

# Universidad Nacional de Río Negro

## Física III B – 2022

- **Unidad**      02 – Primer principio
- **Clase**        U02 C06 - 12/30
- **Cont**         Máquinas térmicas, II
- **Cátedra**     Asorey
- **Web**          <https://campusbimodal.unrn.edu.ar/course/view.php?id=24220>



# Contenidos: B5331 Física IIIB 2022 alias Termodinámica

Unidad 1

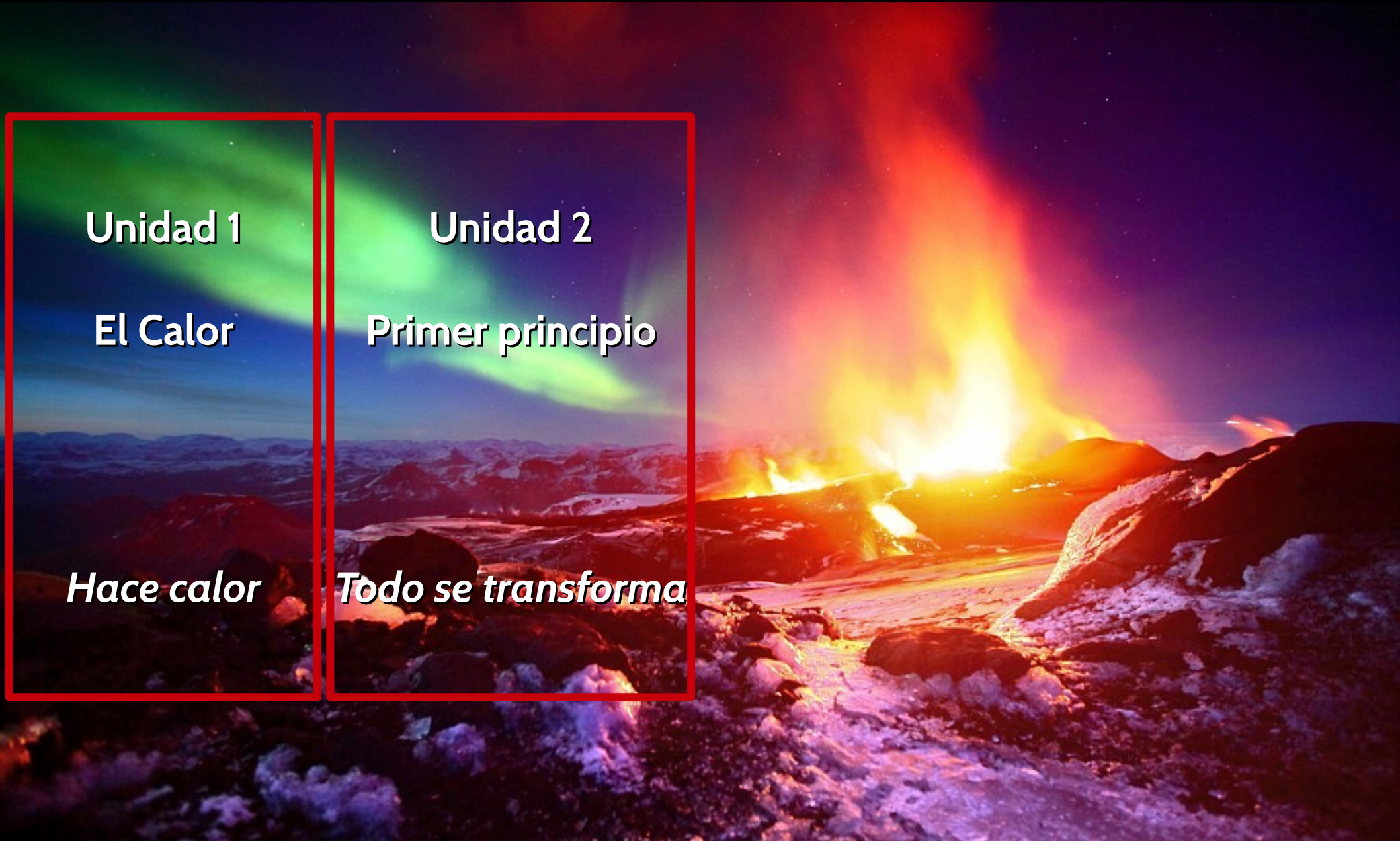
El Calor

*Hace calor*

Unidad 2

Primer principio

*Todo se transforma*





# Unidad 02: Primer Principio

## Del 31/Mar al 19/Abr (7 encuentros)

**Calor y trabajo. Equivalente mecánico del calor.**

**Experimento de Joule. Sistemas. Fuentes de calor.**

**Potenciales termodinámicos. Primer principio.**

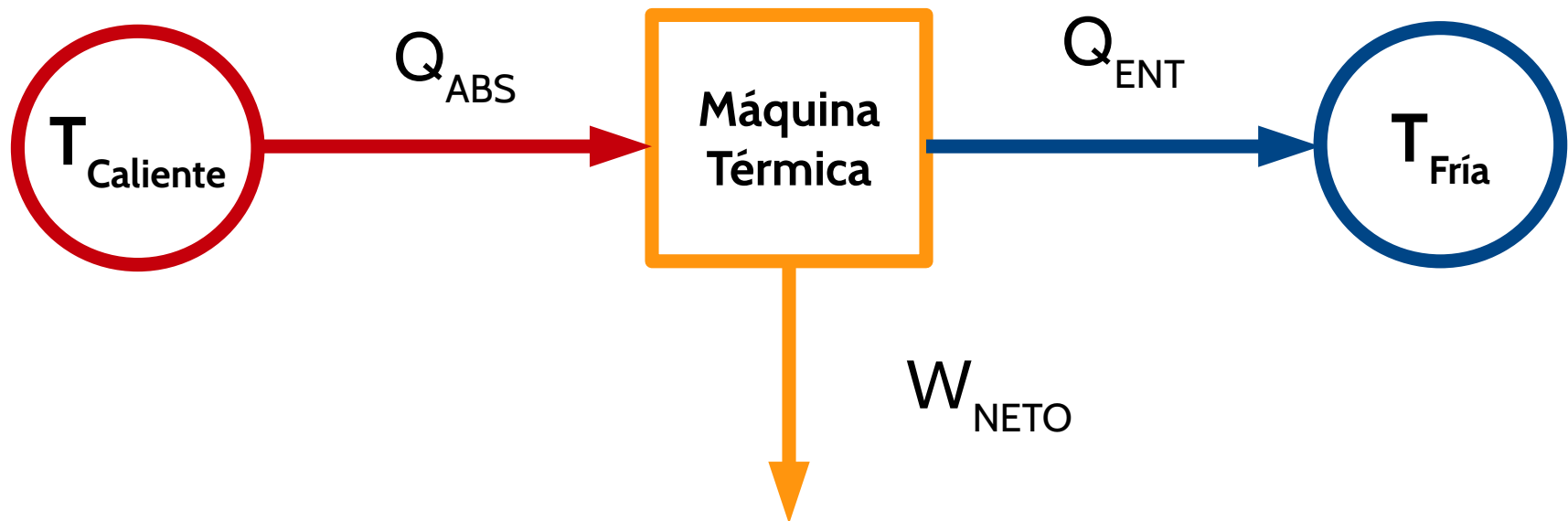
**Máquinas térmicas. Ciclos termodinámicos. Ciclo de Carnot. Eficiencia de una máquina térmica.**

**Entrega guía 02: Martes 26/Abr 23:59**



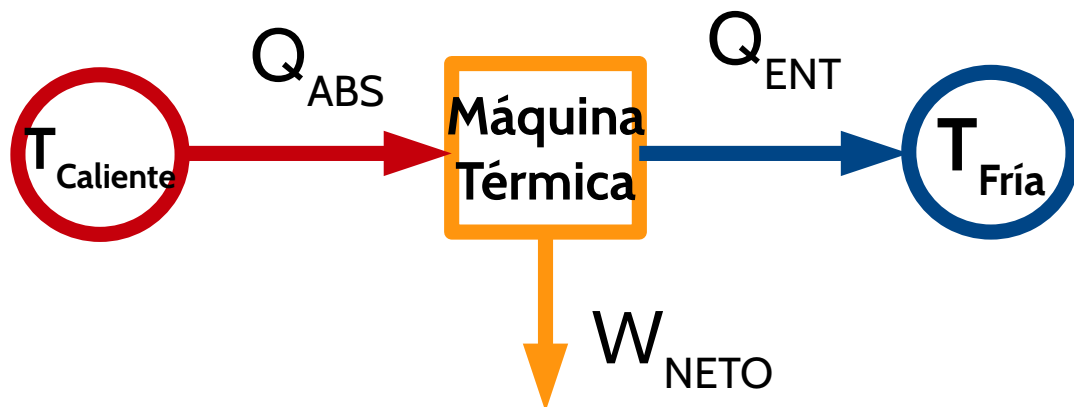
# Máquinas térmicas

- **Máquina térmica:** dispositivo cíclico que absorbe calor de una fuente caliente, realiza un trabajo mecánico y entrega la energía remanente en forma de calor a una fuente fría
- Este calor no es aprovechable por la misma máquina térmica



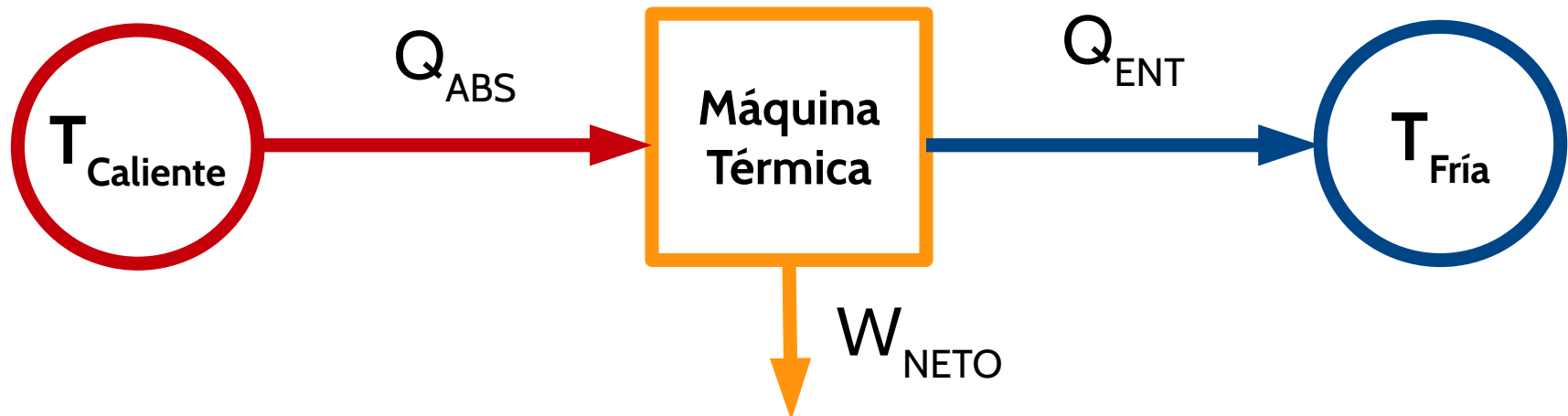


## Y según Carnot....



$$\eta = \frac{Q_{\text{ABS}} - Q_{\text{ENT}}}{Q_{\text{ABS}}} = 1 - \frac{Q_{\text{ENT}}}{Q_{\text{ABS}}} \leq 1 - \frac{T_{\text{Fría}}}{T_{\text{Caliente}}}$$

