

### 3. Máquinas frigoríficas. Bomba de calor

El funcionamiento de este tipo de máquinas es inverso al de los motores.

Una máquina frigorífica es todo dispositivo capaz de descender la temperatura de un determinado objeto, lugar o recinto hasta un valor por debajo del de su entorno.

#### A. Principio de funcionamiento de las máquinas frigoríficas

Recuerda que según el segundo principio de la termodinámica, el calor sólo se transfiere del cuerpo caliente al frío de forma espontánea. Sin embargo, en una máquina frigorífica, el ciclo cerrado toma cierta cantidad de calor  $Q_2$  del foco frío, que se llama evaporador, y cede cierta cantidad de calor  $Q_1$  al foco caliente, que se llama condensador. Para lograr este objetivo, es necesario suministrar una cierta cantidad de trabajo,  $W$ , a la máquina.

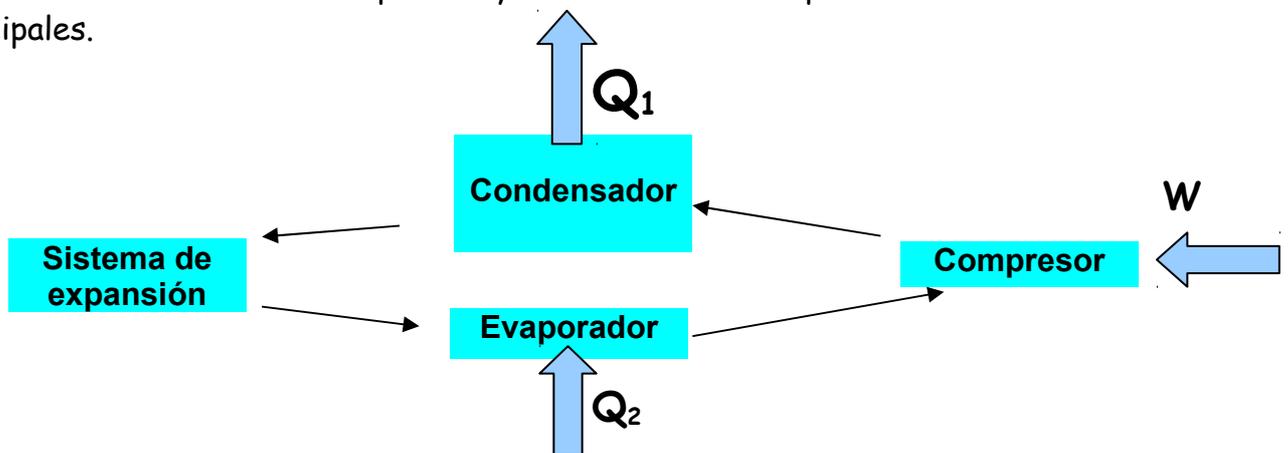
El frío se produce normalmente por evaporación de un fluido frigorígeno. Son sustancias que cambias de estado por condensación o evaporación a Presión y Temperatura determinada.

Deben cumplir ciertas condiciones:

- No ser tóxicos
- No ser fácilmente inflamables o susceptibles de provocar explosiones.
- Viscosidad suficiente para que no se produzcan fugas fácilmente
- No ser corrosivos para los metales
- Y desde hace algún tiempo, en caso de producirse una fuga, no debe dañar la capa de ozono del planeta.

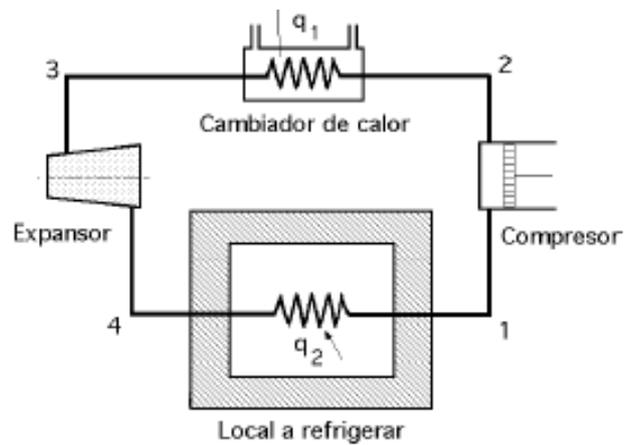
#### B. Constitución

Los más usados son los de compresión y están constituidos por cuatro elementos principales.



El fluido frigorígeno circula en circuito cerrado por el sistema y sufre una serie de transformaciones.

1. Es comprimido en el **compresor**.  
Proceso no espontáneo que exige aporte de energía ( $W$ )
2. Licuado por enfriamiento en el **condensador**. Cede calor  $Q_1$
3. Sometido a un proceso de expansión en el **sistema de expansión**. El fluido disminuye su Presión hasta alcanzar la del evaporador.
4. Al llegar al **evaporador**, el fluido evapora. Toma una cantidad de calor  $Q_2$  y se enfría el recinto.
5. Tras la evaporación, el fluido recupera las condiciones iniciales para que pase de nuevo al evaporador, que inicia otra vez el ciclo.



