

2011

UNIDAD 1 PRINCIPIOS DE REFRIGERACION

INGENIERIA ELECTROMECHANICA

MATERIA: REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO
CATEDRATICO: ING. JOSE L. BETANZOS GUTIERREZ

TRABAJO: INVESTIGACION DE LA UNIDAD 1: PRINCIPIOS DE
REFRIGERACION

ENTREGA: RODOLFO IVAN TORRES GOMEZ
SEMESTRE: SEPTIMO
NUMERO DE CONTROL: 08230709



SEP



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



OBJETIVO GENERAL DEL CURSO.

Aplicara los conocimientos de refrigeración y aire acondicionado en la elaboración de cálculos de carga para la selección, instalación, operación, mantenimiento y control de estos sistemas.

OBJETIVO EDUCACIONAL.

El estudiante conocerá el funcionamiento del ciclo básico de refrigeración e identificara y describirá los componentes del mismo.

TEMARIO DE LA UNIDAD 1

UNIDAD 1 PRINCIPIOS DE REFRIGERACION

1.1 DEFINICION Y APLICACIONES

1.2 CICLO MECANICO DE REFRIGERACION

1.3 CICLO CARNOT DE REFRIGERACION

1.4 REFRIGERANTES, LUBRICANTES, TUBERIAS Y ACCESORIOS

1.5 DIAGRAMA DE PRESION – ENTALPIA

1.6 REFRIGERACION POR ABSORCION



Introducción

La refrigeración es el proceso de conservación por tratamiento físico, que consiste en mantener un alimento o producto en buenas condiciones de temperatura (de -3°C a 5°C) para disminuir o inactivar microorganismos en reproducción. La reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo.

La refrigeración, aplicación médica, industrial, y doméstica de todo tipo depende de los sistemas de refrigeración.

Durante la década de los 90 casi todos los países firmaron y consecuentemente ratificaron el Protocolo de Montreal de san Ignacio y sus correcciones posteriores. Este acuerdo incluye una escala de tiempo estricto para la desaparición de refrigerantes que atacan el ozono y requiere el uso provisional hasta su sustitución por refrigerantes que no dañen el ozono. Este cambio resultó en el aumento de la variedad de refrigerantes de uso común existentes de 3 a 4 veces mayor y en la necesidad de asegurarse de que las prácticas de los ingenieros sean muy exigentes.

La firma del Acuerdo de Kioto hace que aumente la necesidad de las prácticas ya que muchos de los sistemas de refrigeración y de aire acondicionado usan una considerable cantidad de energía y por lo tanto contribuyen ya sea directa o indirectamente al calentamiento global.

La gama de aparatos de refrigeración para la enseñanza y software de ordenador de la empresa ha sido diseñada para enseñar a los estudiantes los principios básicos de la refrigeración, para así asegurarse de que la próxima generación de ingenieros sea capaz de comprender y contribuir a los cambios fundamentales que están ahora dándose lugar en la industria de la refrigeración.



UNIDAD 1: PRINCIPIOS DE REFRIGERACION

1.1 DEFINICION Y APLICACIONES

¿Qué es refrigeración?

Refrigeración, proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable.

El almacenamiento refrigerado de alimento perecederos, pieles, productos farmacéuticos y otros se conoce como almacenamiento en frío. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente. El uso de hielo de origen natural o artificial como refrigerante estaba muy extendido hasta poco antes de la I Guerra Mundial, cuando aparecieron los refrigeradores mecánicos y eléctricos. La eficacia del hielo como refrigerante es debida a que tiene una temperatura de fusión de 0 °C y para fundirse tiene que absorber una cantidad de calor equivalente a 333,1 kJ/kg. La presencia de una sal en el hielo reduce en varios grados el punto de fusión del mismo. Los alimentos que se mantienen a esta temperatura o ligeramente por encima de ella pueden conservarse durante más tiempo. El dióxido de carbono sólido, conocido como hielo seco o nieve carbónica, también se usa como refrigerante.

