

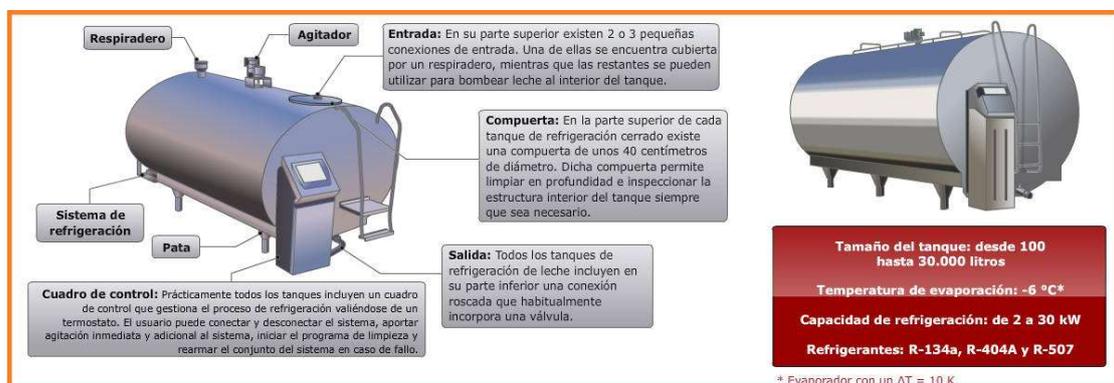
Instalaciones frigoríficas.

Caso práctico: preservación de la leche

Vas a empezar esta unidad con el caso práctico de un **tanque de refrigeración de leche**. Recordarás lo importante que es, al diseñar un sistema de refrigeración, el conocer las características del producto que debes almacenar para determinar sus condiciones de conservación.

Para mantener la calidad de la leche y garantizar que resulte segura para los consumidores, se debe reducir al mínimo el crecimiento bacteriano y la forma más eficaz y práctica de conseguir este objetivo es **refrigerar la leche cruda (sin pasteurizar) inmediatamente después del ordeño** y mantenerla a una **temperatura entre 4 y 6 °C** durante su producción, almacenamiento y venta en las superficies de distribución. Para ello, se utilizan tanques de refrigeración de leche, que son grandes depósitos empleados en las explotaciones ganaderas para refrigerar y mantener la leche a la temperatura necesaria, hasta su recogida por medio de un camión cisterna. Estos tanques, habitualmente **se fabrican en acero inoxidable** y se usan diariamente para almacenar la leche cruda en la explotación ganadera en buenas condiciones. Se deben **limpiar justo después de cada recogida de leche**.

Los tanques de refrigeración de leche (MCT, por las iniciales de “milk cooling tank”) para 2 ordeños se utilizan cuando la recogida de la leche se realiza diariamente. El tanque debería ser capaz de **enfriar la leche en menos de 3 horas** tras cada ordeño (cuyo volumen sería igual a la mitad del volumen total del tanque) y de mantenerla a baja temperatura. Habitualmente se realizará un primer ordeño por la mañana y un segundo ordeño por la tarde.



[Danfoss](#). Tanque almacenamiento leche (Todos los derechos reservados)

Un tanque de refrigeración de leche se compone de una estructura interior y otra exterior fabricadas en acero inoxidable. El espacio existente entre ambas estructuras se aísla utilizando espuma de poliuretano. **Si se produjera un fallo del suministro eléctrico, con una temperatura ambiente de 30 °C el contenido del tanque únicamente se calentará 1 °C durante las 24 horas**

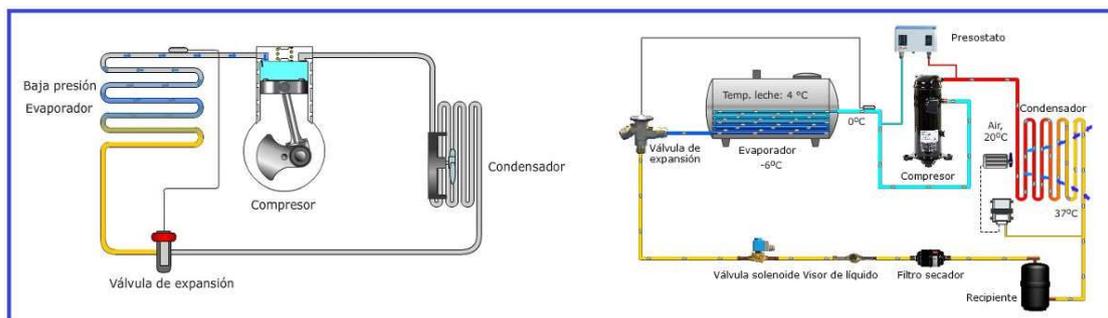
siguientes. En el cálculo de cargas ya has aprendido a realizar estos cálculos y a determinar cuál sería el espesor del aislamiento necesario.

<https://www.youtube.com/embed/jhao777GAWM?amp;showinfo=0&rel=0>

Simulación térmica de un tanque de leche

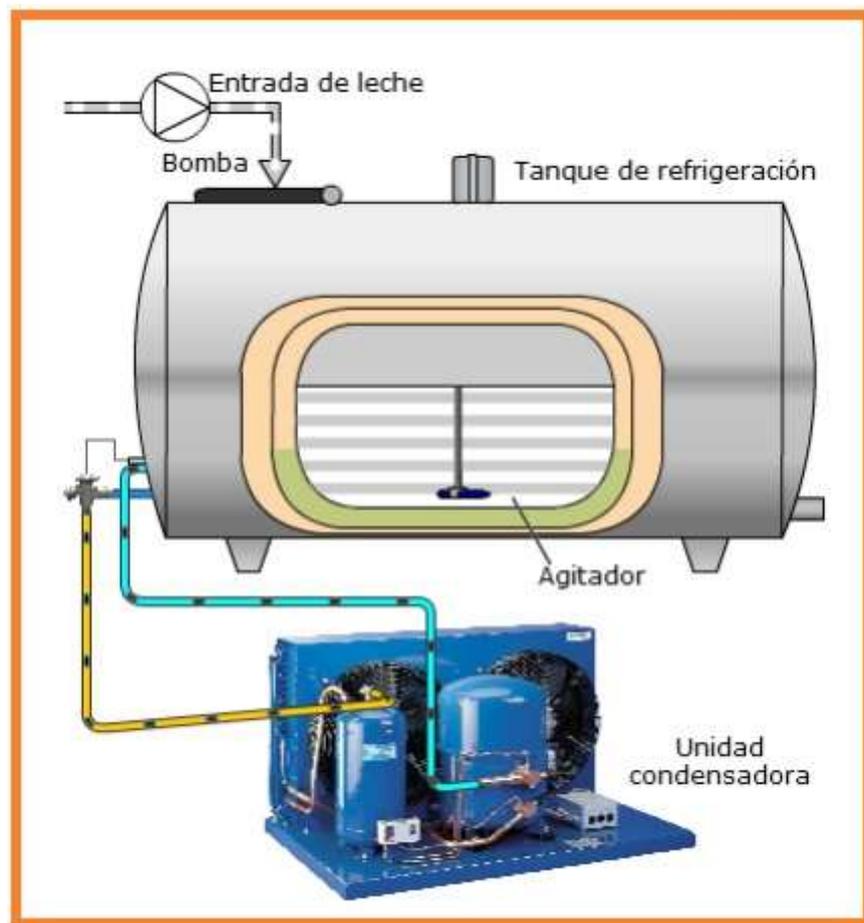
En la unidad de trabajo anterior, Análisis de Ciclos Frigoríficos, has visto como funciona un ciclo frigorífico desde un punto de vista termodinámico. En esta unidad **vas a estudiar** los cuatro elementos esenciales **funcional y constructivamente: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador**. Y, además, para poder funcionar una instalación necesita una serie de **elementos auxiliares** que también vas a poder ver en esta unidad. Se trata de elementos necesarios para la automatización de la instalación y para garantizar la seguridad de la misma, pero también para poder mantenerla o ajustar su eficiencia energética.

Los conceptos tecnológicos y científicos básicos ya los has adquirido, por lo que puedes ser capaz de entender cómo se configura una instalación como la de este caso práctico. Ello te dará una visión global de todos los equipos antes de profundizar en cada uno. El ejercicio resuelto te servirá de guía en la elección de los componentes de una instalación frigorífica. Pero antes, **recuerda las partes de una instalación** de este tipo a través del gráfico siguiente:



[Danfoss](#). Esquema del circuito frigorífico simple (Todos los derechos reservados)

El circuito de la izquierda no te debe ofrecer dificultad, ya que lo hemos analizado en la unidad anterior. Y el circuito de la derecha es similar, pero con una serie de accesorios complementarios y con el evaporador introducido dentro del tanque de leche para aumentar la eficiencia del sistema. Fíjate en un detalle importante, **el evaporador está a -6°C**, ya que es necesario un **salto térmico de 10 °C** para que la leche se enfríe en un tiempo rápido sin necesidad de aumentar la potencia frigorífica excesivamente... Pero eso origina un peligro, que la leche en contacto con el evaporador se congele. Para evitarlo, se coloca un agitador que remueva la leche.



[Danfoss](#). Esquema de tanque de enfriamiento (Copyright (permiso autor))



Materiales formativos de FP Online propiedad del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

[Aviso Legal](#)

1.- El compresor.

Caso práctico: el compresor es el corazón del frigorífico

Como hemos dicho en el caso práctico del tanque de leche, vamos a ir seleccionando los distintos equipos que nos harían falta para configurar una instalación frigorífica que consiga extraer el calor de la leche del tanque y poderla conservar a 4 °C, hasta que el envasador llegue con el camión cisterna para su tratamiento y envasado en una planta. La carga térmica, hemos supuesto de 10,1 kW y la temperatura ambiente más desfavorable asciende a 32 °C (supondremos que estamos en el norte en una zona próxima a la costa donde suele haber veranos suaves).

Empezaremos por **seleccionar un compresor** dimensionado adecuadamente para la instalación. Para ello utilizaremos el **programa Coolselector**, del fabricante Danfoss, una multinacional de fabricación de equipos frigoríficos y de climatización.



[Danfoss](#). Equipos y accesorios necesarios para la refrigeración (Todos los derechos reservados)

Selección del compresor con programa Coolselector

<https://www.youtube.com/embed/3RNvtd3LqOs?amp;showinfo=0&rel=0>

Selección del compresor

Para poder practicar tú mismo el ejercicio resuelto anterior o realizar la selección de equipos en otro tipo de instalaciones, puedes descargar el software utilizado de selección Coolselector (c) del fabricante Danfoss, aunque también puedes hacerlo de otros fabricantes.

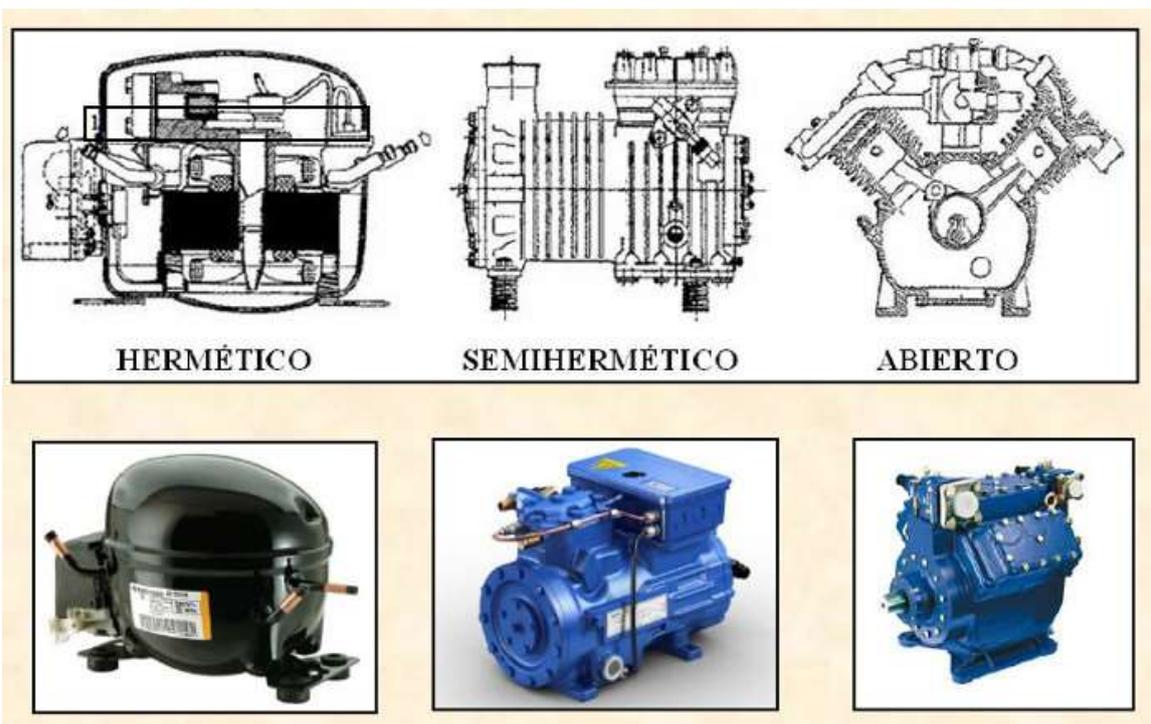


[Danfoss](#). Software Coolselector

El compresor es una bomba, aspirante e impulsora, que aspira vapores fríos que provienen del evaporador a una presión baja y descarga esos mismos vapores, comprimidos y recalentados, en el condensador. Hay diversos tipos de compresores y se pueden clasificar de diversas maneras atendiendo a diferentes características.

Por su construcción respecto al motor eléctrico pueden ser:

- ✓ Herméticos.
- ✓ Semiherméticos o herméticos accesibles.
- ✓ Abiertos.



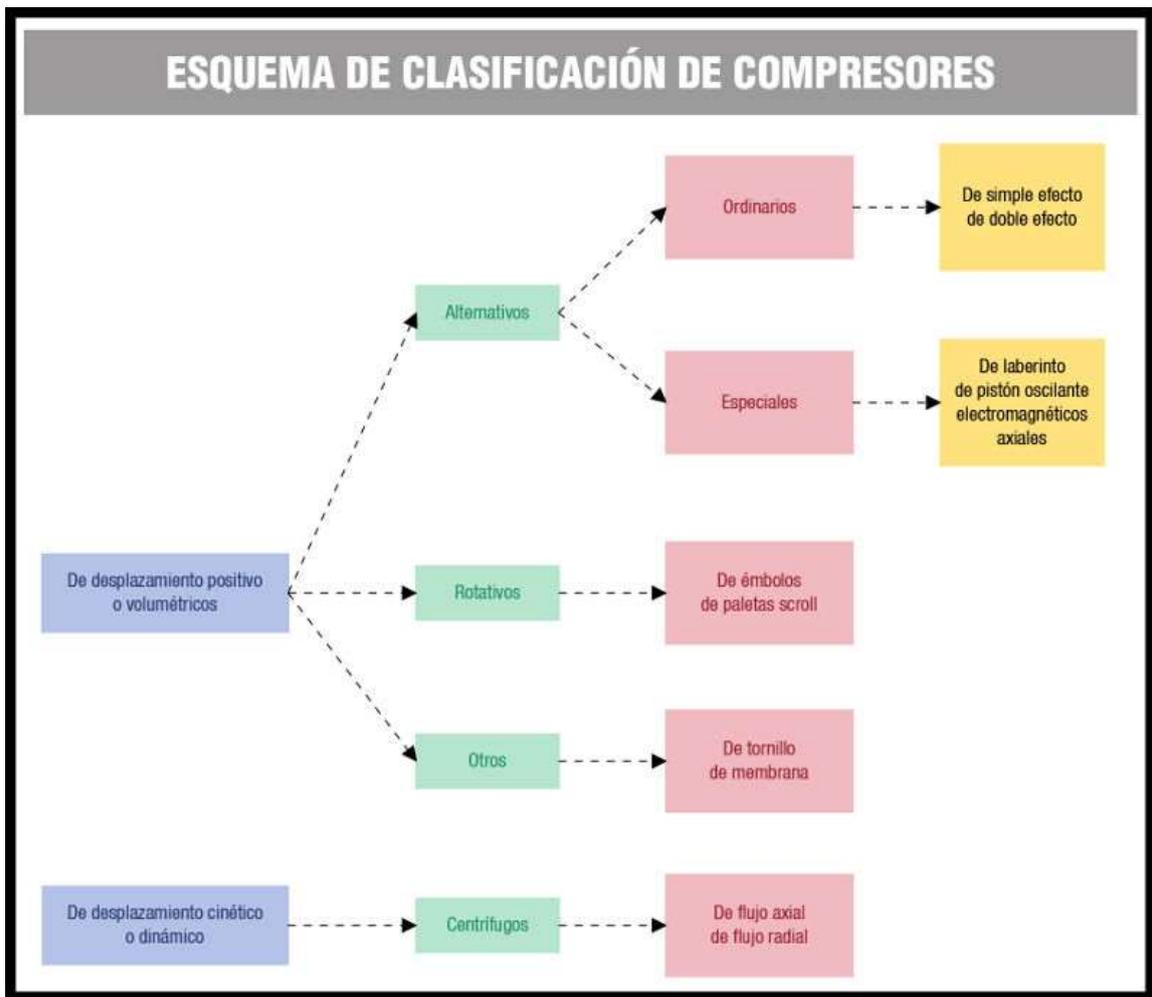
[Danfoss](#). Tipos de compresores (Todos los derechos reservados)

En los compresores herméticos y semiherméticos el motor eléctrico se encuentra en el mismo bloque que el compresor propiamente dicho, estando en contacto los gases del refrigerante con el bobinado del motor. La diferencia entre el hermético y el semihermético es que el hermético no es desmontable fácilmente, mientras que el semihermético si lo es. En el compresor abierto el motor es una pieza diferenciada del compresor propiamente dicho y son fácilmente desmontables.

Si nos atenemos a su modo de funcionamiento podemos clasificar los compresores en:

- ✓ Compresores volumétricos - Pistones, rotativos.
- ✓ Compresores de impulsión - Centrífugos.

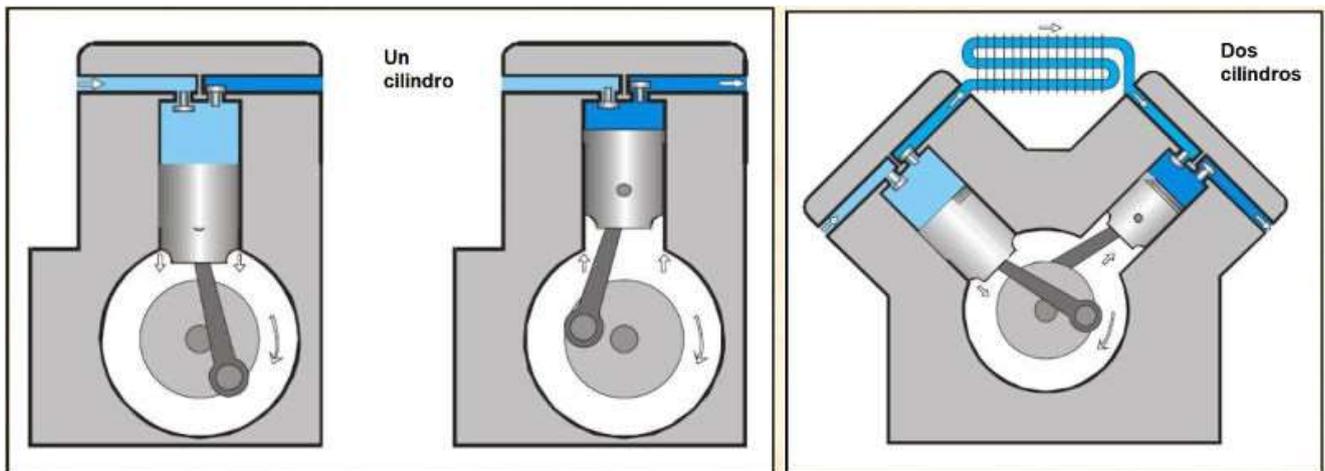
En el esquema puedes ver los diversos tipos de compresores que corresponden a estas dos categorías.



1.1.- Compresores alternativos.

Probablemente habrás visto alguna vez el compresor del frigorífico de casa. Es un compresor alternativo. Los **compresores alternativos son los más comunes**. Se basan en la transformación de un movimiento rotatorio en otro alternativo, a semejanza de lo que sucede en los motores de combustión interna de los vehículos. Sin embargo su funcionamiento es justo al contrario de estos, los gases son el agente sobre el que actúa el compresor.

El compresor, sea alternativo o de otro tipo, es la parte más cara de una máquina frigorífica y se compone de uno o varios cilindros, dentro de los cuales se desplaza, con movimiento alternativo (de aquí su nombre), un pistón. El volumen comprendido entre la cabeza del pistón y el cilindro varía en ese movimiento. Al disminuir el volumen aumenta la temperatura y la presión, de acuerdo a las leyes de los gases que viste en la primera unidad didáctica. El movimiento alternativo se produce mediante un sistema **biela-cigüeñal**, en el que el cigüeñal es accionado por un motor rotativo externo. Al bajar el pistón se crea una depresión en el interior del cilindro respecto la línea de aspiración, entonces se abre la válvula de aspiración y va entrando el gas refrigerante en la cámara. Al subir el pistón comprimimos el gas y abre la válvula de descarga al alcanzar cierta presión. No se abren las válvulas hasta que no se vencen las correspondientes presiones de alta y baja a las que se regula el compresor.



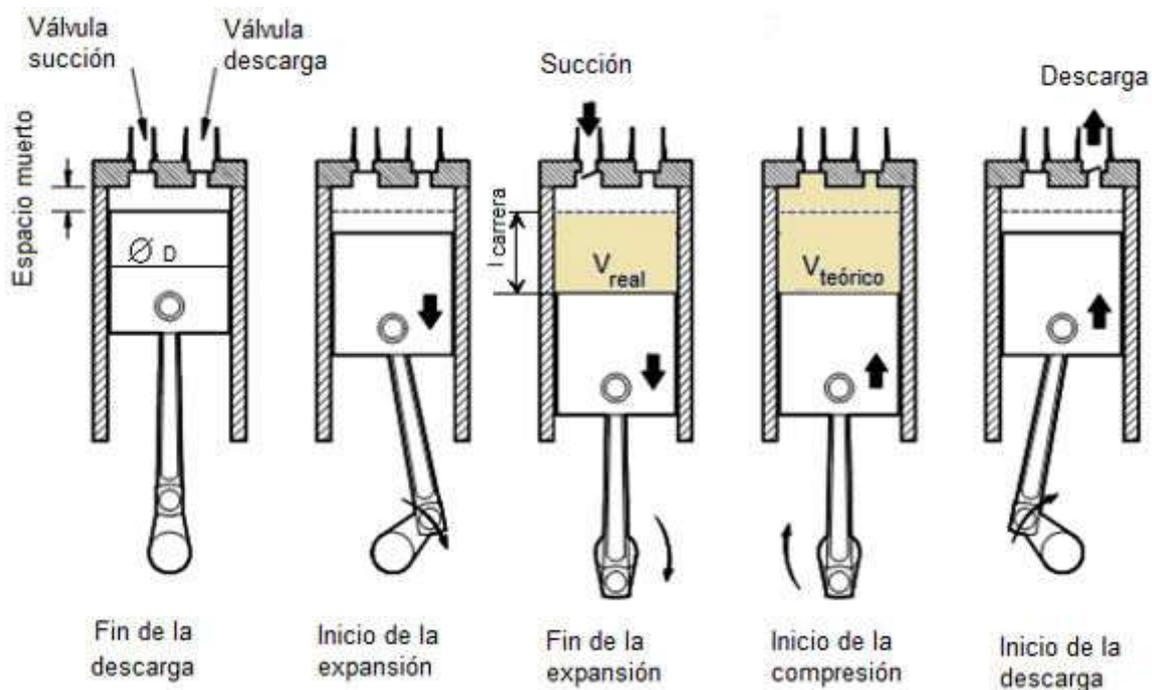
En la siguiente animación puedes ver un compresor abierto de gran potencia, donde el accionamiento se produce por un motor eléctrico mediante acoplamiento. En las imágenes podemos ver como los gases son comprimidos desde la tubería de aspiración a la de descarga. Observa como el motor eléctrico hace girar el eje y este movimiento giratorio se transforma en alternativo mediante un sistema de cigüeñal y bielas dispuestas en V, que a su vez mueven los pistones dentro de los cilindros. Los gases a baja temperatura inundan todo el compresor y son introducidos en la cámara del pistón a través de las **válvulas de admisión** cuando el pistón está en su carrera descendente. Cuando el pistón realiza su carrera ascendente se abren las **válvulas de descarga** y se impulsa el refrigerante a alta presión y temperatura. La **refrigeración se produce con aceite**, acumulado en un depósito inferior, denominado **cárter**, que es impulsado por una bomba movida por el eje del propio compresor.

<https://www.youtube.com/embed/nmn-litlkD4?start=0&end=136&showinfo=0&rel=0>

1.2.- Parámetros de un compresor alternativo.