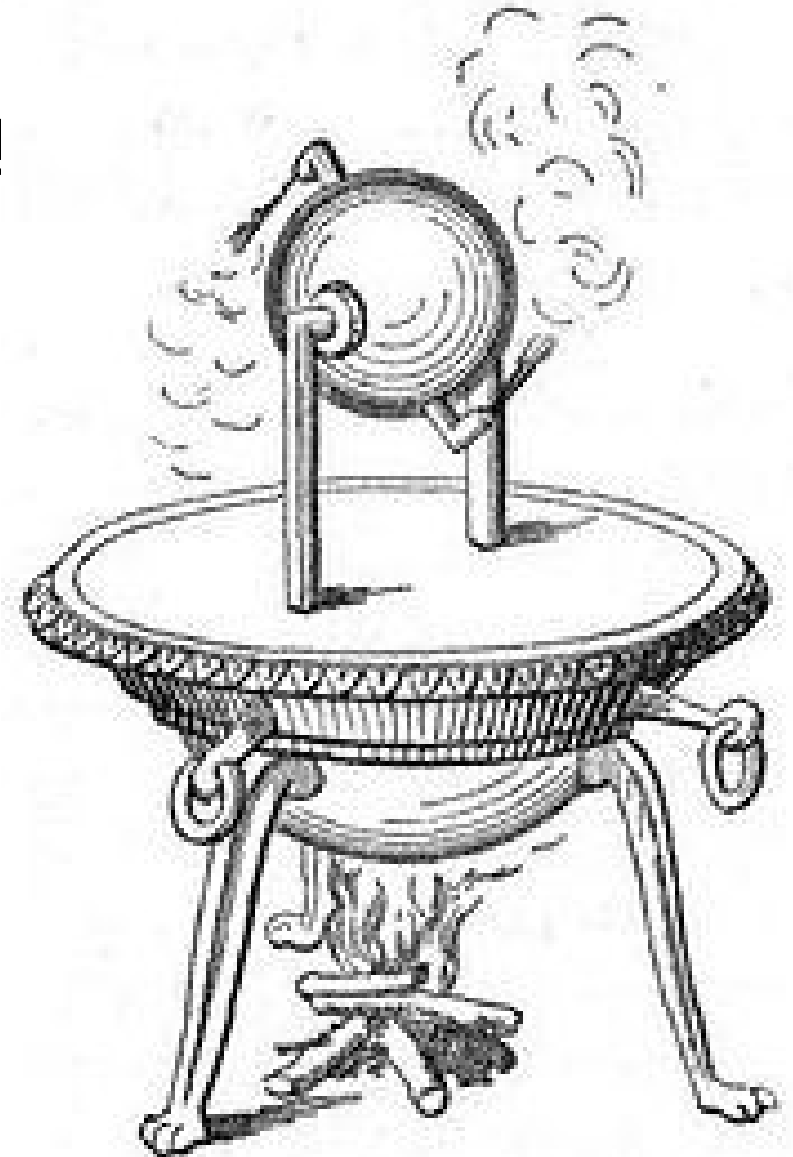
- **Fuente caliente:** cede calor, se enfría
- **Fuente fría:** absorbe calor, se calienta
- La máquina térmica “aprovecha” ese flujo para liberar energía en forma de trabajo mecánico “útil”
- Cuando  $T_c = T_f \rightarrow$  no hay flujo de calor  $\rightarrow$  **muerte térmica**



# Las primeras

- Herón de Alejandría (siglo I ó II a.C.)
- Libro “Neumática”, ¡¡100 máquinas!!

Eolípila

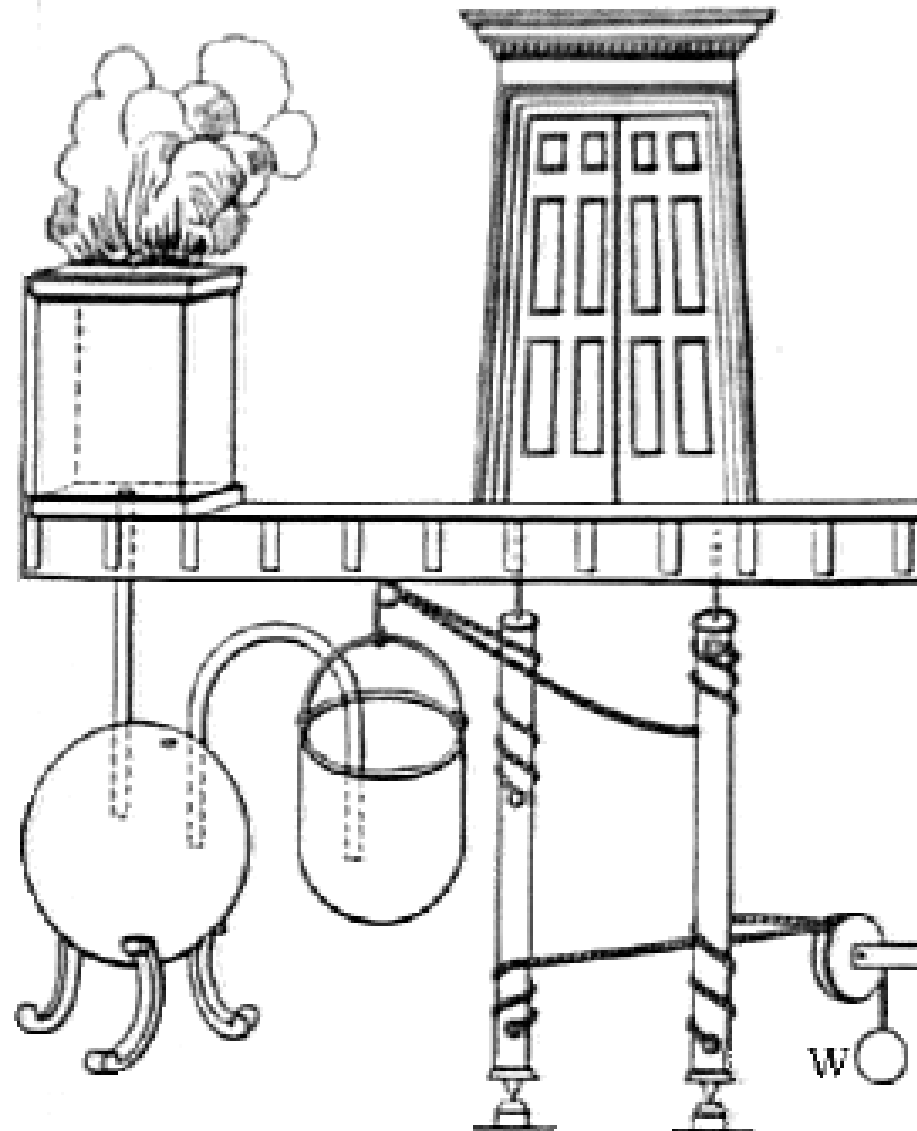








# Las puertas del templo



# La bomba





# La bomba por dentro

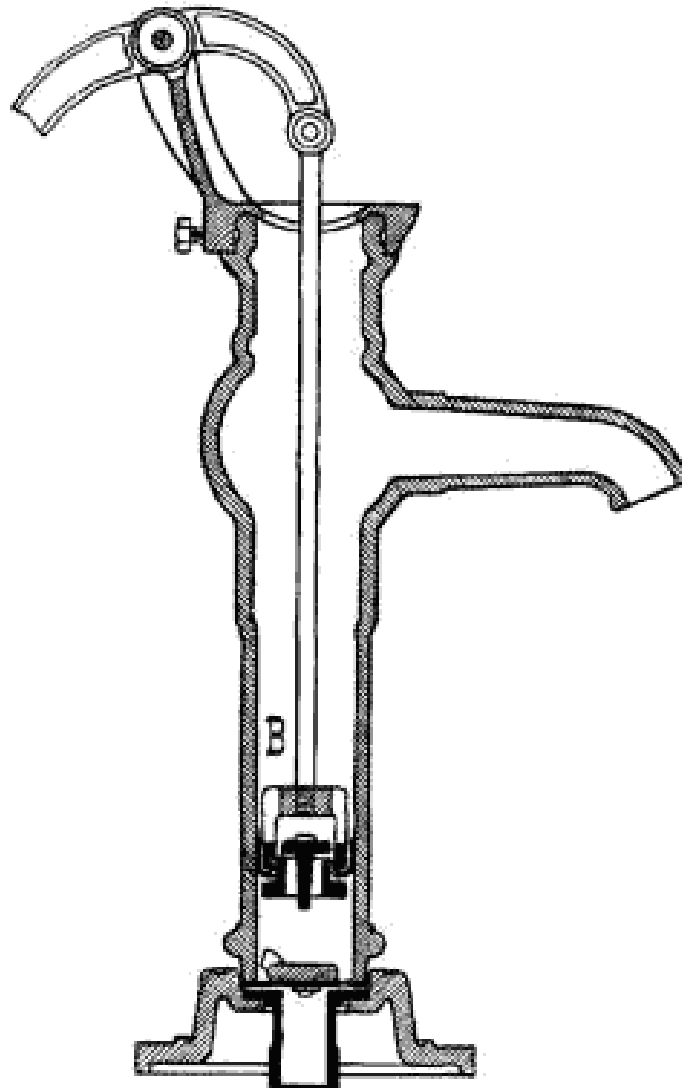


Fig. 9.