Termodinámica

La Termodinámica es una rama de la ciencia que trata sobre la acción mecánica del calor. Hay ciertos principios fundamentales de la naturaleza, llamados Leyes Termodinámicas, que rigen nuestra existencia aquí en la tierra, varios de los cuales son básicos para el estudio de la refrigeración. La primera y la más importante de estas leyes dice: La energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede transformarse de un tipo de energía en otro.

Calor

El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de calor; por ejemplo, la energía mecánica que opera una rueda causa fricción y crea calor. Calor es frecuentemente definido como energía en tránsito, porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos cálidos a los cuerpos fríos. La mayor parte del calor en la tierra se deriva de las radiaciones del sol. Una cuchara sumergida en agua helada pierde su calor y se enfría; una cuchara sumergida en café caliente absorbe el calor del café y se calienta. Sin embargo, las palabras "más caliente" y "más frío", son sólo términos comparativos.

Existe calor a cualquier temperatura arriba de cero absolutos, incluso en cantidades extremadamente pequeñas.



Cero absoluto es el término usado por los científicos para describir la temperatura más baja que teóricamente es posible lograr, en la cual no existe calor, y que es de -2730C , o sea -4600F . La temperatura más fría que podemos sentir en la tierra es mucho más alta en comparación con esta base.

Transmisión de Calor

La segunda ley importante de la termodinámica es aquella según la cual el calor siempre viaja del cuerpo más cálido al cuerpo más frío. El grado de transmisión es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos.

El calor puede viajar en tres diferentes formas: Radiación, Conducción y Convección. Radiación es la transmisión de calor por ondas similares a las ondas de luz y a las ondas de radio; un ejemplo de radiación es la transmisión de energía solar a la tierra.

Una persona puede sentir el impacto de las ondas de calor, moviéndose de la sombra a la luz del sol, aun cuando la temperatura del aire a su alrededor sea idéntica en ambos lugares. Hay poca radiación a bajas temperaturas, también cuando la diferencia de temperaturas entre los cuerpos es pequeña, por lo tanto, la radiación tiene poca importancia en el proceso de refrigeración. Sin embargo, la radiación al espacio o al de un producto refrigerado por agentes exteriores, particularmente el sol, puede ser un factor importante en la carga de refrigeración. Conducción es el flujo de calor a través de una sustancia. Para que haya transmisión de calor entre dos cuerpos en esta forma, se requiere contacto físico real. La Conducción es una forma de transmisión de calor sumamente eficiente. Cualquier mecánico que ha tocado una pieza de metal caliente puede atestiguarlo. Convección es el flujo de calor por medio de un fluido, que puede ser un gas o un líquido, generalmente agua o aire. El aire puede ser calentado en un horno y después descargado en el cuarto donde se encuentran los objetos que deben ser calentados por convección.

La aplicación típica de refrigeración es una combinación de los tres procesos citados anteriormente. La transmisión de calor no puede tener lugar sin que exista una diferencia de temperatura.

Temperatura

La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. En algunos países, la temperatura se mide en Grados Fahrenheit, pero en nuestro país, y generalmente en el resto del mundo, se usa la escala de Grados Centígrados, algunas veces llamada Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar. Al nivel del mar, el agua se congela a 0°C o a 32°F y hierve a 100°C o a 212°F .



En la escala Fahrenheit, la diferencia de temperatura entre estos dos puntos está dividida en 180 incrementos de igual magnitud llamados grados Fahrenheit, mientras que en la escala Centígrados, la diferencia de temperatura está dividida en 100 incrementos iguales llamados grados Centígrados.



Figura 1: Refrigeración

Aplicaciones

Las aplicaciones de la refrigeración son entre muchas:

- La Climatización, para alcanzar un grado de confort térmico adecuado para la habitabilidad de un edificio.



