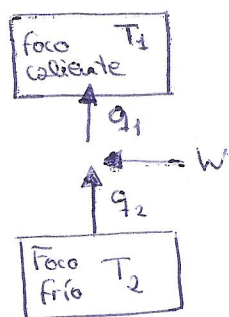


## BLOQUE II: PRINCIPIOS DE MÁQUINAS

### 10. CIRCUITO FRIGORÍFICO. BOMBA DE CALOR

Los circuitos frigoríficos tienen como misión transportar calor desde un cuerpo que se enfía (foco frío,  $T_2$ ), hasta otro cuerpo que se encuentra a mayor temperatura (foco caliente [medio],  $T_1$ ). Este proceso no es espontáneo ya que requiere una disminución de la entropía, por lo que precisa un trabajo que provenga del exterior.

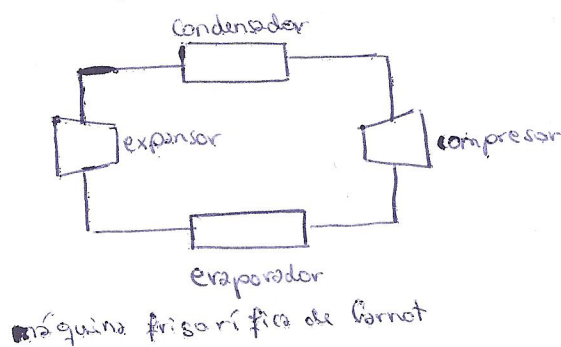
La base de su funcionamiento es el fenómeno de vaporización de un fluido, denominado fluido frigorífico o frigorígeno, que se evapora en el evaporador, absorbiendo calor del ambiente. Los vapores obtenidos se condensan y se reinicia el ciclo.



$$T_1 > T_2 \quad |q_1| > |q_2|$$

$$q_1 = W + q_2$$

$$W = q_1 - q_2$$



### 10.1. FLUIDOS FRIGORÍFICOS

Cuando el fluido frigorífico intercambia calor con el medio por la intermediación de otro fluido, dicho fluido ~~intermedio~~ <sup>frigorífico</sup> es el refrigerante o f. frigorígeno y el f. intermedio es el f. frigorífero (int).

#### 10.1.a. frigorígenos

Sus características debenser:

- elevado calor latente a vaporización
- presión de vaporización elevada
- presión de condensación baja
- alta conductividad térmica.
- baja viscosidad
- Estabilidad química e inercia química, además de inmiscibilidad.

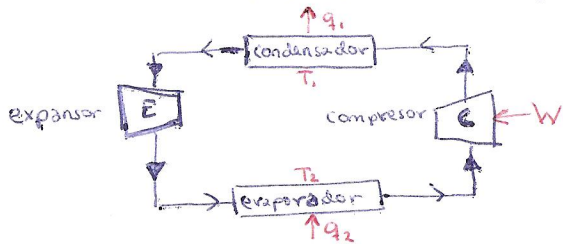
## 10.1.b. frigoríficos

Se utilizan porque impiden, en caso de fugas, que el frigorígeno contamine el lugar a enfriar, mantienen la temperatura más constante, favorecen una rápida congelación. Se suele usar agua, salmueras o soluciones químicas.

## 10.2. MÁQUINA FRIGORÍFICA DE CARNOT

El principio de funcionamiento de los ctes. frigoríficos es el ciclo reversible de Carnot, pero recorrido a lo inverso que las motores térmicos. Mediante la aportación de un trabajo, el frigorígeno extrae del foco frío un calor  $q_2$  (al evaporarse) y cede al foco caliente un calor  $q_1$  (al condensarse).

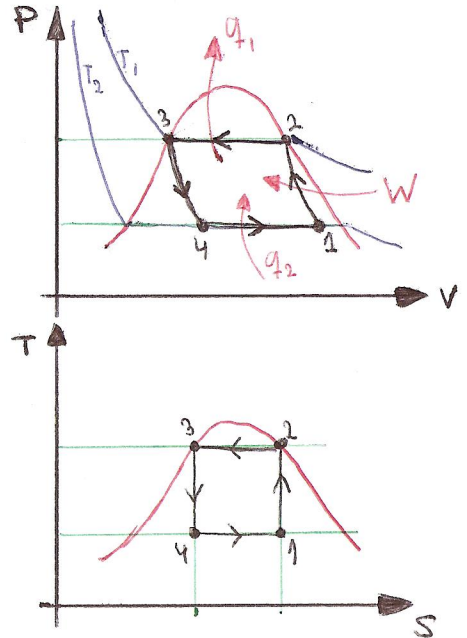
Una instalación frigorífica consta de:



- Condensador [foco caliente a  $T_1$ ]
- Evaporador [foco frío a  $T_2$ ]
- Compresor: aumenta la  $T$  y la  $P$  del fluido evaporado.
- Expansor: reduce la  $T$  y la  $P$  del líquido.