**Misma bomba**

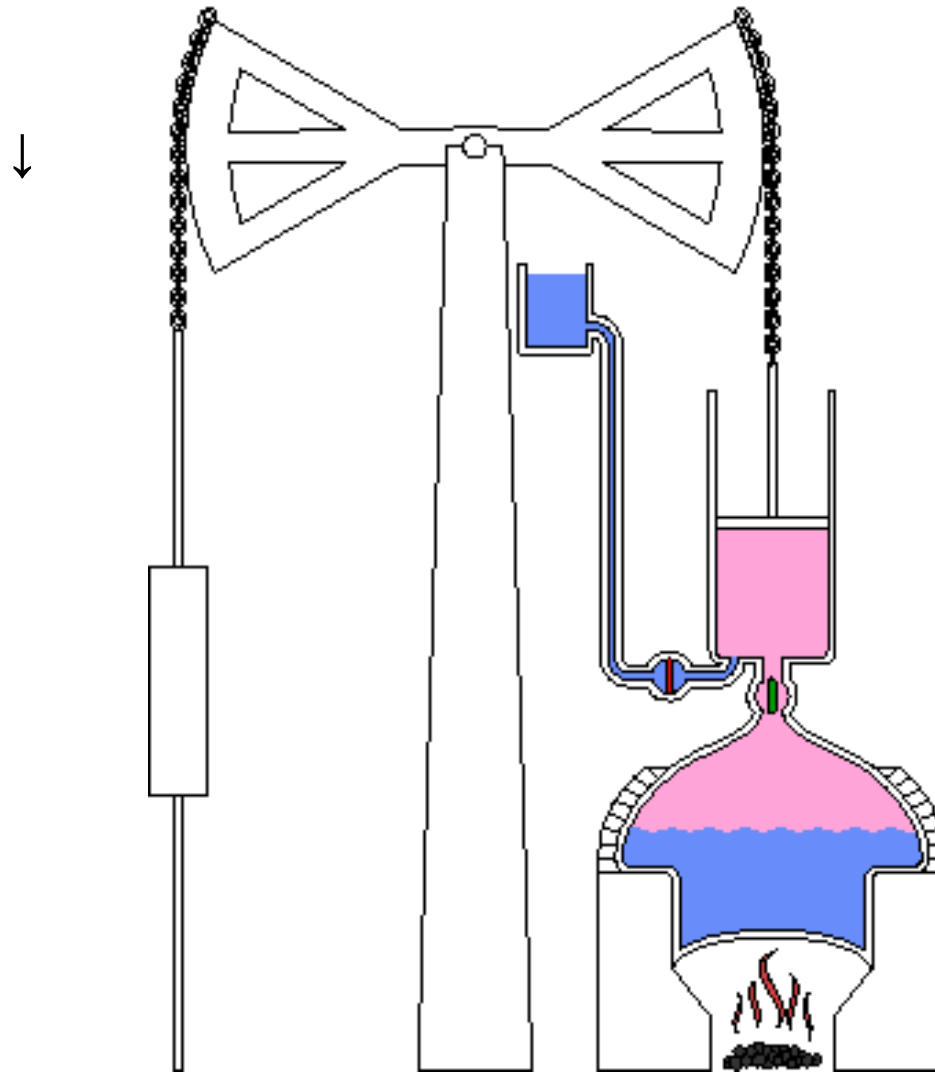


# ¿Posible solución?





# Otra: máquina de Newcomen

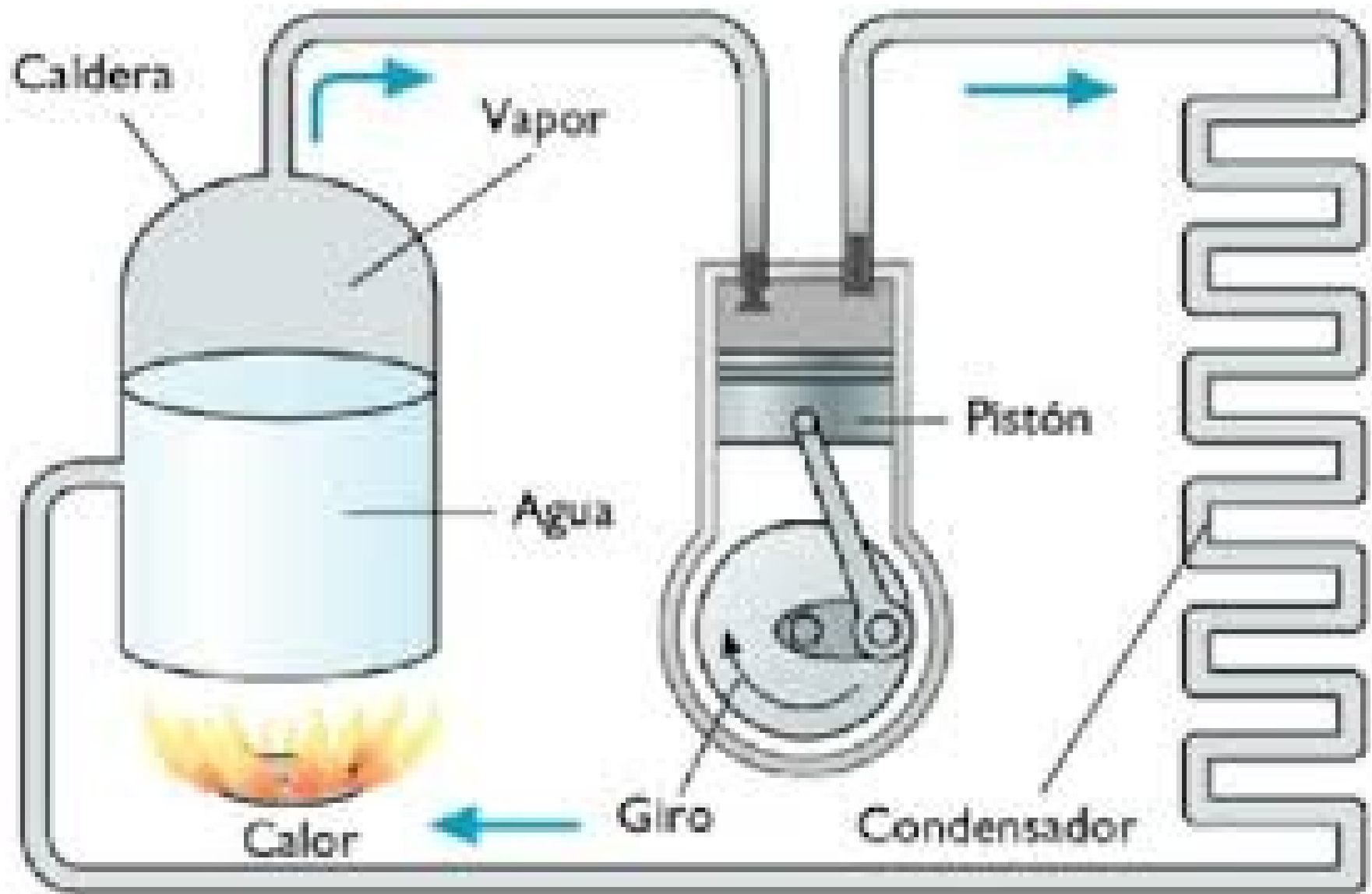


# James Watt (1736-1819) matemático e ingeniero escocés.

- Ayudó al desarrollo de la máquina de vapor convirtiéndola en una forma viable y económica de producir energía.
- Desarrolló una cámara de condensación que incrementó significativamente la eficiencia.

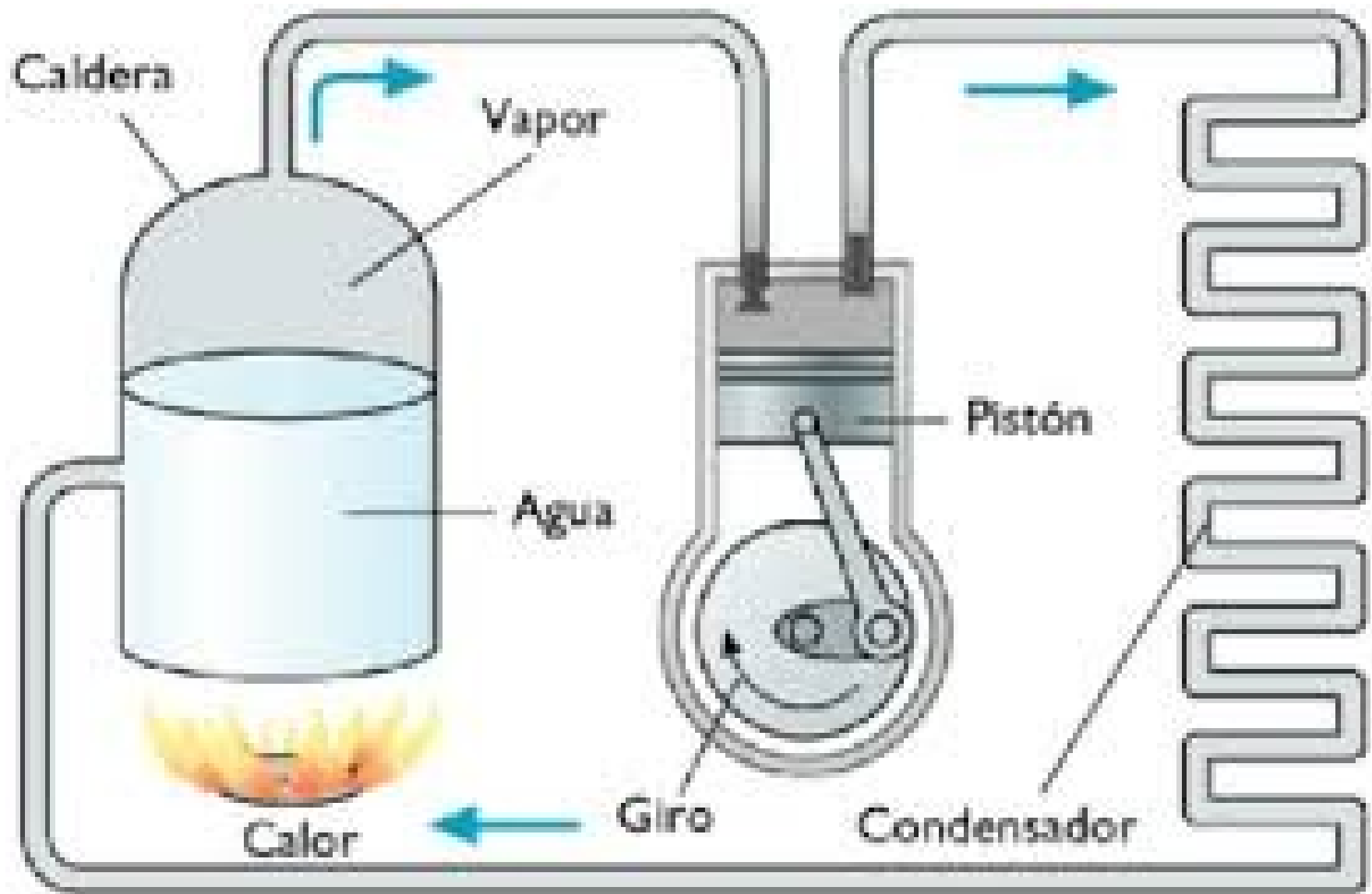


# El condensador

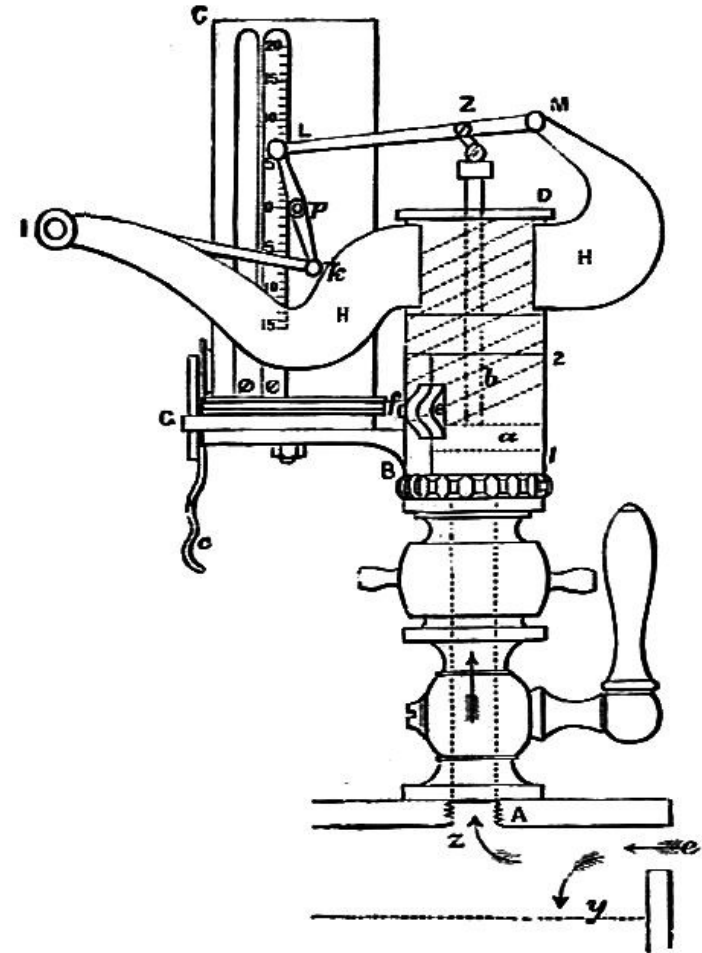
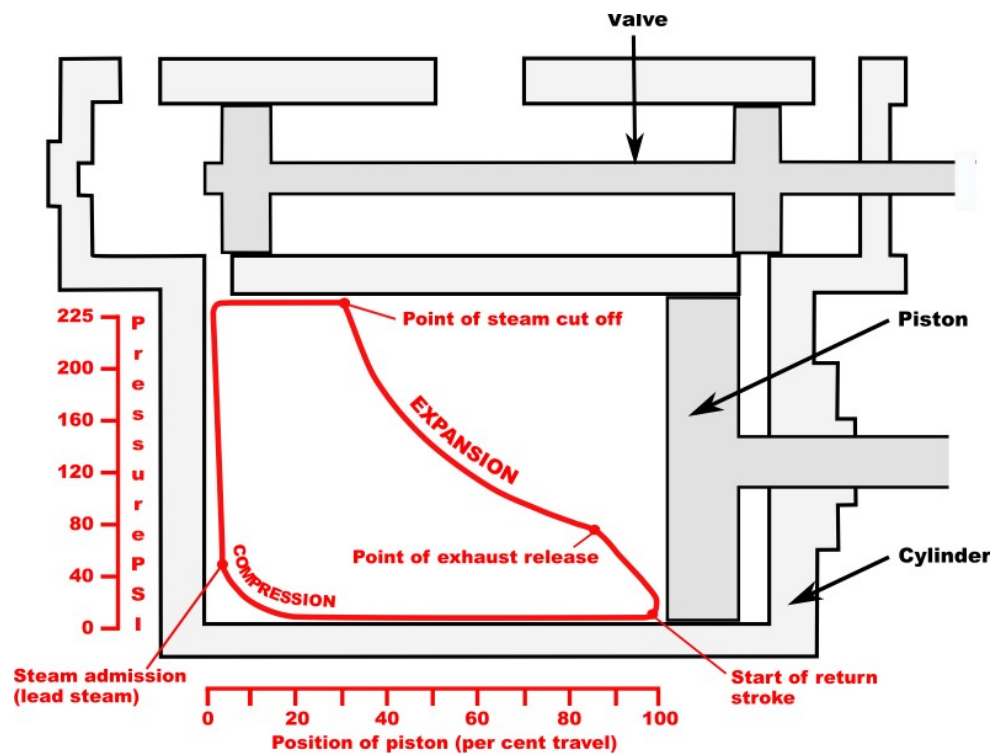




# El condensador (y válvulas) mejora de rendimiento al no enfriar el pistón



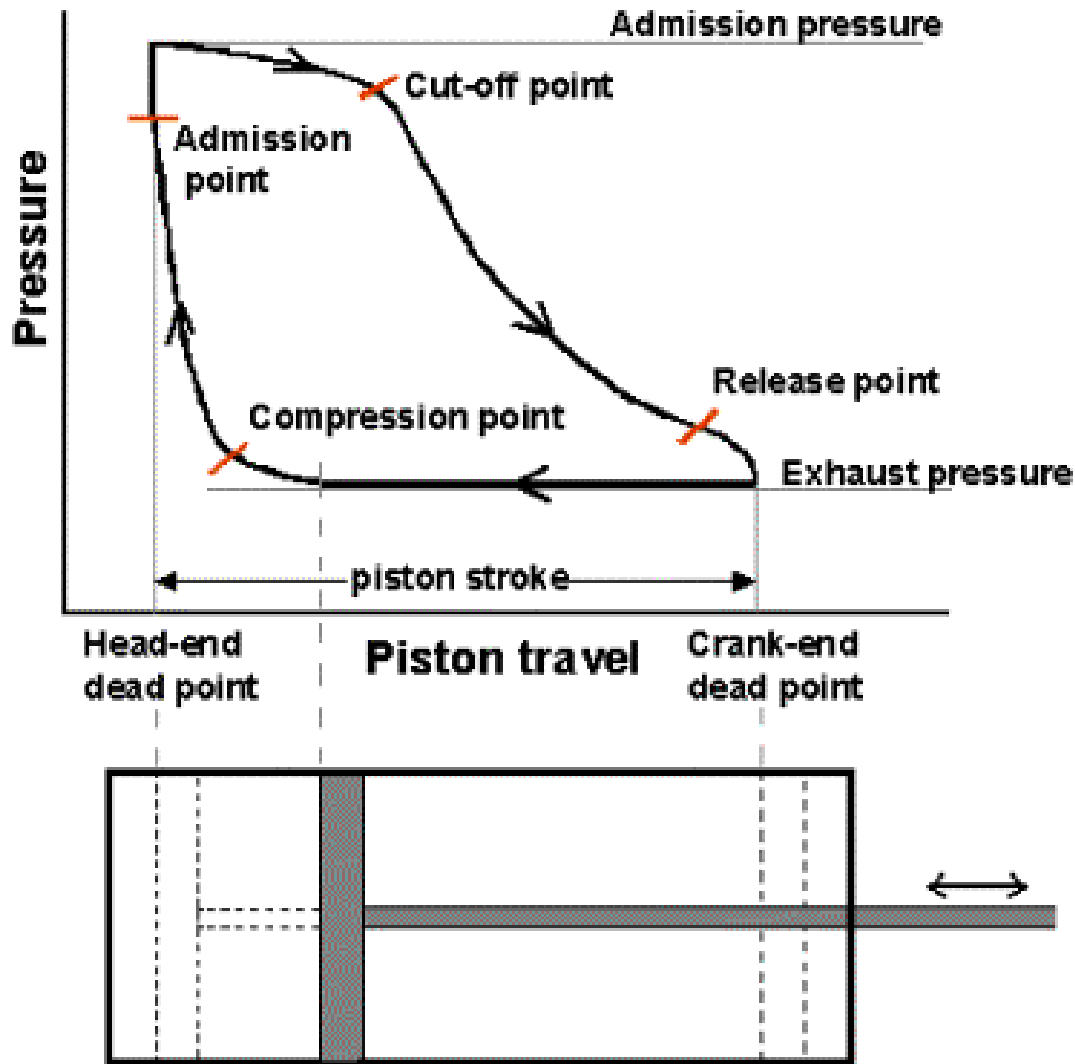
# Indicador de evolución de Richard ¡diagrama PV real!



# Un ciclo que funciona

## El inicio de la revolución industrial

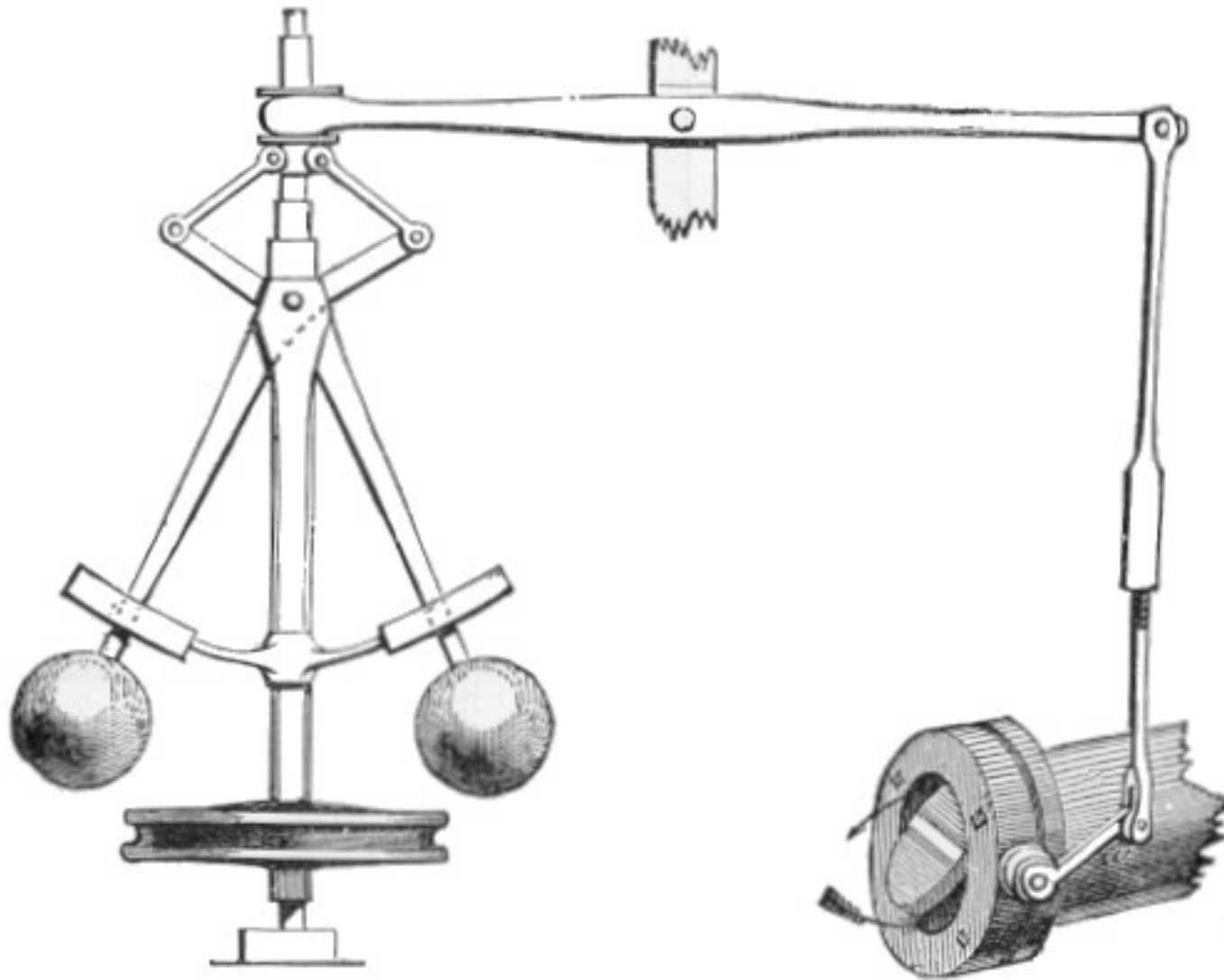
SW Halpene



- **Admisión:**  
el vapor de alta presión ingresa (ingreso de energía desde la fuente caliente)
- **Expansión:**  
comienza la expansión del vapor desplazando al pistón y produciendo trabajo mecánico
- **Escape:**  
Rápida salida de vapor de baja presión hacia la fuente fría
- **Compresión:**  
La admisión de vapor del otro lado del cilindro comprime el remanente y ecualiza las presiones para la nueva admisión