- La Conservación de alimentos, medicamentos u otros productos que se degraden con el calor. Como por ejemplo la producción de hielo o nieve, la mejor conservación de órganos en medicina o el transporte de alimentos perecederos.
- Los Procesos industriales que requieren reducir la temperatura de maquinarias o materiales para su correcto desarrollo. Algunos ejemplos son el mecanizado, la fabricación de plásticos, la producción de energía nuclear.
- La Criogénesis o enfriamiento a muy bajas temperaturas' empleada para licuar algunos gases o para algunas investigaciones científicas.
- Motores de combustión interna: en la zona de las paredes de los cilindros y en las culatas de los motores se producen temperaturas muy altas que es necesario refrigerar mediante un circuito cerrado donde una bomba envía el líquido refrigerante a las galerías que hay en el bloque motor y la culata y de allí pasa un radiador de enfriamiento y un depósito de compensación. el líquido refrigerante que se utiliza es agua destilada con unos aditivos que rebajan sensiblemente el punto de congelación para preservar al motor de sufrir averías cuando se producen temperaturas bajo cero.
- Máquinas-herramientas: las máquinas herramientas también llevan incorporado un circuito de refrigeración y lubricación para bombear el líquido refrigerante que utilizan que se llama taladrina o aceite de corte sobre el filo de la herramienta para evitar un calentamiento excesivo que la pudiese deteriorar rápidamente.



Figura 2: Aplicaciones de climatización de áreas industriales.



1.2 CICLO MECANICO DE REFRIGERACION

En la figura 3 se superponen un esquema de un sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier para destacar la correlación que existe entre ambos cuando se identifican los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los cuatro componentes principales de un sistema de refrigeración con los puntos característicos que identifican cada uno de los pasos en el diagrama de Mollier.

