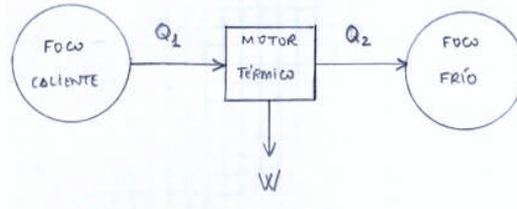


MOTOR TÉRMICO, MÁQUINA FRIGORÍFICA Y BOMBA DE CALOR

En los sistemas que analizaremos se cumple que $Q_1 = W + Q_2$ (ver diagramas de bloques).

Por otra parte, diremos que cuando se analice el funcionamiento de estos sistemas siguiendo el ciclo de Carnot, además de trabajar con calores (Q) podremos trabajar con las temperaturas de los focos, siendo T_1 la temperatura del foco caliente y T_2 la del frío, cumpliéndose obviamente que $T_1 > T_2$.

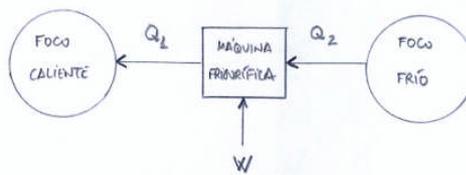
Motor térmico



La expresión del rendimiento será:

$$1 > \mu = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \underset{\text{CARNOT}}{=} \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Máquina frigorífica



En este caso al rendimiento se le denomina eficiencia (ε), efecto frigorífico (ef), $\text{COP}_{\text{FRIGORÍFICO}}$ o coeficiente de funcionamiento frigorífico, pudiendo adoptar valores mayores, menores o iguales a 1, y su expresión será:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \underset{\text{CARNOT}}{=} \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

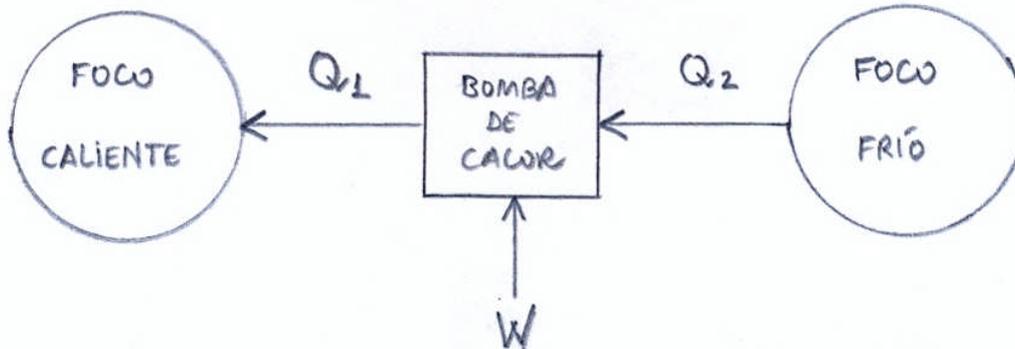
Habitualmente en los ciclos teóricos suele ser mayor a 1 ya que si suponemos una eficiencia de valor 1 $\rightarrow T_2 = T_1 - T_2 \rightarrow 2 \cdot T_2 = T_1$, es decir, por ejemplo, ello supondría que para que la eficiencia fuese “tan pequeña” como 1 necesitaríamos tratar de enfriar un recinto a $-123,15 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_2 = 150 \text{ K}$) teniendo una temperatura ambiente exterior de $26,85 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_1 = 300 \text{ K}$). Esta situación de enfriamiento tan extremo rarísimas (por no decir nunca) veces se presentará a nivel industrial.

Por otra parte, a partir de la expresión vista para la eficiencia, podemos deducir que nunca puede alcanzarse el “cero absoluto” de temperatura ($T_2 = 0 \text{ K}$), ya que ello supondría que el trabajo necesario para conseguirlo sería infinito. Este hecho constituye el **tercer principio de la Termodinámica**.