El funcionamiento del ciclo sería el siguiente:

- El compresor, aumenta adiabáticamente la presión del fluido y la temperatura. En esta compresión adiabática, el  $W$  del compresor es absorbido por el fluido (1-2)
- En el condensador el fluido se licúa, cediendo un calor  $q_1$  al foco caliente mediante una compresión a presión y temperatura constantes. (2,3)
- En el expansor, el líquido se expande adiabáticamente disminuyendo de presión y temperatura. (3,4)
- En el evaporador, se vaporiza casi totalmente, a presión y temperatura constantes, mediante una expansión isoterma. (4,1)



Según el PPT, el calor cedido al foco caliente  $q_1$ , ha de ser igual a la suma del calor absorbido  $q_2$  y el trabajo que requiere  $W$ :

$$q_1 = W + q_2 \Rightarrow W = q_1 - q_2$$

$$q_1 > q_2$$

Si ambos focos se mantienen a una temperatura constante se cumple que (1).  
 Así, podemos calcular el "rendimiento" de una máquina frigorífica, que suele ser mayor que uno y se denomina: eficiencia, efecto frigorífico o coeficiente de ampliación frigorífica.

$$(1) \frac{q_1}{T_1} = \frac{q_2}{T_2} \longrightarrow$$

$$\epsilon = \frac{q_2}{W} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$T_2 > T_1 - T_2 \\ \downarrow \\ \epsilon > 1$$

Una máquina frigorífica reversible poseerá la máxima eficiencia, siendo la misma para todas las máquinas que trabajen en las mismas temperaturas.

En la realidad, la eficiencia siempre es menor que la ideal, es decir:

$$\epsilon = \frac{q_2}{W} < \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

### 10.3. BOMBA DE CALOR

La bomba de calor tiene como finalidad ceder un calor  $q_1$  a un foco caliente con una temperatura  $T_1$ , absorbiendo calor del ambiente, a una temperatura menor  $T_2$ .  
 Su funcionamiento es exactamente igual que el de una máquina frigorífica.

Como en la bomba de calor interesa la cantidad de calor cedida ( $q_1$ ) al foco caliente a  $T_1$ ; se define el coeficiente de funcionamiento o coef. de ampliación calorífica,

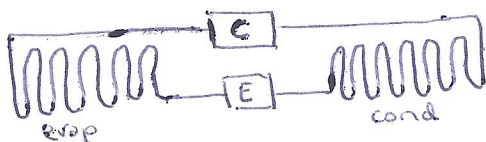
$$\epsilon' = \frac{1}{\eta} = \frac{q_1}{W} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} = \frac{1}{1 - \frac{q_2}{q_1}} > 1$$

$$\frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

Comparando los "rendimientos" de una máquina frigorífica ( $\epsilon$ ) y de una bomba de calor ( $\epsilon'$ ), se cumple que:  $\epsilon' = \epsilon + 1$

### 10.3. I. Bomba de calor reversible

La instalación de una bomba de calor se puede usar como refrigerador, si poseemos una válvula que permita alternar las funciones de condensador y evaporador.  
 Cuando se desea calentar el interior, deberá funcionar como condensador, sin embargo, cuando se desea enfriar, deberá funcionar como evaporador.

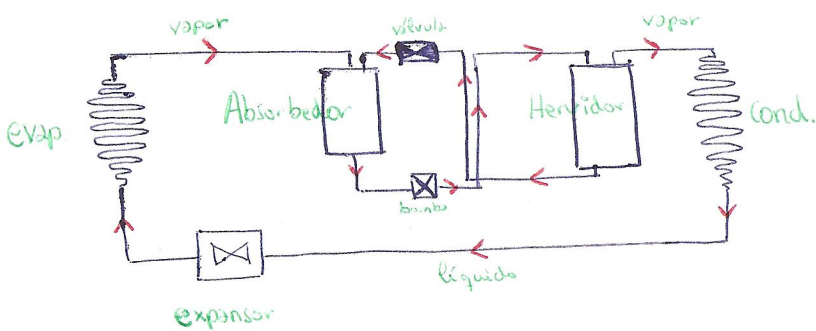


## 10.4. INSTALACIONES FRIGORÍFICAS DE ABSORCIÓN

En las máquinas frigoríficas de compresión, la diferencia de presión es suministrada por un compresor mecánico que puede generar ruido, vibración, problemas de lubricación y corrosión.