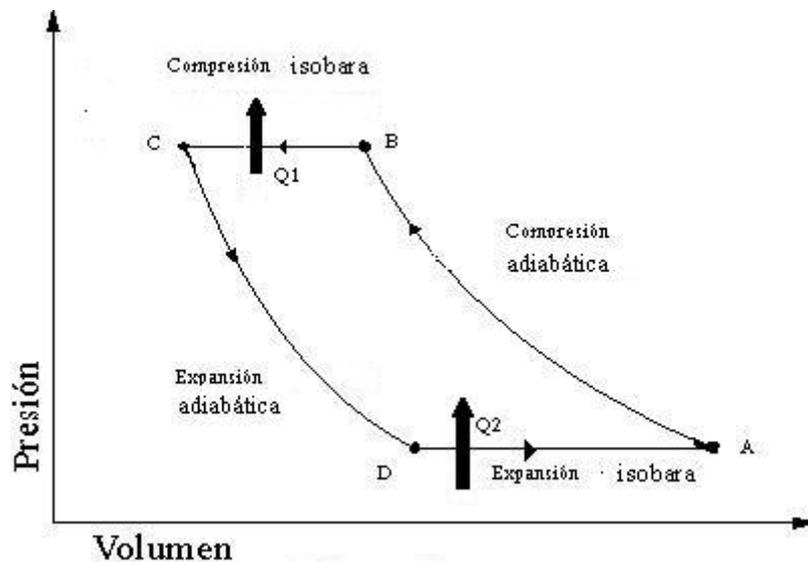
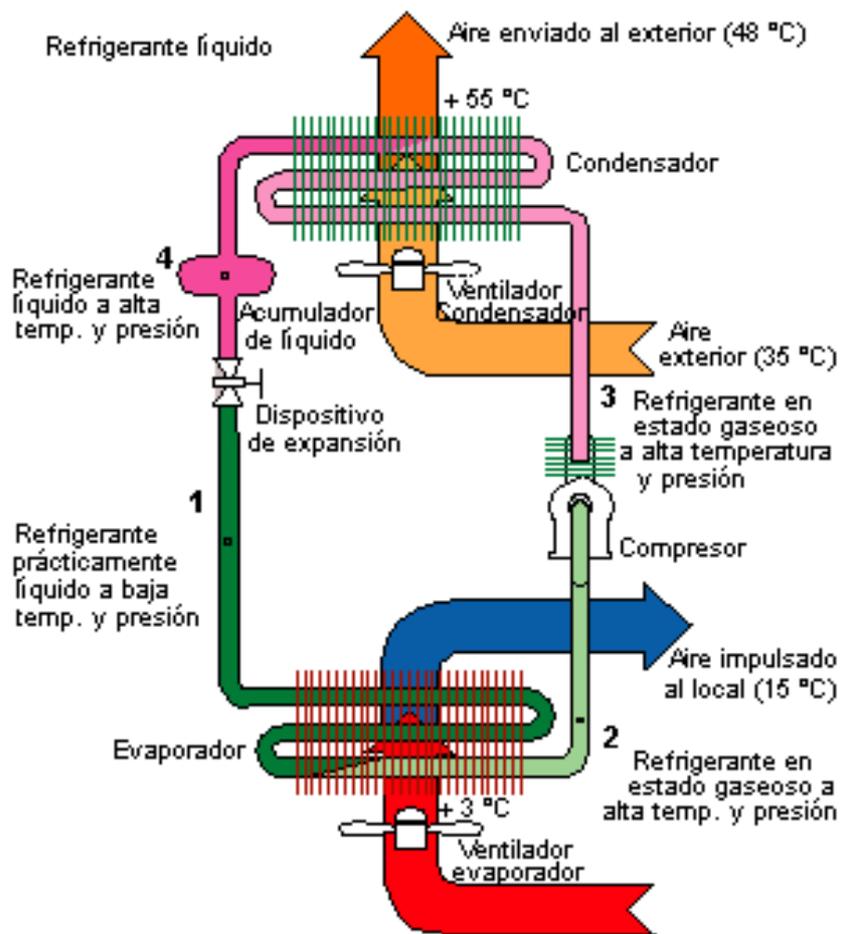
Veamos las fases de la máquina frigorífica

**A → B: Compresión adiabática** del fluido en el **compresor** en estado de vapor. El volumen del fluido disminuye de  $V_1$  a  $V_2$  y su presión aumenta de  $P_1$  a  $P_2$ . La temperatura del fluido también aumenta. La máquina recibe la energía ( $W$ ) necesaria para que actúe el compresor. El compresor es movido por un motor de arrastre.

**B → C: Licuefacción o condensación** del fluido a presión prácticamente constante en el **condensador**. El volumen disminuye de  $V_2$  a  $V_3$ . Es decir, el estado del fluido pasa de vapor saturado (húmedo) a líquido saturado. La máquina cede una cantidad de calor  $Q_1$  al foco caliente, mientras la temperatura se mantiene constante  $T_1$

**C → D: Expansión adiabática** del fluido en el **acumulador** o **expansor**, con un ligero aumento del volumen de  $V_3$  a  $V_4$  y una disminución de la presión de  $P_2$  a  $P_1$ . Este elemento se alimenta del condensador a través de la válvula de expansión, que consiste en un orificio calibrado o un tubo capilar donde se produce la expansión y resulta una evaporación parcial del líquido saturado que pasa a vapor.