Cilindrada y caudal desplazado

Es el volumen de gas que desplaza el pistón (o pistones si hay varios cilindros) en una revolución del eje. Suele expresarse en cm^3 , para lo que tanto D como l (longitud o carrera del recorrido del pistón) tendrán que estar expresados en cm en la expresión siguiente, en caso contrario, utilizaremos unidades del SI y el resultado final en m^3 lo pasaremos a cm^3 (multiplicando por 10^6):



La cilindrada será:

$$C = s \cdot l \cdot N = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot N$$

En donde:

C: volumen de todos los cilindros del compresor (cm^3)

s: área del pistón (cm^2)

l: longitud máxima de recorrido del pistón, llamada carrera (cm)

N: número de cilindros

D: diámetro del pistón (cm)

El caudal movido, tanto volumétrico como másico, dependerá de la velocidad a la que gire el motor del compresor. Hay que tener en cuenta que, o bien la densidad específica o el volumen específico (que es la inversa de la densidad) nos lo dan en el diagrama de Mollier.

$$q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot N \cdot n$$

En donde, poniendo unidades del SI, tendremos (pueden ponerse otras unidades, pero hay de deducir las unidades del resultado):

q: caudal volumétrico del compesor (m³/s)

n: revoluciones por segundo (rps)

El caudal másico será:

$$\dot{m} = q \cdot \rho = \frac{q}{\vartheta} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot N \cdot n \cdot \rho}{4 \cdot \vartheta}$$

En donde:

\dot{m} : caudal másico (kg/s)

ϑ : volumen específico (m³/kg)

Relación de compresión

La relación de compresión corresponde la **razón** geométrica resultante entre la **presión absoluta de descarga (p_d)** y la **presión absoluta de succión (p_s)** en el trabajo de compresión realizado por un compresor en un sistema frigorífico. Con cierta aproximación, se suele sustituir la presión de descarga por la presión de condensación del refrigerante, así como la presión de succión por la presión de evaporación del mismo. Al aumentar la relación de compresión disminuye el rendimiento volumétrico, por lo tanto, disminuye el rendimiento del compresor.

$$R_c = \frac{P_{descarga}}{P_{succión}}$$

Rendimiento volumétrico

Como has visto anteriormente el pistón no recorre todo la distancia del cilindro. El **rendimiento volumétrico ideal** η_v mide la efectividad del trabajo del pistón. Es la relación que existe entre el volumen real que aspira el compresor y el teórico. Hay un volumen, denominado **nocivo**, que siempre queda en la parte superior y que no puede aprovecharse.

Suele suponer entre el 3% y el 8% de la carrera del pistón, dependiendo del modelo y potencia del compresor.

$$\eta_v = \frac{V_{\text{real}}}{V_{\text{teórico}}}$$

Para compresores alternativos se suele considerar que el rendimiento volumétrico es igual a la relación siguiente:

$$\eta_v = 1 - 0,05 \cdot R_c$$

Potencia de un compresor

- ✓ **Potencia indicada (P_i).** La potencia teórica necesaria para el funcionamiento del compresor se llama potencia indicada.
- ✓ **Potencia efectiva (P_e).** Un compresor real está formado por un conjunto de mecanismos en movimiento entre los que existe fricción. Para vencer estas pérdidas hay que aplicar una potencia sobre el eje P_e , mayor que la indicada P_i .
- ✓ **Rendimiento mecánico (η_m).** A la relación entre ambas potencias se le denomina rendimiento mecánico. El rendimiento mecánico varía entre 0,7 para compresores de poca potencia hasta 0,9 para compresores de mucha potencia. Por defecto se puede considerar un valor de $\eta_m = 0,85$. El rendimiento mecánico no incluye el rendimiento del motor eléctrico que acciona el compresor es decir, el motor eléctrico que accione un compresor tendrá que desarrollar en su eje una potencia P_e y, por lo tanto, absorberá una potencia eléctrica mayor P_{ab} . La potencia que indica en la placa de características un motor eléctrico siempre es referida al eje del motor (potencia mecánica).

$$\eta_m = \frac{P_i}{P_e}$$

Potencia frigorífica

- ✓ **La Potencia frigorífica bruta (Φ_0)** es la potencia frigorífica que es capaz de desarrollar un compresor. Es función de las características geométricas del compresor y de la cilindrada o el volumen horario desplazado. Pero depende igualmente de las características físicas del fluido frigorígeno utilizado, de las temperaturas y presiones de aspiración y condensación. Se expresa en vatios W. Este valor es muy cercano a la potencia frigorífica neta de la máquina y que debe ser igual o superior a la carga térmica calculada: $\Phi_0 \approx \dot{Q}$

Coeficiente de eficiencia energética

El **Coeficiente de eficiencia energética (EER)** (A veces llamado COP frigorífico o rendimiento frigorífico) es la relación entre la potencia frigorífica de la máquina $\Phi_0 \approx \dot{Q}$ y la potencia eléctrica consumida (P_{ab}), que en un 90% corresponde al compresor (los circuitos de control y ventiladores también absorben electricidad). Es decir:

$$EER = \frac{\dot{Q}}{P_{ab}} \leq \frac{\Phi}{P_e} \text{ (a veces se da este valor)}$$

El **Coeficiente de eficiencia energética estacional (SEER)**. Es la relación, a lo largo de un periodo (el EER era instantáneo en unas condiciones dadas), entre el calor extraído del sistema de refrigeración (Q) y la energía eléctrica consumida (W). Eso significa tener en cuenta el "consumo fantasma" cuando la máquina está parada porque el termostato ha actuado y hacer funcionar a la máquina a diferentes condiciones climáticas y potencias frigoríficas.

$$SEER = \frac{Q}{W}$$

Ejercicios resueltos

1.- Tenemos un compresor que tiene un rendimiento volumétrico de 0,85. Si el caudal teórico que puede desplazar es de 30 m³/h calcula cuál es el caudal real.

Mostrar retroalimentación

En la fórmula tenemos volúmenes, pero es exactamente igual plantearlo con caudales. El caudal real es el resultado de multiplicar el caudal teórico por el rendimiento. En este caso $V_r = 30 \times 0,85 = 25,5$ m³/h

2.- Un compresor de 5 CV tiene una presión de admisión manométrica de 2 bar y la presión manométrica de salida es de 8 bar. Averigua la relación de compresión y su rendimiento volumétrico.

Mostrar retroalimentación

La relación de compresión se calcula dividiendo ambas presiones, pero son en valor absoluto. Por ello, les sumaremos la presión atmosférica a cada uno de los dos valores. Por otro lado, el valor de 5 CV nos indica que es un compresor relativamente pequeño y que puede utilizarse la fórmula aproximada indicada. Es decir:

$$R_c = \frac{P_{\text{descarga}}}{P_{\text{succión}}} = \frac{8 + 1,01}{2 + 1,01} = 2,99$$

$$\eta_v = 1 - 0,05 \cdot R_c = 1 - 0,05 \cdot 2,99 = 85,05 \%$$

3.- Una máquina frigorífica, que tiene un SEER de 2,5, ha consumido una energía eléctrica total de 1 800 kWh ¿qué cantidad de calor ha extraído de la cámara en kcal en ese periodo?

Mostrar retroalimentación

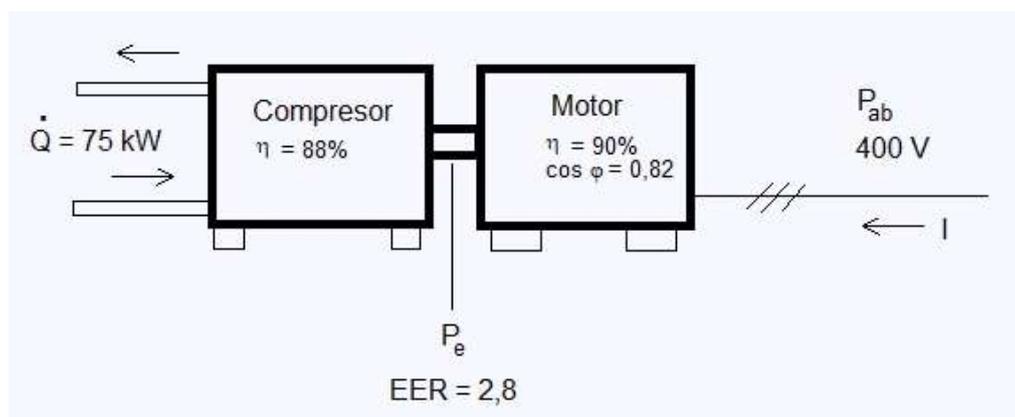
Sustituyendo valores, tenemos:

$$\text{SEER} = 2,5 = \frac{Q}{1\,800} \rightarrow Q = 4\,500 \text{ kWh} = 3,87 \cdot 10^6 \text{ kcal}$$

4.- Un compresor que tiene un rendimiento mecánico del 88% está conectado a un motor eléctrico con un rendimiento del 90% y un factor de potencia de 0,82. En la máquina aparece el dato de un valor del EER, a su potencia nominal, de 2,8. Sabiendo que la potencia frigorífica de la máquina es de 75 kW ¿cuál será, aproximadamente, la corriente absorbida de una red trifásica de 400 V y la potencia indicada?

Mostrar retroalimentación

En primer lugar, representamos un esquema del problema:



Ahora, tenemos que operar, sabiendo que la potencia absorbida por una máquina eléctrica trifásica se calcula mediante la fórmula:

$$P_{ab} = \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot I$$

Sustituyendo valores en las diferentes fórmulas, tenemos:

$$EER = \frac{\dot{Q}}{P_{ab}} \rightarrow 2,8 = \frac{75}{P_{ab}} \rightarrow P_{ab} = 26,786 \text{ kW}$$

$$P_{ab} = \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot I \rightarrow 26\,786 = \sqrt{3} \cdot 0,82 \cdot 400 \cdot I \rightarrow I = 47 \text{ A}$$

La potencia en el eje del motor coincidirá con la potencia en el eje del compresor, por lo tanto:

$$\eta_{mo} = \frac{P_e}{P_{ab}} \rightarrow 0,9 = \frac{P_e}{26,786} \rightarrow P_e = 24,11 \text{ kW}$$

$$\eta_{mc} = \frac{P_i}{P_e} \rightarrow P_i = P_e \cdot \eta_{mc} = 24,11 \cdot 0,88 = 21,22 \text{ kW}$$

Autoevaluación

Si en la fórmula de la cilindrada ponemos en mm la medida del diámetro y longitud del pistón, el resultado de la fórmula para que salga en cm^3 habrá que multiplicarlo por:

- 10^{-3} .
- 10^{-2} .
- 10^3 .

Es correcto.

Estás en un error, ten en cuenta que las unidades de volumen van de mil en mil.

No es correcto. Es justo al contrario, cm^3 es mayor que mm^3 .

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

1.3.- Otros compresores.

Además de los compresores alternativos, que suponen el 90% de los compresores utilizados en máquinas frigoríficas, existen otros tipos de compresores que se emplean en situaciones singulares: grandes potencias, necesidad de menor ruido, grandes presiones, etc.

[Compresor scroll](#)

[Compresores de tornillo](#)

[Compresores centrífugos](#)

[Otros compresores rotativos](#)

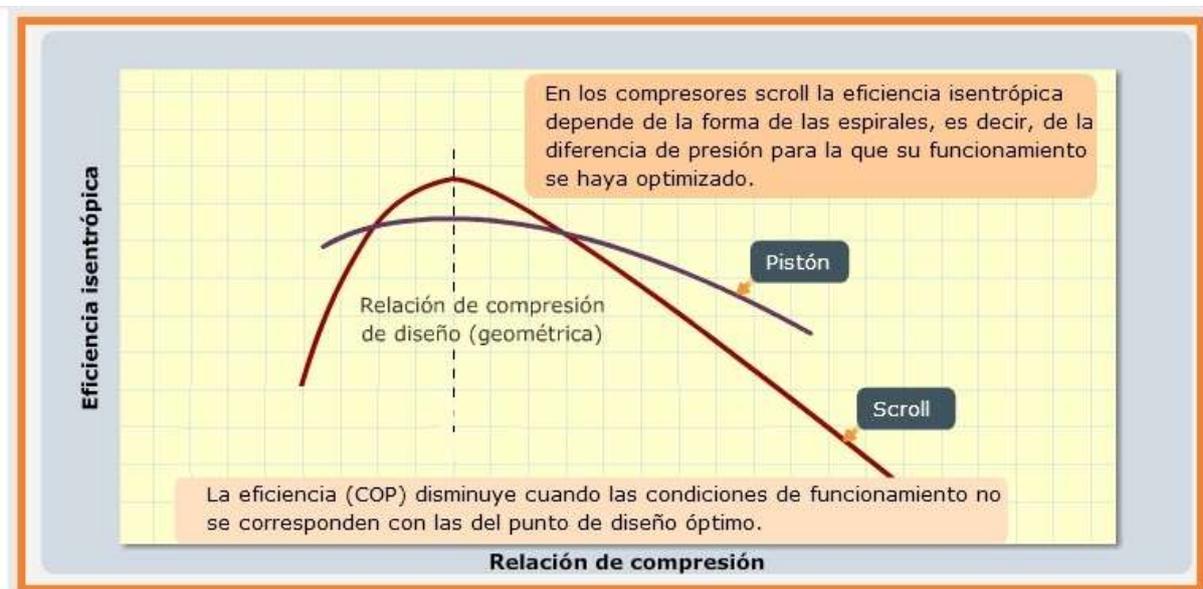
Compresor scroll

En las imágenes puedes observar como el fluido refrigerante entra en el **sistema de espirales** por la periferia de las mismas. Ese volumen de refrigerante es desplazado y comprimido, debido al giro de la excéntrica hacia el centro del sistema. En ese traslado el volumen de la cámara va disminuyendo, lo que provoca el aumento de la presión y el calentamiento del gas refrigerante. Por último al llegar al centro de las espirales se encuentra con el orificio de descarga y sale del compresor.

<https://www.youtube.com/embed/yNgqI4XPUZc?amp;showinfo=0&rel=0>

Compresor Scroll

Este tipo de compresores presentan **ventajas frente a los alternativos**. Al tener un número de piezas móviles muy pequeño sufren **menos averías**. La inexistencia de juntas y segmentos en los compresores scroll, hace que las **pérdidas mecánicas por rozamiento** en este tipo de compresores sean **menores**. Tampoco existe el espacio muerto en la cabeza del pistón por lo que el **rendimiento volumétrico mejora**. Por último son **muy silenciosos** y prácticamente no tienen vibraciones. Como **desventajas** presentan un **mantenimiento más complejo** en caso de avería y un tamaño mínimo mayor que los alternativos. Son **más caros** que los alternativos. Como todos los compresores, hay que hacerlo trabajar en el punto de mayor rendimiento y, en estas condiciones, tienen rendimientos superiores (EER) a los compresores alternativos.



Compresores de tornillo

Estos compresores son para **grandes potencias y presiones**, aunque actualmente se pueden encontrar compresores de tan sólo 2 kW. Es un compresor helicoidal de dos rotores, más conocido por compresor de tornillo. Es una máquina rotativa en la que la compresión del vapor se efectúa mediante dos rotores. El motor actúa sobre uno de ellos, el conductor y el otro, el conducido, gira por acción del primero.

<https://www.youtube.com/embed/iDAKfAib4bY?start=9&end=40&showinfo=0&rel=0>

Compresor de tornillo

El compresor de tornillo presenta una serie de ventajas frente al compresor alternativo. Por un lado su **vida útil es mayor dado que no tiene tantas piezas móviles**. Esto también redundará en un menor mantenimiento. **No son tan sensibles a los golpes de líquido** por lo que el sobrecalentamiento puede disminuirse, lo que supone un ahorro de energía. Al no tener pistones **no existe el espacio muerto** en los cilindros y el **rendimiento volumétrico es mayor**. Este tipo de compresor es el que mejor se puede regular (de forma lineal desde el 10% hasta el 100%), esta regulación se lleva a cabo con un pistón de capacidad que abre o cierra el espacio entre los dos tornillos. Como inconvenientes tienen que **son más costosos y ruidosos** que los alternativos. También, al ser las tolerancias muy reducidas la gestión del aceite es más crítica.

https://www.youtube.com/embed/_U1-nJgBRiY?amp;showinfo=0&rel=0

Compresor de tornillo

Compresores centrífugos

Si te fijas en la clasificación que hemos hecho al principio de la unidad, los compresores centrífugos son un tipo completamente diferente de compresores. En éstos, **la compresión se realiza mediante la fuerza tangencial** engendrada por un rodete que gira dentro de una carcasa y actúa sobre las moléculas de fluido. Este tipo de compresores están íntimamente relacionados con las bombas y los ventiladores. Vamos a ver dos tipos:

Compresores centrífugos de flujo radial. Estos aparatos centrífugos se crearon para obtener grandes capacidades de enfriamiento, y constan principalmente de un compresor centrífugo, impulsado por un motor eléctrico. El compresor centrífugo se fundamenta esencialmente en uno o varios rodetes montados sobre un eje y encerrados en una cubierta de hierro fundido. El número de rodetes que se puede ensamblar depende principalmente de la magnitud de la presión que queremos desarrollar. Los compresores centrífugos son turbomáquinas o máquinas generadoras de flujo continuo. Las velocidades rotatorias comunes varían entre 3 000 y 8 000 rpm, pudiendo llegar a velocidades más altas.

El funcionamiento es muy **similar a los ventiladores centrífugos radiales**. En la siguiente animación podemos ver un compresor centrífugo radial en una aplicación diferente de la máquina frigorífica:

<https://www.youtube.com/embed/s-bbAoxZmBg?start=1&end=148&showinfo=0&rel=0>

Compresores centrífugos

Compresores centrífugos de flujo axial. Los compresores de flujo axial son compresores rotativos dinámicos que utilizan conjuntos de planos aerodinámicos en forma de abanico para comprimir progresivamente el fluido de trabajo. El conjunto de los planos aerodinámicos se disponen en filas, por lo general en parejas: una es rotativa y la otra fija. Los planos de rotación, llamados rotores, aceleran el fluido. Los planos fijos, llamados estatores, desaceleran y redirigen la dirección del flujo del fluido preparándolo para las palas del rotor de la etapa siguiente.

Los compresores axiales son casi siempre de múltiples etapas. El área de la sección transversal del paso de gas disminuye a lo largo del compresor para mantener una velocidad adecuada. Los compresores de más de 5 etapas o con una relación de presión 4:1, son generalmente de geometría variable.

Los compresores axiales alcanzan altos rendimientos, alrededor del 90%. Sin embargo, son relativamente caros, ya que tienen un gran número de componentes, las tolerancias son muy ajustadas y materiales son de alta calidad. Se utilizan para grandes caudales. Observa la animación del funcionamiento de un compresor mixto axial-radial, en el que hay un sistema de enfriamiento del gas entre las dos etapas

de compresión (axial en primer lugar y radial en segunda etapa). Al bajar la temperatura del gas, el rendimiento aumenta.

<https://www.youtube.com/embed/II27VvHu-s0?start=45&end=174&showinfo=0&rel=0>

Compresores centrifugos axiales

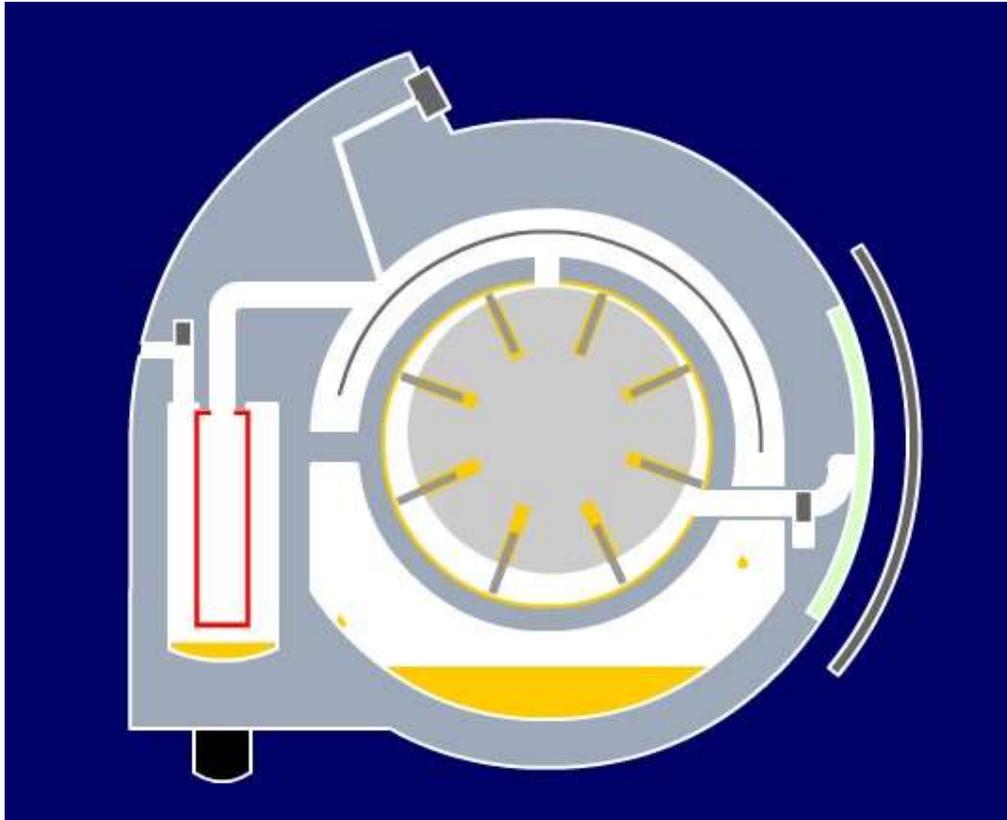
Otros compresores rotativos

Dentro de los compresores rotativos existen otras variedades que vamos a ver a continuación.

Compresor de paletas. En este compresor el eje motor hace girar el rotor de forma excéntrica respecto del estátor. Del rotor salen unas paletas que llegan hasta el estator impulsadas por un muelle. Observa la animación siguiente. Se trata de un compresor de 8 paletas. Hay otros modelos que tienen 1, 2, 4, 8 o 10. El fluido accede al compresor desde la derecha de la animación llenando una cámara que se crea entre dos paletas y la carcasa del compresor. El giro de eje hace que el volumen de la celda vaya disminuyendo hasta la descarga del refrigerante que se hace por la derecha. Como puedes ver dentro del compresor hay una gran aportación de aceite para reducir el rozamiento. En la descarga el gas refrigerante que lleva aceite en suspensión pasa por un filtro de aceite, que recoge el sobrante de aceite y lo retorna al cárter. El proceso es continuo. El **problema de estos compresores es la estanqueidad y el rozamiento** con las paredes, lo que lo hace útil únicamente para **bajas presiones**. El rozamiento de las paredes se evita con un sistema de lubricación como el que se ve en la imagen;

<https://www.youtube.com/embed/b93GSe-xggI?start=3&end=56&showinfo=0&rel=0>

Compresor de paletas



Representación esquemática del compresor de paletas

Compresor lobular o Roots. Como puedes ver en la siguiente animación, el compresor lobular lleva dos ejes que transmiten el movimiento a dos rotores en forma de ocho. Estos rotores están en todo momento en contacto entre ellos y con las paredes del estator separando la aspiración de la descarga. La geometría hace que el volumen se reduzca progresivamente, lo que implica un aumento de la presión y temperatura del refrigerante. La transición del refrigerante no es tan continua como en los casos anteriores sino que tienen unas pulsaciones más acentuadas. Este tipo de compresor se emplea para **pequeñas compresiones.**

https://www.youtube.com/embed/_fwWrFLiyY?start=5&end=22&showinfo=0&rel=0

Compresor de dos lóbulos

Autoevaluación

¿Cuál de estos tres tipos de compresores es el más silencioso, el alternativo, el de tornillo o el scroll?

- Alternativo.
- Tornillo.
- Scroll.

No es correcto, puede llegar a ser muy ruidoso.

Estás en un error, es bastante ruidoso.

Es correcto.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta

1.4.- Selección del compresor.

Debes conocer

Para seleccionar el compresor adecuado para una instalación, vas a tener que utilizar las tablas suministradas por los fabricantes. Además, cada vez más frecuentemente, los fabricantes también elaboran programas informáticos de cálculo para la selección de sus componentes., tal como hemos visto al inicio de la unidad. No obstante, **es importante saber interpretar las tablas, los factores de corrección y las características técnicas** de los diferentes elementos.

Tanto la capacidad refrigerante como las necesidades de potencia de un compresor varían con las presiones del fluido refrigerante a la entrada y a la salida del compresor. Las tablas suministradas por los fabricantes muestran capacidades refrigerantes y necesidades de potencia para distintas temperaturas de evaporación y distintas temperaturas de condensación. Estas tablas también indican el recalentamiento y el subenfriamiento establecido en los ensayos realizados para confeccionarlas.

Debes tener en cuenta que, en pocas ocasiones, es posible seleccionar un compresor que tenga exactamente la capacidad requerida por las condiciones de diseño. Por ello, normalmente, lo que se tiende es a seleccionar un compresor de capacidad igual o algo mayor a la requerida por las condiciones de diseño más desfavorables. Normalmente **se desprecia el efecto del subenfriamiento** en la selección del compresor, ya que juega a nuestro favor. No obstante, si hay un dispositivo de subenfriamiento concreto (un segundo condensador de subenfriamiento, por ejemplo), hay que tenerlo en cuenta.

Para poder seleccionar un compresor para una aplicación concreta deberás partir de los datos obtenidos de la carga térmica y del balance energético obtenido por medio de la representación del ciclo de refrigeración sobre el diagrama de Mollier, donde fijaremos las condiciones de funcionamiento de la máquina partiendo de su configuración y de las condiciones ambientales y de la cámara. El ejercicio resuelto muestra como se selecciona el compresor adecuado utilizando la tabla de selección de un fabricante. La selección mediante programa ya la hemos realizado al inicio de la unidad.

Ejercicio resuelto

Se desea seleccionar el compresor de una instalación frigorífica para la refrigeración de leche en un tanque de almacenamiento. Deseamos utilizar el R-407F como refrigerante y tenemos una carga térmica frigorífica de 10,1 kW. La temperatura ambiente es de 32 °C y deseamos

un salto térmico de 8 °C. La temperatura del tanque de leche que hay que refrigerar es de 4 °C y la del evaporador será 10 °C menos. Selecciona un compresor apropiado de los de la tabla adjunta, averigua su SEER y determina la corriente que absorberá a su potencia de funcionamiento en la instalación

Hoja características compresor

Mostrar retroalimentación

Vemos que las características están planteadas con un sobrecalentamiento (10K) y sin subenfriamiento, lo cual coincide con nuestro planteamiento. La temperatura ambiente de 32 °C la tenemos en una de las filas, pero los -6°C no los tenemos en las columnas, disponemos de -5°C y -10°C, por lo tanto interpolaremos entre los valores de la tabla más aproximados a los 10,1 kW frigoríficos que necesitamos:

$$\dot{Q} = 12,39 - \frac{12,39 - 10,20}{5} \cdot (6 - 5) = \mathbf{11,95 \text{ kW}}$$

El valor del SEER, en la tabla lo denominan SEPR, es **3,07**

Y la potencia aproximada que absorberá el compresor, que será menor que su potencia nominal, ya que el compresor nos da 11,95 kW de potencia frigorífica y nosotros sólo utilizaremos 10,1 kW. Por ello, haremos una proporción y luego, como es trifásico, calcularemos la corriente absorbida. Consideraremos un factor de potencia de 0,8 (valor usual en estas potencias, sin corrección de factor de potencia).

$$P_{ab} = 5,57 \cdot \frac{10,1}{11,95} = 4,71 \text{ kW}$$

$$4\,710 = \sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 400 \cdot I \rightarrow \mathbf{I = 8,5 \text{ A}}$$

Catálogo Optyma™ Plus - Datos de rendimiento R407F MBP

Modelo	Código	Versión	Compresor	Código electrónico (1)	Tamb [°C]	Capacidad de enfriamiento Q [kW] (2)							Diseño ecológico (3)				Nivel de potencia acústica dB(A)	Nivel de presión acústica 10 m dB(A)
						Te [°C]							Q [kW]	P [kW]	COP	SEPR		
						-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C						
OP-MPXM034ML	114X4264	P00	MLZ015T4	E	27	2.44	3.04	3.75	4.56	5.48	6.51	7.67	3.52	1.64	2.14	68	37	
					32	2.25	2.82	3.48	4.25	5.13	6.11	7.21						
					38	2.54	3.15	3.86	4.68	5.61	6.64							
OP-MPXM034ML	114X4261	P00	MLZ015T5	G	27	2.50	3.12	3.83	4.66	5.60	6.66	7.83	3.60	1.68	2.14	68	37	
					32	2.30	2.88	3.56	4.35	5.24	6.24	7.36						
					38	2.59	3.22	3.95	4.78	5.72	6.77							
OP-MPXM046ML	114X4284	P00	MLZ021T4	E	27	3.19	3.99	4.91	5.95	7.10	8.38	9.78	4.62	2.39	1.94	68	37	
					32	2.94	3.70	4.57	5.56	6.65	7.86	9.18						
					38	3.34	4.15	5.06	6.08	7.21	8.44							
OP-MPXM046ML	114X4281	P00	MLZ021T5	G	27	3.24	4.06	5.00	6.05	7.22	8.52	9.93	4.70	2.44	1.93	68	37	
					32	2.99	3.77	4.65	5.65	6.76	7.98	9.32						
					38	3.40	4.22	5.14	6.18	7.32	8.56							
OP-MPXM057ML	114X4293	P00	MLZ026T4	E	27	3.78	4.72	5.79	6.98	8.30	9.74	11.30	5.45	2.99	1.82	2.98	68	37
					32	3.48	4.37	5.38	6.50	7.74	9.10	10.57						
					38	3.92	4.85	5.89	7.04	8.29	9.65							
OP-MPXM057ML	114X4290	P00	MLZ026T5	G	27	3.90	4.87	5.96	7.18	8.53	10.00	11.58	5.60	3.10	1.81	2.98	68	37
					32	3.58	4.50	5.53	6.68	7.95	9.33	10.82						
					38	4.04	4.99	6.05	7.22	8.50	9.87							
OP-MPXM068ML	114X4308	P00	MLZ030T5	G	27	5.01	6.17	7.53	9.10	10.88	12.87	15.07	7.13	3.36	2.12	3.41	69	38
					32	4.71	5.79	7.06	8.53	10.20	12.09	14.18						
					38	5.34	6.50	7.84	9.39	11.14	13.09							
OP-MPXM068ML	114X4311	P00	MLZ030T4	E	27	5.05	6.22	7.59	9.17	10.96	12.96	15.18	7.19	3.22	2.23	3.58	69	38
					32	4.75	5.84	7.12	8.60	10.28	12.18	14.29						
					38	5.39	6.55	7.91	9.47	11.23	13.19							
OP-MPXM080ML	114X4321	P00	MLZ038T5	G	27	5.70	7.00	8.51	10.25	12.21	14.39	16.80	8.06	4.13	1.95	3.16	69	38
					32	5.36	6.56	7.97	9.59	11.43	13.49	15.77						
					38	6.05	7.32	8.80	10.50	12.40	14.51							
OP-MPXM080ML	114X4324	P00	MLZ038T4	E	27	5.71	7.02	8.53	10.28	12.25	14.44	16.85	8.08	3.94	2.05	3.32	69	38
					32	5.37	6.58	7.99	9.62	11.47	13.54	15.82						
					38	6.07	7.35	8.84	10.54	12.45	14.576							
OP-MPXM108ML	114X4344	P00	MLZ048T4	E	27	7.19	9.01	11.07	13.38	15.96	18.79	21.88	10.32	5.57	1.85	3.07	75	44
					32	6.52	8.24	10.20	12.39	14.83	17.52	20.45						
					38	7.29	9.11	11.15	13.43	15.94	18.69							
OP-MPXM125ML	114X4414	P00	MLZ058T4	E	27	8.71	10.84	13.251	15.95	18.94	22.21	25.77	12.46	6.42	1.94	3.13	77	46
					32	8.02	10.04	12.31	14.85	17.67	20.75	24.10						
					38	9.04	11.14	13.49	16.09	18.94	22.04							
OP-MPXM162ML	114X4434	P00	MLZ076T4	E	27	10.81	13.62	16.79	20.34	24.28	28.58	33.23	15.65	8.41	1.86	3.05	77	46
					32	9.80	12.46	15.47	18.83	22.55	26.62	31.02						
					38	11.01	13.80	16.93	20.38	24.17	28.27							
					43			12.35	15.26	18.50	22.04	25.88						

MBP

(1) G - Compresor 230V/1~/50Hz, ventilador 230V/1~/50Hz

(1) E - Compresor 400V/3~/50Hz, ventilador 230V/1~/50Hz

(2) Condiciones nominales (EN13215), Temperaturas de evaporación en el punto de rocío, Sobrecalentamiento 10K, Subcooling OK

(3) Condiciones estipuladas (EN13215), Temperaturas de evaporación (punto de rocío) -10°C, Temperatura ambiente del aire +32°C, Temperatura de retorno del gas 20°C, Subenfriamiento OK

SEPR, Índice de rendimiento de energía estacional

Q [kW], Capacidad de enfriamiento
P [kW], Entrada de energía



Para actualizaciones periódicas y capacidades detalladas, consulte el software **Coolselector®2**



2.- El condensador.

Caso práctico: ¿cómo seleccionamos un condensador térmico?

Vamos a resolver la elección de una unidad de condensación para el tanque de refrigeración de la leche del caso práctico inicial de esta unidad. El cálculo de la carga térmica hemos supuesto que es de 10,1 kW. El resto de parámetros de cálculo los iremos introduciendo en la **aplicación Coolselector**, del fabricante Danfoss, que nos ayudará en la **selección de este equipo frigorífico**. Otros fabricantes tienen aplicaciones similares para la selección de los componentes que fabrican. Por ejemplo [INTARCON Calcooling](#) ofrece una herramienta similar.

Selección de una unidad condensadora

<https://www.youtube.com/embed/MFNhxeMFDok?amp;showinfo=0&rel=0>

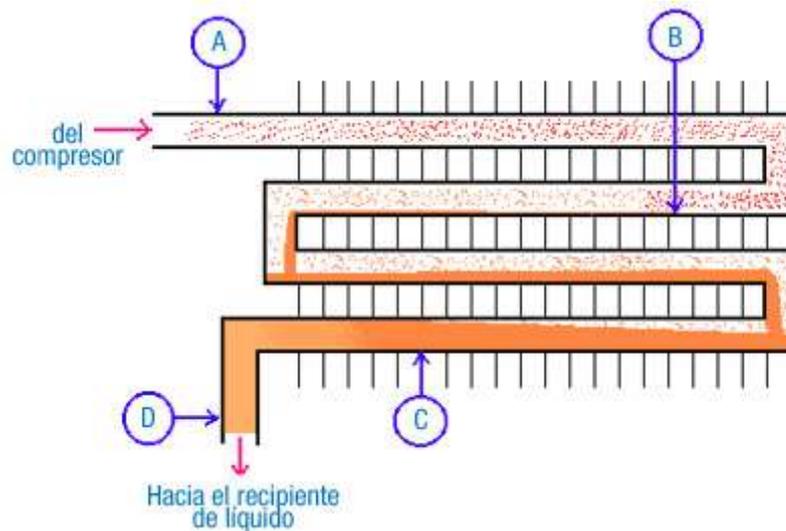
Selección condensador

Vas a estudiar ahora, en mayor profundidad, el segundo elemento del sistema frigorífico si seguimos el orden que sigue el refrigerante al salir del compresor: **el condensador**. Como hemos visto, este elemento es el encargado de evacuar el calor que se ha extraído de una cámara o entorno frigorífico. A la extracción de este calor hay que sumar el calor del compresor.

El condensador, como se vio claramente en el diagrama del ciclo frigorífico, realiza tres procesos:

- ✓ Enfría los vapores recalentados que salen del compresor.
- ✓ Condensa los vapores enfriados.
- ✓ Subenfria el líquido condensado.

Observa la imagen. En el punto A el refrigerante entra en el condensador a una temperatura alta, por encima de la de condensación. Desde el punto A hasta el punto B la temperatura desciende hasta llegar a la de condensación. A partir de B se produce la condensación, que como ya sabes, se realiza a temperatura constante. Esta condensación se termina en el punto C. A partir de ese punto comienza el subenfriamiento del líquido hasta su salida del condensador en D.



Proceso de condensación del refrigerante

El condensador es un cambiador de calor dispuesto para pasar a estado líquido el refrigerante gaseoso mediante la cesión de calor a un medio externo al circuito frigorífico. El condensador tiene la función de poner en contacto los gases que provienen del compresor con un medio a menor temperatura para condensarlo. Una parte del condensador tiene la función de quitar el calor sensible (1/6 parte). Cuando llegamos a la temperatura de condensación ya no podemos enfriar más y empezamos a condensar, eliminando el calor latente (4/6 partes). Finalmente, el condensador realiza el subenfriamiento del refrigerante. Un buen subenfriamiento es de 6 a 8°C por debajo de la temperatura de condensación (1/6 parte). A veces se emplean condensadores subenfriadores.

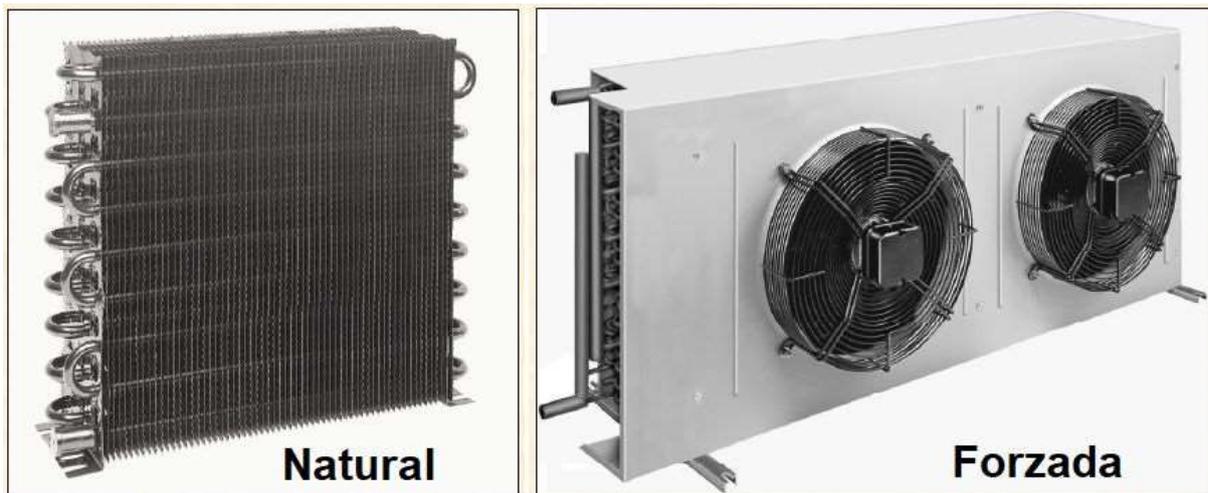
El **condensador suele ser un 30% más grande que el evaporador**, ya que tiene que evacuar mayor calor que el calor puesto en juego en el evaporador. No hay que olvidar que el gas que sale del compresor lleva una carga térmica tomada en el evaporador más el calor añadido de la compresión. Para poder condensar es conveniente que haya, **como mínimo, 8°C de salto térmico (Δt) entre la temperatura de condensación y el medio condensable (medio ambiente o fluido de enfriamiento)**. Saltos térmicos mayores, de hasta $\Delta t = 15\text{ °C}$, suelen ser habituales al calcular este componente. De todos modos, no es lo mismo un sistema de condensación con ventilación forzada que otro con ventilación natural. La temperatura ambiente exterior adoptada puede ser la correspondiente al percentil 1 de las estadísticas de la zona (sólo un 1% de los días del año han sido más calurosos).

2.1.- Condensadores de calor sensible.

Condensadores por aire.

Son los más habituales, especialmente para bajas potencias frigoríficas. **El aire tiene un calor específico cuatro veces menor que el agua por los caudales de aire que hay que mover para producir la condensación son mucho mayores.** Además, si se trata de una unidad exterior, la variación de temperatura es muy grande en comparación con la variación del agua. Pero, por otro lado, la escasez cada vez mayor de agua y el precio han hecho que proliferen las máquinas frigoríficas que utilizan el aire en la condensación. Incluso algunas centrales eléctricas térmicas utilizan aerocondensadores.

Existen dos tipos de condensadores por aire, los de circulación natural y los de circulación forzada. Casi todo el mundo ha visto un condensador por circulación natural en la parte trasera del frigorífico de casa. Efectivamente su campo de aplicación es para pequeñas potencias, como las de este tipo de frigoríficos. Para potencias mayores se utilizan condensadores de circulación forzada, en los cuales el aire se hace circular de manera forzada mediante ventiladores. La gama de potencias resulta muy amplia, desde pocos kilovatios hasta más de mil kilovatios. La velocidad del aire es del orden de 2 a 6 m/s aproximadamente.



Condensadores por agua.

Un método para condensar el refrigerante es hacerlo mediante agua. Desde el punto de vista termodinámico tiene **grandes ventajas** sobre el aire:

- ✓ Su calor específico es mucho más elevado, lo que hace que los **caudales a circular sean muy inferiores a los requeridos con aire.**
- ✓ El coeficiente de **transferencia térmica** refrigerante/agua es también muchísimo más elevado que el de refrigerante/aire, lo que hace que la superficie de transmisión sea también muy inferior al de un condensador de aire.
- ✓ La **temperatura del agua en verano es muy inferior a la del aire**, la variación diaria de su temperatura es inapreciable además de ser muy estable a lo largo del año.

Todas estas cualidades hacen del agua el medio ideal para refrigerar los condensadores, pero tiene el inconveniente de ser un bien escaso y cada vez más caro. Por ello las disposiciones legales prohíben utilizar el agua de red para este fin, salvo que se disponga de medios de recuperación. Tampoco está permitido, salvo que se conceda permiso, el uso de ríos o arroyos, dado que el aumento de temperatura que se produciría al verter a los mismos el agua proveniente de procesos de condensación produce "**contaminación térmica**", que influye sobre la flora y fauna de los cauces. Por ejemplo, las centrales

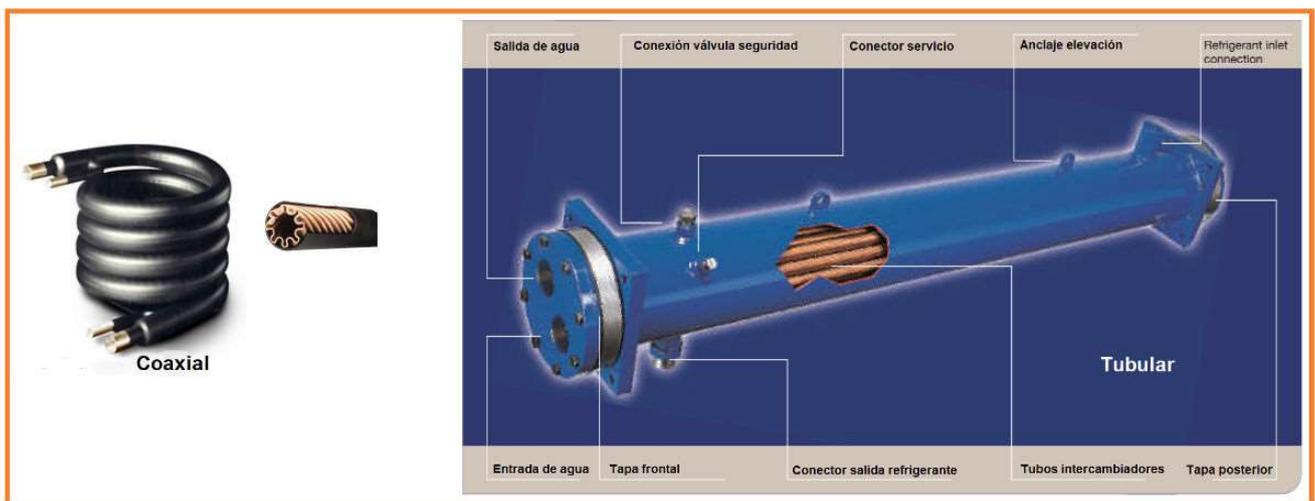
eléctricas tienen unas exigencias en los vertidos de aguas utilizadas en los condensadores para que no superen un gradiente térmico de unos pocos grados.

Normalmente deberá recurrirse al uso de **torres de enfriamiento**, combinadas con condensadores refrigerados por agua, que pueden ser de los siguientes tipos:

- ✔ Condensadores de **doble tubo a contracorriente**.
- ✔ Condensadores **multitubulares horizontales**.

El tubo coaxial, o doble tubo, consiste en dos tubos de distinto diámetro colocados concéntricos; el refrigerante circula por el espacio que definen los dos tubos, y el agua por el conducto interior en sentido contrario. Pueden conseguirse valores globales de coeficiente de transmisión de calor relativamente altos.

Una manera perfeccionada, basada en el mismo principio, es la utilización de varios tubos colocados vertical u horizontalmente. Para aumentar superficie de intercambio los tubos no son lisos sino aleteados. Puedes ver los dos tipos en las siguientes imágenes:



[Alfa Laval](#). Condensador por agua (Todos los derechos reservados)

Autoevaluación

¿En un condensador coaxial los fluidos van?

- A contracorriente.
- En paralelo.

Es correcto.

No es correcto, es más eficiente si van a contracorriente.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

2.2.- Condensadores de calor latente.

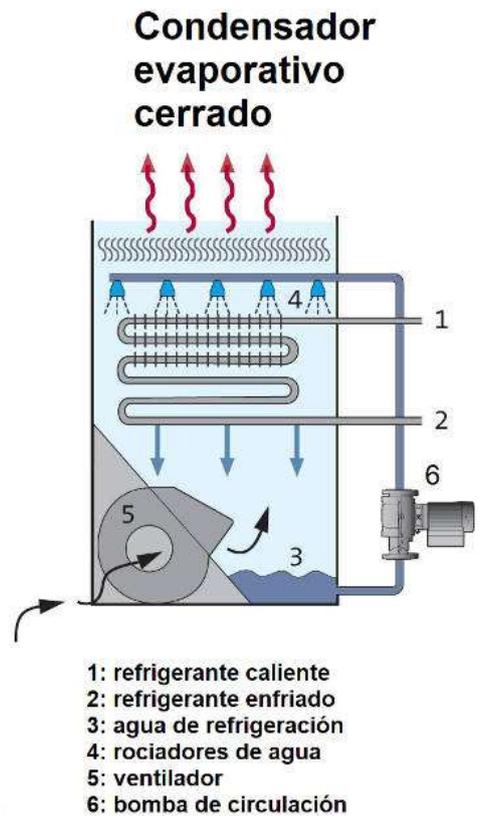
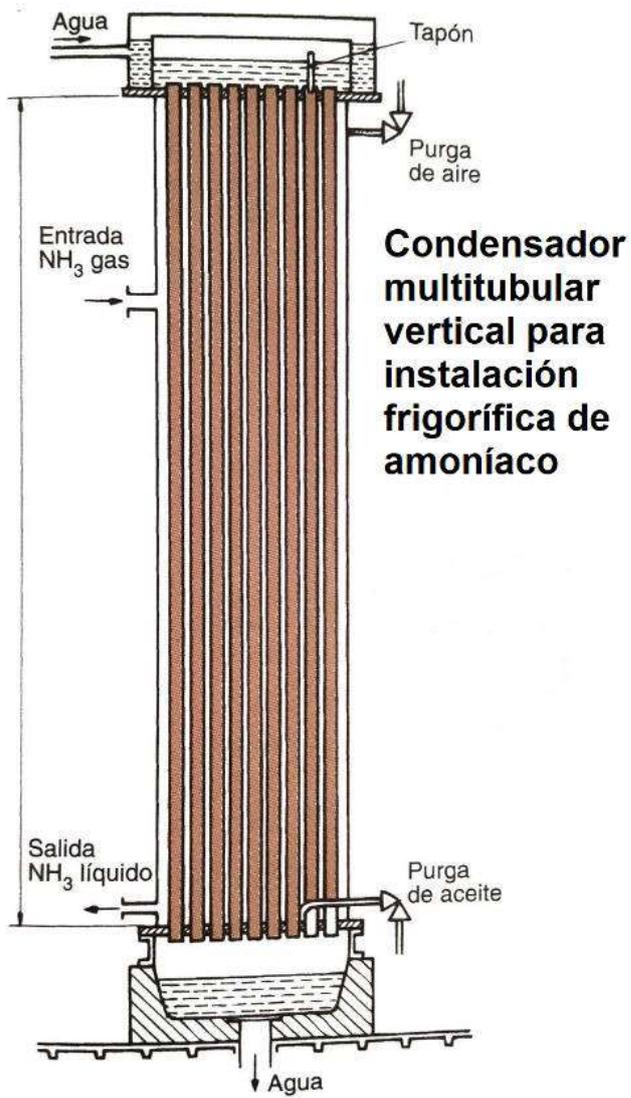
En los condensadores, que has estudiado anteriormente, el calor del refrigerante en condensación se evacua hacia el exterior únicamente por la elevación de temperatura del fluido condensante. Esto significa que se realizan únicamente transferencias de calor sensible, por lo que hay que utilizar caudales importantes de flujo. Para disminuir esos caudales los siguientes condensadores utilizan también transferencias de **calor latente**.

Condensadores multitubulares verticales:

Aunque utilizan el calor sensible y el calor latente **del agua de** condensación estos condensadores son prácticamente idénticos de concepción que los condensadores multitubulares horizontales. En estos condensadores el refrigerante circula por la carcasa y el agua por los tubos. El haz de tubos está abierto al exterior y en la parte superior de cada tubo existe un distribuidor de agua que la reparte formando una película que desciende lamando las paredes y permite que se establezca una corriente ascendente de aire por la sección central provocando la evaporación parcial. La configuración especial del distribuidor, obliga al agua a realizar un movimiento de rotación mejorando el contacto con las paredes.

Condensadores evaporativos.

Los condensadores evaporativos se utilizan para eliminar el calor de condensación de un sistema de refrigeración en los casos en los que este calor no se pueda utilizar para otros propósitos y la temperatura ambiente es excesivamente alta para instalar un aerocondensador. También en grandes sistemas de refrigeración, para aumentar el rendimiento. El calor se elimina al evaporarse el agua. Los condensadores evaporativos disponen de un armario con el condensador en forma de serpentín al que se le rocía agua y, normalmente, disponen de uno o más ventiladores que extraen el calor. Los condensadores evaporativos son más caros que los condensadores en seco. Además, en numerosos lugares del mundo, la normativa limita el consumo de agua para estos propósitos.



Condensador vertical y evaporativo

2.3.- Regulación de la presión de condensación.

En la unidad de trabajo anterior, Análisis de Ciclos Frigoríficos, viste como la temperatura de condensación influía sobre el rendimiento de la instalación frigorífica. Viste que el rendimiento es más alto cuanto más baja sea la temperatura de condensación. Además es importante mantener una temperatura lo más estable posible para impedir fallos en el sistema de inyección, ya que el caudal inyectado depende de la diferencia de presiones entre la entrada y la salida del refrigerante.