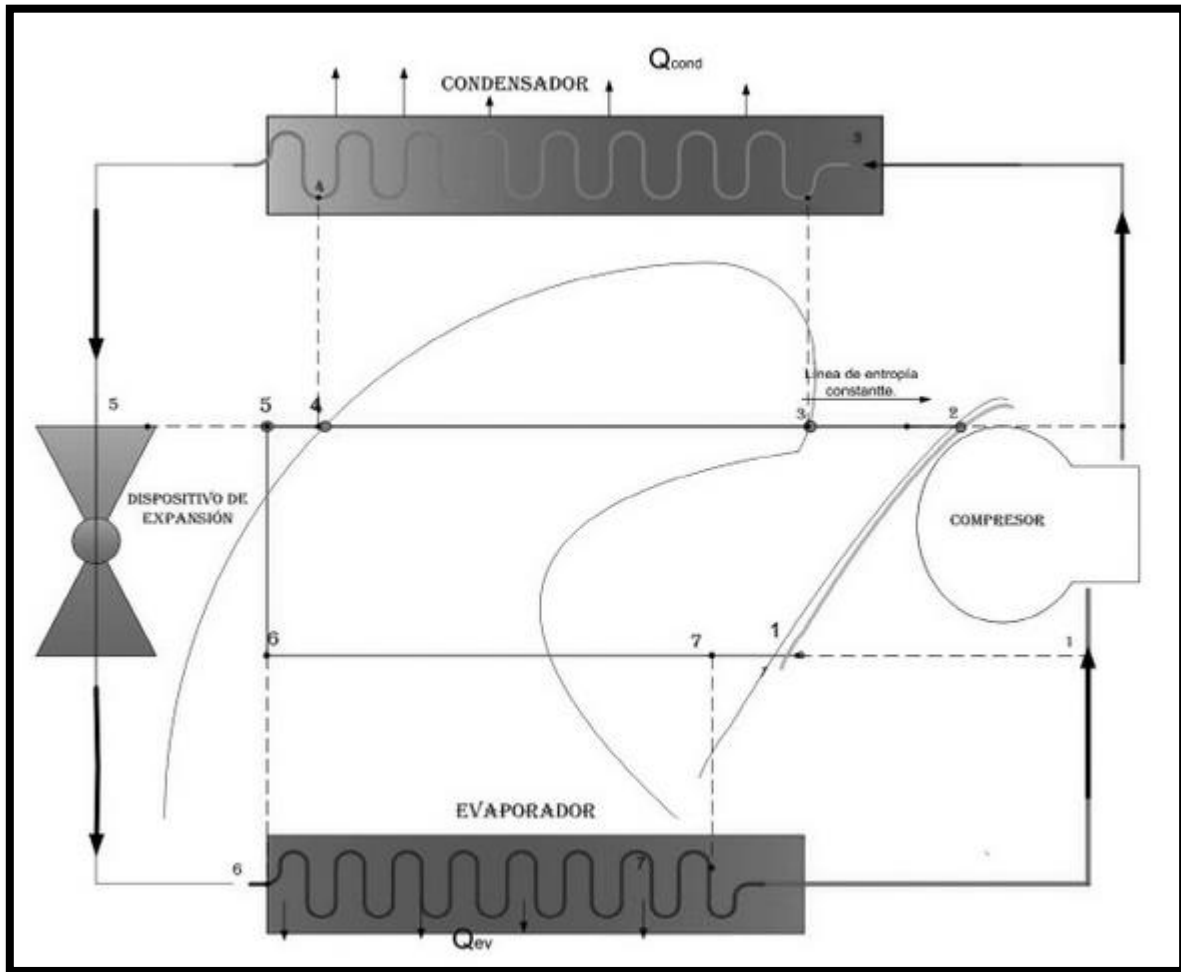


Figura 3: Diagrama de un ciclo básico de refrigeración



Debemos recordar que el objeto de un proceso de refrigeración es extraer calor de los, de los materiales: alimentos, bebidas, gases y de cualquier otro material que deseemos enfriar, valiéndonos de los principios de la física como del comportamiento de los fluidos y materiales desarrollados durante el avance de la tecnología.

Como su nombre, ciclo, lo indica, se trata de un proceso cerrado en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente.

Dentro del ciclo de refrigeración y basado en la presión de operación se puede dividir el sistema en dos partes:

- Lado de alta presión: parte del sistema que esta bajo la presión del condensador.
- Lado de baja presión: parte del sistema que esta bajo la presión del evaporador.

Lado de alta presión

Compresor:

(1-2) **Comprime** el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.

Condensador:

(3-4) **extrae** el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento. Para condensadores enfriados por aire, puede decirse que la temperatura del refrigerante en un condensador debe estar 15K por encima de la temperatura promedio del aire alrededor de este (**temperatura del condensador = temperatura ambiente+ 15°C**).

Dispositivo de expansión:

(5-6) es el elemento que **estrangula el flujo** del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño en relación a su longitud capilar.



Lado de baja presión

Evaporador: (6-7) suministra calor al vapor de refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar.

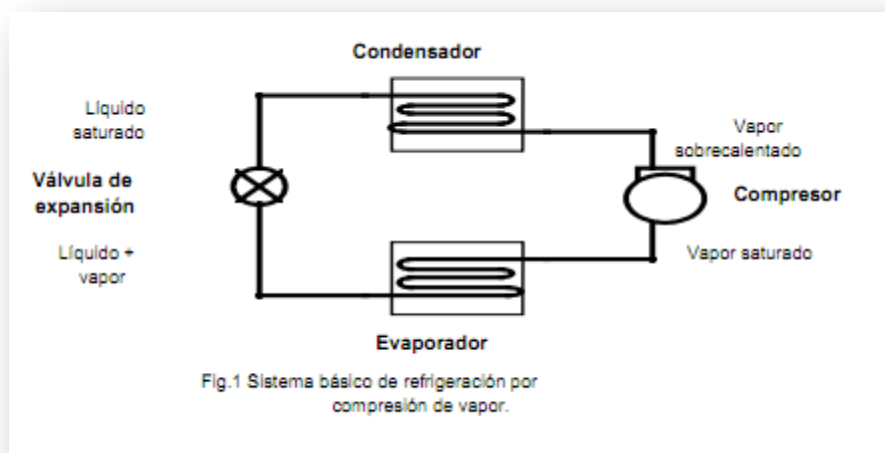
El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de el, evitando el peligroso efecto de entrada de liquido al compresor, que puede observarse como presencia de escarcha en la sección, lo cual prácticamente representa una condición que tarde o temprano provocara su falla.