**D → A: Evaporación** a presión prácticamente constante en el **evaporador** con un aumento del volumen de  $V_4$  a  $V_1$ . Aquí el fluido frigorígeno se transforma en vapor saturado. La máquina absorbe una cantidad de calor  $Q_2$  del foco frío y provoca el enfriamiento. El fluido, una vez recuperadas sus condiciones iniciales  $P_1$  y  $V_1$ , puede volver a comenzar el ciclo. El proceso se realiza a una temperatura prácticamente constante  $T_2$



Rendimiento o efecto frigorífico o coeficiente de funcionamiento frigorífico.

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W}$$

esta magnitud no tiene unidad, de entrada, pero suele medirse en frigorías (fg)

$$1 \text{ fg} = - 1 \text{ Kcal}$$

Una frigoría equivale a la cantidad de calor que la máquina frigorífica extrae del foco frío si el compresor consume una kilocaloría de energía.

Aplicaciones:

- Industria alimentaria
- Transporte de mercancías perecederas en camiones frigoríficos
- Aire acondicionado
- Refrigeración y congelación doméstica
- Medicina.

### C. Bomba de calor

Una máquina frigorífica es capaz de aprovechar el calor cedido en el condensador para calentar un espacio.

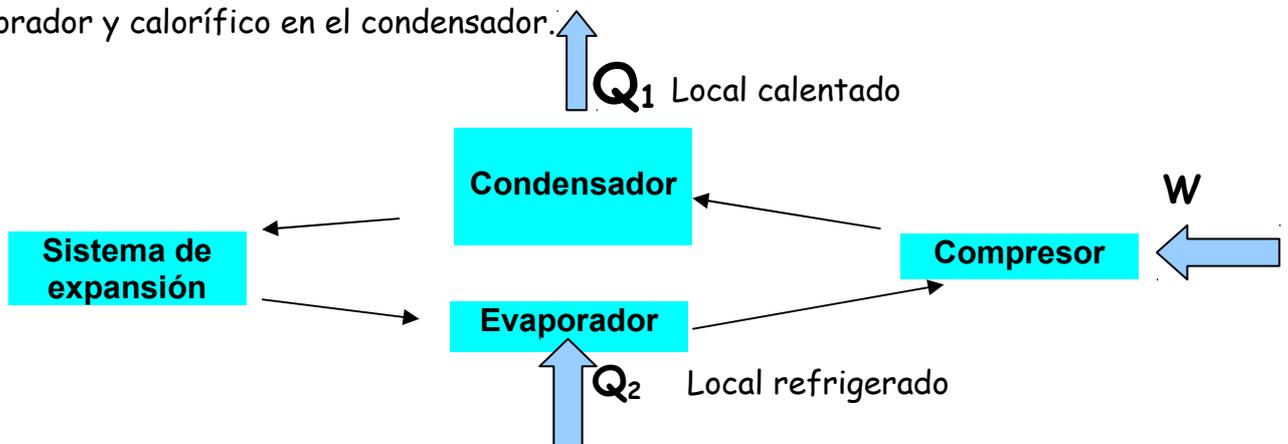
Se puede obtener el frío y el calor con la misma máquina. No es necesario una instalación independiente. Es muy útil en viviendas.

### D. Principio de funcionamiento

Es idéntico a la máquina frigorífica, con estas diferencias

Máquina frigorífica: Destinada y proyectada exclusivamente para producir un efecto frigorífico en el evaporador.

Bomba de calor: Destinada y proyectada a producir un efecto frigorífico en el evaporador y calorífico en el condensador.



## Rendimiento

Cuando la bomba funciona como sistema calefactor, la **Energía útil** es la cedida en el condensador en forma de energía calorífica y la **Energía absorbida** es la que necesitamos para el compresor y los elementos necesarios que puede llevar la instalación.

$$\eta = P_{\text{util}}/P_{\text{absorbida}}$$

$$\eta = E_{\text{util}}/E_{\text{absorbida}}$$

$$E_{\text{util}} = E_{\text{absorbida}} + E_{\text{foco frío}}$$

$E_{\text{util}}$  equivale a  $Q_1$  (calor cedido al foco caliente por el **condensador**)

$E_{\text{absorbida}}$  equivale a  $W$  (trabajo o energía consumida por el **compresor**)

$E_{\text{foco frío}}$  equivale a  $Q_2$  (calor absorbida del foco frío por el **evaporador**)

En cualquier caso, **la energía útil siempre es mayor que la absorbida.**

$\eta = \text{Calor suministrado por el condensador} / \text{Energía consumida por el compresor}$

Si el rendimiento es igual o mayor que 2 o 3 se considera una instalación eficaz