Los sistemas condensados por aire tienen el inconveniente de la gran variabilidad de las temperaturas a lo largo del tiempo, incluso en el mismo día puede haber oscilaciones de 15 °C o más en función de la zona climática, lo que complica el objetivo de mantener constante la temperatura de condensación.

Para minimizar los problemas de inestabilidad, debido a la variación de la presión de condensación, se recurre a sistemas de regulación de la capacidad de condensación de los condensadores refrigerados por aire. Se utilizan principalmente dos sistemas:

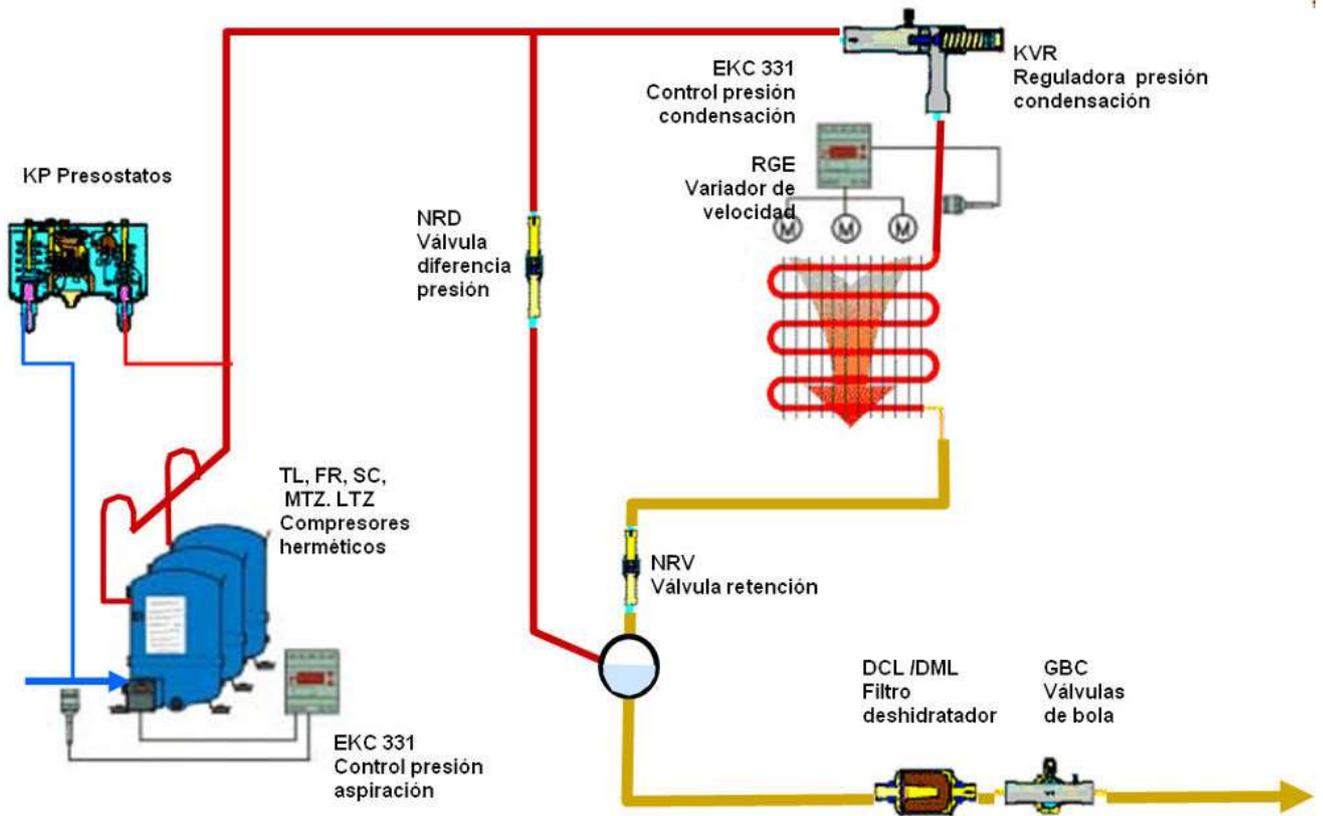
Regulación del caudal de aire a través del condensador.

La transmitancia depende fundamentalmente de la velocidad con la que el aire pasa sobre la superficie de transmisión, aumentando el coeficiente a medida que lo hace la velocidad. Como el condensador se calcula para las máximas prestaciones, cuando no se necesita todo su potencial de evacuación de calor, podemos disminuir su capacidad (y por tanto regular la presión de condensación) disminuyendo el caudal de aire.

Por lo tanto, en sistemas con varios ventiladores parar o arrancar ventiladores en función de que la presión de condensación aumente o disminuya. Con un presostato de varias etapas podemos parar o arrancar los ventiladores necesarios en cada caso. Además utilizando un variador de frecuencia, comandado por un presostato, podemos gobernar la velocidad de los motores de accionamiento de los ventiladores y por tanto el caudal de los mismos.

Válvulas de control de la presión de condensación.

Son válvulas de presión de condensación constante que se instalan a la entrada del condensador. Aunque existen diversos sistemas, consiste en disminuir la superficie de intercambio del condensador, por ejemplo creando en la línea de salida de líquido del condensador una pérdida de carga, que disminuye el flujo de refrigerante, con lo que el líquido inunda parcialmente el condensador, disminuyendo la superficie de condensación, y por tanto disminuyendo la capacidad del mismo. La válvula es accionada internamente por la propia presión de condensación. En el siguiente esquema se puede ver una válvula de regulación de la presión de condensación instalada a la entrada del condensador.



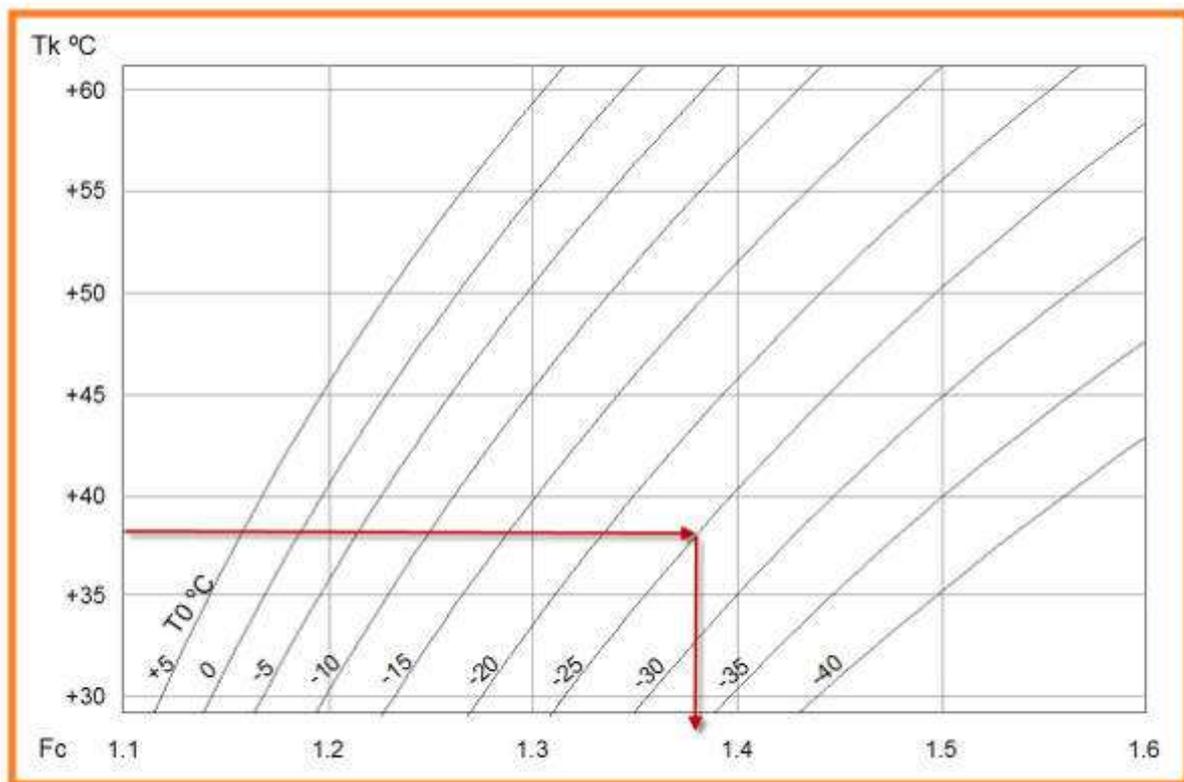
[Danfoss](#). Control de presión de circuito frigorífico (Todos los derechos reservados)

2.4.- Selección de un condensador por aire.

Para seleccionar un condensador tendrás que utilizar catálogos de fabricantes. Para ello deberás conocer, según el nivel de exigencia en el cálculo, los siguientes datos:

- ✓ Potencia calorífica a disipar
- ✓ Tipo de condensador
- ✓ Temperatura ambiente de cálculo y salto térmico entre el condensador y el ambiente
- ✓ Nivel sonoro aceptable
- ✓ Altitud sobre el nivel del mar (si está refrigerado por aire), ya que la densidad del aire es mayor a baja altitud
- ✓ Refrigerante utilizado

El factor más importante es la potencia calorífica a disipar, la cual la obtenemos sumando el calor absorbido por el evaporador y el trabajo de compresión. Cuando no se conoce la potencia absorbida por el motor eléctrico podemos recurrir a un coeficiente multiplicador, que podemos calcularlo utilizando la siguiente figura.



Factor de condensación

Así por ejemplo, si conocemos la potencia frigorífica \dot{Q} , evaporando a -25 °C y condensando a +38 °C, la capacidad necesaria en condensación se obtiene multiplicando el factor obtenido (aprox. 1,39) por \dot{Q}

El salto térmico Δt en condensación viene determinado por la diferencia de temperaturas entre la temperatura de condensación y la temperatura del aire utilizado. Si Δt es muy elevado resultará un condensador reducido (más económico), pero una presión de condensación elevada, con los consiguientes problemas de rendimiento de la instalación, alta temperatura de descarga y otros. Si Δt es bajo, el condensador deberá sobredimensionarse (mayor coste). Lo habitual es utilizar un Δt para una temperatura de condensación entre 8 y 16 °C por encima de la temperatura del aire exterior.

Ejercicios resueltos

1.- Se desea dimensionar el condensador de una instalación frigorífica con unas necesidades frigoríficas de 45 kW. Esta cámara evapora a -27 °C y deseamos una condensación por aire con temperatura ambiente de +30 °C.

Mostrar retroalimentación

Si aplicamos un Δt de 15 °C la temperatura de condensación será +45 °C. La potencia a disipar en condensación será, de acuerdo con el coeficiente obtenido en la figura del coeficiente multiplicador, 1,48 veces la producción frigorífica, es decir:

$$Q = 1,48 \times 45 = 66,6 \text{ kW, con un } \Delta t \text{ de } 45-30= 15 \text{ °C.}$$

Utilizando las tablas de producción de un fabricante de condensadores, recogidas en la figura, podemos seleccionar un condensador con una potencia mayor, comprobando siempre las dimensiones así como el nivel sonoro deseado. En este caso seleccionamos un condensador que, para un salto térmico de 15 °C, disipa una potencia de 68,2 kW, mayor a la calculada y un nivel sonoro de 21 dB(A).

Modelo	Precio €	Capac. DT=15K kW	Superf. m ²	Ventiladores			Caudal de aire m ³ /h	Consumo Eléctrico Total		Nivel Sonoro dB(A) (10m)	Acometidas		Volum. Interno dm ³	Dimensiones mm			Peso Kg
				Nº	Ø	Rpm		W	A		Entrada	Salida		Largo	Ancho	Alto	
K64 CAH-02L A 12S E	7.630,00	64,8	318,0	2	900	240	13.400	204	0,56	21	42	28	36,6	3.940	1.175	1.408	484
K65 CAH-01L C 08N E	5.450,00	65,5	217,0	1	900	495	16.050	680	1,36	39	42	28	24,9	2.040	1.575	1.408	338
K65 CAH-01L D 12N T	6.050,00	65,8	325,0	1	900	430	12.200	420	1,15	34	42	28	37,4	2.040	1.575	1.408	374
K66 CHN-213 L T	3.220,00	66,4	124,8	2	630	870	19.400	1.442	3,10	53	42	28	23,0	2.450	760	1.055	140
K68 CAH-02P F 12S E	8.720,00	68,2	477,0	2	900	240	12.100	204	0,56	21	2x35	2x28	54,9	2.040	2.275	1.408	528
K69 CAH-01L B 08S T	4.990,00	69,3	238,0	1	900	520	14.700	670	1,38	39	42	28	27,4	2.040	1.175	1.408	302
K69 CHN-30S L T	3.940,00	69,5	137,0	3	630	640	21.900	1.050	2,55	46	42	28	26,0	2.450	1.110	1.055	190
K69 CAH-02L B 12S E	9.000,00	69,6	477,0	2	900	240	12.100	204	0,56	21	42	28	54,9	3.940	1.175	1.408	540
K71 CAH-01L C 08S T	5.450,00	71,0	217,0	1	900	520	18.100	670	1,38	39	42	28	24,9	2.040	1.575	1.408	338
K71 CHN-402 P T	6.600,00	71,1	250,0	4	630	390	15.100	760	2,00	39	2x42	2x28	46,0	2.450	1.520	1.055	280
K73 CAH-01L A 06N T	4.270,00	73,0	159,0	1	900	890	25.700	2.450	5,20	57	42	28	18,3	2.040	1.175	1.408	275

2.- Se desea seleccionar el condensador de una instalación frigorífica para la refrigeración de leche en un tanque de almacenamiento. Deseamos utilizar el R-407F como refrigerante y tenemos una carga térmica frigorífica de 10,1 kW. La temperatura ambiente es de 32 °C y deseamos un salto térmico de 12 °C. La temperatura del tanque de leche que hay que refrigerar es de 4 °C y la del evaporador de - 6 °C. Selecciona un condensador apropiado, cuyos ventiladores funcionen con corriente trifásica, de los de la tabla adjunta. El compresor utilizado es el correspondiente al ejercicio resuelto del apartado 1.4 de esta unidad.

Características condensadores

Mostrar retroalimentación

En primer lugar calculamos la potencia de disipación del condensador sumando la potencia frigorífica y la del compresor elegido en el ejercicio 1.4:

$$Q_c = 10,1 + 4,71 = 14,81 \text{ kW}$$

El fabricante no nos permite incorporar muchas sutilezas en los cálculos, no obstante nos da los dos parámetros más importantes: potencia disipada y salto térmico. Los datos están dados para el R404A. Como vamos a utilizar el R407F, habría que aplicar un coeficiente corrector. Por otro lado, si la altitud fuera elevada (por ejemplo 1 000 m, también habría que aplicar otras correcciones. El salto térmico coincide con el deseado, por lo que en este caso no es necesario ni aplicar factores correctores ni interpolar. Teniendo en cuenta todo lo anterior, la potencia del condensador inmediatamente superior a los 14,81 kW calculados, es suficiente.

El modelo será el seleccionado en la tabla, con una potencia de $Q = 17 \text{ kW}$, dos ventiladores trifásicos de 495 W de potencia absorbida, una velocidad de 1 425 rpm y un nivel de ruido de 49 dB a 10 m.

«UPH...» con ventiladores trifásicos incorporados

Características:

- Iguales a los modelos con un ventilador.
- Posible variación de velocidad con regulador (no incluido).

Sentido del aire horizontal.

Rendimientos indicados con R-404A.



Dimensiones en mm					Vol. inter. dm ³	N.º	Pot. W/u.	Ventiladores ⁽¹⁾			Rendimientos (Wattios)		Modelo	Código	€
Ancho	Fondo	Alto	Peso Kg	Sup. m ²				Hélice Ø	Total Caudal m ³ /h	dB a 10 m	ΔT=12 °C	ΔT=14 °C			
762	300	360	21	14,8	1,19	2	87	300	2500	42	5300	6240	UPH-56-712/VTD ⁽¹⁾	312015	769,00
950	250	460	27	13,6	1,27	2	139	350	5810	46	6960	8190	UPH-54-900/VTD ⁽¹⁾	312017	836,00
950	300	460	31	24	1,91	2	139	350	5450	46	9250	10900	UPH-72-900/VTD ⁽¹⁾	312019	957,00
1300	395	610	55	29,6	1,45	2	495	450	11650	49	11400	13500	UPH-60-1080/VTD ⁽¹⁾	312021	1.344,00
1300	445	610	60	37,7	2,91	2	495	450	10800	49	17000	20100	UPH-80-1200/VTD ⁽¹⁾	312023	1.559,00
1300	445	610	63	44,4	3,49	2	495	450	10800	49	19600	23100	UPH-120-1200/VTD ⁽¹⁾	312026	1.785,00
1410	455	800	92	85,9	5,89	2	765	500	13800	49	30400	32800	UPH-160/192-1200/VTD ⁽¹⁾	312029	2.373,00
1360	445	1260	136	96,2	7,6	4	495	450	22300	52	40600	47800	UPH-264-1200/VTD ⁽¹⁾	312033	3.697,00
1560	535	1110	134	130	10,2	2	1300	560	17000	57	42600	49600	UPH-168-1500/VTD ⁽⁶⁾	312308	3.490,00
1640	535	1110	175	137	10,7	2	1850	630	28010	56	58300	66000	UPH-170-1500/VTD ⁽⁶⁾	312309	4.190,00

Corrección de la presión sonora en función de la distancia

Distancia: mts	5	6	8	10	12	16	32	64	128
Increment./decrem. Factor:	6	4,5	2	0	-1,5	-4	-10	-16	-22

(1) Motores a 1425 r.p.m., 230/400 V 50 Hz.

(3) Motores a 1400 r.p.m., 2 velocidades 400 V 50 Hz.

(4) Motores a 970 r.p.m., 2 velocidades 400 V 50 Hz.

(5) Motores a 890 r.p.m., 2 velocidades 400 V 50 Hz.

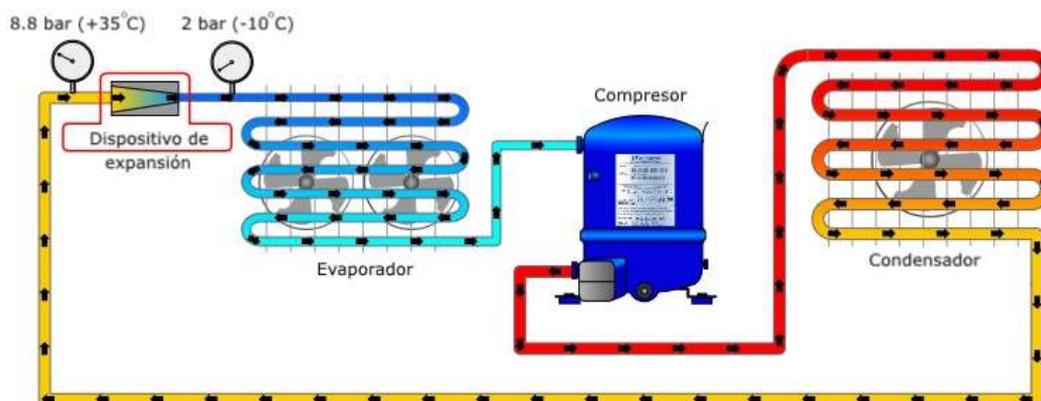
(6) Motores a 1340 r.p.m., 2 velocidades 400 V 50 Hz. (Otras tensiones consultar 60 Hz).

(7) A partir de diámetro 450mm (este incluido) la embocadura es como la de la foto "cesta"

3.- Los dispositivos de expansión.

Caso práctico: ¿cómo podemos bajar la presión y la temperatura?

Como sabes, el dispositivo de expansión es uno de los cuatro elementos básicos de una instalación frigorífica y tiene por misión el hacer que disminuya la presión del refrigerante al hacerlo pasar por un estrangulamiento. Se sitúa en la línea de líquido, a continuación del condensador y antes de la entrada al evaporador. Por Bernoulli, sabes que al aumentar la velocidad del fluido disminuye su presión y, en consecuencia, baja su temperatura. Esto lo puedes recordar en el esquema siguiente.



[Danfoss](#). Circuito y válvula de expansión (Todos los derechos reservados)

Se trata, ahora, de **seleccionar una válvula de expansión termostática** (la más usual) para la instalación frigorífica del tanque de leche del caso práctico. Una vez más, utilizaremos Coolselector y, posteriormente, nos adentraremos en los tipos, funcionamiento y características de los sistemas de expansión.

<https://www.youtube.com/embed/vb8oJl25fKI?amp;showinfo=0&rel=0>

Selección de válvula de expansión

Hay distintos tipos de válvulas de expansión:

- ✓ Válvula de expansión termostática.
- ✓ Tubo capilar.
- ✓ Válvula manual.

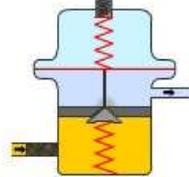
- ✓ Válvula de flotador en alta presión.
- ✓ Válvula de flotador en baja presión.
- ✓ Válvula electrónica.

Las dos primeras son las más usuales y las vamos a ver con mayor detalle. En la imagen vemos algunas de ellas:

Tubo capilar
(de apertura fija)



Válvula de expansión automática
(de apertura variable, en función de la señal de presión)



Válvula de expansión termostática
(de apertura variable, en función de las señales de presión y temperatura)



Válvula de expansión electrónica
(de apertura variable, mediante regulación inteligente)



[Danfoss](#). *Distintos tipos de sistemas de expansión* (Todos los derechos reservados)

3.1.- Válvula de expansión termostática

La función de la válvula de expansión es que el evaporador sea utilizado de una forma óptima. Eso supone, en principio, que el paso del refrigerante líquido a vapor se haga hasta el final del evaporador. Si se terminara antes, sólo conseguiríamos que el vapor de refrigerante se recalentase en exceso, disminuyendo la capacidad de la cámara y empeorando el rendimiento. Por el contrario, si la cantidad de refrigerante que entra en el evaporador es excesivo, podría no dar tiempo de evaporarse en su totalidad y llegar al compresor en estado líquido, con el peligro que supone para el compresor, ya que los líquidos son incompresibles. Por lo que debemos garantizar que a la salida del evaporador sólo haya vapor. Para ello deberemos utilizar un ligero recalentamiento que nos asegure la salida en vapor. El valor de ese recalentamiento suele ser de unos 5-10 °C

En el siguiente vídeo puedes ver una animación con el funcionamiento de una válvula de expansión simple;

https://www.youtube.com/embed/-E_f75xFbaw?amp;showinfo=0&rel=0

Funcionamiento de válvula termostática

Como es fácil de entender, el proceso real en una cámara frigorífica es dinámico. El sistema sufre perturbaciones al meter nuevos alimentos. Al introducir nuevos alimentos que se encuentran más calientes que la temperatura de la cámara, cambia la carga del evaporador. El aire está más caliente y al pasar por el evaporador consigue que hierva con mayor rapidez el refrigerante. El punto a partir del cual se termina la evaporación se alcanza antes. Esto hace que el recalentamiento sea mayor. La fuerza que ejerce el bulbo abre la válvula haciendo pasar mayor cantidad de refrigerante. Esto se producirá hasta que se alcance de nuevo el equilibrio.

Por el contrario, si las necesidades térmicas son menores, por ejemplo porque la temperatura exterior de la cámara es menor, el evaporador tiene menos aporte de calor para poder evaporar el líquido que se le inyecta. El punto de finalización de la evaporación se retrasa; se termina de evaporar más cerca de la salida del evaporador, por lo que el recalentamiento es menor. El bulbo de la válvula de expansión detecta esta menor temperatura, se enfría y baja la presión en la parte superior de la válvula, con lo cual el muelle vence la fuerza y manda cerrar paulatinamente hasta que se equilibren las fuerzas.

Para que el número de válvulas de distintas capacidades no sea muy alto, algunos fabricantes ofrecen **subconjuntos intercambiables de orificio** y asiento de aguja que permiten con un mismo cuerpo de válvula cubrir una amplia gama de potencias frigoríficas. A mayor diámetro del orificio mayor cantidad de refrigerante y mayor potencia frigorífica. En la imagen vemos uno de estos "orificios".



Orificios para T/ TE2 DANFOSS

[V EXP ORIFICIO ...]

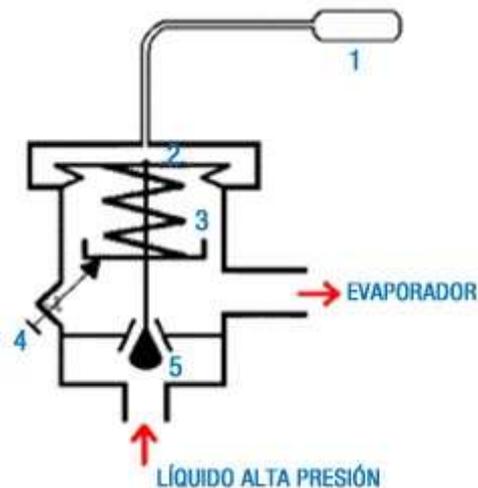
Código	Modelo	Precio €	Orificio N°	Capacidad Nominal kW (1)		
				R-134a	R-404A/R507	R-407C
JC047 (068-2002)	T2/TE2	16,70	0X	0,4	0,38	0,50
JC038 (068-2003)		16,70	00	0,9	0,7	1,1
JC039 (068-2010)		16,70	01	1,8	1,6	2,7
JC040 (068-2015)		16,70	02	2,6	2,1	3,8
JC041 (068-2006)		16,70	03	4,6	4,2	5,6
JC042 (068-2007)		16,70	04	6,7	6,0	8,6
JC043 (068-2008)		16,70	05	8,6	7,7	11,3
JC044 (068-2009)		16,70	06	10,5	9,1	16,7

(1) Capacidad Nominal dada en: Temp. evaporación +5°C, Temp. condensación +32°C, Temp. líquido entra válvula +28°C.