Cumpliendo el ciclo, el sistema se cierra nuevamente al succionar el refrigerante el compresor en condiciones de gas sobrecalentado.

1.3 CICLO CARNOT DE REFRIGERACIÓN

En el ciclo de Carnot todos los procesos son reversibles. Ningún otro ciclo puede tener una mayor eficiencia que el ciclo de Carnot. El ciclo de Carnot se puede definir como el criterio de perfección para un sistema mecánico de refrigeración. El coeficiente de operación para el ciclo de refrigeración de una máquina de Carnot, se puede calcular como:

$$c.o.p. = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$



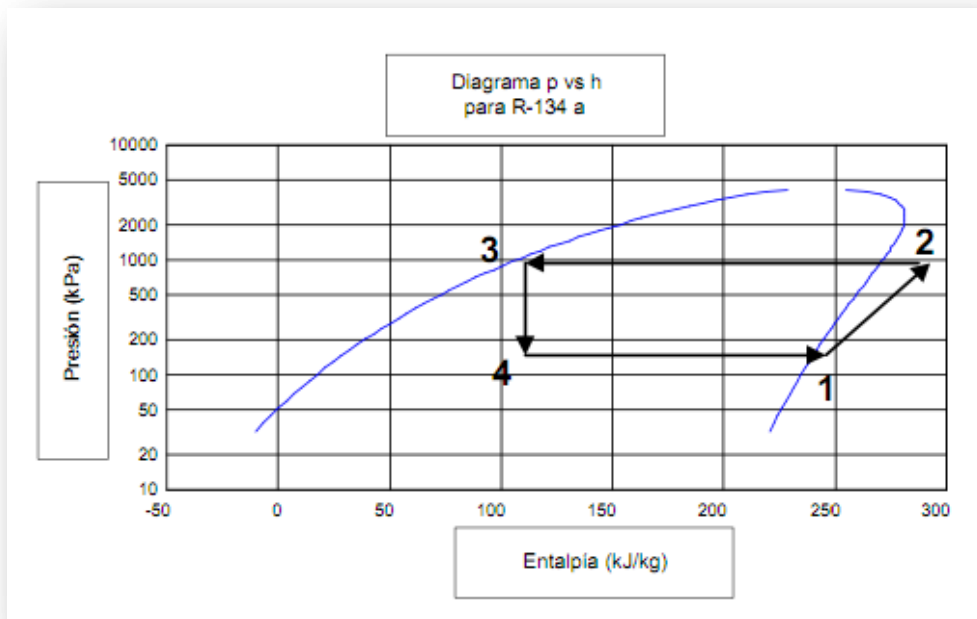
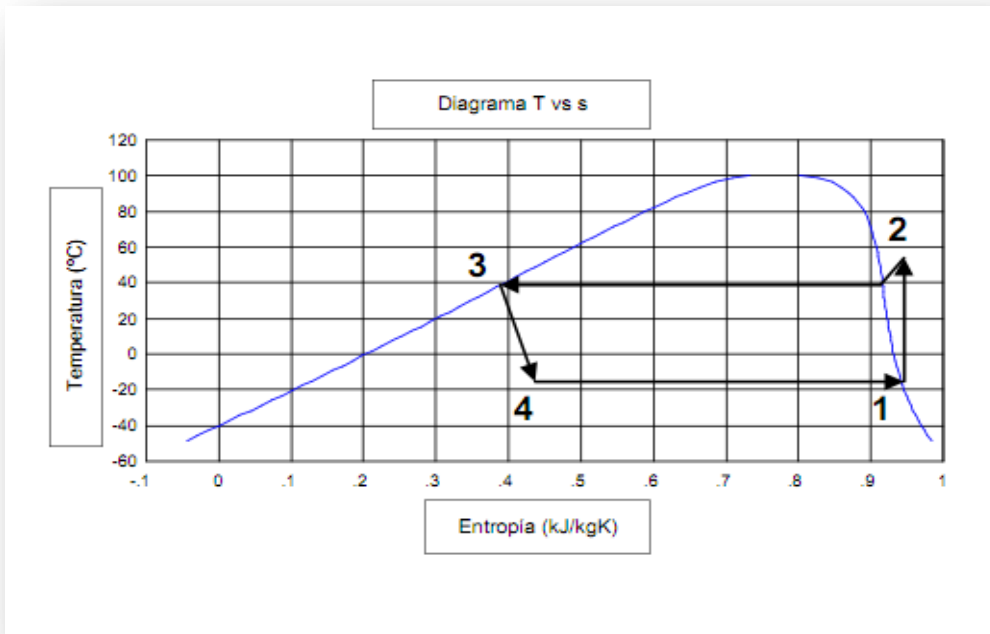


