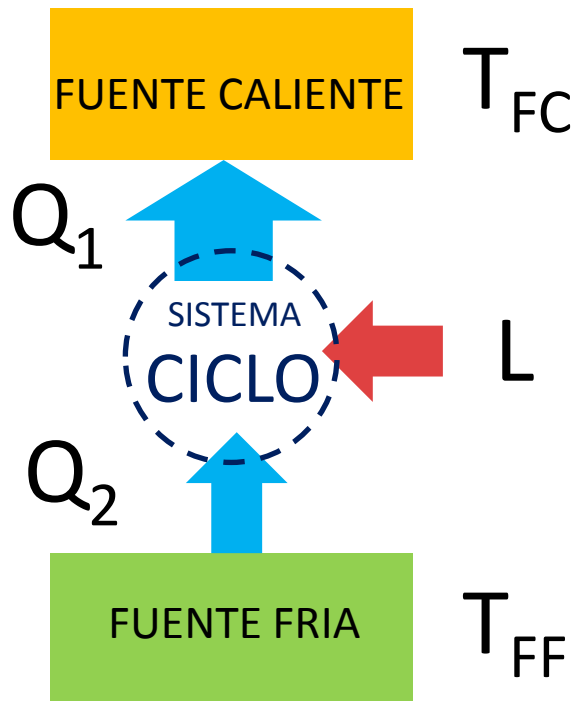
Rendimiento del motor
frigorífico REVERSIBLE de
Carnot (Motor IDEAL)

$$\varepsilon_{Reversible} = \frac{T_{FF}}{T_{FC} - T_{FF}}$$

Rendimiento del motor frigorífico

$$\varepsilon = \frac{|Q_2|}{|L|}$$

RESUMEN MÁQUINA FRIGORÍFICA



PRIMER PRINCIPIO

$$|Q_1| - |Q_2| = |L|$$

SEGUNDO PRINCIPIO

$$\epsilon < \epsilon_{Reversible}$$

$$\frac{|Q_2|}{|L|} < \frac{T_{FF}}{T_{FC} - T_{FF}}$$

ENTROPIA

ENTROPIA (S)

$$\Delta S = S_B - S_A = \int \frac{\delta Q}{T}$$

- La Entropía es una medida de cuanta energía tiene el sistema que no está disponible para ser utilizada para realizar trabajo mecánico.
- La Entropía es una función de estado, su variación no depende del tipo de proceso, solo depende del estado inicial y final.
- Unidades: $[S] = \text{cal/K} ; \text{J/K}$

SEGUNDO PRINCIPIO

$$\Delta S_{Universe} = \Delta S_{Sistema} + \Delta S_{Entorno} > 0$$

PROCESOS REVERSIBLES

$$\Delta S_{Universe} = \Delta S_{sistema} + \Delta S_{Entorno} = 0$$

$$\Delta S_{sistema} = -\Delta S_{Entorno}$$

PROCESOS ISOBARICOS IRREVERSIBLES

Sistema	Q_{Sis}	L_{Sis}	ΔU_{Sis}	ΔS_{Sis}
Si el sistema cambia de estado de agregación	$m \cdot L$	$P_{\text{ext}} \cdot \Delta V$	$Q - L$	$\frac{Q_{\text{Sis}}}{T_{\text{Sis}}}$
Si el sistema cambia de temperatura	$m \cdot c \cdot \Delta T$	$P_{\text{ext}} \cdot \Delta V$	$Q - L$	$m \cdot c \cdot \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$

Entorno



Solo veremos entornos que mantengan constante su temperatura (FUENTES)



$$\Delta S_{\text{Ent}} = \frac{Q_{\text{Ent}}}{T_{\text{Ent}}}$$

Universo



$$\Delta S_{\text{Univ}} = \Delta S_{\text{Sis}} + \Delta S_{\text{Ent}} > 0$$

MÁQUINA TÉRMICA

SISTEMA $\longrightarrow \Delta S_{\text{Sis}} = 0$ por realizar un CICLO

ENTORNO
(las dos fuentes) $\longrightarrow \Delta S_{\text{Ent}} = \frac{Q_{\text{FC}}}{T_{\text{FC}}} + \frac{Q_{\text{FF}}}{T_{\text{FF}}} = -\frac{|Q_{\text{FC}}|}{T_{\text{FC}}} + \frac{|Q_{\text{FF}}|}{T_{\text{FF}}}$

UNIVERSO $\longrightarrow \Delta S_{\text{Univ}} = \Delta S_{\text{Sis}} + \Delta S_{\text{Ent}} > 0$

Segundo Principio
para Máquinas Térmicas

$$\Delta S_{\text{Univ}} = -\frac{|Q_{\text{FC}}|}{T_{\text{FC}}} + \frac{|Q_{\text{FF}}|}{T_{\text{FF}}} > 0$$

MÁQUINA FRIGORÍFICA

SISTEMA $\longrightarrow \Delta S_{\text{Sis}} = 0$ por realizar un CICLO

ENTORNO
(las dos fuentes) $\longrightarrow \Delta S_{\text{Ent}} = \frac{Q_{\text{FC}}}{T_{\text{FC}}} + \frac{Q_{\text{FF}}}{T_{\text{FF}}} = \frac{|Q_{\text{FC}}|}{T_{\text{FC}}} - \frac{|Q_{\text{FF}}|}{T_{\text{FF}}}$

UNIVERSO $\longrightarrow \Delta S_{\text{Univ}} = \Delta S_{\text{Sis}} + \Delta S_{\text{Ent}} > 0$