Orificio de una válvula de expansión termostática

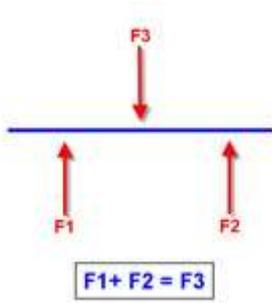
Las **partes de una válvula de expansión termostática** son las siguientes

1. **Bulbo.** Contiene refrigerante en estado vapor del mismo tipo que la cámara. Se coloca a la salida del evaporador y está unido por un tubo fino en espiral.
2. **Diafragma.** Transmite la presión al sistema de obturación y aísla el circuito del bulbo del circuito del refrigerante
3. **Resorte.** La fuerza de este muelle está regulada
4. **Tornillo** de regulación del resorte. Con este tornillo se regula el recalentamiento deseado
5. **Aguja.** Es un obturador de regulación fina

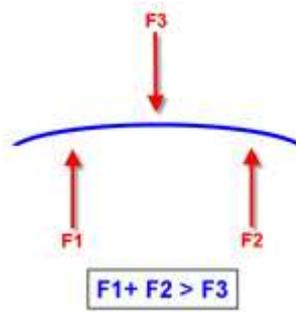


Sobre el diafragma se ejercen fuerzas de distinto signo. Si el diafragma es empujado hacia arriba la aguja cerrará el paso de refrigerante. Si es empujado hacia abajo, la aguja dejará pasar de nuevo refrigerante. Las fuerzas que actúan hacia arriba, y por lo tanto tienden a cerrar la válvula, son las que ejercen la presión del gas F1 y la que ejerce el resorte F2. La fuerza que actúa hacia abajo, y tiende a abrir la válvula, es la ejercida por la presión del fluido contenido en el bulbo F3.

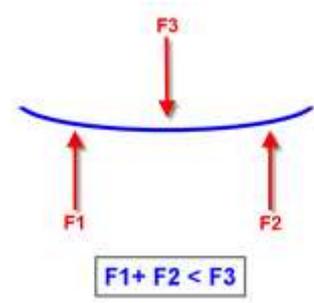
Por lo tanto nos podemos encontrar con 3 situaciones:



La válvula está en equilibrio.



La válvula está abierta.

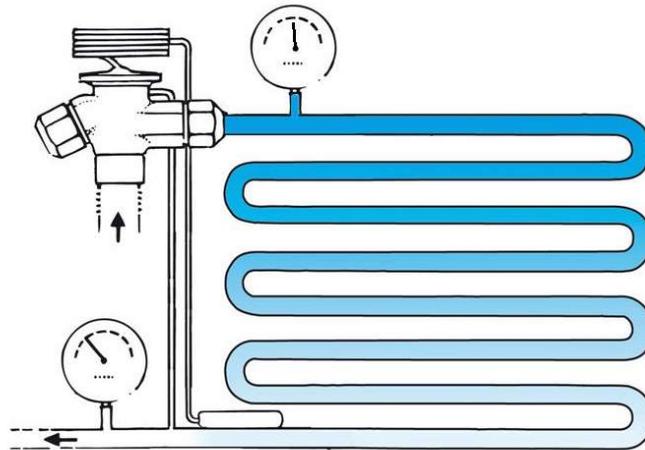


La válvula está cerrada.

Por medio del resorte, accionando el tornillo de regulación, vamos a poder aumentar o disminuir el recalentamiento.

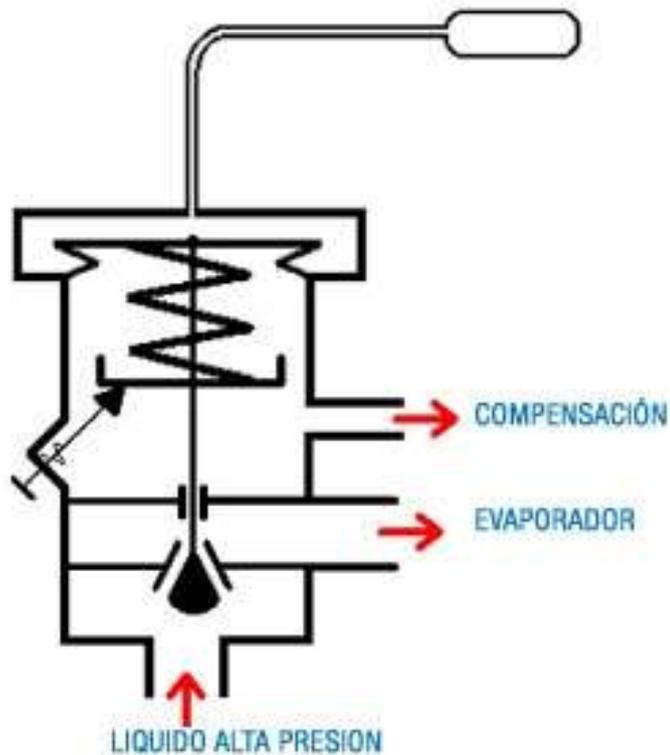
3.2.- Válvulas con igualador de presión.

Como ya viste en la unidad anterior, en el ciclo real existen pérdidas de carga que dependiendo de la longitud de la tubería pueden llegar a ser significativas. En el evaporador ocurre a veces que las pérdidas son algo mayores, ya sea por gran longitud de tubería, distribuidor, etc. Las válvulas sin compensación se utilizan cuando la pérdida de carga en el evaporador es muy pequeña. Sin embargo, cuando estas pérdidas superen los 0,35 bar, el uso de válvulas sin compensación externa va a producir un mal aprovechamiento de la capacidad del evaporador. Como puedes ver en el dibujo la presión a la salida del evaporador es menor que la que hay a la entrada.



Válvula termostática con tubo igualador de presión

Las válvulas con igualador de presión se diferencian de las anteriores por tener un tubo que conecta el cuerpo de la válvula con la tubería del evaporador al final de éste, como puedes ver en la figura. La composición de fuerzas de la válvula es semejante a la anterior, pero ahora es la presión que hay al final del evaporador la que ejerce la fuerza F_1 sobre el diafragma.



Para saber más

En el manual del fabricante de material frigorífica Danfoss puedes encontrar más información acerca de las válvulas de expansión.

[Válvulas expansión termostática Danfoss](#)

Autoevaluación

¿Si la pérdida de carga es notable y no colocamos una válvula de expansión con compensación el sobrecalentamiento será mayor o menor?

- Mayor.
- Menor.

Es correcto.

Estás en un error, la sonda detecta una temperatura más alta de la necesaria y mantiene el punto de final de evaporación antes produciendo un mayor sobrecalentamiento.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

Autoevaluación

1.- Una válvula de expansión termostática ...

- Necesita corriente eléctrica para su funcionamiento
- Tiene un bulbo relleno de líquido refrigerante
- Un capilar une el cuerpo de la válvula con un bulbo lleno de gas refrigerante
- Ninguna de las otras opciones es correcta

Incorrecto

Incorrecto

Opción correcta

Incorrecto

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta
4. Incorrecto

2.-El orificio de una válvula de expansión permite ...

- Cambiar su uso para diferentes refrigerantes
- Conectar la válvula al evaporador más fácilmente
- Disminuir la velocidad del refrigerante y bajar su presión
- Ninguna de las anteriores respuestas es correcta

Incorrecto

Incorrecto

Incorrecto

Esta es la respuesta correcta, ya que el orificio es una pieza intercambiable, de diferentes diámetros, que permite utilizar el cuerpo de una válvula termostática para diferentes caudales de refrigerante (y por lo tanto, con diferentes potencias frigoríficas)

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Opción correcta

3.- Una válvula de expansión termostática, con sistema de igualación de presión, se empleará preferentemente cuando ...

- Para bajas presiones
- Para evaporadores con altas pérdidas de carga
- En instalaciones frigoríficas con evaporadores de ventilación forzada
- Ninguna de las anteriores respuestas es correcta

Incorrecto

Opción correcta

Incorrecto

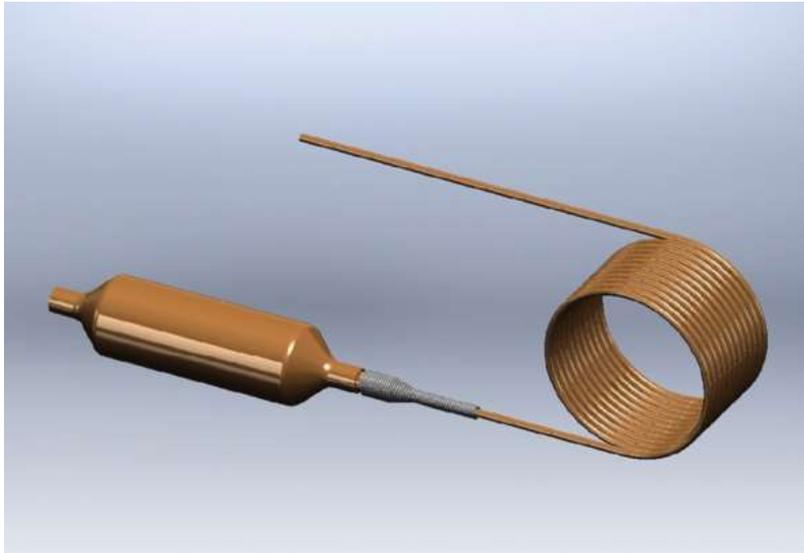
Incorrecto

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

3.3.- Tubos capilares.

Si has visto algún frigorífico por detrás, habrás podido observar que no tienen válvula termostática. En instalaciones de pequeña potencia se suele utilizar como sistema de expansión el tubo capilar. Ello es así, porque es fácil y barata la instalación con alta fiabilidad (no hay piezas en movimiento).

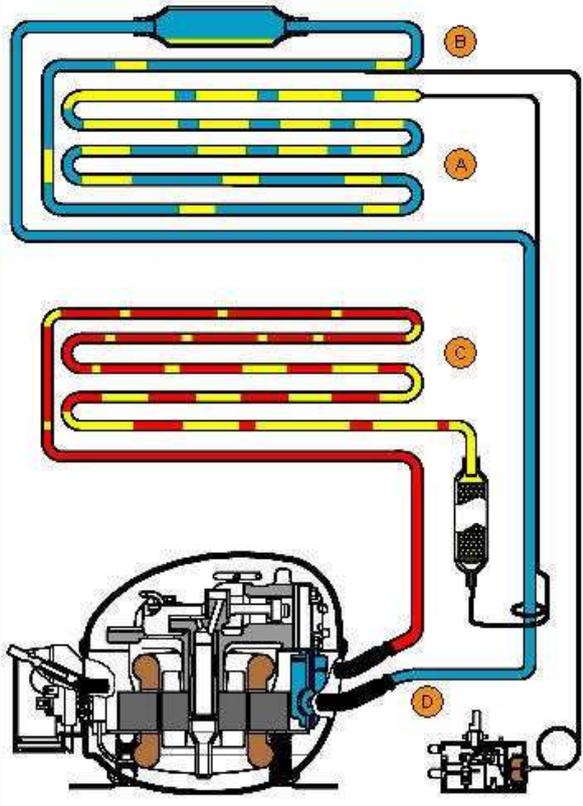


[Refrigeration Research Inc.](#) Capilar con filtro secador (Todos los derechos reservados)

Cuando el refrigerante líquido entra dentro del tubo capilar, se produce una estrangulación (aumenta la velocidad y disminuye la presión) debido a esto parte del líquido se evapora al cambiar de presión. Para evitar que se evapore todo el líquido antes de entrar al evaporador, se suele soldar junto con la línea de aspiración para evitar que robe calor del exterior. Puedes ver esta disposición en el siguiente diagrama del programa de cálculo de un fabricante donde, como puedes ver, el tubo está calibrado y existe una relación entre el diámetro y la longitud del tubo.

Danfoss Capillary Tube Selector

DanCap™ Version: 1.0 Database: 1.0 



Input Data

Refrigerant	R134a
A Heat load of the system	500 W
B Evaporating temperature	-15 °C
C Condensing temperature	45 °C
D Return gas temperature	-5 °C

Capillary Tube Recommendation

Flow Rate: 48.0 l/min (N₂ at delta p 10 nbar)

Length	Inner Diameter
0.33 m	1.00 mm
0.57 m	1.12 mm
0.81 m	1.20 mm
0.99 m	1.25 mm
1.75 m	1.40 mm
2.47 m	1.50 mm
3.42 m	1.60 mm
6.16 m	1.80 mm
10.42 m	2.00 mm

Optimal selection is highlighted in green.

Homepage: compressors.danfoss.com Help Print Settings

[Danfoss](http://Danfoss.com). Cálculo capilar (Todos los derechos reservados)

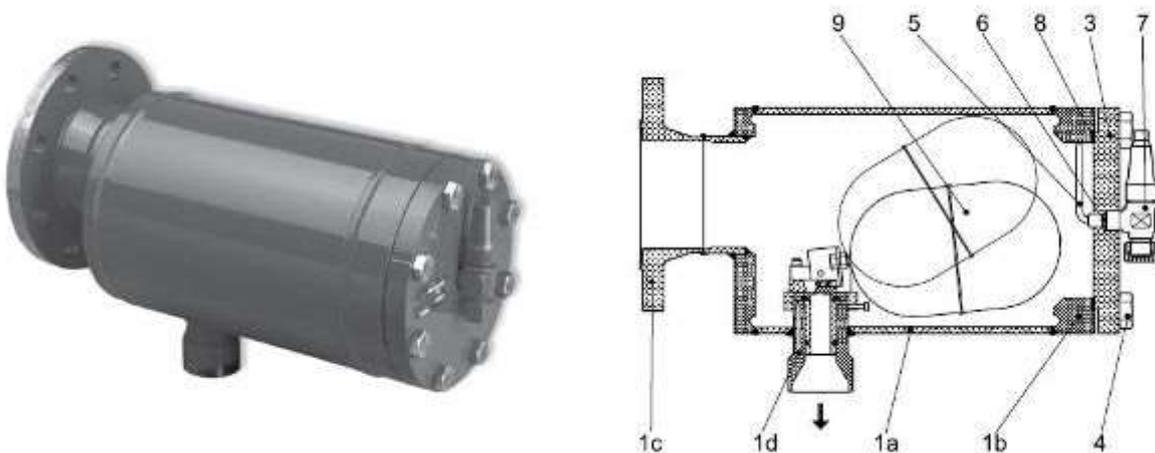
Cuando ponemos en marcha el compresor, comienza a entrar líquido en el evaporador. Poco a poco va avanzando el refrigerante a su punto de final de evaporación por lo que, se suele colocar un termostato en la línea de aspiración antes del compresor para pararlo cuando llegue el refrigerante en estado líquido. Al parar el compresor, al no haber nada que lo impida, todo el refrigerante pasa al evaporador gracias a la diferencia de presiones. Por esta razón, no se puede utilizar recipiente en instalaciones con tubo capilar y hay que tener cuidado al dimensionar el filtro, ya que este podría hacer de recipiente. Al estar las presiones igualadas, el motor arranca sin muchos esfuerzos. Los equipos congeladores suelen llevar un separador de partículas para evitar los golpes de líquido. En la placa de características del equipo ha de aparecer el peso de refrigerante que ha de llevar la instalación, ya que la carga es crítica.

Una carga térmica escasa es causa de una temperatura de evaporación demasiado baja, lo que tiene como consecuencia la disminución del rendimiento frigorífico y, por lo tanto, aprovechamiento solamente parcial del evaporador. En cambio, una carga demasiado fuerte es causa de una presión demasiado elevada y conduce a la sobrecarga del compresor por lo que le puede llegar golpes de líquido.

3.4.- Otras válvulas de expansión.

Válvula de flotador

Uno de los tipos de evaporadores que vas a estudiar el llamado de tipo inundado. El fluido refrigerante se encuentra en estado líquido dentro de los mismos. Estos evaporadores son alimentados mediante dispositivos de expansión denominados "válvulas de flotador". Este tipo de válvulas regulan el caudal de líquido que entra en el evaporador manteniendo un nivel de líquido en el evaporador. A medida que se evapora el líquido, el flotador abre la válvula y entra líquido en el evaporador.



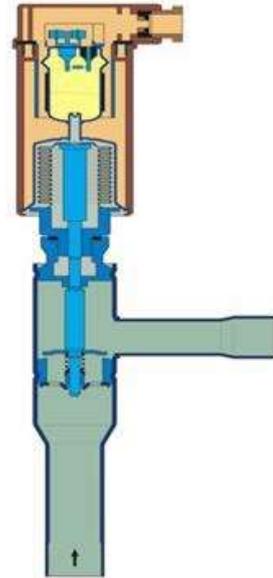
[Danfoss](#). Válvula circuito inundado (Copyright (permiso autor))

Estas válvulas se clasifican en válvulas de alta o baja presión según sea su posición en lo instalación, es decir en el lado de alta (condensador) o de baja presión (evaporador). La válvula de baja presión tiene como misión es mantener el nivel de líquido en el evaporador, bien sea directamente o por medio del separador de líquido. La válvula de alta presión suele ir montada en el recipiente de líquido (que veremos más adelante). Cuando el nivel de líquido sube en el recipiente, se abre y deja pasar el refrigerante al evaporador. Se utilizan en evaporadores de carga constante.

Como habrás observado funcionan de forma contraria. La válvula de baja presión abre cuando el líquido baja de nivel, mientras que la de alta presión lo hace cuando el líquido sube de nivel.

Válvula electrónica

Está formada por una válvula solenoide conectada a un microprocesador, el cual lleva un programa y dos sondas de temperatura, una conectada al principio y otra al final del evaporador, para detectar el recalentamiento. Esto permite que el recalentamiento sea muy bajo, de alrededor de 1 °C, lo que como has visto en la UT anterior supondrá una mayor eficiencia energética.



[Danfoss](#). Válvulas electrónicas (Todos los derechos reservados)

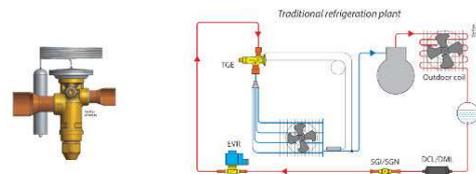
3.5.- Selección de válvula de expansión

Como has visto, existen diferentes tipos de válvulas de expansión. Desde el tubo capilar que, propiamente no es una válvula, hasta válvulas electrónicas que necesitan de un sistema de control para su funcionamiento. La selección de una u otra depende de las características de la instalación frigorífica y del criterio del proyectista. No obstante, las válvulas de expansión termostáticas siguen siendo las más empleadas en instalaciones comerciales e industriales. Por ello, vamos a seleccionar una de ellas como ejemplo

Ejercicio Resuelto

Seleccionar una válvula de expansión termostática, partiendo del catálogo del fabricante adjunto, para un ciclo frigorífico simple como el del caso práctico de esta unidad: potencia frigorífica 10,1 kW y temperaturas del evaporador de -6°C y del condensador 42 °C. Refrigerante R-407F.

Valve type	Orifice no.	Cond. Temp. [°C]	Evaporating temperature [°C]						
			-40	-30	-20	0	10	15	
TGE 10	3	35	4.68	5.85	7.24	8.70	10.2	11.2	11.5
	4	35	6.28	7.88	9.76	11.8	13.8	15.3	15.6
	6	35	9.17	11.5	14.3	17.4	20.1	22.4	22.8
	8	35	12.4	15.5	19.3	23.3	27.1	29.7	30.2
	9	35	14.4	18.1	22.5	27.4	32.0	35.2	35.8
TGE 20	11	35	18.3	22.3	28.1	33.0	39.7	43.8	45.5
	12.5	35	18.9	23.9	29.9	35.5	42.7	47.2	49.2
	16	35	22.2	28.0	34.0	42.4	49.6	54.9	56.1
	12.5	35	18.7	23.9	30.3	37.7	45.3	51.6	53.6
	16	35	23.1	29.6	37.8	47.2	57.0	65.2	67.9
TGE 40	20	35	28.4	36.2	45.8	56.5	67.4	76.0	79.5
	21	35	29.3	42.7	51.2	73.5	81.7	86.0	89.6
	26	35	36.6	47.2	60.5	76.2	92.8	107	112
	30	35	41.5	53.5	68.7	86.5	105	121	127
	40	35	49.3	63.8	82.6	106	133	157	163
42	35	78.2	97.7	120	143	183	174	174	
Valve type	Orifice no.	Cond. Temp. [°C]	Evaporating temperature [°C]						
			-40	-30	-20	0	10	15	
TGE 10	2	45	4.46	5.63	7.04	8.64	10.3	11.7	12.3
	4	45	5.94	7.52	9.49	11.6	13.8	15.6	16.6
	6	45	8.59	10.9	13.7	16.9	20.2	23.0	24.1
	8	45	11.5	14.8	18.4	22.5	26.8	30.4	31.7
	9	45	13.3	16.9	21.3	26.4	31.5	36.0	37.7
TGE 20	11	45	16.9	21.0	27.0	34.6	40.3	44.2	45.9
	12.5	45	17.2	22.1	28.0	34.8	41.8	47.9	50.2
	16	45	20.2	25.0	32.7	40.5	48.7	56.1	58.9
	12.5	45	17.5	22.3	28.3	35.9	43.9	51.5	54.8
	16	45	21.3	27.4	35.3	44.6	54.8	64.6	68.9
TGE 40	20	45	26.1	33.6	42.8	53.6	65.2	76.1	80.8
	21	45	27.7	48.1	58.9	73.2	83.2	90.6	92.3
	26	45	35.1	45.0	55.6	71.0	88.1	105	112
	30	45	37.4	48.5	62.9	80.3	99.8	119	127
	40	45	44.2	57.3	74.8	97.8	126	157	170
42	45	76.3	95.9	119	144	187	184	189	
Subcooling [K]	2	4	10	15	20	25	30		
Correction factor	0.98	1.00	1.00	1.12	1.17	1.22	1.27		
Pressure drop [bar]	Evaporating temperature [°C]								
Δp	-40	-30	-20	-10	0	10	15		
	Correction factor								
0	1	1	1	1	1	1	1		
1	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93		
1.5	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.91	0.89		
2	0.91	0.93	0.92	0.91	0.90	0.87	0.85		



Valve type	Orifice no.	Rated capacity R407F		Rated capacity R407A1		Connections solder OCF		Code no. Multi pack
		[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	Inlet x Outlet [inch]	Pressure equalization [inch]	
TGE 10	4	14	4	12	3.5	1/2 x 1/2	%	067N4700
TGE 10	6	20	6	17	5	1/2 x 1/2	%	067N4701
TGE 10	8	27	7.5	23	6.5	1/2 x 1/2	%	067N4702
TGE 10	9	32	9	28	8	1/2 x 1/2	%	067N4703
TGE 10	11	40	11	34	10	1/2 x 1/2	%	067N4704

The rated capacity is based on:
 Evaporating temperature t_e: 4.4 °C / 40 °F
 Condensing temperature t_c: 38 °C / 100 °F
 Refrigerant superheat ahead of valve t_s: 3.7 °C / 98 °F

*) On systems charged with R407F, SS = 4.0 °C / 7.2 °F, on systems charged with R407A1, SS = 2.7 °C / 4.9 °F.

[Danfoss](#). Características válvulas expansión (Copyright (permiso autor))

Mostrar retroalimentación

La selección de la válvula la hacemos sobre la tabla. Aquí vemos que, con los datos del enunciado, deberíamos elegir la válvula **TGE10 con orificio 4**. La tabla de la izquierda nos aporta los parámetros de la válvula con una temperatura de condensación de 35 °C y, si nos fijamos, para una temperatura de 45 °C (próxima a los 42 °C) no hay apenas diferencia. Por ello, nos centramos en la tabla de la derecha, donde vemos claramente que, para -6 °C de temperatura del evaporador, la potencia de la TGE10-4 está próxima al valor de 10,1 kW.

No obstante, debemos aplicar dos factores correctores. El primero es debido al subenfriamiento de 2 °C que hemos tomado en nuestros cálculo y el segundo es debido que suponemos una pérdida de carga

en el evaporador superior a 1 bar, ya que hemos optado (como se ve en el circuito) por un sistema distribuidor de líquido en el evaporador. La potencia frigorífica hay que dividirla por ambos factores y obtendremos la potencia necesaria que deberá tener la válvula de expansión termostática.

Potencia frigorífica de cálculo:

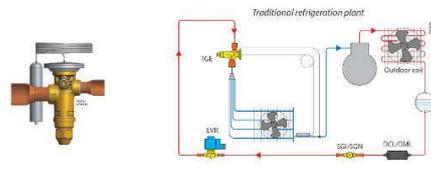
$$Q = \frac{\dot{Q}}{f_1 \cdot f_2} = \frac{10,1}{0,98 \cdot 0,95} = 10,85 \text{ kW}$$

La potencia máxima de la válvula TGE10-4, es algo superior a la necesaria, ya que si interpolamos, tenemos:

$$Q_{\text{válvula}} = 13,8 - \frac{13,8 - 11,60}{10} \cdot 6 = 12,48 \text{ kW}$$

Para finalizar este ejercicio, debemos recordar que en ocasiones nos dan unas potencias máximas bajo unas condiciones que no se corresponden con las nuestras. Por ejemplo, este fabricante suministra otra tabla, que vemos en la parte inferior derecha, donde podemos apreciar que la potencia máxima de la TGE10-4 es de 14 kW, pero si vemos en el pie de la tabla, nos indica que ello es cierto para una temperatura del evaporador de 4,4 °C; es decir, más de 10 °C de diferencia con el caso práctico que hemos resuelto.