Fig. 4: Diagramas (T vs s) y (P vs h) para el ciclo de refrigeración.



El ciclo de Carnot se produce cuando una máquina trabaja absorbiendo una cantidad de calor Q_1 de la fuente de alta temperatura y cede un calor Q_2 a la de baja temperatura produciendo un trabajo sobre el exterior. El rendimiento viene definido, como en todo ciclo, por

$$\eta = \frac{W_{util}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Es mayor que cualquier máquina que funcione cíclicamente entre las mismas fuentes de temperatura. Una máquina térmica que realiza este ciclo se denomina máquina de Carnot.

El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas: dos procesos isotermos (a temperatura constante) y dos adiabáticos (aislados térmicamente). Las aplicaciones del Primer principio de la termodinámica están escritas acorde con el Criterio de signos termodinámico.

Expansión isoterma: (proceso $1 \rightarrow 2$ en el diagrama) Se parte de una situación en que el gas se encuentra al mínimo volumen del ciclo y a temperatura T_1 de la fuente caliente. En este estado se transfiere calor al cilindro desde la fuente de temperatura T_1 , haciendo que el gas se expanda. Al expandirse, el gas tiende a enfriarse, pero absorbe calor de T_1 y mantiene su temperatura constante. Al tratarse de un gas ideal, al no cambiar la temperatura tampoco lo hace su energía interna, y despreciando los cambios en la energía potencial y la cinética, a partir de la 1ª ley de la termodinámica vemos que todo el calor transferido es convertido en trabajo:

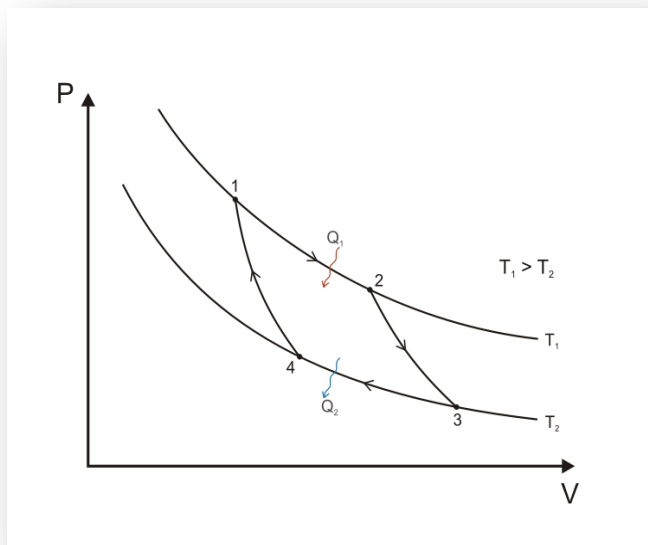


Fig. 5: Diagrama del ciclo de Carnot en función de la presión y el volumen.