# Regulador de Watt

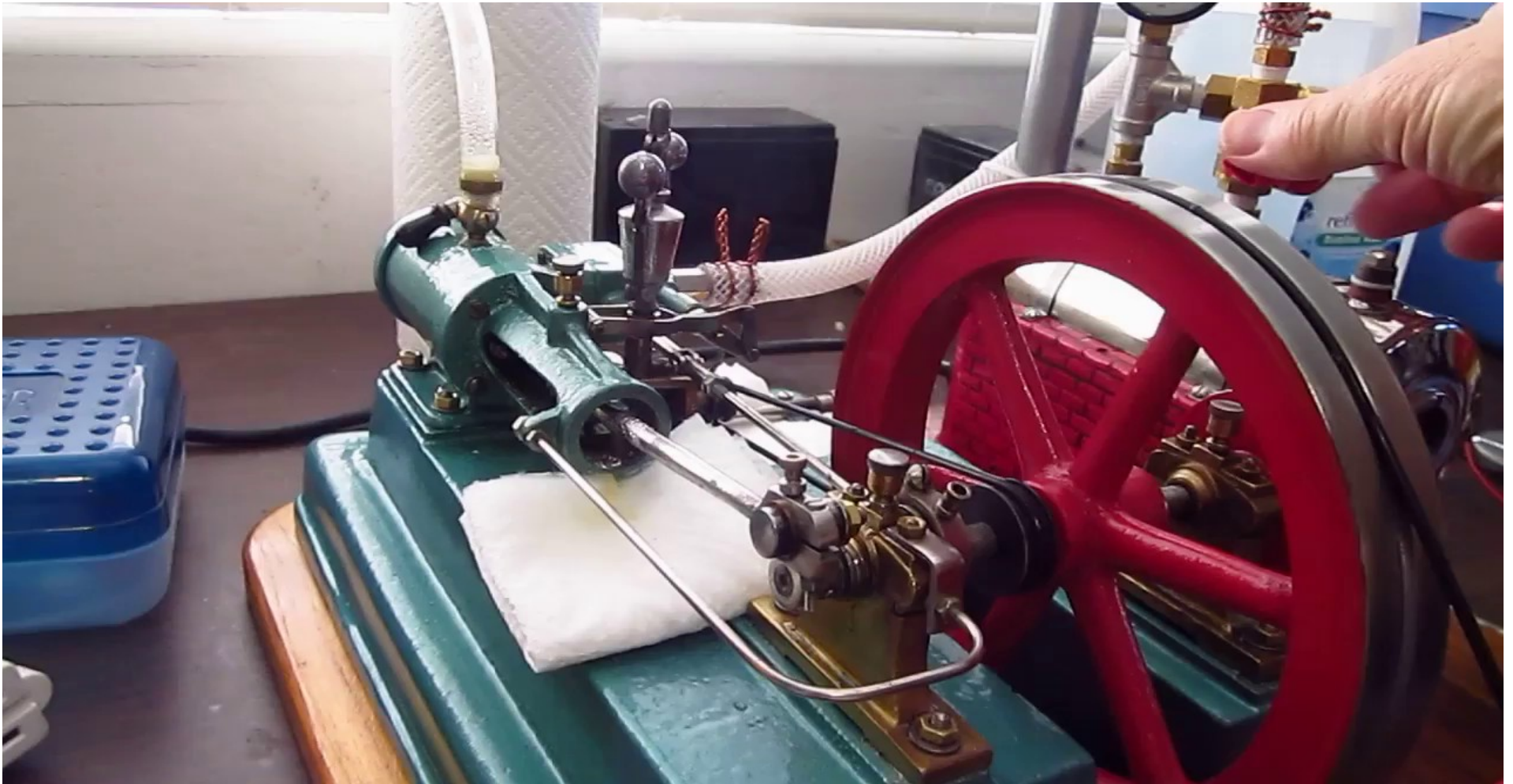


# Regulador de Watt

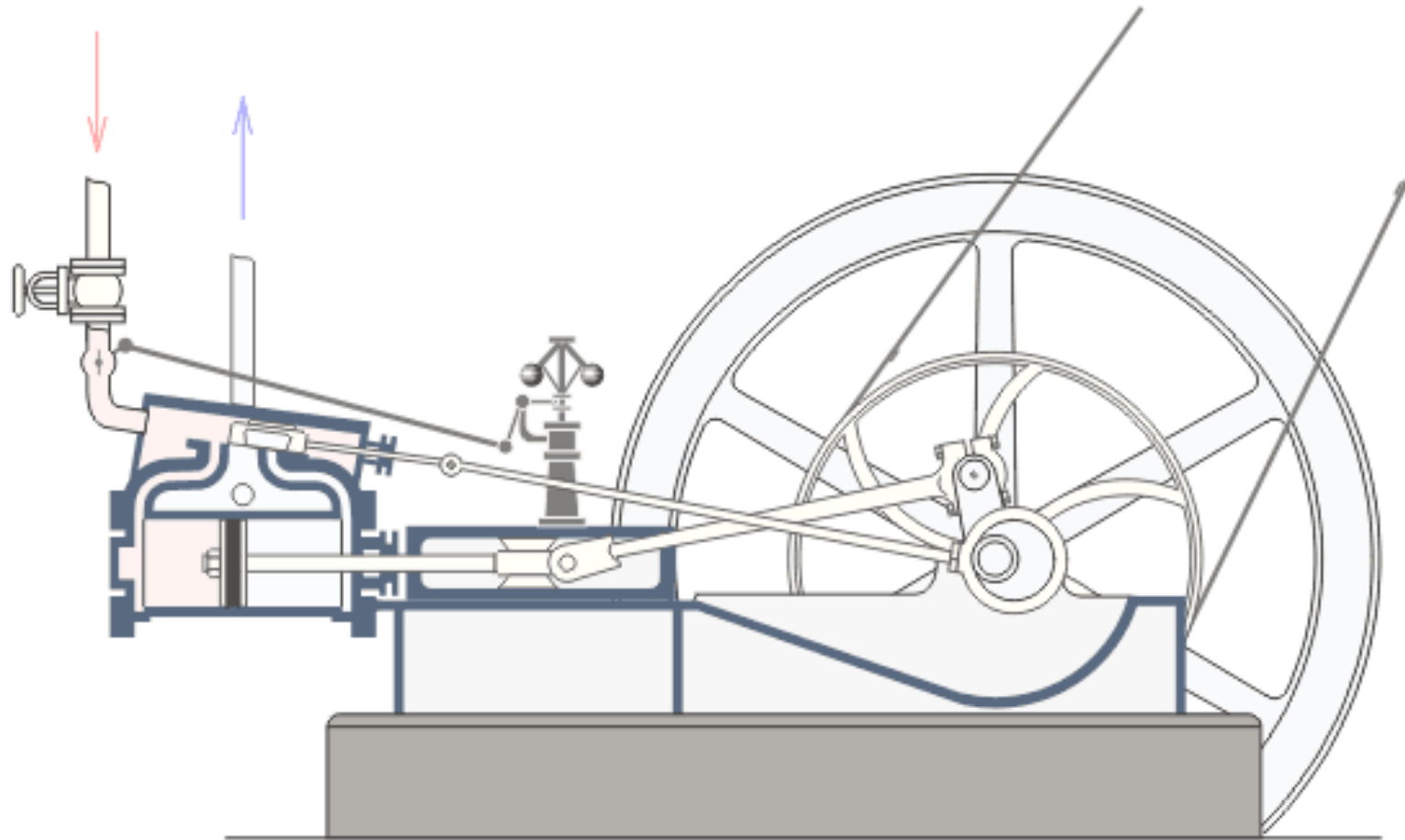




**Funcionamiento: regular con precisión es una  
tarea complicada... (PID)**



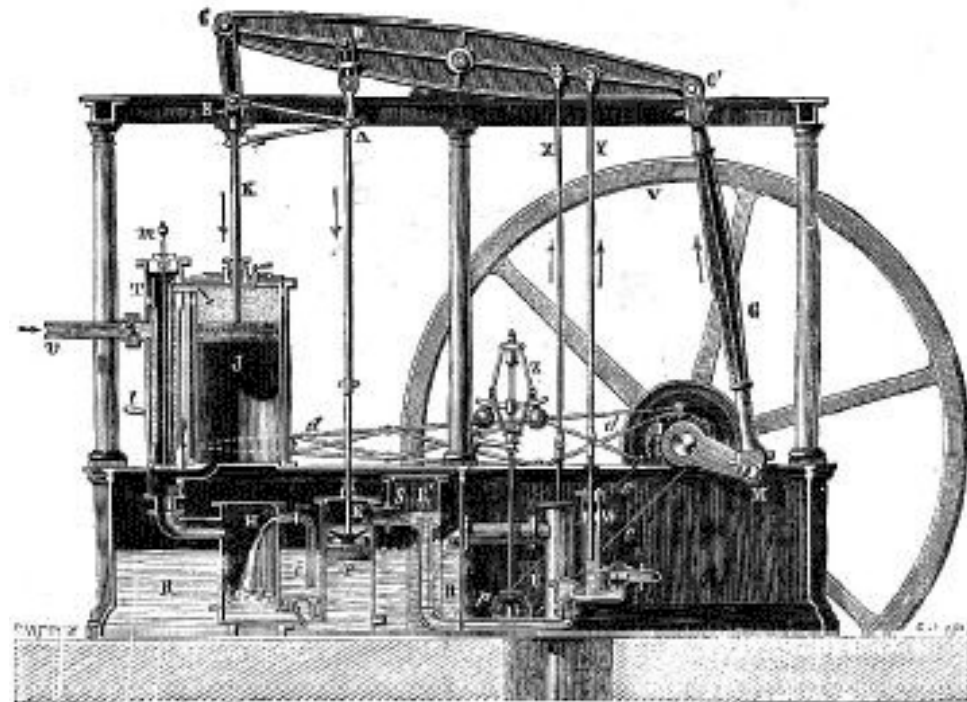
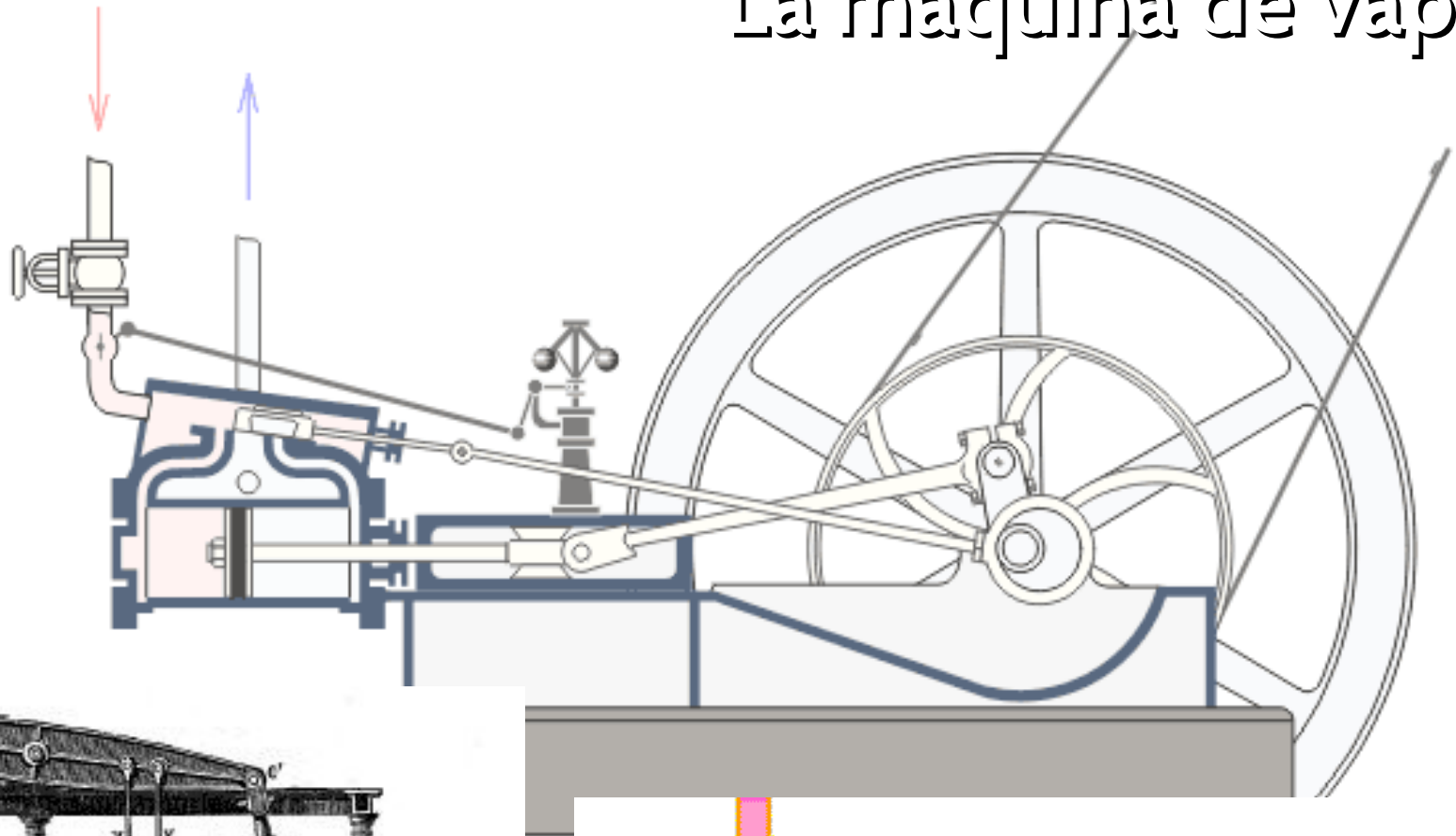
# La máquina de vapor