Capacity in kW -40 -15 °C Opening superheat sh = 4 K							SI units R407F							Capacity in kW -40 -15 °C Opening superheat sh = 4 K							SI units R407F								
Valve type	Orifice no.	Cond. temp. [°C]	Evaporating temperature [°C]					Valve type	Orifice no.	Cond. temp. [°C]	Evaporating temperature [°C]					Valve type	Orifice no.	Cond. temp. [°C]	Evaporating temperature [°C]										
			-40	-30	-20	-10	0				10	15	-40	-30	-20				-10	0	10	15	-40	-30	-20	-10	0	10	15
TGE-10	1	85	4,08	5,85	7,24	8,76	10,2	11,2	11,5	3	45	4,40	5,63	7,04	8,66	10,3	11,7	12,3	12,5	4	45	5,24	7,52	9,43	11,6	13,81	15,9	16,6	
	4	35	6,28	7,88	9,26	11,0	12,8	15,2	15,6	8	35	8,15	10,3	12,7	15,5	18,5	21,2	23,1	24,1	11	45	8,59	10,9	13,7	16,9	20,2	23,1	24,1	
	6	35	9,15	11,5	14,1	17,4	20,1	23,1	25,8	16	45	11,5	14,6	18,3	22,5	26,8	30,4	33,2	34,2	19	45	13,2	16,9	21,3	26,4	31,5	36,0	37,7	
	9	35	14,4	18,1	22,5	27,4	32,0	35,2	35,9	30	45	16,9	21,9	27,9	34,4	40,5	44,2	45,9	46,9	35	45	17,3	22,1	28,0	34,8	41,8	47,9	50,7	
	12,5	35	18,9	23,9	29,9	36,5	42,7	47,2	48,2	16	45	20,2	25,9	32,7	40,5	48,7	56,1	58,9	59,9	12,5	45	22,5	28,5	35,9	43,9	51,5	54,8		
TGE-20	10	35	22,1	29,6	37,8	47,2	57,0	65,2	67,9	16	45	21,3	27,4	35,3	44,6	54,8	64,6	68,9	70,9	20	45	26,1	33,6	42,8	53,6	65,2	76,1	80,6	
	20	35	28,4	36,2	45,8	56,5	67,4	76,0	78,5	21	45	32,7	43,1	53,9	65,2	77,2	85,2	90,9	92,3	21	45	32,7	43,1	53,9	65,2	77,2	85,2	90,9	92,3
	21	35	39,3	49,7	61,2	73,5	81,7	86,0	85,6	20	45	41,1	52,6	64,6	77,6	89,1	100	112	112	20	45	37,4	48,6	62,9	80,3	99,8	119	127	
	26	35	36,6	47,2	59,5	72,9	82,8	105	112	40	45	44,2	57,5	74,8	97,8	126	157	170	170	40	45	44,2	57,5	74,8	97,8	126	157	170	
	40	35	49,3	63,8	82,6	106	133	157	163	40	45	76,3	95,9	118	146	187	241	289	289	40	45	76,3	95,9	118	146	187	241	289	
TGE-40	30	35	41,5	53,5	68,7	86,5	105	121	127	30	45	37,4	48,6	62,9	80,3	99,8	119	127	127	30	45	37,4	48,6	62,9	80,3	99,8	119	127	
	40	35	49,3	63,8	82,6	106	133	157	163	40	45	44,2	57,5	74,8	97,8	126	157	170	170	40	45	44,2	57,5	74,8	97,8	126	157	170	
	40	35	78,2	97,7	120	143	163	174	174	40	45	76,3	95,9	118	146	187	241	289	289	40	45	76,3	95,9	118	146	187	241	289	



Range N -40 -10 °C / -40 -50 °F; OS = 4 K / 7.2 °F							R407F/R407A ¹⁾						
Valve type	Orifice no.	Rated capacity R407F		Rated capacity R407A		Connections solder ODF		Pressure equalization		Code no. Multi pack			
		[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	Inlet x Outlet [inch]	Pressure equalization [inch]						
TGE 10	4	14	4	12	3,5	1/4 x 1/4	1/4	067N4700					
TGE 10	6	20	6	17	5	1/4 x 1/4	1/4	067N4701					
TGE 10	8	27	7,5	23	6,5	1/4 x 1/4	1/4	067N4702					
TGE 10	9	22	9	28	8	1/4 x 1/4	1/4	067N4703					
TGE 10	11	40	11	34	10	1/4 x 1/4	1/4	067N4704					

¹⁾ On systems charged with R407F, SS = 4.0 °C / 7.2 °F, on systems charged with R407A, SS = 2.7 °C / 4.9 °F.

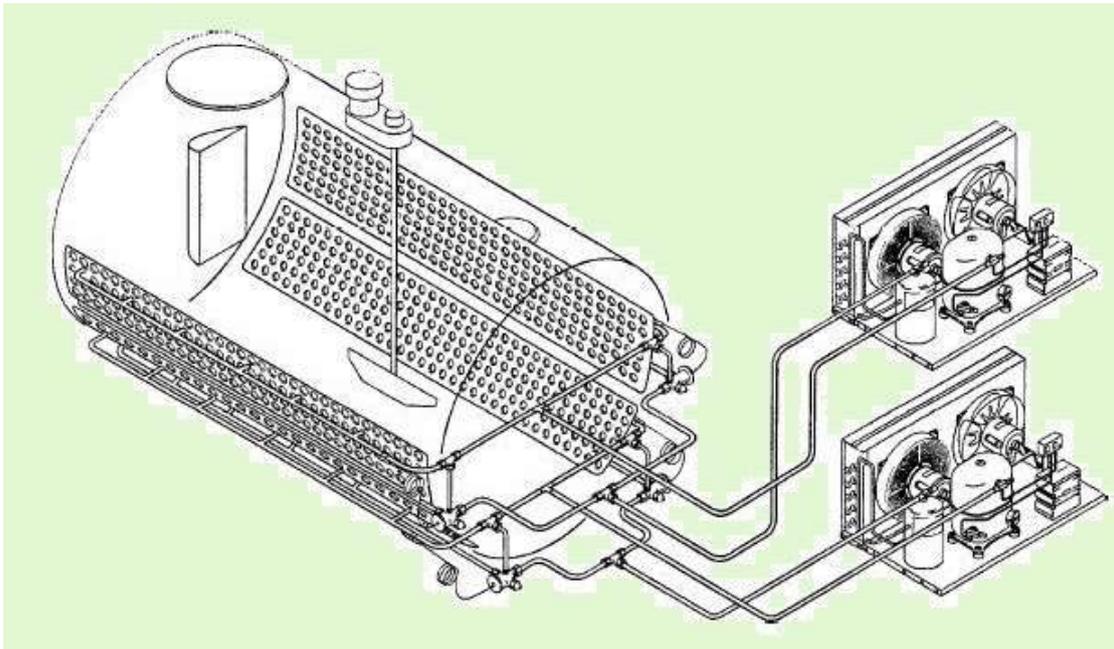
^{*} Calculated at 32 °C condensing temperature.

^{*} Calculated at 32 °C condensing temperature.

4.- El evaporador.

Caso práctico: el evaporador puede tener formas especiales

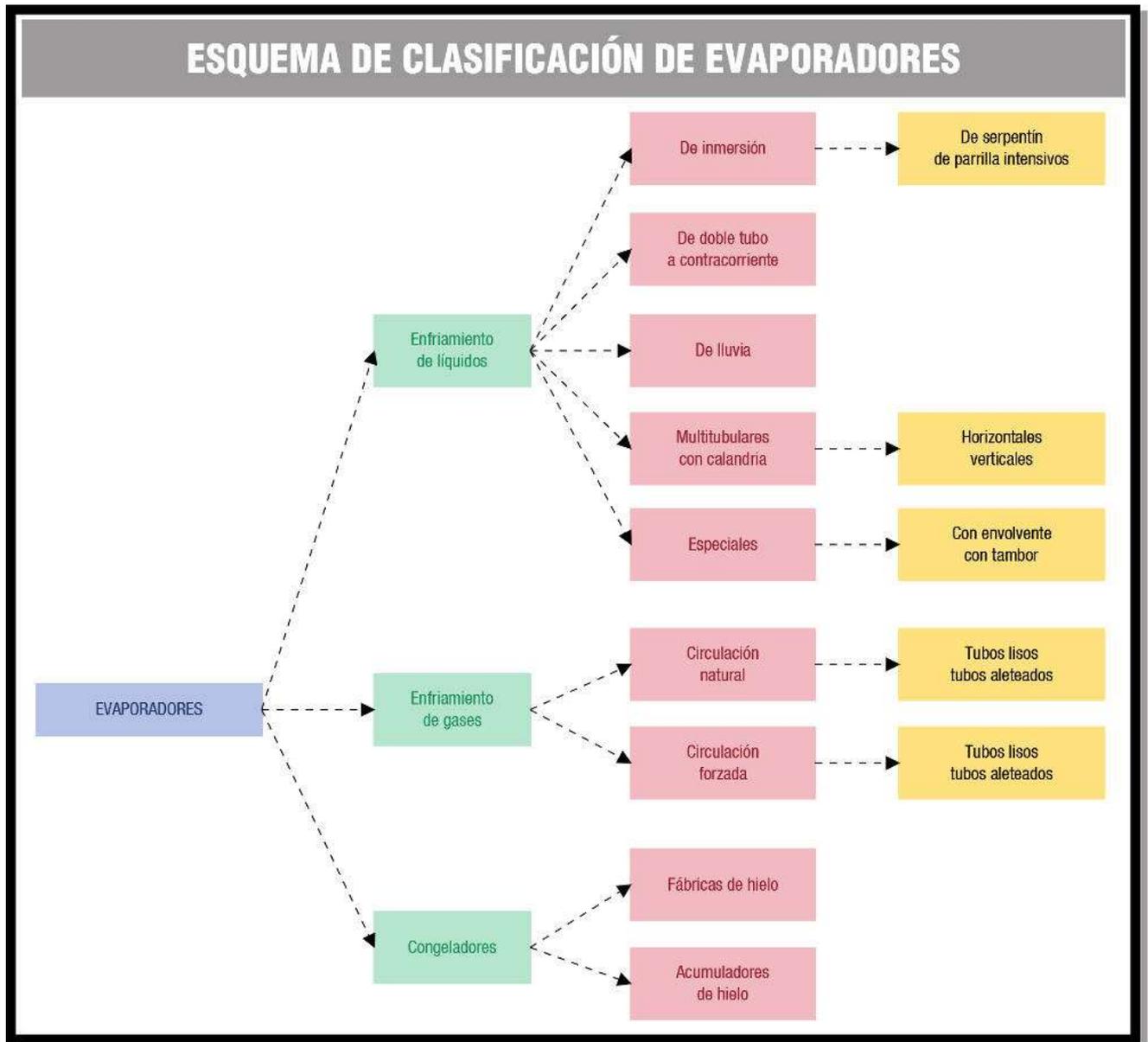
El sistema de **expansión directa** es la forma más común de refrigeración utilizada en el enfriamiento de la leche. Un compresor o unidad condensadora, bombea el refrigerante líquido hasta unas placas de enfriamiento de acero inoxidable (evaporadores), que están dentro del tanque en contacto con la leche. El **evaporador** está hecho de **acero inoxidable por exigencias de seguridad alimentaria**. En la siguiente imagen vemos un sistema compuesto por dos unidades condensadoras externas y dos evaporadores, uno a cada lado del tanque. También vemos un **sistema agitador** para evitar que la leche que está en contacto con el evaporador se congele, ya que hemos visto que la temperatura del refrigerante es menor de 0 °C. En estos dispositivos, todas las **superficies deben ser lisas** para evitar el crecimiento bacteriano en recovecos. Igualmente, suelen tener **dispositivos de lavado automático** del tanque.



[Packo](#). Tanque de refrigeración de leche (Todos los derechos reservados)

Anteriormente has estudiado los otros tres componentes fundamentales de una instalación frigorífica. De los cuatro, el evaporador es el que realiza la labor para la que se crearon estas máquinas, es decir, enfriar. Pero sin el resto de los componentes el evaporador no puede funcionar. La máquina frigorífica es un todo que tiene que estar compensado. Cada uno de sus elementos influye en el resto así que el cálculo de los mismos debe realizarse con minuciosidad.

Una clasificación de los evaporadores atendiendo al cometido que se les asigne y su forma de funcionamiento puede ser la siguiente:

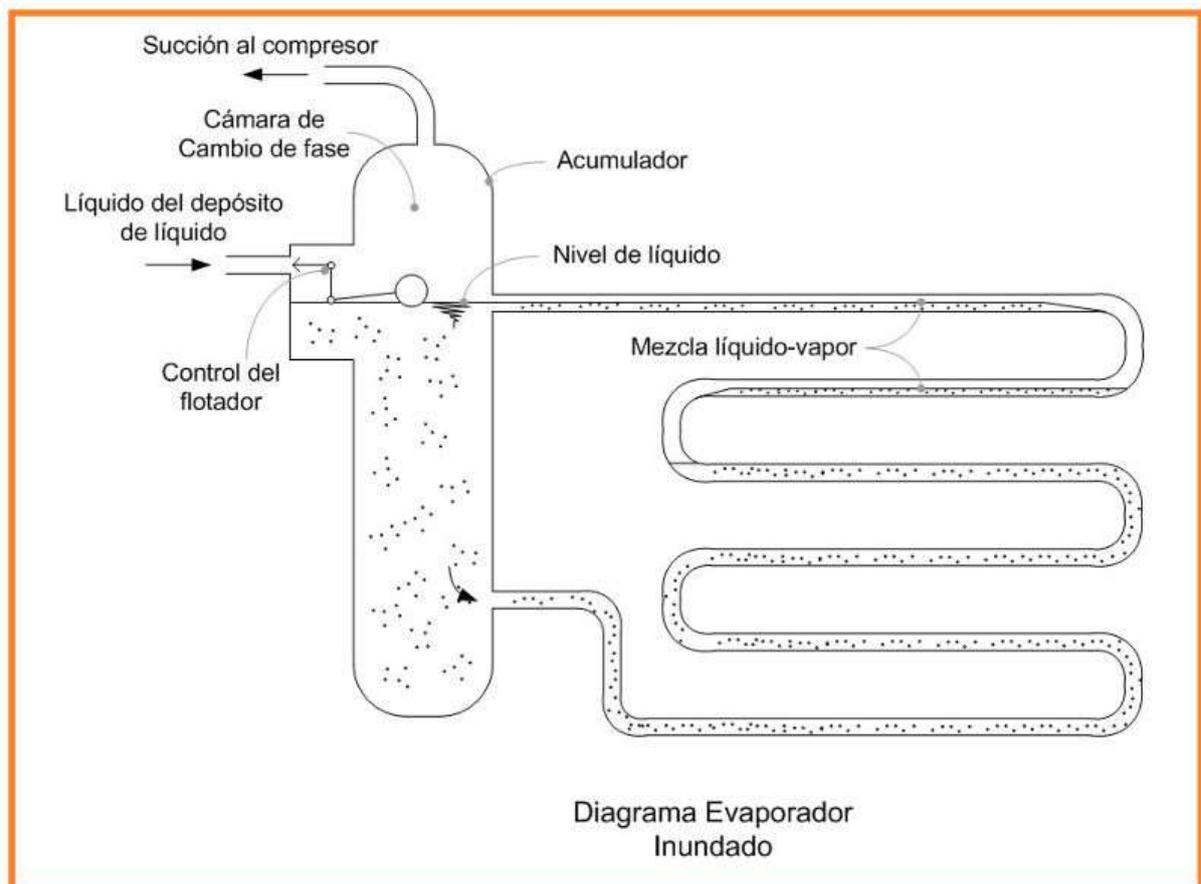


4.1.- Evaporadores inundados y de expansión seca.

Evaporadores inundados

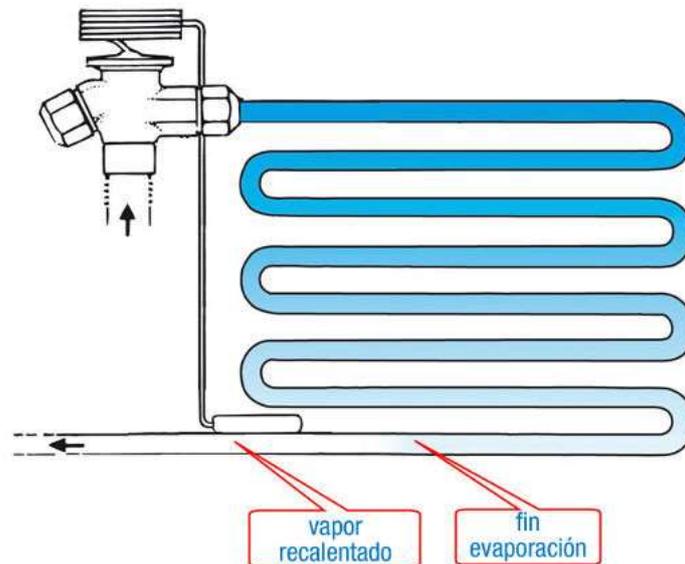
Los evaporadores inundados pueden tener distintas formas, pero todos se basan en el mismo principio, que consiste en un depósito, generalmente cilíndrico, donde se mantiene el nivel de líquido, por medio de una válvula de flotador (que ya hemos visto). Los vapores desprendidos por la evaporación llenan el espacio libre en la parte superior del depósito, que son aspirados por el compresor. El espacio libre entre la superficie del refrigerante y la parte alta del depósito, hace de separador de las gotas que puedan escaparse de la superficie, al estar en ebullición el refrigerante. De esta forma garantizamos que no se arrastra líquido refrigerante al compresor, y evitamos su deterioro.

Estos evaporadores son de gran rendimiento, al encontrarse toda la superficie bañada con el líquido refrigerante, y de esta forma el coeficiente de transmisión de calor tiene un valor elevado. Como inconveniente tiene que la carga de refrigerante es alta en el circuito y pueden existir problemas de retorno de aceite al compresor. La imagen siguiente muestra su funcionamiento:



Evaporadores de expansión seca

Los evaporadores de expansión directa o seca tienen una circulación continua de refrigerante desde la entrada, donde se halla principalmente en estado líquido, hasta la salida, en forma de vapor recalentado. Son los que has visto al estudiar el comportamiento de las válvulas termostáticas:



Estos tipos de evaporadores son más sencillos y son los más empleados, tienen menos carga de refrigerante y mejor retorno de aceite al compresor, pero necesitan de una mayor superficie de intercambio. Para garantizar que no llegue líquido al compresor, el refrigerante, en su recorrido por el interior de los tubos, se evapora antes de salir, y los vapores formados se van calentando con el líquido caliente que entra para enfriarse. El recalentamiento de los gases a la salida del enfriador suele ser de unos pocos grados, alrededor de 5 °C, aunque en las instalaciones frigoríficas con válvula de expansión electrónica este valor se puede reducir hasta 2 °C (ya sabemos que, de este modo aumenta el rendimiento).

Autoevaluación

1.- Los evaporadores de expansión seca son los más utilizados

Verdadero Falso

Verdadero

2.- En los evaporadores inundados se utiliza una válvula termostática

Verdadero Falso

Falso

Se utiliza una válvula de flotador

3.- Si queremos disminuir la temperatura de recalentamiento, una alternativa es colocar una válvula de expansión electrónica antes del evaporador

Verdadero Falso

Verdadero

4.2.- Otras clasificaciones de evaporadores.

Según circulación del aire

Circulación natural. El enfriamiento se obtiene por radiación y por convección natural del aire sobre el elemento refrigerante. Se utiliza cuando los productos a enfriar son de naturaleza delicada y no pueden estar sometidos a corrientes de aire. La circulación se hace por convección natural, el aire frío cae desde el evaporador y el caliente sube a ocupar su lugar. Se suele utilizar en cámaras positivas. Habitualmente llevan unas placas difusoras que actúan como protección y para direccionar el aire frío. Este tipo de evaporadores se conocen como evaporadores estáticos. En la foto puedes ver un evaporador con la placa difusora debajo.

Circulación forzada. Cuando se utilizan ventiladores para el movimiento del aire en el interior de los recintos que obligan a pasar entre los serpentines de tubo, nos encontramos ante evaporadores de circulación forzada, y son muy utilizados en grandes instalaciones. Los ventiladores se ocupan de mover el aire. Se suelen montar en una pared de la cámara y los ventiladores hacen que el aire llegue hasta la pared opuesta.



Natural



Forzada

Según la forma de los tubos

Tubos lisos. Los evaporadores de tubo liso son los más sencillos. Consisten en un tubo de cobre o de acero inoxidable por el que circula el refrigerante. Normalmente se utilizan para el enfriamiento de los líquidos en los que están sumergidos.

Tubos aleteados. La superficie de intercambio es escasa en los de tubo liso. Los intercambiadores que se utilizan para el enfriamiento del aire llevan unas aletas que aumentan considerablemente la superficie de los tubos. La unión entre la aleta y el tubo es muy importante para una buena transmisión del calor. También es importante la separación entre aletas, que puede ser entre 1 mm y 18 mm. Si las aletas están muy próximas aumenta mucho la superficie, con lo que puede instalarse un evaporador, pero antes se cegarán con el hielo que se acumula. Uno de los aspectos importantes de los evaporadores es la eliminación del hielo que se forma en la superficie de los mismos y que actúa de aislante. Por ello, como verás un poco más adelante tendremos que proceder a periodos de desescarche frecuentes.



Lisos



Aleteados

Para saber más

La wikipedia tiene un artículo dedicado a los evaporadores. Puedes encontrarlo en:

[El evaporador.](#)

4.3.- Condensación y desescarche.

¿Te has fijado que el frigorífico de tu casa reseca la comida? En los evaporadores la temperatura de los tubos es inferior al punto de rocío del aire circundante, por ello, en las cámaras positivas tendremos una condensación continua de agua que tendremos que evacuar de la cámara y en las negativas o congeladores se formará escarcha. Es decir, cuando la temperatura del serpentín del evaporador es inferior a 0 °C se produce la congelación del agua que queda adherida a los tubos y aletas formando sucesivas películas de hielo (escarcha) que dificultan la circulación del aire aumentando el consumo de los ventiladores, además de constituir un aislante pues reduce la transmitancia de los tubos del evaporador.

Por este motivo, la escarcha ha de ser eliminada. Existen cuatro sistemas de desescarche de evaporadores:

- ✓ **Desescarche por aire.** Consiste en interrumpir de forma periódica, la inyección de líquido al evaporador dejando en funcionamiento los ventiladores. Se trata de un método sencillo que no añade carga térmica adicional al recinto frigorífico y es un sistema económico.
- ✓ **Desescarche por resistencias eléctricas.** En este caso se instalan una serie de resistencias eléctricas intercaladas en la batería del evaporador y bandeja de desagüe. De forma periódica se interrumpe la inyección de líquido al evaporador parando los ventiladores y entrando en funcionamiento las resistencias durante un tiempo preestablecido suficiente para descongelar el hielo adherido a la batería. Se trata de un sistema económico y sencillo susceptible de ser utilizado en todo tipo de cámaras aunque tiene el inconveniente de necesitar resistencias de calidad para soportar las diferencias de temperaturas a que están sometidas, el consumo de energía eléctrica, que constituye una carga adicional para la cámara, la dificultad para conseguir una distribución uniforme de calor. Es el sistema más utilizado en pequeñas y medianas instalaciones.
- ✓ **Desescarche por gases calientes.** Con este sistema se aprovecha el calor de los vapores de descarga del compresor, enviándolos al evaporador durante el período de desescarche. Previamente al desescarche se interrumpe la inyección de líquido y se paran los ventiladores, inyectando los vapores procedentes de la descarga del compresor en el evaporador, donde se condensan a base de fundir el hielo. Con este sistema no se produce consumo alguno de energía suplementaria, ya que se trata de un calor que en otro caso se disiparía en el ambiente. Es un sistema muy efectivo, incluso arrastra el aceite que pueda encontrarse en el evaporador disminuyendo la transmitancia del mismo. Se trata de un sistema con alto coste de instalación, debido al número de válvulas que deben instalarse.
- ✓ **Desescarche por agua.** En este caso el evaporador está provisto de unas duchas de agua que periódicamente se ponen en funcionamiento, con la inyección de líquido interrumpida y el evaporador parado. Es un sistema simple de instalar y de operar, económico y que añade humedad al ambiente de la cámara. En cámaras de temperatura negativa su uso no es recomendable pues produce congelación en los difusores de agua. Se utiliza fundamentalmente en cámaras de temperatura positiva o alrededor de 0 °C, sobre todo cuando es importante mantener el grado de humedad relativa.

Reflexiona

No todas las máquinas frigoríficas se usan para enfriar alimentos o el aire. La condensación que se produce en el evaporador se utiliza en los deshumidificadores para eliminar la humedad del ambiente. El vapor de agua en el aire del local que queremos secar al pasar por el evaporador se condensa y se recoge en una bandeja.



Deshumidificador doméstico

4.4.- Selección de un evaporador enfriador de aire.

En la mayoría de los casos se plantea seleccionar un evaporador comercial desde un catálogo, aunque ya hemos visto que puede hacerse con herramientas de selección que ofrecen los fabricantes. En cualquiera de los casos, debemos partir de la potencia frigorífica requerida para cada cámara y decidir el tipo y número de evaporadores necesarios, normalmente por consideraciones dimensionales. Lógicamente la potencia requerida para cada evaporador será la potencia total dividida entre el número de evaporadores.