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \underset{\text{CARNOT}}{=} \frac{T_2}{T_1 - T_2} \rightarrow W = \frac{Q_2 \cdot (T_1 - T_2)}{T_2} \rightarrow \text{si deseo que } T_2 = 0 \rightarrow W = \infty$$

Bomba de calor

Cuando funciona también como máquina frigorífica (cosa habitual) se denomina “bomba de calor reversible”.



En este caso al rendimiento se le denomina eficiencia (ε') o COP (coefficient of performance, coeficiente de operación o coeficiente de eficiencia energética) adoptando siempre un valor superior a la unidad, y su expresión será:

$$1 < \text{COP} = \frac{Q_1}{W} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

Además puede indicarse que si bomba de calor y máquina frigorífica operan entre los mismos focos se cumplirá que $\text{COP} = 1 + \varepsilon = 1 + \text{COP}_{\text{FRIGORÍFICO}}$ ya que:

$$\text{COP} = \frac{Q_1}{W} = \frac{W + Q_2}{W} = 1 + \frac{Q_2}{W} = 1 + \varepsilon$$

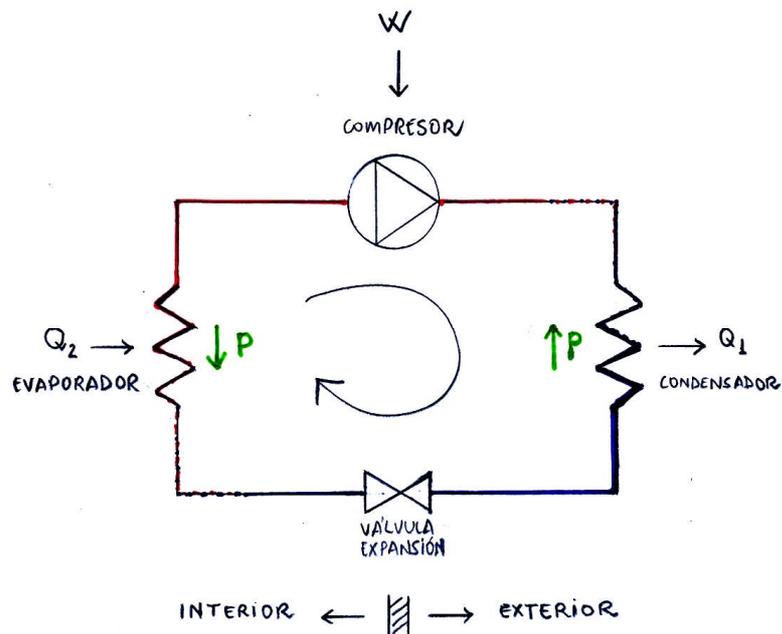
Esquemas de funcionamiento

En las máquinas frigoríficas y en las bombas de calor el esquema de funcionamiento es similar, por ello a continuación veremos como es un circuito típico de un sistema que funciona como bomba de calor en invierno y como máquina de frío en verano.

Para ello, diremos que se forma un circuito cerrado (habitualmente con tuberías de cobre) por el que circula un fluido refrigerante (también llamado fluido frigorífero o frigorífico -por ejemplo los freones-), que entre otras características debe tener un bajo punto de ebullición, y un elevado calor latente de vaporización (elevada capacidad calorífica, a fin de poder ceder o absorber mucho calor por unidad de masa). Además, el sistema consta de cuatro elementos básicos: condensador, evaporador, compresor y válvula de expansión.

En los siguientes esquemas se representa con color rojo el estado gaseoso y con color azul el estado líquido.

En **verano**, funcionando como **máquina frigorífica** (por ejemplo un aparato de aire acondicionado) el que aparece a continuación sería el esquema del circuito de funcionamiento. Éste también es el mismo con el que operaría una nevera o un congelador.



En **invierno**, funcionando como **bomba de calor** (por ejemplo un aparato de aire acondicionado) el que aparece a continuación sería el esquema del circuito de funcionamiento.