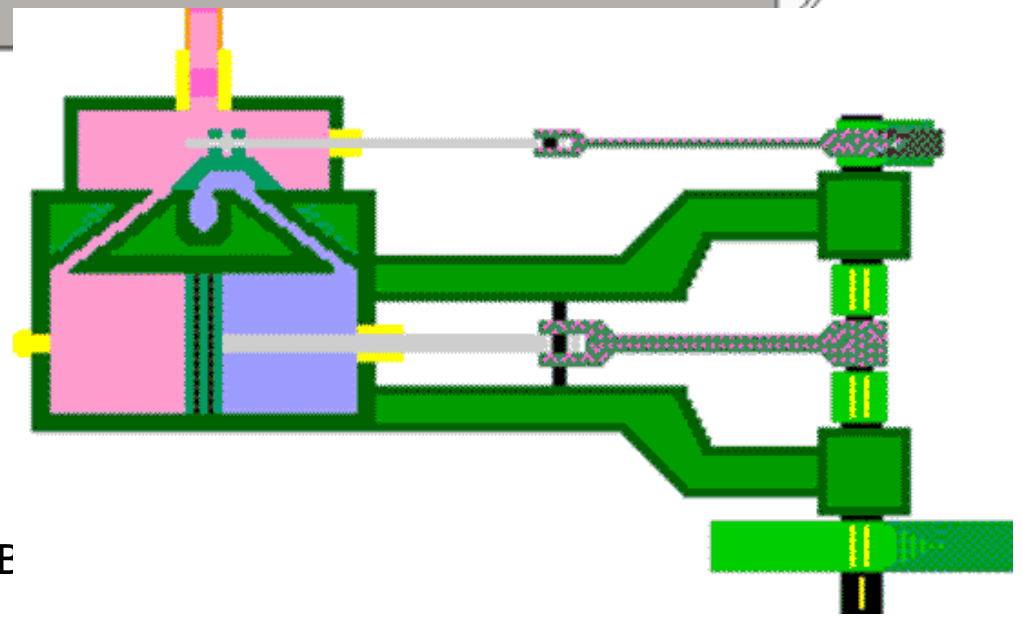




# La máquina de vapor

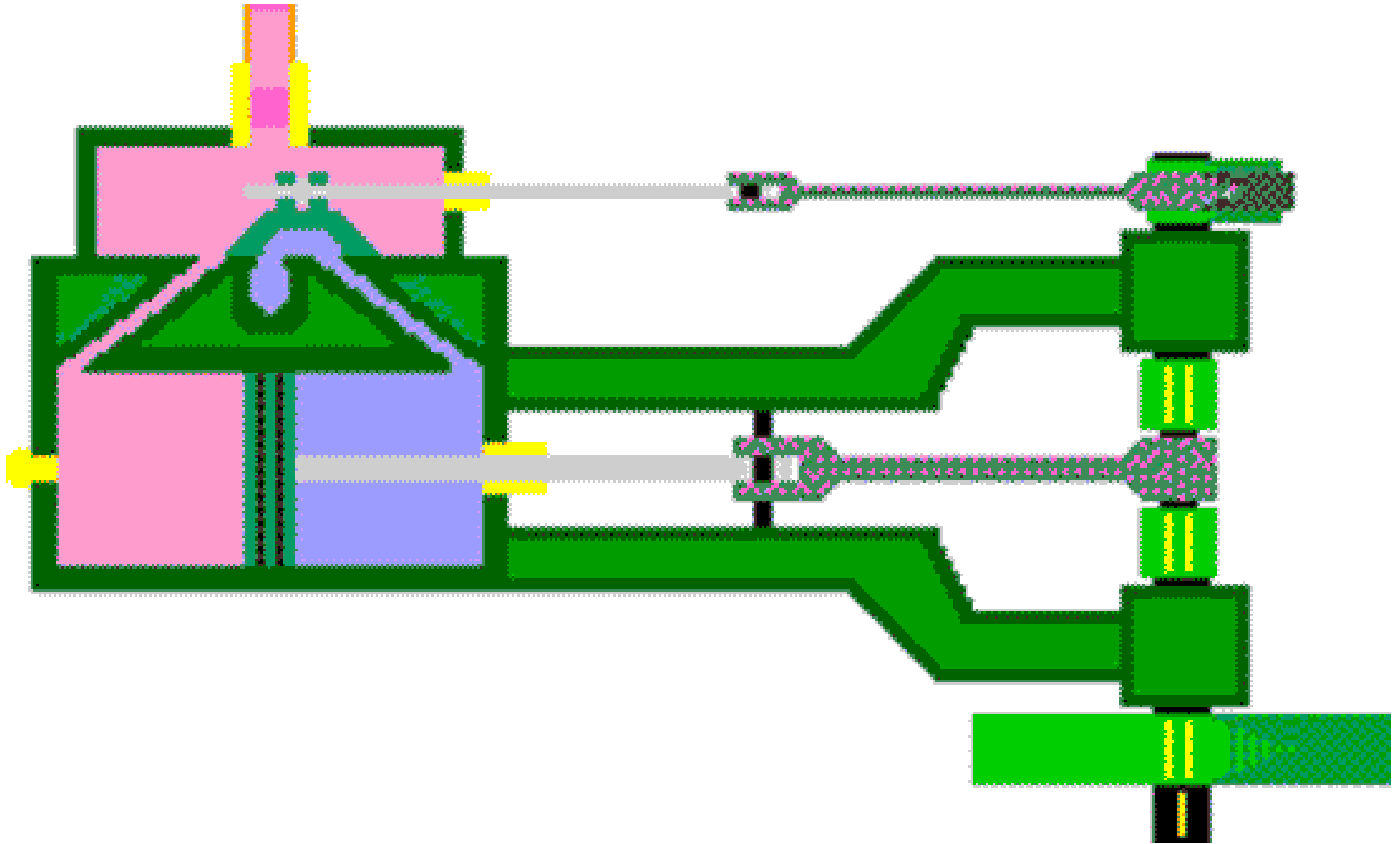


F3E

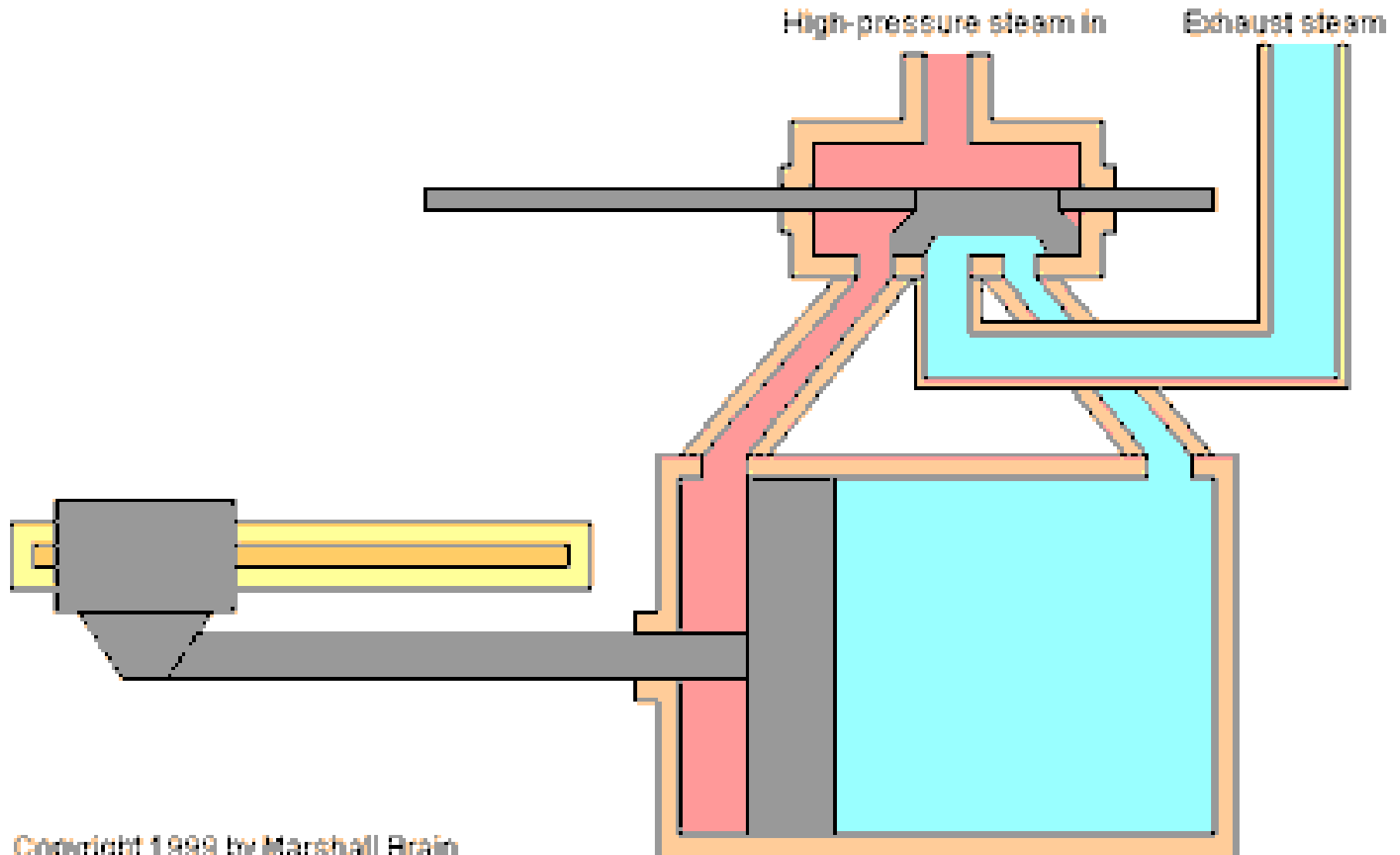




# El pistón de doble acción



# El pistón de doble acción



Copyright 1999 by Marshall Brain

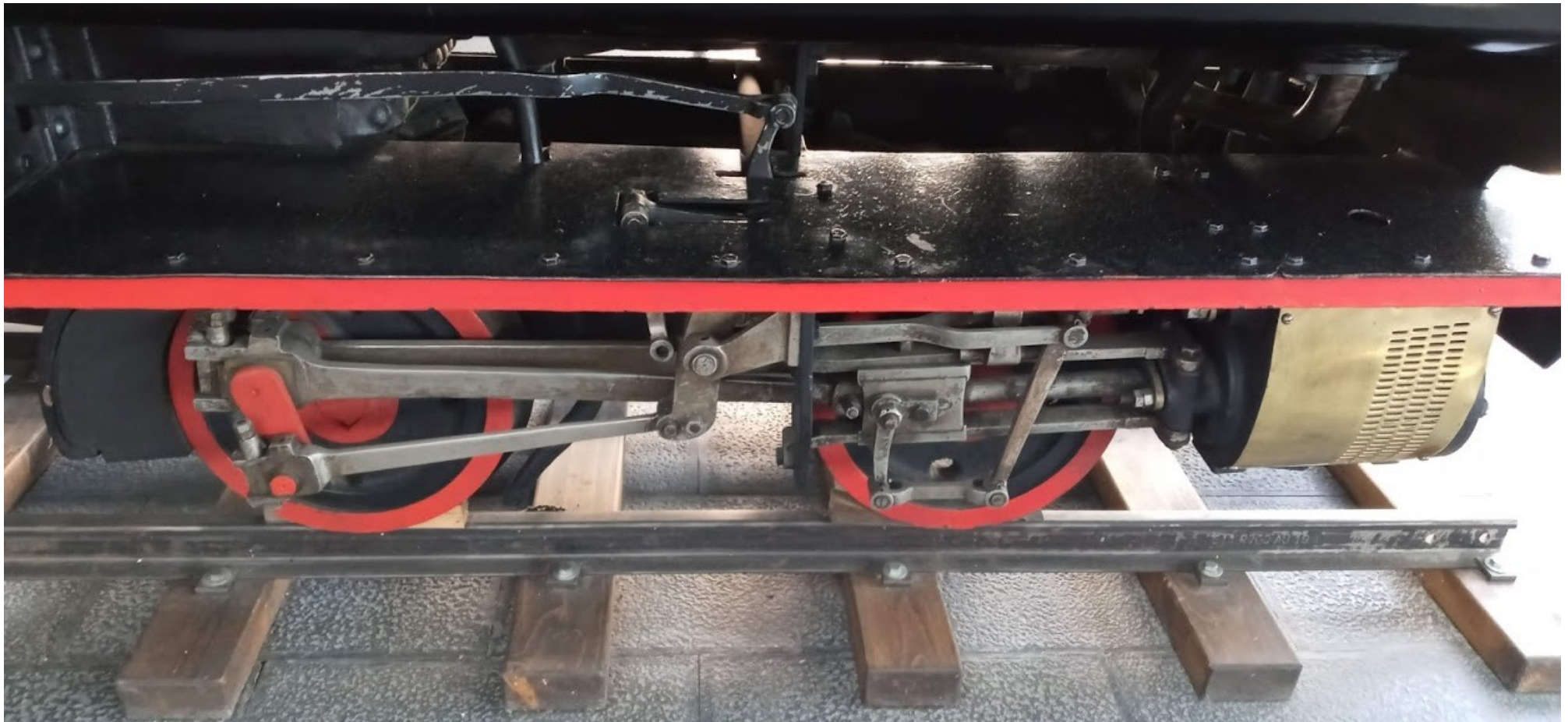
# La locomotora a vapor: un ciclo en acción



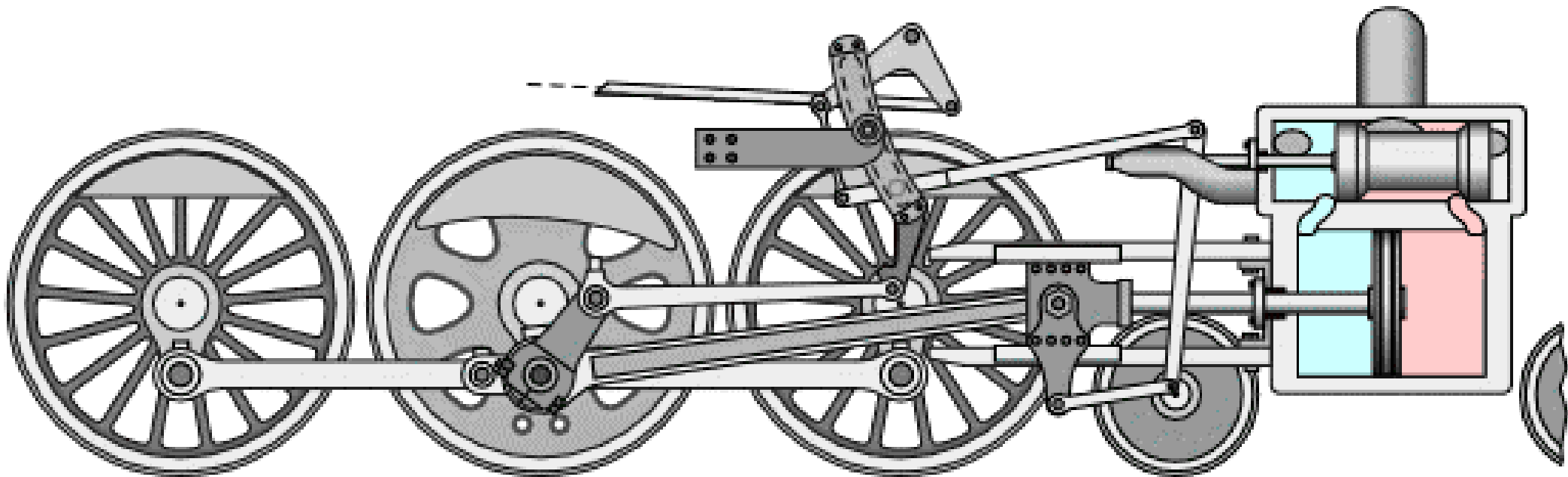
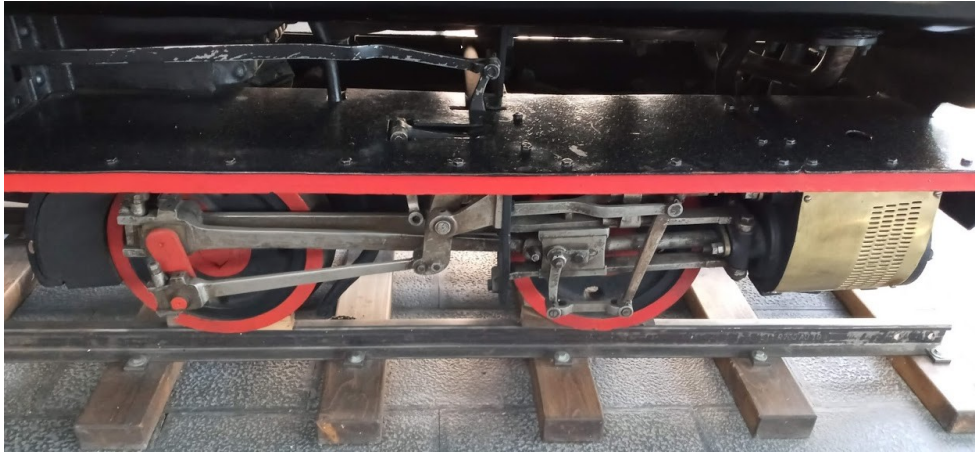
<https://sites.google.com/site/mimaquetaz/homeweb/documentos/la-locomotora-de-vapor>



# Sistemas mecánicos de control y transmisión del movimiento



# Doble acción real: motor de Walschaert



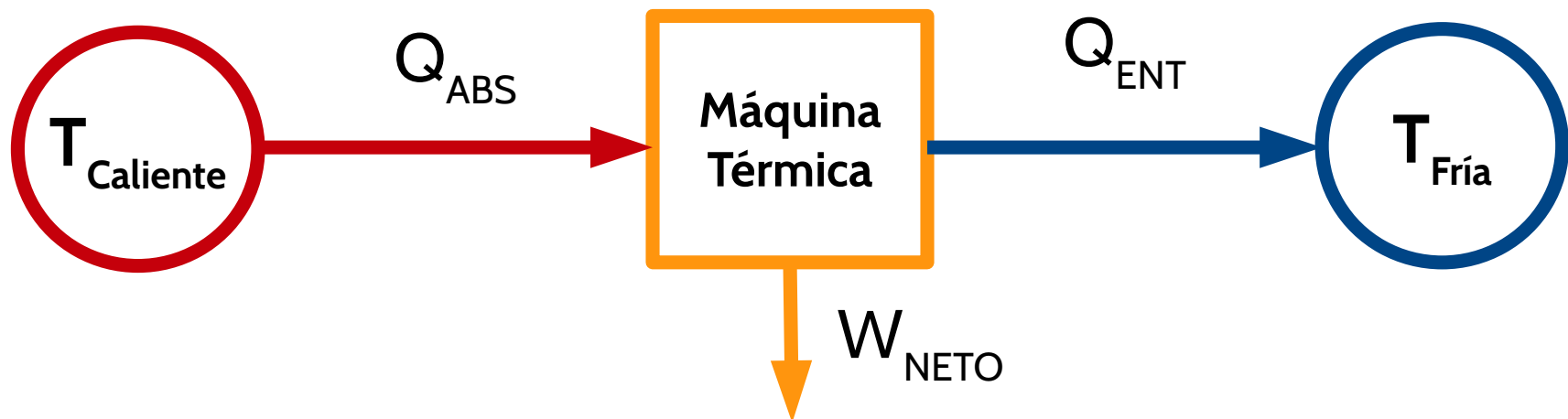


# El conjunto (circa 1850)



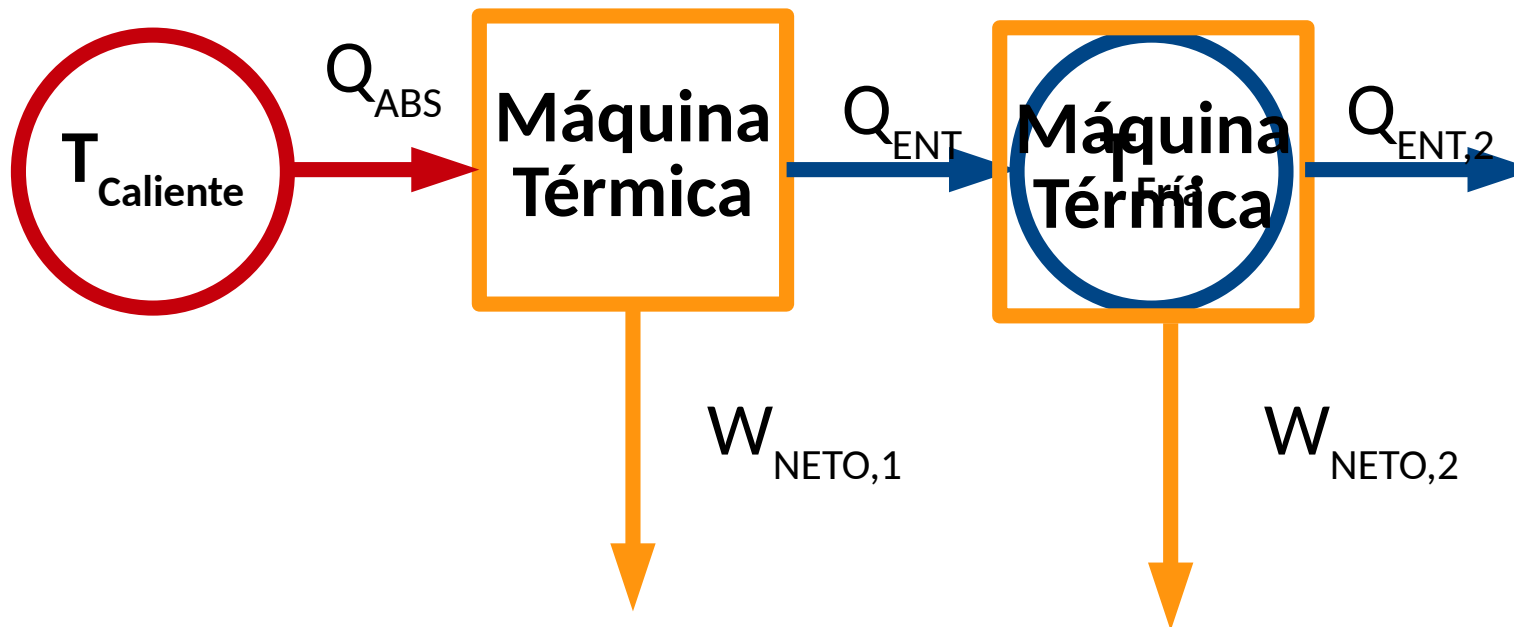
# Máquinas térmicas

- Máquina térmica: obtengo trabajo mecánico a partir de la transferencia de calor de la fuente caliente a la fuente fría...