En primer lugar deberemos seleccionar la separación de aleta a fin de distanciar el número de ciclos de desescarche y evitando así que se bloqueen los evaporadores, conviene seleccionar evaporadores con amplia separación de aletas para bajas temperaturas. De este modo conseguimos menos acumulación de escarcha en los mismos, pero a costa de perder algo de potencia frigorífica disipada (evitable si aumentamos algo el tamaño del evaporador)

- ✓ Para aplicaciones a altas temperaturas se recomienda una separación entre 3 y 5 mm.
- ✓ Para bajas temperaturas entre 7 y 12 mm de separación.
- ✓ En túneles de congelación entre 15 y 18 mm de separación.

En los catálogos suele figurar la potencia frigorífica en función de la diferencia entre la temperatura de cámara y la de evaporación, aunque algún fabricante utiliza el Δt_m o diferencia logarítmica media. Se debe prestar especial atención este detalle para no cometer un error en la selección.

Serie GRM industrial		Rendimientos con R-404A					Paso Aletas 4,2 mm					[MODELO ...]	
Modelo GRM		2450	2600	3900	4600	4900	5500	6300	7500	4750	6350	7400	8500
Precio € Base Sin Desescarche		7.260	8.445	10.490	12.180	13.610	15.680	16.510	19.140	12.940	17.470	19.870	24.360
Capacidad Nominal	Tc=0°C Dt1=8K W	44.810	52.080	67.220	78.120	89.630	104.160	112.035	130.200	82.230	112.350	121.840	154.900
	Tc=+10°C Dt1=10K W	67.220	78.120	100.830	117.180	134.440	156.240	168.050	195.300	123.345	168.525	182.760	232.350
	Tc=-18°C Dt1=7K W	34.510	40.100	51.760	60.150	69.010	80.200	86.270	100.250	63.320	86.510	93.820	119.270
Superficie	m ²	259	346	389	518	518	690	647	863	621	828	1.035	1.294
Caudal Aire	m ³ /h	25.500	24.140	38.250	36.210	51.000	48.280	63.750	60.350	34.600	48.300	46.050	59.200
Proyección Aire	m	33	32	34	33	m 35	34	36	35	28	29	29	30
Ventiladores	Ø	630 mm					800 mm						

Serie GRB industrial		Rendimientos con R-404A					Paso Aletas 6 mm					[MODELO ...]	
Modelo GRB		1740	2300	3300	3850	4650	5200	5400	6500	4000	5450	6450	8100
Precio € Base Sin Desescarche		6.915	8.000	10.000	11.530	12.920	14.830	15.670	18.040	12.200	16.370	18.570	22.740
Capacidad Nominal	Tc=0°C Dt1=8K W	40.480	48.300	60.715	72.450	80.955	96.600	101.195	120.750	76.930	105.410	116.780	147.900
	Tc=+10°C Dt1=10K W	60.720	72.450	91.070	108.680	121.430	144.900	151.790	181.130	115.395	158.115	175.170	221.850
	Tc=-18°C Dt1=7K W	31.170	37.190	46.750	55.790	62.340	74.380	77.920	92.980	59.240	81.170	89.920	113.880
Superficie	m ²	187	249	280	373	373	497	466	622	447	596	745	932
Caudal Aire	m ³ /h	27.080	25.840	40.620	38.760	54.160	51.680	67.700	64.600	36.900	51.900	49.650	63.600
Proyección Aire	m	34	33	35	34	36	35	37	36	29	30	30	31
Ventiladores	Ø	630 mm					800 mm						

[Frimetal](#). Catálogo evaporadores (Copyright (permiso autor))

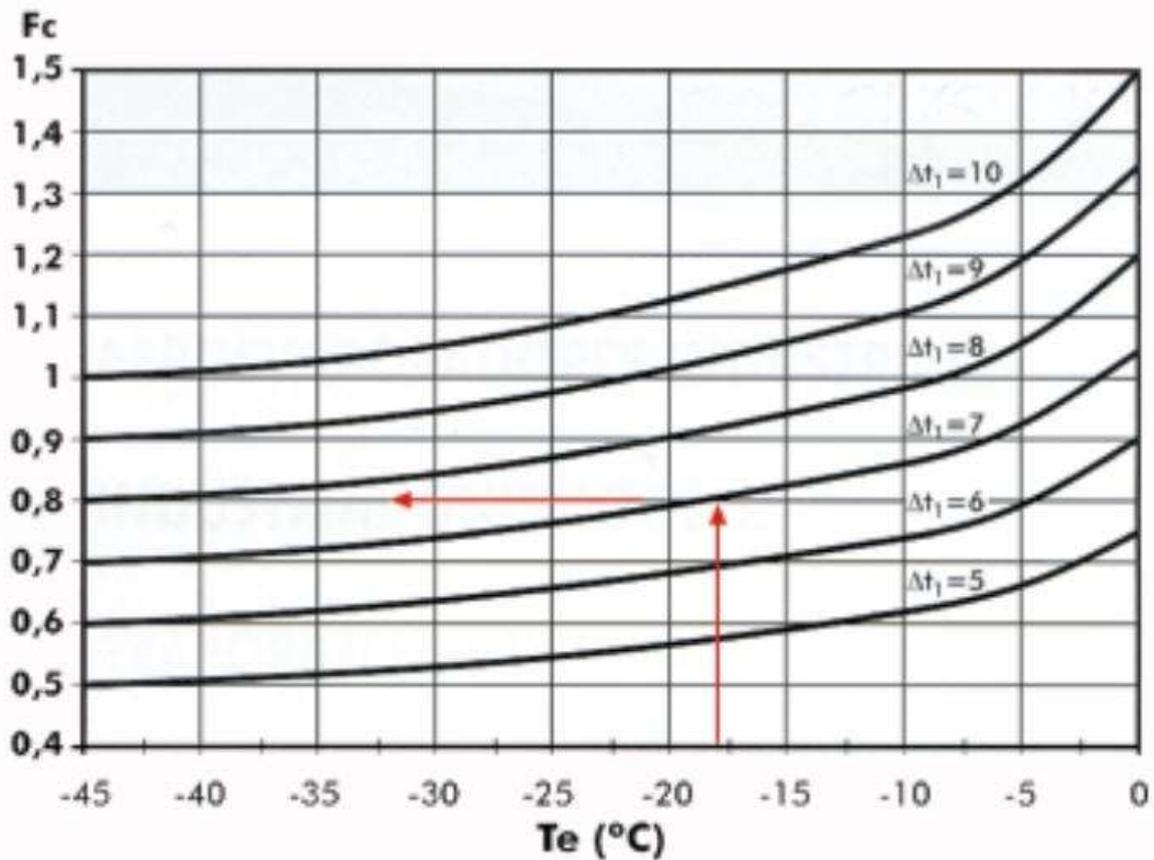
La elección de Δt , está en función de la humedad relativa requerida en la cámara, por lo que en función de la aplicación elegiremos el Δt adecuado. La humedad requerida viene determinada por el tipo producto a refrigerar. En el gráfico adjunto se obtiene el Δt a seleccionar, en función de la humedad relativa requerida en la cámara.



En algunos catálogos dan varios valores de Δt para una temperatura de la cámara. En otros casos se dan coeficientes correctores y en muchas ocasiones no nos dan más dato que un salto térmico a una determinada temperatura de la cámara (como es el caso del catálogo de más arriba). También deben tenerse en cuenta las condiciones de trabajo para las que se nos indica la capacidad, pues no es lo mismo la capacidad frigorífica con una batería limpia o con batería con escarchada. Los fabricantes suelen indicar un factor de corrección en función del número de desescarches diarios a realizar.

Otro aspecto a considerar es el caudal de aire, sobre todo en las cámaras de productos frescos debido a que caudales elevados darán lugar a pérdidas importantes de peso de género. Caudales escasos suponen baja homogeneidad de la temperatura en la cámara, evaporadores de mayor tamaño y mayor coste.

Para la selección de un evaporador tendrás que utilizar un catálogo de un fabricante en el que no suelen contemplarse todas las posibilidades de salto térmico y temperatura de evaporación, sino que utilizan de referencia un salto de, por ejemplo, 8 K y una temperatura de 0 °C. Para conocer la capacidad para otros valores hay que obtener un factor de corrección utilizando diagramas como el siguiente:



Capacidad = Capacidad condiciones de catálogo x factor de corrección. Por ejemplo, si tenemos un evaporador que da una capacidad frigorífica de 10 kW con un salto térmico del evaporador de 7 K y una temperatura en el evaporador de 0 °C, para saber su capacidad frigorífica con un salto de 7 K y una temperatura de -18 °C, multiplicaremos 10 kW por el factor 0,8. Por ello la capacidad del evaporador en estas últimas condiciones será de 8 kW.

Autoevaluación

1.- Se desea dimensionar un evaporador para una cámara frigorífica que funciona en las siguientes condiciones: $\Phi_0 = 8 \text{ kW}$, $t_0 = -40 \text{ °C}$ y se requiere de una humedad relativa del 65 %. ¿Cuál ha de ser el salto térmico?

- 11°C.
- 7 °C.

Correcta, ese habrá de ser el salto térmico.

No es correcta, vas a tener que poner más atención.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

2.- Para esas condiciones ¿Qué separación de aletas te parece más conveniente?

- 4 mm.
- 11 mm.
- 17 mm.

No es correcta, - 40 °C no es precisamente alta temperatura.

Correcta, esta separación se encuentra en el intervalo recomendado para este tipo de cámara.

No es cierto, esta separación estaría bien para túneles de congelación.

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto

3.- Si observamos el ejemplo de las tablas del catálogo de evaporadores, las dos diferencias esenciales entre evaporadores con separación de aletas de 4 mm y 6 mm, y relacionadas ambas, son las siguientes:

- Caudal de aire y capacidad de refrigeración
- Capacidad de refrigeración y salto térmico
- Superficie de disipación y tipo de refrigerante
- Ninguna de las anteriores respuestas es correcta

Incorrecto

Incorrecto

Incorrecto

La respuesta correcta es la superficie de disipación y la capacidad frigorífica. Al ser la separación de aletas de 4 mm hay muchas más aletas que en la separación de 6 mm. Por ejemplo, en 60 cm habría 100 aletas con una separación de 6 mm y 150 aletas con la separación de 4 mm. De hecho, si nos fijamos en los datos de superficie de disipación de la primera columna de la tabla, vemos unos valores de 259 m² y 187 m², que se aproximan a esta proporción. La diferencia, lógicamente, se debe a que en la superficie total de disipación de ambos modelos hay una superficie que es común y no depende del número de aletas (los tubos del serpentín).

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Opción correcta

Recomendación

Accede a sitios web de fabricantes de equipos para refrigeración y comprueba los datos que te ofrecen en los catálogos. Intenta interpretarlos y **lee la información** sobre los procedimientos de selección y recomendaciones. Observarás que este fabricante dispone de bastantes equipos útiles para los sistemas de refrigeración alimentaria.



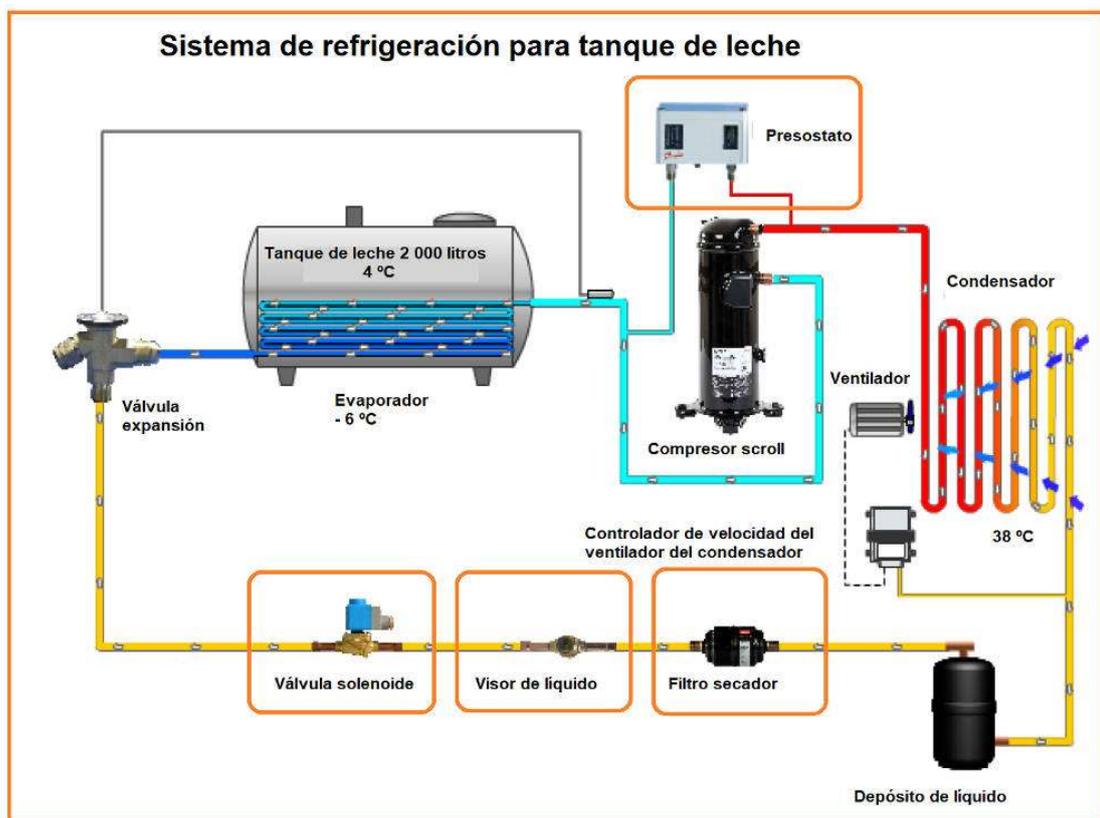


5.- Elementos auxiliares.

Caso práctico: son auxiliares pero imprescindibles

En la imagen puedes ver la **instalación completa del sistema de refrigeración del caso práctico del tanque de leche**, que estamos tratando a lo largo de la unidad. En esta instalación vemos los elementos principales que hemos seleccionado: compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión. Uniendo los cuatro elementos por medio de tuberías, podríamos formar un equipo frigorífico, pero no podría prestar el servicio para el cual habría sido diseñada. Para poder llevar la instalación a una realidad, es necesario incluir en ella una serie de elementos accesorios que puedan:

- ✓ Garantizar la seguridad del equipo.
- ✓ Garantizar el servicio.
- ✓ Automatizar el proceso de producción de frío.
- ✓ Permitir efectuar el control del funcionamiento.
- ✓ Permitir la realización de las operaciones de mantenimiento.



[Danfoss](#). Circuito frigorífico completo (Todos los derechos reservados)

Se incluyen los elementos de control, seguridad, medición, regulación, etc. No existen reglas fijas, más allá de unas pocas, para elegir unos accesorios determinados. Cada fabricante, al diseñar su equipo, emplea un determinado número de accesorios para optimizar el funcionamiento de sus equipos, ya

que los criterios en el diseño no coinciden con los de otros fabricantes, e incluso, del mismo fabricante para otro modelo. Por ello no es posible abarcar todos los posibles accesorios que se emplean en una instalación frigorífica, pero trataremos los que con más frecuencia se pueden encontrar en los equipos reales y, como **ejemplos de selección**, incluimos el **presostato** (que activa y desactiva el compresor cuando las presiones-temperaturas son las predeterminadas) la **válvula solenoide** (abre y cierra el paso del refrigerante antes de su entrada al evaporador), el **visor de líquido** (permite ver si circula el refrigerante y el grado de humedad que tiene) y el **filtro deshidratador** (elimina el agua que adquiere el refrigerante al cabo del tiempo).

Como en casos anteriores, haremos una selección rápida de estos cuatro componentes, con ayuda de Coolselector. Seguro que, después de ver el vídeo, te animas a seleccionar tú mismo una válvula de bola, un controlador de velocidad de ventiladores, un termostato, un separador de aceite o un regulador de presión para el evaporador o el condensador.

<https://www.youtube.com/embed/y9kejqsMgeI?amp;showinfo=0&rel=0>

Selección de equipos auxiliares

5.1.- Separador de aceite.

Has visto en el apartado de compresores la importancia que tiene una buena lubricación. Para garantizar que le llega lubricación a todos los puntos de engrase del compresor, se crea una superabundancia de aceite que, inevitablemente, se escapa del compresor con el refrigerante. El aceite es arrastrado por los gases comprimidos en forma de gotas muy finas que provienen del aceite contenido en el cárter. Para impedir o disminuir el arrastre de aceite con los gases comprimidos, en algunos casos se monta un **separador de aceite en la descarga del compresor** que cumpla las siguientes condiciones:

- ✓ Mantener un nivel de aceite conveniente dentro del cárter, con el fin de asegurar la lubricación de los órganos en movimiento.
- ✓ Suprimir o reducir la acumulación imprevista de aceite en determinados lugares del circuito frigorífico.
- ✓ Mantener, lo más baja posible, la concentración de aceite en el refrigerante para evitar las películas de aceite en las paredes del condensador y evaporador, y de esta forma mejorar la transferencia de calor.

La separación de aceite se puede efectuar por:

1. Cambios bruscos de dirección.
2. Reducción brusca de la velocidad.
3. Choques sobre las paredes.

La construcción interna del separador de aceite puede variar bastante. Sin embargo, el mecanismo de separación es sencillo: el gas caliente entra en el separador de aceite, y circula alrededor del depósito de aceite y pasa a través del filtro, donde se separa el aceite. El refrigerante limpio sale por la parte superior y el aceite se recoge en la parte inferior, donde se mantiene caliente por la acción de los gases entrantes. De esta manera el aceite se mantiene caliente con un porcentaje mínimo de refrigerante. Cuando el nivel de aceite en el depósito sube, la válvula de tipo flotador abre el paso para que el aceite vuelva al cárter del compresor, donde la presión es más baja.



Precauciones:

- ✔ Mantener limpio el orificio del flotador. Una obstrucción de éste impide que el aceite retorne al cárter y, si se mantiene abierto, el gas caliente de descarga pasaría al cárter.
- ✔ A veces en el fondo del depósito se coloca un imán permanente para recoger las impurezas metálicas que podrían dañar el funcionamiento del flotador. Se instala en la línea de descarga y tan cerca del compresor como sea posible.
- ✔ Un separador frío condensará el refrigerante, permitiendo el retorno de refrigerante líquido al cárter, lo que puede ocasionar daños en éste.

Por último, hay que señalar que además sirve como atenuante de las pulsaciones (salida a golpes debido al funcionamiento alternativo de los pistones) del gas procedente del compresor.

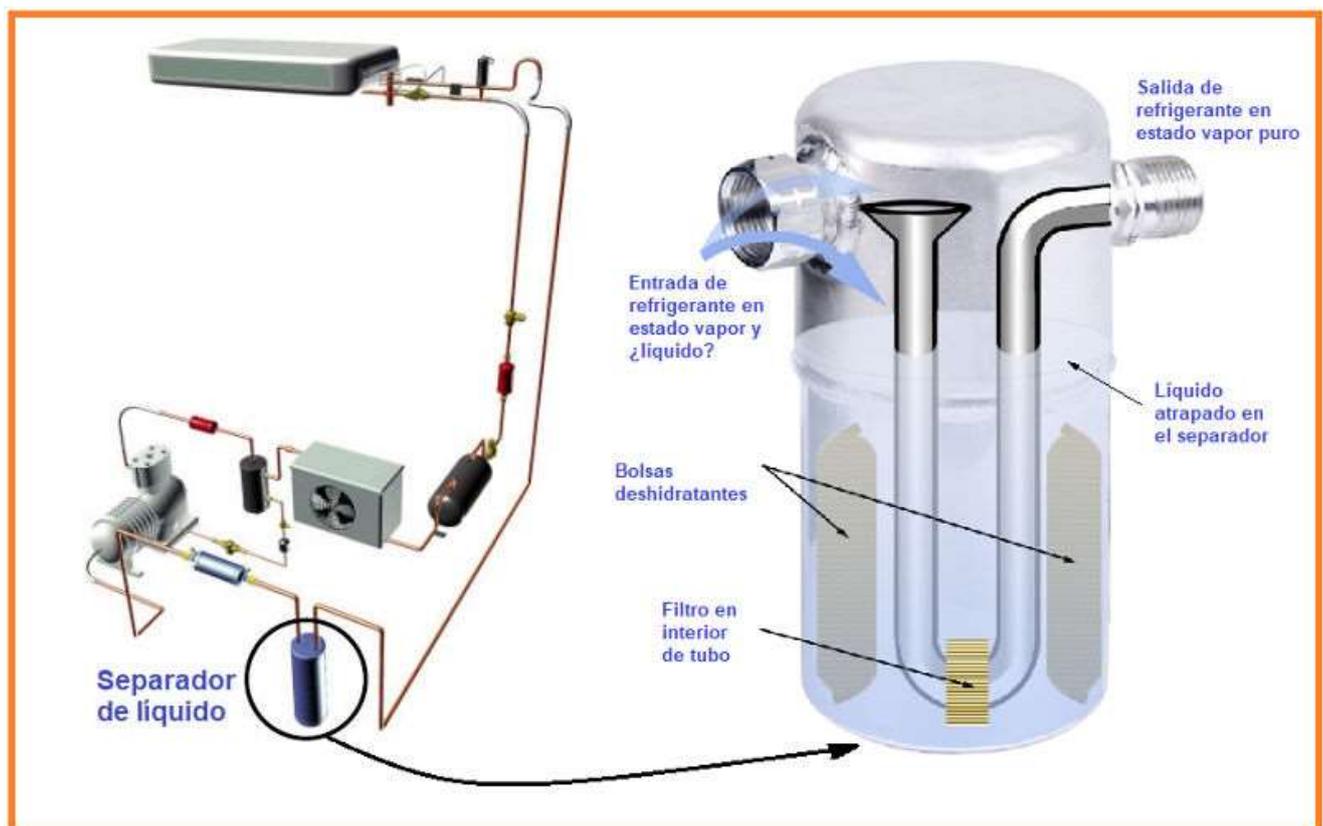
5.2.- Separador de líquido y recipiente de líquido.

Separador de líquido

Es un aparato simple que sirve para evitar que las gotas de refrigerante líquido lleguen al compresor. Cuando exista la posibilidad de una brusca variación de la carga térmica y el sistema de expansión no sea capaz de responder a estos cambios, el refrigerante líquido puede no evaporarse totalmente en el evaporador y puede llegar al compresor.

A fin de evitar esa llegada de líquido hasta el compresor, a veces, **se instala en la tubería de aspiración (antes del compresor)** un recipiente que, por pérdida de velocidad y cambio de dirección, permite separar las gotas de líquido arrastradas, asegurando que lleguen únicamente vapores secos al compresor. Las dimensiones del separador de líquido, deben estar correctamente calculadas para evitar que se llenen de líquido. También debe organizarse el retorno de aceite, debido a que el separador de líquido es una trampa de líquido y, por tanto, también es una trampa para el aceite.

En la siguiente imagen puedes ver su posición en el circuito frigorífico.



[Danfoss](#). Separador de líquido (Todos los derechos reservados)

Recipiente de líquido.

En muchas instalaciones, la carga térmica es muy variable, y es la válvula de expansión la que regula el flujo de refrigerante que llega al evaporador. Por ello, se hace necesario dotar al sistema de un depósito de almacenamiento en el que pueda acumularse el refrigerante, hasta que se vuelva a necesitar otra vez por un aumento de la carga térmica en el evaporador y, en consecuencia, se abra un poco más el paso de líquido por la válvula de expansión, para que llegue al evaporador la cantidad necesaria.

Este depósito recibe el nombre de recipiente de líquido, o "calderín" en instalaciones pequeñas. **Se monta en la línea de líquido a la salida del condensador y antes de la válvula de expansión.** El recipiente también se emplea para almacenar el refrigerante de la instalación y así proceder a su reparación sin tener que "tirar" el refrigerante. Por eso, al recipiente se le dota de válvulas manuales que lo aíslan del resto de la instalación una vez acumulado todo el refrigerante en el recipiente. Tal y como se ve en la imagen, pueden construirse tanto en horizontal como en vertical.



5.3.- Intercambiador de calor

La función de un intercambiador de calor es absorber el calor del refrigerante líquido, que está caliente y a alta presión, y transmitirlo al gas aspiración que está más frío y a baja presión. Consiste generalmente en dos tubos concéntricos; el gas circula por el tubo interior y el líquido por el exterior. Gracias al contacto metálico entre tubo y tubo, el gas toma calor y se recalienta, y el líquido es subenfriado.

Podría parecer que con esto se aumenta la eficiencia del ciclo por haber realizado un subenfriamiento del líquido, pero no es así, ya que en los métodos tradicionales el subenfriamiento se produce en el condensador, eliminando el calor fuera del sistema (aire o agua), mientras que en este caso se hace dentro de él. La mayor utilidad sería para el recalentamiento antes del compresor y garantizar que no llegue golpe de líquido al compresor.

Los intercambiadores deben montarse de forma que el vapor y el líquido circulen a contra corriente. Normalmente **se monta entre el evaporador y el compresor**. También se suele montar un separador de líquido, explicado en el apartado anterior, con un serpentín de líquido en su interior, con lo que conseguimos las dos funciones a la vez.



[Danfoss](#). Intercambiador interno (Copyright (permiso autor))

5.4.- Visor de líquido y filtro secador.