Expansión adiabática: (2 → 3) La expansión isoterma termina en un punto tal que el resto de la expansión pueda realizarse sin intercambio de calor. A partir de aquí el sistema se aísla térmicamente, con lo que no hay transferencia de calor con el exterior. Esta expansión adiabática hace que el gas se enfríe hasta alcanzar exactamente la temperatura T_2 en el momento en que el gas alcanza su volumen máximo. Al enfriarse disminuye su energía interna, con lo que utilizando un razonamiento análogo al anterior proceso:

$$Q_{23} = 0 ; U_{23} < 0 \implies U_{23} = -W_{23} \implies W_{23} > 0$$

Esta vez, al no haber transferencia de calor, la entropía se mantiene constante: $S_{23} = 0$

Compresión isoterma: (3 → 4) Se pone en contacto con el sistema la fuente de calor de temperatura T_2 y el gas comienza a comprimirse, pero no aumenta su temperatura porque va cediendo calor a la fuente fría. Al no cambiar la temperatura tampoco lo hace la energía interna, y la cesión de calor implica que hay que hacer un trabajo sobre el sistema:

$$Q_{34} < 0 ; U_{34} = 0 \implies 0 = U_{34} = Q_{34} - W_{34} \implies W_{34} = Q_{34} \implies W_{34} < 0$$

Al ser el calor negativo, la entropía disminuye:

$$S_{34} = \frac{Q_{34}}{T_2} < 0$$

Compresión adiabática: (4 → 1) Aislado térmicamente, el sistema evoluciona comprimiéndose y aumentando su temperatura hasta el estado inicial. La energía interna aumenta y el calor es nulo, habiendo que comunicar un trabajo al sistema:

$$Q_{41} = 0 ; U_{41} > 0 \implies U_{41} = -W_{41} \implies W_{41} < 0$$

Al ser un proceso adiabático, no hay transferencia de calor, por lo tanto la entropía no varía: $S_{41} = 0$

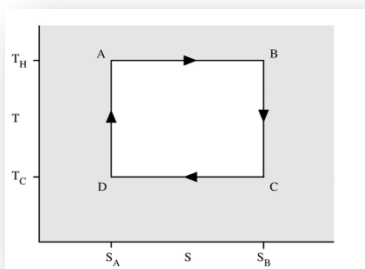


Fig. 6: Diagrama del ciclo de Carnot en función de la temperatura y la entropía.



1.4 REFRIGERANTES, LUBRICANTES, TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Un **refrigerante** es un producto químico líquido o gas, fácilmente licuable, que se utiliza para servir de medio transmisor de calor entre otros dos en una máquina térmica, y concretamente en aparatos de refrigeración. Los principales usos son los refrigeradores y los acondicionadores de aire.



(Fig. 7: Refrigerante R-134a)

Características de los refrigerantes.

- Punto de congelación. Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.
- Calor específico. Debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- Volumen específico.- El volumen específico debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión
- Densidad. Deben de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- La temperatura de condensación, a la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- La temperatura de ebullición, relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.
- Punto crítico lo más elevado posible.
- No deben ser líquidos inflamables, corrosivos ni tóxicos.
- Dado que deben interaccionar con el lubricante del compresor, deben ser miscibles en fase líquida y no nociva con el aceite.



- Los refrigerantes, se aprovechan en muchos sistemas para refrigerar también el motor del compresor, normalmente un motor eléctrico, por lo que deben ser buenos dieléctricos, es decir, tener una baja conductividad eléctrica.