Segundo Principio
para Máquinas Frigoríficas

$$\Delta S_{\text{Univ}} = \frac{|Q_{\text{FC}}|}{T_{\text{FC}}} - \frac{|Q_{\text{FF}}|}{T_{\text{FF}}} > 0$$

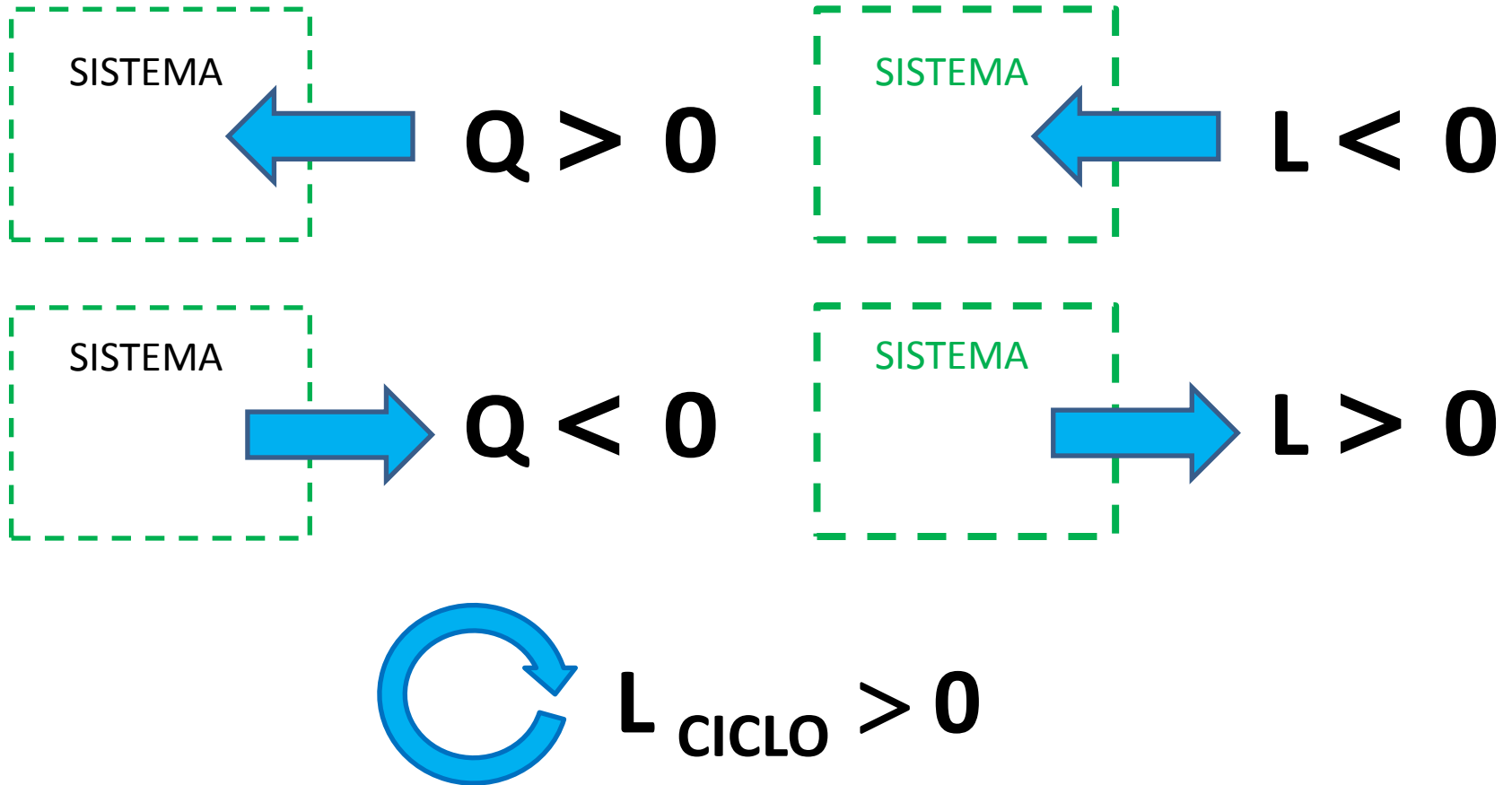
PROCESOS REVERSIBLES - GAS IDEAL

Evolución	Q_{sis}	L_{sis}	ΔU_{sis}	ΔS_{sis}
ISOCÓRICA (V = constante)	$n \cdot c_v \cdot \Delta T$	0	$n \cdot c_v \cdot \Delta T$	$n \cdot c_v \cdot \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$
ISOBARICA (P = constante)	$n \cdot c_p \cdot \Delta T$	$p \cdot \Delta V$	$n \cdot c_v \cdot \Delta T$	$n \cdot c_p \cdot \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$
ISOTÉRMICA (T = constante)	L_{sis}	$n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$	0	$\frac{Q_{\text{sis}}}{T_{\text{sis}}} = n \cdot R \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$
ADIABATICA (Q = 0)	0	$-\Delta U_{\text{sis}}$	$n \cdot c_v \cdot \Delta T$	0
CICLO	$Q_{\text{Ciclo}} = \Sigma Q$ $Q_{\text{ciclo}} = L_{\text{Ciclo}}$	$L_{\text{Ciclo}} = \Sigma L$ Área Encerrada	0	0

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

$$\Delta S_{\text{Ent}} = -\Delta S_{\text{Sis}}$$

CONVENCION DE SIGNOS



$$\Delta U_{\text{Universo}} = 0 \quad \Delta U_{\text{Entorno}} = - \Delta U_{\text{Sistema}}$$