Para paliar estos inconvenientes se utilizan sistemas de refrigeración por absorción, que se basan en la capacidad de ciertas sustancias para absorber los vapores de otras. En este proceso se desprende calor o absorbe en función de la fase. Los más usados son amoníaco-agua; agua-bromuro de Litio.

Las instalaciones constan de: condensador, evaporador, expansor, pero sustituyen el compresor por un absorbedor y un hervidor.

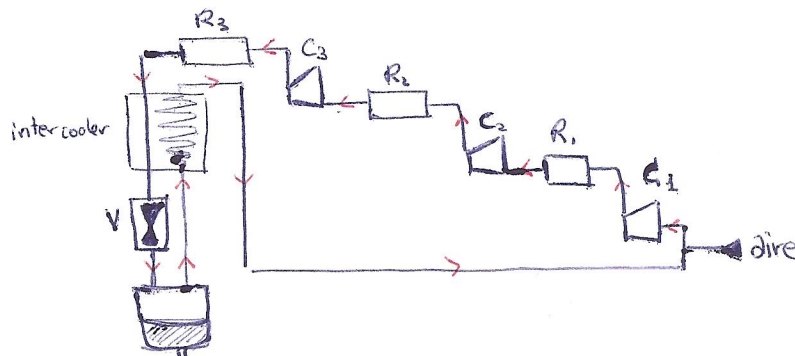


Los vapores del evaporador llegan al absorbedor donde se mantiene la presión y se reduce la temperatura. Se mandan al hervidor donde se calienta y aumenta de presión, saliendo hacia el condensador.

## 10.5. LICUACIÓN DE GASES

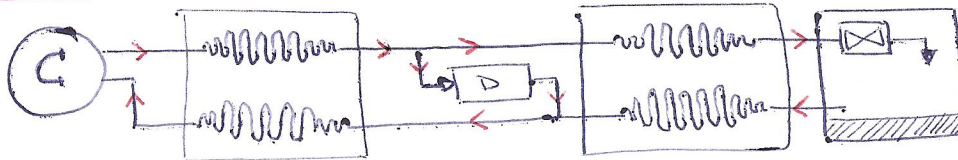
Existen tres métodos principales para la licuación de gases:

- Expansión Joule-Kelvin: se denomina método de Linde para licuar el aire. El aire seco y libre de polvo y  $CO_2$ , se somete a 200 atm de presión, utilizando un compresor de cuatro etapas, después de las cuales, el aire se enfría pero la presión se mantiene. Al final se le deja expandir en una válvula con la que disminuye de presión y temperatura y es recirculado de forma que enfríe el aire en un intercambiador. De esta manera cada vez llega más frío hasta que aparece líquido.



- Expansión adiabática: el método Claude se basa en el enfriamiento que experimenta un gas al expandirse adiabáticamente.

El aire, a presión y temperatura ambientales, se comprime isotérmicamente hasta unas 40 atm y se pasa a un intercambiador donde se enfrija a presión constante gracias al aire más frío en sentido contrario. Una parte se expansiona adiabáticamente y se recondensa para enfriar el aire de entrada y el resto pasa a un nuevo intercambiador donde se vuelve a reducir su temperatura, tras el cual se deja expandirse adiabáticamente. Si no se ha licuado se recircula.



- Refrigeradores termo eléctricos:

Si una corriente continua atraviesa una soldadura de dos metales distintos, se verifica un desprendimiento o absorción de calor, proporcional a la carga que los atraviesa y que si cambia de dirección, modifica el intercambio de calor. Este fenómeno se denomina efecto Peltier.

Si se soldan dos conductores distintos por sus extremos y se conectan a un generador, se verifica que una soldadura absorbe calor (soldadura fría) y otra lo desprende (soldadura caliente). Esto adquiere gran relevancia con materiales semiconductores.

- Si un semiconductor tipo N ( $1e^-$ ) con dos placas metálicas y se conecta a una corriente, el extremo a menor potencial cede electrones que atraviesan el extremo al positivo que se calienta (1)

- Si un semiconductor tipo P ( $1e^-$ ) con dos placas metálicas y una corriente que lo atraviesa, el extremo al polo negativo se calienta y el otro se enfría. (2)

Uniendo estos casos, potenciamos su poder térmico, pudiendo usarse como refrigerante:

