

**MOTOR:** Absorbe energía del foco de mayor temperatura, transforma una parte en energía útil mecánica, y el resto lo cede al foco de menor temperatura.

La energía calorífica que absorbe el motor  $Q_c$ , proviene de un combustible de masa  $m$  y con un poder calorífico determinado  $H_c$ . Por tanto, la energía absorbida será:

$$Q_c = m \cdot H_c \text{ (generalmente } m \text{ en gramos y } H_c \text{ en Kcalorías)}$$

También se puede emplear el consumo del motor  $c$  en gramos/segundo, en tal caso hablaremos de potencia absorbida,  $P_{QC}$ :

$$P_{QC} = c \cdot H_c$$

Es frecuente conocer el consumo del motor por el volumen  $v$  del combustible. A través de su densidad  $d$  la expresión quedaría:

$$Q_c = d \cdot v \cdot H_c \quad \text{ó} \quad P_{QC} = d \cdot c \cdot H_c \text{ (siendo } c \text{ el consumo en litros/hora, cm}^3\text{/seg, ...)}$$

Parte de esa energía absorbida se transformará en energía mecánica útil  $W$  (o potencia útil), y el resto se cederá en forma de calor  $Q_f$  al foco de menor temperatura. El coeficiente que indica que parte se transformará en energía útil se le denomina rendimiento  $\eta$ .

$$W = Q_c \cdot \eta \quad \text{ó} \quad P_{\text{útil}} = P_{QC} \cdot \eta \text{ (Generalmente en Julios, y la potencia en CV o Kwh)}$$

La diferencia entre lo absorbido y lo útil corresponderá a las pérdidas,  $Q_f$  cuya expresión es:

$$Q_f = Q_c - W \quad \text{ó} \quad P_{QF} = P_{QC} - P$$

Reescribiendo estas fórmulas en otro orden, tendremos:

$$\eta = W/Q_c \quad \text{y} \quad W = Q_c - Q_f, \text{ sustituyendo: } \eta = (Q_c - Q_f) / Q_c$$

En el caso de un motor ideal (ciclo teórico reversible) la expresión del rendimiento queda determinado por las temperaturas de los focos entre los que opera el motor:

$$\eta = (T_c - T_f) / T_c$$

El rendimiento siempre será una magnitud adimensional cuyo valor estará comprendido entre 1 y 0, ambos inclusive. Correspondiendo el rendimiento cero a una máquina carente de utilidad técnica, y 1 al rendimiento del motor ideal sin pérdidas.

**Máquina frigorífica:** *extrae energía calorífica de un foco de menor temperatura y lo cede a uno de mayor temperatura, absorbiendo para ello una cierta cantidad de energía, usualmente eléctrica, con el fin de enfriar o mantener un recinto por debajo de la temperatura de su entorno.*

Por tanto, desde el punto de vista del análisis del rendimiento de una máquina frigorífica denominaremos energía útil a la cantidad de energía que **extrae** del foco frío  $Q_f$ . Para conseguirlo, los frigoríficos consumen cierta cantidad de energía, normalmente eléctrica, que harán funcionar a un compresor que realiza un **trabajo**  $W$ . Y es a este trabajo  $W$  lo que se considera “energía absorbida por el sistema”.

Aplicando la expresión general del rendimiento de un sistema como la relación entre la energía útil y la absorbida a las máquinas frigoríficas, queda:

$$\text{rendimiento}=\text{útil/absorbido} \rightarrow \varepsilon=Q_f/W$$

En este caso, denominamos al rendimiento “eficiencia” y la denotaremos con la letra  $\varepsilon$ , pues el valor aunque nunca podrá ser inferior a cero si puede ser superior a la unidad.

Toda la energía eléctrica absorbida por el compresor del frigorífico  $W$ , termina convirtiéndose en calor, y junto con el calor extraído del foco frío  $Q_f$ , terminan cediéndose al foco de mayor temperatura  $T_c$ . Por tanto,

$$Q_f+W=Q_c$$

Despejando  $W$  obtenemos una expresión idéntica a la del motor,  $W=Q_c-Q_f$ , aunque como hemos visto con un significado físico totalmente diferente.

Sustituyendo  $W$  en la expresión de la eficiencia:

$$\varepsilon=Q_f/W \rightarrow \varepsilon=Q_f/(Q_c-Q_f) \text{ y para el caso ideal, } \varepsilon=T_f/(T_c-T_f)$$

## RESUMEN

### Un motor

- Absorbe energía de un combustible: Energía absorbida= $Q_c$
- Su utilidad es que transforma parte de esa energía en un trabajo mecánico: Energía útil =  $W$

### Un frigorífico,

- Absorbe energía eléctrica para alimentar al compresor que es quién realiza el **trabajo** de comprimir el líquido refrigerante: Energía absorbida =  $W$
- Su utilidad es extraer calor del foco frío, por tanto, Energía útil =  $Q_f$

**Nota:** el trabajo  $W$  realizado por el compresor, no sólo comprime el fluido refrigerante, sino que además lo mantiene en movimiento, permitiendo el transporte de calor desde el foco de menor al de mayor temperatura.

# Bomba de calor:

Extrae energía calorífica de un foco de menor temperatura y lo cede a uno de mayor temperatura, absorbiendo para ello una cierta cantidad de energía, usualmente eléctrica, **con el fin de calentar o mantener la temperatura de un recinto más alta que la de su entorno.**

Desde el punto de vista termodinámico se trata de la misma máquina que un frigorífico, sólo que cambia su diseño físico.

Por tanto, consideramos útil la cantidad de energía calorífica  $Q_C$ , pues es esta cantidad de calor la que calienta el recinto.

Por ser la misma máquina que un frigorífico, de nuevo, el trabajo  $W$  que realiza el compresor es lo que consideramos energía absorbida.

Las expresiones para la eficiencia serán:

$$\varepsilon = Q_C / W \rightarrow \varepsilon = Q_C / (Q_C - Q_F) \text{ y para el caso ideal, } \varepsilon = T_C / (T_C - T_F)$$

## Resumen

- Absorbe energía eléctrica para alimentar al compresor que es quién realiza el **trabajo** de comprimir el líquido frigorígeno: Energía absorbida =  $W$
- Su utilidad es ceder calor al foco caliente, por tanto, Energía útil =  $Q_C$

	Absorbe	Utilidad	Rendimiento	$W = Q_C - Q_F$
MOTOR	$Q_C$	Realiza $W$	$\eta = W / Q_C$	$\eta = (Q_C - Q_F) / Q_C$
FRIGORÍFICO	$W$	Extrae $Q_F$	$\varepsilon = Q_F / W$	$\varepsilon = Q_F / (Q_C - Q_F)$
BOMBA DE CALOR	$W$	Cede $Q_C$	$\varepsilon = Q_C / W$	$\varepsilon = Q_C / (Q_C - Q_F)$

$T_C$  y  $T_F$ : temperatura del foco de mayor y menor temperatura respectivamente en grados Kelvin  
 $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$

$Q_C$  en un motor, cantidad de calor absorbido a partir de un combustible  
 en un frigo: cantidad de calor cedido al entorno  
 en una BC: cantidad de calor cedido al recinto que se quiere calentar

$Q_F$  en un motor, cantidad de calor cedido a la atmósfera, pérdidas  
 en un frigo: cantidad de calor extraído del recinto que se quiere enfriar  
 en una BC: cantidad de calor extraído del entorno

$Q_C$  y  $Q_F$  generalmente en Calorías, Ca

$W$  en un motor: energía mecánica de rotación, generalmente en Julios  
 en un frigo y BC: energía usualmente eléctrica que absorbe la máquina para mover el compresor

$$1\text{KWh} = 3.6 \times 10^6 \text{J} \quad 1 \text{ Ca} = 4.18 \text{J}$$

$$W = \text{J/s} \quad 1\text{kW} = 1000\text{W} \quad 1\text{CV} = 735,5\text{W} \quad (\text{otras formas: Ca/s, kCa/s, kCa/h})$$