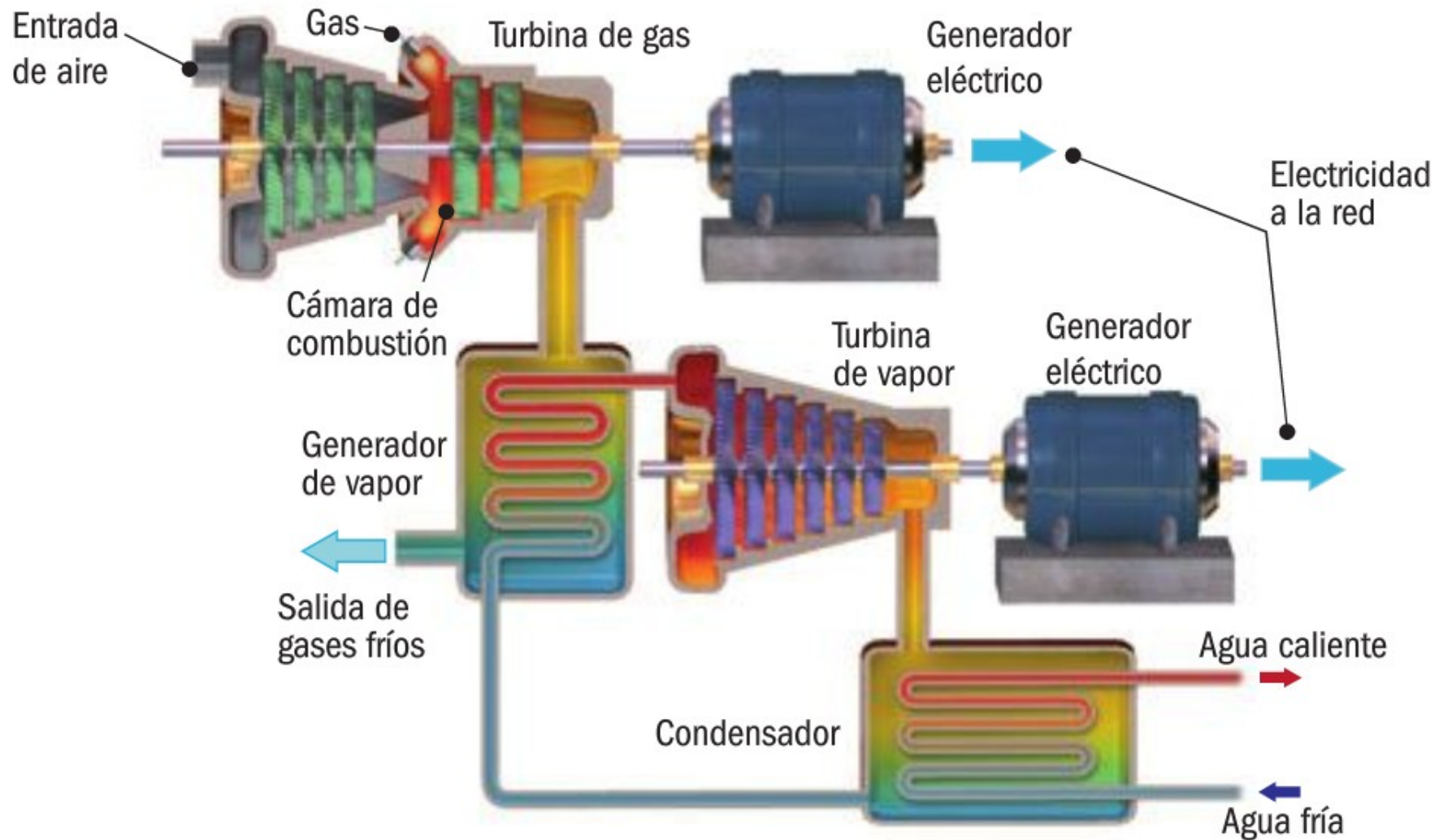
- Mejora de la eficiencia global



$$\eta = \frac{W_{\text{NETO},1} + W_{\text{NETO},2}}{Q_{\text{ABS}}}$$

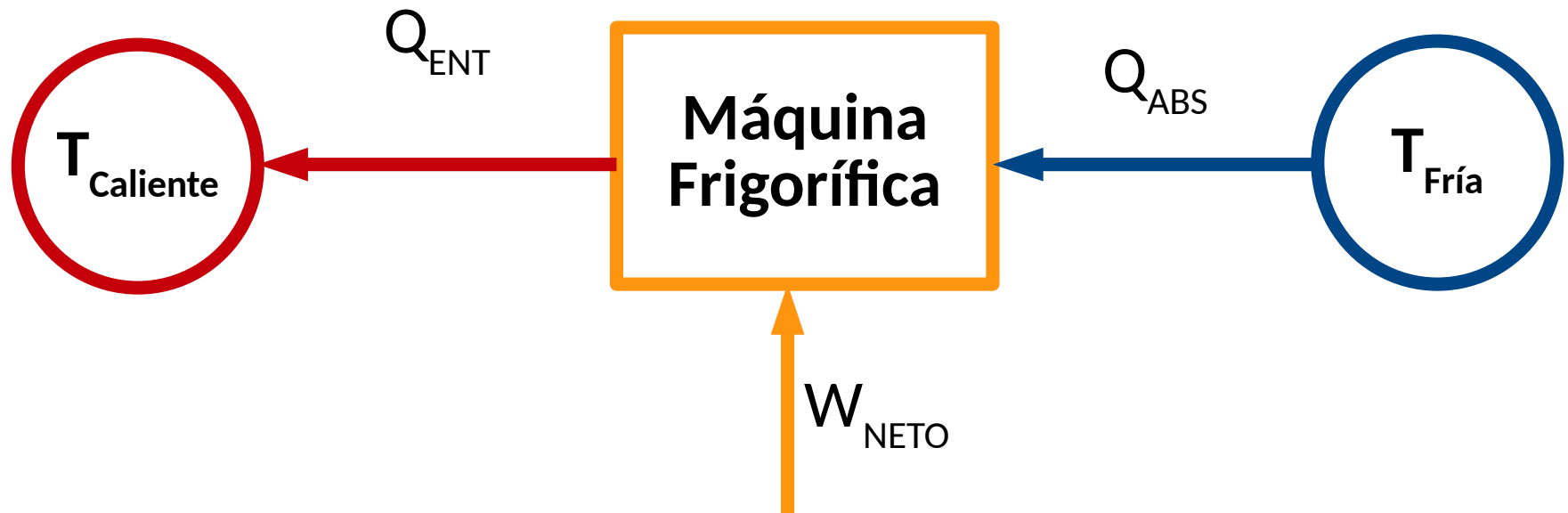
# Ciclo combinado real

## Esquema de una central térmica de ciclo combinado



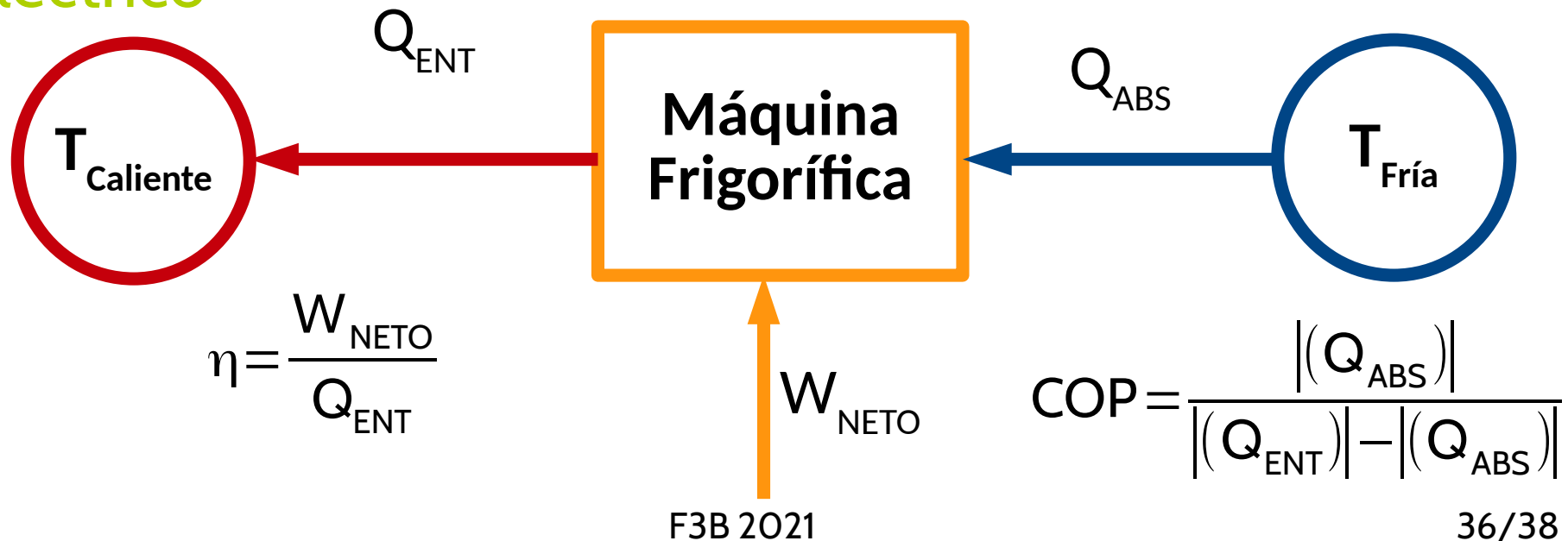
# Ciclo inverso → Máquina frigorífica

- Si entrego trabajo, es posible transferir calor de la fuente fría a la caliente
- Heladera:



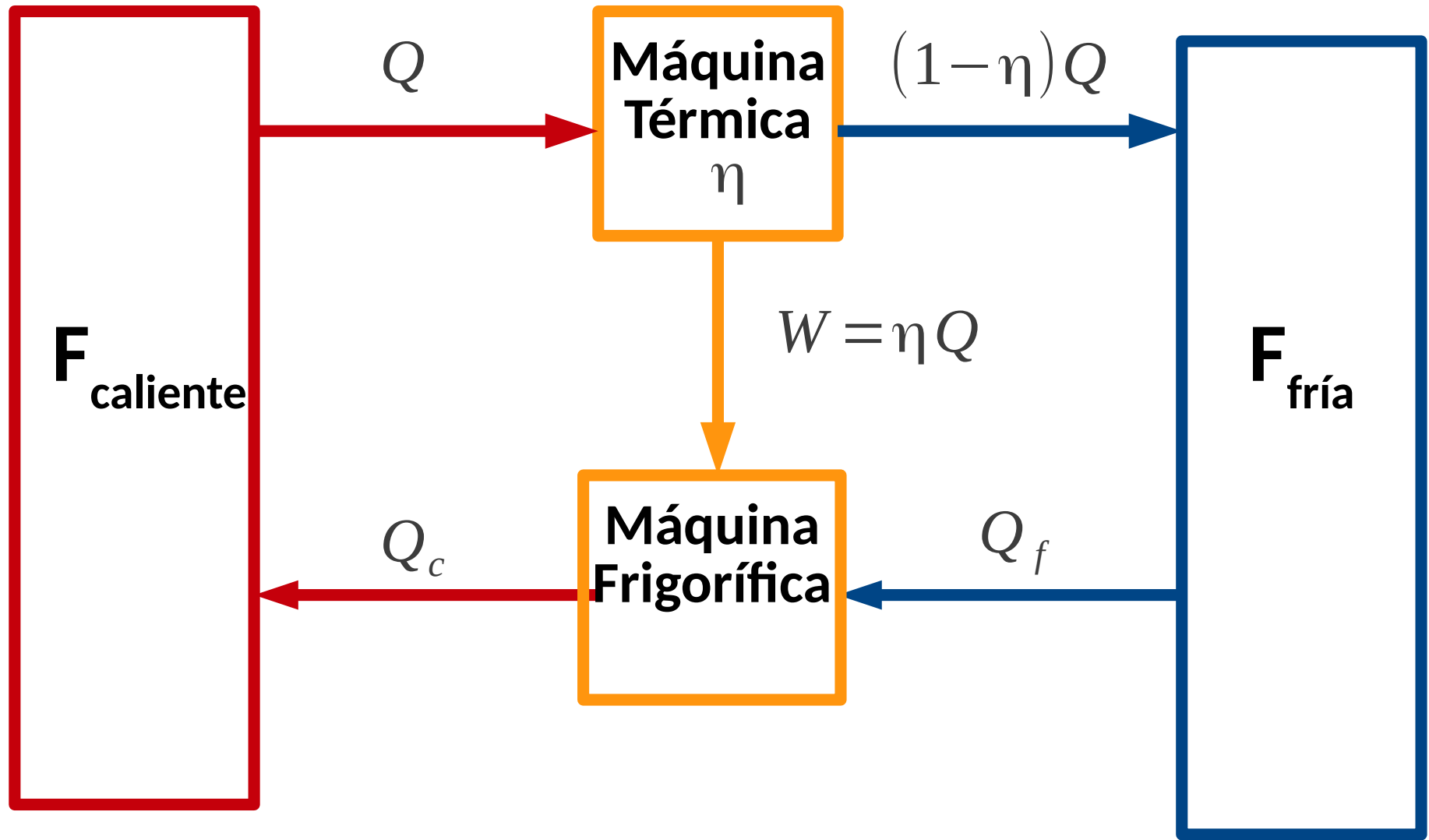
# Ciclo inverso → Máquina frigorífica

- Si entrego trabajo, es posible transferir calor de la fuente fría a la caliente
- **Heladera:** es una “bomba de calor” que extrae calor de una fuente fría para cederlo a otro a una temperatura mayor, impulsada por un motor externo, usualmente eléctrico





# Máquina reversible e irreversible



Si la máquina térmica no es reversible,  $Q_c < Q$

# Funcionamiento: refrigeración por compresión:

Líquido refrigerante: bajo punto de vaporización (típicamente  $-40^{\circ}\text{C}$ )

- 1) **Compresor**: el gas se comprime ( $W_{\text{NETO}}$ ) en forma adiabática y, en principio, reversible. Alta Presión (AP)
- 2) **Condensador**: se licúa e intercambia calor con la fuente caliente (Aire,  $Q_{\text{ENT}}$ ). Cambio de estado: calor latente, proceso isotérmico (AP)
- 3) **Válvula de expansión**: descompresión adiabática  $\rightarrow$  enfriamiento del líquido a baja presión (BP)
- 4) **Evaporador**: el líquido frío absorbe calor de la fuente fría (heladera,  $Q_{\text{ABS}}$ ) y se vaporiza: calor latente, proceso isotérmico (BP)
- Se reinicia el ciclo en el compresor