Visor de líquido.

Sirve para efectuar el control rápido de las condiciones de refrigerante líquido, la regularidad del flujo y la ausencia de humedad. Además permite efectuar la inspección del retorno de aceite al cárter del compresor. **Se suele montar en la línea de líquido después del filtro secador.** Si todo está normal, se verá a través del vidrio, completamente lleno de líquido, el refrigerante que pasa por su interior. Si se aprecia la presencia de burbujas, puede indicar que hay una evaporación parcial, o falta de carga de refrigerante. En caso de evaporación parcial hay que comprobar si hay una obstrucción al paso del líquido, o comprobar si el filtro secador está sucio.



[Danfoss](#). Visor de líquido (Todos los derechos reservados)

Para el control de humedad, el visor está provisto de un elemento sensible, cuyo color varía en presencia de humedad en la instalación. Se verá verde cuando la humedad está dentro de los valores permitidos, y amarillo cuando supera esos valores. En este caso es indispensable cambiar el filtro secador. Para hacer estas comprobaciones, la instalación tiene que estar en marcha y funcionando por lo menos un par de horas.

Filtro deshidratador

El interior del sistema de refrigeración debe de estar limpio y seco, para asegurar su funcionamiento óptimo. De entre los contaminantes que pueden provocar inconvenientes

muy serios, **la humedad** tiene especial importancia y su presencia se puede deber a distintas **causas**:

- ✓ Su introducción durante la fabricación del equipo.
- ✓ El insuficiente grado de vacío antes de la carga de gas.
- ✓ El llenado de aceite que haya tenido contacto con la humedad ambiente.
- ✓ El haber abierto el sistema para realizar reparaciones.
- ✓ Las recargas con refrigerantes no secos.



[Danfoss](#). Filtro deshidratador/secador (Todos los derechos reservados)

La humedad en el sistema de refrigeración puede provocar varios **problemas**:

- ✓ Obstrucción de los dispositivos de expansión, debido a la formación de hielo, con lo cual la regulación se hace imposible y puede producir graves averías.
- ✓ La solubilidad del agua en los gases refrigerantes en fase líquida es muy reducida y, cuando excede de esos valores, el exceso de agua se convierte en hielo.
- ✓ La corrosión en piezas metálicas.
- ✓ La descomposición del aceite con formación de ácidos que se produce a altas temperaturas (descarga del compresor) que reaccionan con los metales formando lodos, que dificultan la lubricación del compresor obstruyendo válvulas y filtros.
- ✓ La formación de ácidos en el refrigerante, especialmente el fluorhídrico, atacan las superficies metálicas formando sales cristalinas que se adhieren a las superficies de los intercambiadores (condensadores y evaporadores) dificultando la transmisión de calor y deteriorando los bobinados de los motores eléctricos de los compresores herméticos y semiherméticos.

Por lo expuesto, se deduce la importancia de instalar un eficaz filtro deshidratador en una instalación frigorífica. Este **se coloca antes del visor de líquido y con válvulas de bola a ambos lados** para poder sustituirlo sin vaciar el refrigerante del circuito.

El filtro secador debe cambiarse cada vez que se detecte humedad o que la caída de presión es elevada (se detecta con la mano por la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida) y cada vez que se cambia alguno de los elementos principales del sistema.

5.5.- Válvulas de seguridad, cierre, auxiliares y otras

Seguridad Servicio Cierre Carga Retención Solenoide

Válvula de 4 vías

Seguridad

Son dispositivos diseñados para impedir la elevación excesiva de presión del refrigerante. La reglamentación vigente exige la instalación de las válvulas de seguridad de "escape conducido" en los recipientes a presión del circuito frigorífico. La presión de tarado depende del refrigerante utilizado y debe ser 0,5 kg/cm² superior al punto de corte del presostato de alta.

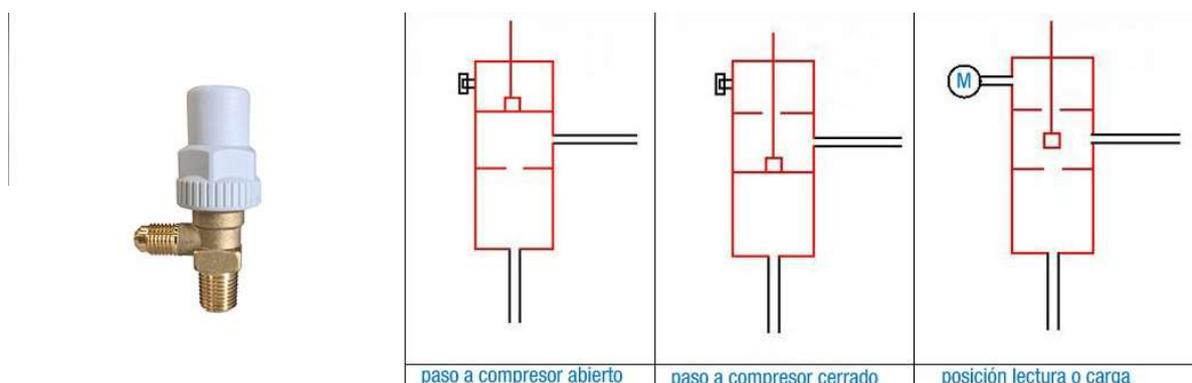
Algunas veces, en instalaciones pequeñas se montan tapones fusibles en vez de válvulas de seguridad, que consisten en un tapón para tubo, en el cual hay un orificio, que se rellena con una aleación de metal, diseñado especialmente para fundirse a una temperatura determinada. La temperatura de fusión del metal del tapón sensible depende de la relación presión-temperatura del refrigerante empleado en el sistema. La diferencia es que con el tapón de fusión se provoca la pérdida total de la carga de refrigerante cuando salta y, con la válvula de seguridad, solamente se libera el exceso de presión.



Servicio

Se instalan a la entrada y salida del compresor (aspiración y descarga). Son válvulas de tres pasos que permiten la retirada del compresor de la instalación para su reparación, reteniendo el refrigerante en el circuito. También permiten realizar las mediciones de presión en el lado de alta y baja presión, conectando un manómetro. Estas mismas conexiones permiten el ajuste de la carga de refrigerante, evacuando o añadiendo el refrigerante necesario.

En las figuras se puede apreciar en esquema la construcción y funcionamiento de una válvula de servicio de tres pasos. El obturador, de dos extremos cónicos puede ser mantenido contra cualquiera de los dos asientos opuestos, o entre los dos, para que no esté en contacto con ninguno.



Válvula de servicio

La apertura A va unida con el cárter del compresor, tanto en el lado de aspiración como en el lado de descarga. La apertura B conecta con la tubería de la instalación, tanto en la aspiración como en la descarga. La apertura C puede ser utilizada, tanto para medir presiones con un manómetro, como para añadir o quitar refrigerante. Salvo en las operaciones de servicio, la apertura C debe de estar cerrada e instalarse además un tapón roscado hermético.

Cierre

Se emplean para poder aislar algún componente del equipo frigorífico y deben de ser totalmente herméticas, tanto entre los dos lados de la válvula, como entre el interior y el exterior. Se fabrican en paso recto o de ángulo. Pueden ser de membrana, de asiento o globo, de bola, etc. Las válvulas de carga pueden

instalarse tanto en el lado de alta como en el lado de baja presión. Las roscas exteriores de las tomas de carga están protegidas por un tapón que impide cualquier fuga, en caso de que la llave no hubiese cerrado correctamente.



[Danfoss](#). Válvulas de cierre (Todos los derechos reservados)

Carga

En lo equipos pequeños, las llaves de carga que se emplean son del "tipo obús", semejantes a las válvulas de hinchar los neumáticos de los automóviles.



Válvula de carga

Retención

Su función es permitir el flujo del fluido en un sentido e impedirlo en el sentido contrario. Se emplea poco, por ejemplo en los arranques de los compresores por medio de un bay-pass exterior. Con este arranque, primeramente se comunica la aspiración con la descarga para igualar presiones y después se arranca el compresor. En la descarga del compresor, se instala una válvula de retención para impedir que todo el gas de descarga pase a la aspiración. También se emplean en inversiones de ciclo y en desescarches por gas caliente.



[Danfoss](#). Válvula retención (Todos los derechos reservados)

Solenoide

Estas válvulas son similares, en su concepto y empleo, a las válvulas de cierre manual, pero poseen cierre electromagnético, lo que permite automatizar su funcionamiento. Cuando le llega corriente a la bobina, se convierte en un electroimán y el obturador sube, dejando paso libre al refrigerante.

Existen dos tipos:

- ✓ Las N.C. (normalmente cerradas), que cuando no les llega corriente, la válvula está cerrada.
- ✓ Las N.A. (normalmente abiertas), que cuando no les llega corriente, la válvula está abierta, permitiendo el paso del fluido.

En las instalaciones frigoríficas, generalmente se emplean las N.C.



[Danfoss](#). Válvula solenoide (Todos los derechos reservados)

Válvula de 4 vías

La válvula de cuatro vías se utiliza en aplicaciones reversibles, como las bombas de calor o unidades de aire acondicionado y enfriadores reversibles. La válvula de 4 vías permite una inversión del ciclo de refrigeración, cambiando de modo de refrigeración en verano a modo de calefacción en invierno.

La inversión de ciclo se inicia con una válvula de solenoide piloto, que acciona el movimiento de un control deslizante, que cambia la dirección del refrigerante. La válvula está conectada a las tuberías de descarga y de aspiración.

La válvula se compone de tres partes básicas:

- ✓ Válvula piloto.
- ✓ Cuerpo de la válvula principal, incluyendo la válvula de corredera.
- ✓ Bobina.

El control deslizante de la válvula de 4 vías se desplaza por cambios de presión diferencial en la válvula desencadenados por la acción de la válvula piloto.



Válvula de cuatro vías

Para saber más

https://www.youtube.com/embed/r8n1_6qmsKQ?amp;showinfo=0&rel=0

Funcionamiento de válvula de 4 vías

5.6.- Termostatos.

Los termostatos son dispositivos para regular o mantener el valor de la temperatura de un ambiente frío entre dos límites prefijados, lo más próxima posible a la temperatura real que se desee conseguir. Todos los aparatos tienen un diferencial (diferencia de temperaturas entre arranque y paro). Por ejemplo, si se quiere mantener un local a +3 °C, con un diferencial de 2 °C, el sistema parará a 3 °C y arrancará cuando alcance 5 °C.

Todo termostato debe incluir:

- ✓ Un órgano de detección de la temperatura (termómetro).
- ✓ Un órgano de mando, que es el interruptor eléctrico, que manda arrancar o parar.
- ✓ Un artilugio mecánico, que enlace la detección con el mando.

El órgano detector, puede ser:

- ✓ La dilatación de un metal.
- ✓ La dilatación de un fluido.
- ✓ Por la dilatación de dos metales (bimetálico).
- ✓ Por la modificación del valor de una resistencia.

En los dos primeros, la dilatación del metal o del líquido con el calor, provoca la apertura del circuito eléctrico, en calefacción, o el cierre del circuito eléctrico en refrigeración.

Los bimetálicos se basan en la dilatación de dos metales de distinto coeficiente de dilatación soldados entre sí. Van en espiral, y la ruptura o separación brusca de los contactos eléctricos, a menudo se lleva a cabo gracias a la fuerza de tracción de un imán sobre una masa de hierro dulce.

En los que se basan en la dilatación de un fluido, el órgano detector se compone de un bulbo sumergido en el medio en que deseamos regular la temperatura. Este bulbo está sujeto al fuelle colocado bajo la cubierta del termostato. El conjunto se halla a la presión del fluido con que está cargado el bulbo y se comporta de forma idéntica al "tren termostático" de una válvula de expansión termostática. A toda variación de temperatura del bulbo, corresponde la variación de la presión del fluido, que produce la correspondiente deformación del fuelle. Estas deformaciones se equilibran por la acción del resorte de regulación que tiende a oponerse. Las deformaciones del fuelle se transmiten al órgano de mando a través del dispositivo de enlace mecánico.

Los termostatos mediante una sonda, además de la sonda misma disponen de una línea de enlace con el módulo control y el propio módulo de control. Pueden llevar uno o varios puntos de consigna, o con zona neutra, e incluso permitir funciones de enfriamiento o de calefacción. Las sondas pueden ser:

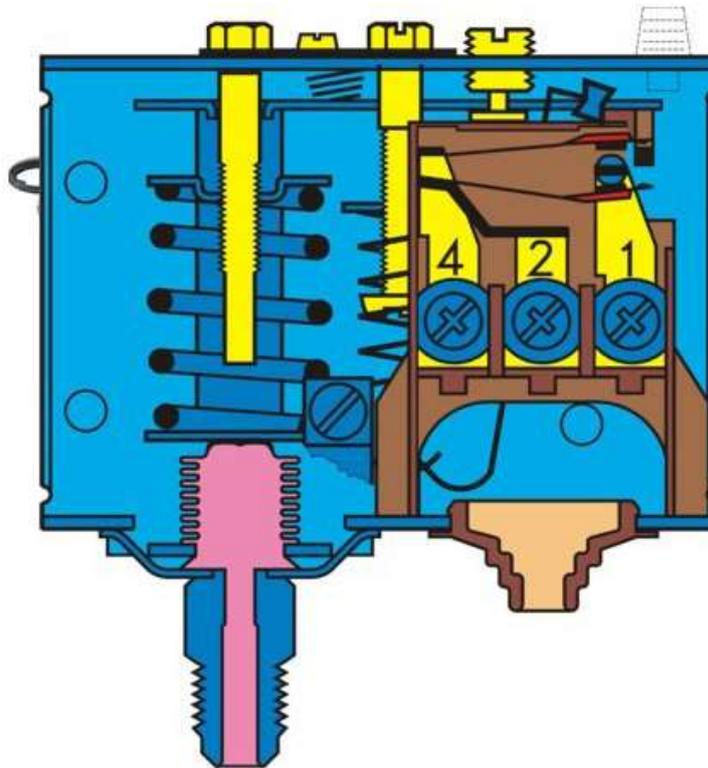
- ✓ De resistencia Ni o Pt100 (100 Ω a 0°C).
- ✓ De termistores. PTC o NTC (CTP - Coeficiente de temperatura positiva o CTN - Coeficiente de Temperatura Negativa)
- ✓ De termopar (para temperaturas elevadas).



[Danfoss](#). *Distintos tipos de termostatos* (Todos los derechos reservados)

5.7.- Presostatos.

Con los presostatos se controlan las dos presiones del circuito, la de alta y la de baja. Son elementos de ruptura de un circuito eléctrico, semejante a un termostato de bulbo, con la diferencia de ir accionado por la presión de un fluido, en nuestro caso de la presión del refrigerante. Por lo tanto, los elementos internos son similares a los de un termostato. El dispositivo de ruptura puede ser mecánico o magnético. El órgano sensible (fuelle) se conecta al tubo de donde deseamos controlar la presión, por medio de un tubo de poco diámetro, a fin de que las pulsaciones del compresor, no provoquen el endurecimiento prematuro del fuelle.



[Danfoss](#). Esquema funcional de un presostato

El presostato de baja es el responsable de parar el compresor antes de que éste llegue a hacer el vacío en la instalación.

Este presostato está formado por dos escalas:

- ✓ La principal o gama que es la escala de arranque.
- ✓ El diferencial, que es la que restada la principal nos da la presión de paro.

Las escalas son orientativas y se han de comprobar con el manómetro. La presión de arranque a la cual debe arrancar el compresor será la correspondiente a la temperatura que requerida en el recinto que se va a enfriar. De lo contrario, si es inferior tendremos falsas arrancadas y si es superior el compresor no arrancará hasta que la temperatura de la cámara no sea elevada. La presión de parada será normalmente entre 0 y 0,1 bar.

Por ejemplo, para que un compresor arranque a 1,5 bar y pare a 0,1 bar, se regula:

- ✓ Principal: 1,5 bar.
- ✓ Diferencial: 1,4 bar.

El rearme de la mayoría de estos presostatos es manual. El diferencial en algunos modelos no es regulable y viene fijado a 3 bar. Todos los presostatos tienen una estrangulación para evitar golpes de presión en el fuelle.

El presostato de alta es un elemento de seguridad que tiene la función de parar la instalación cuando la presión de ésta es excesiva.

La escala principal es de parada y suele poner "STOP". El diferencial es de arranque.

Por ejemplo, si queremos que el compresor pare a 20 bar y vuelva arrancar a 15 bar, tendremos que configurarlo con:

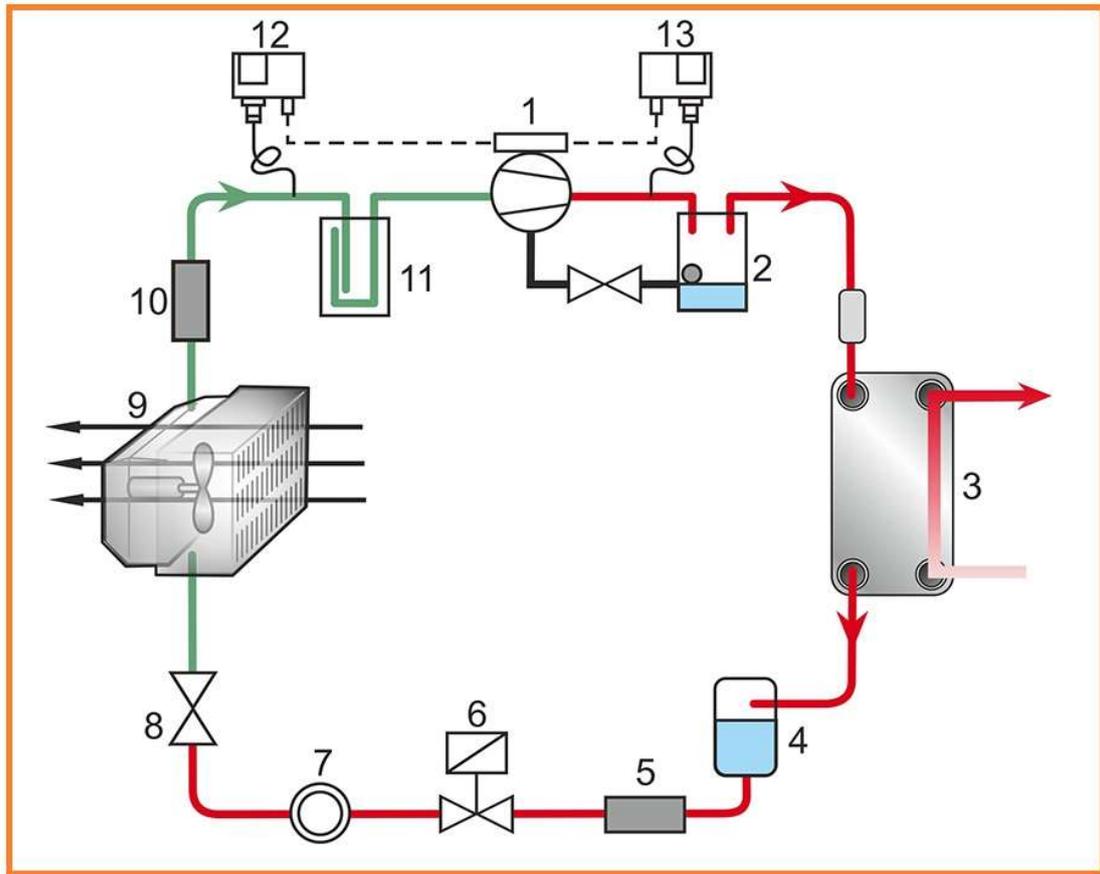
- ✓ Principal: 20 bar.
- ✓ Diferencial: 5 bar.

El rearme de la mayoría de estos presostatos es manual. El diferencial en algunos modelos no es regulable y viene fijado a 3bar.



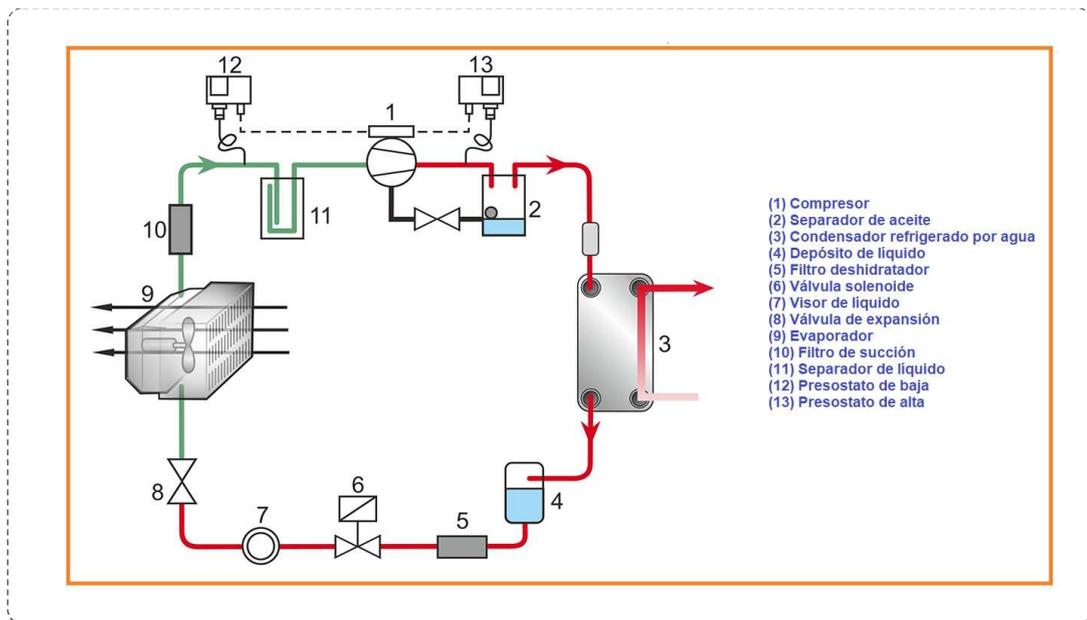
Ejercicio Resuelto

Partiendo del siguiente esquema de una instalación frigorífica, indica el nombre de cada uno de los componentes numerados.



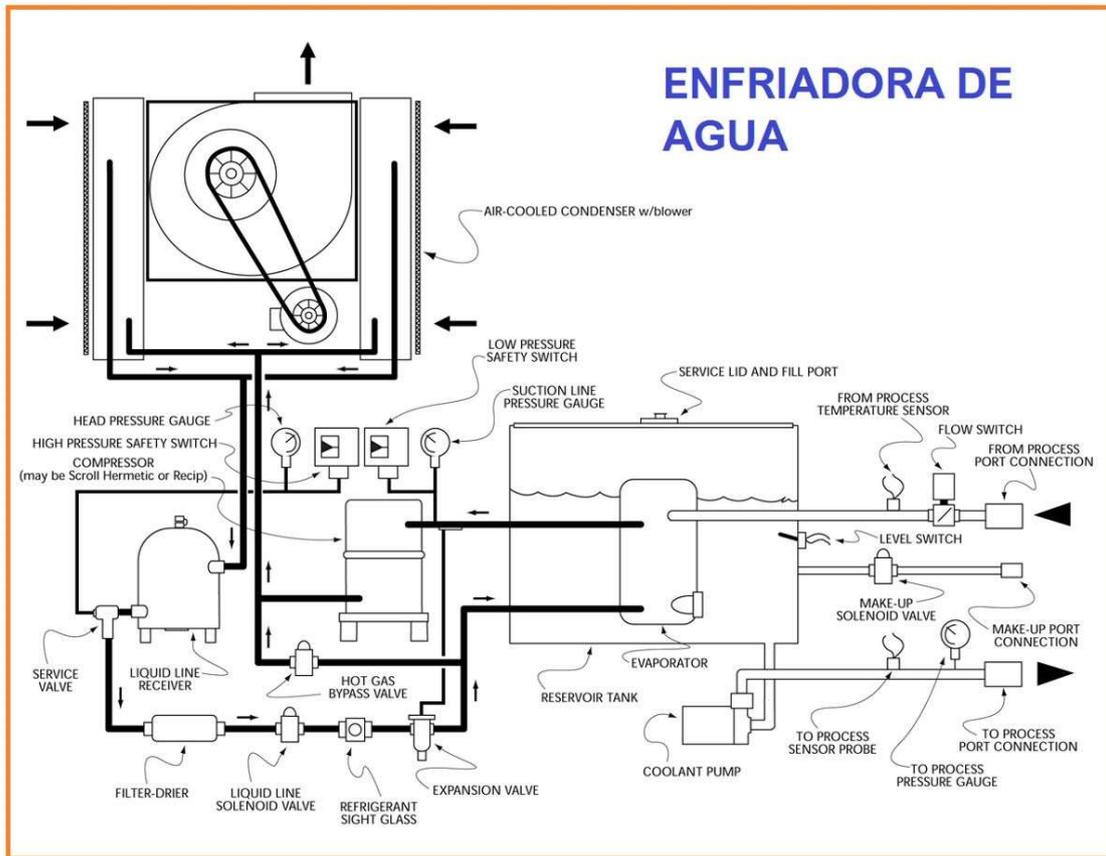
Esquema de una enfridora

Mostrar retroalimentación



Ejercicio Para Resolver

Analiza el siguiente circuito y traduce todos los términos



[Advantage engineering](#). Circuito de una enfriadora (Todos los derechos reservados)

Mostrar retroalimentación

Prácticamente todo lo necesario para entender este circuito ha sido visto en la unidad. Las pequeñas dudas que tengas, intenta resolverlas de forma lógica o pregúntaselas a tu profesor/a tutor/a.