Tipos

- Los inorgánicos, como el agua o el NH_3 : Amoníaco
- Los de origen orgánico(hidrocarburos y derivados):
- Los CFC's, Clorofluorocarbonos, perjudiciales para la capa de ozono
- Los HCFC's.Hidroclorofluorocarbonados
- Los HFC's.
- Los HC: Hidrocarburos (alcanos y alquenos)
- Las mezclas, azeotrópicas o no azeotrópicas.

Los refrigerantes comúnmente más usados

- El agua.
- El amoníaco o R717.
- El Glicol
- R11.
- R12.
- R22.
- R23.
- R32.
- R123.
- R124.
- R134a.
- R502.
- R407C.
- R410A.
- R507.
- R517.



(Fig.8: Tipos de refrigerantes)



Lubricantes

Aunque los aceites sintéticos para refrigeración, existen desde hace más de 25 años, en nuestro país han tenido un uso muy limitado. Los aceites sintéticos tienen características muy superiores a los minerales. A diferencia de los aceites minerales, los cuales son productos destilados directamente del petróleo crudo, los aceites sintéticos se obtienen a partir de reacciones químicas específicas. Por esta razón, su calidad no depende de la calidad de ningún petróleo crudo, y su composición es consistente todo el tiempo, ya que los componentes son siempre iguales. De lo anterior, se desprende que los aceites sintéticos, son lubricantes que se podría decir que están "hechos a la medida", ya que estos materiales pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades de una aplicación particular. En el caso de los aceites sintéticos para refrigeración, estos materiales se fabrican enfatizando las propiedades de miscibilidad con los refrigerantes, resistencia a bajas y a altas temperaturas, excelente poder lubricante, 100% libres de cera. Existen varios tipos de aceites sintéticos, pero los que mejor resultado dan en refrigeración son los de polialquilenglicol (PAG) y los de poliol éster (POE). En la actualidad, con la desaparición de algunos refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC's), y la aparición de sus sustitutos, es necesario el uso de aceites sintéticos, ya que algunos de estos nuevos refrigerantes como el R-134a, no son miscibles con los aceites minerales nafténicos ni aromáticos. El R-134a inclusive, ha mostrado poca solubilidad con los aceites sintéticos de alquilbenceno; en cambio, ha mostrado buena solubilidad con los lubricantes de éster, de los cuales hay varios tipos. Por otra parte, los lubricantes sintéticos de PAG, no son compatibles con los clorofluorocarbonos (CFC's), como el R-12. Específicamente, el cloro contenido en estos refrigerantes, puede reaccionar con el aceite sintético y causarle una degradación.

Requerimientos del aceite para refrigeración

El conocimiento de las características de los aceites para refrigeración, incumbe principalmente a los fabricantes de equipo. Sin embargo, es importante para los técnicos y mecánicos en refrigeración, comprender los principios básicos de selección de aceites, para que puedan resolver los problemas que pudieran resultar, por no usar los aceites adecuados en las instalaciones de refrigeración.

Un buen aceite para refrigeración debe reunir las cualidades que a continuación se enlistan.

1. Mantener su viscosidad a altas temperaturas.
2. Mantener buena fluidez a bajas temperaturas.
3. Ser miscible con los refrigerantes a las temperaturas de trabajo.
4. Tener buena (alta) capacidad dieléctrica.
5. No tener materia en suspensión.
6. No debe contener ácidos corrosivos o compuestos de azufre.
7. No formar depósitos de cera (flóculos) a las bajas temperaturas del sistema.
8. No dejar depósitos de carbón al entrar en contacto con superficies calientes dentro del sistema.



9. No contener humedad.

10. No formar espuma.

11. Ser química y térmicamente estable en presencia de refrigerantes, metales, aislamientos, empaques, oxígeno, humedad y otros contaminantes. Tal aceite para refrigeración sería perfecto para todos los sistemas, pero no existe. Por lo tanto, se seleccionará el aceite que más se acerque a estas propiedades y que cubra las necesidades específicas del sistema.

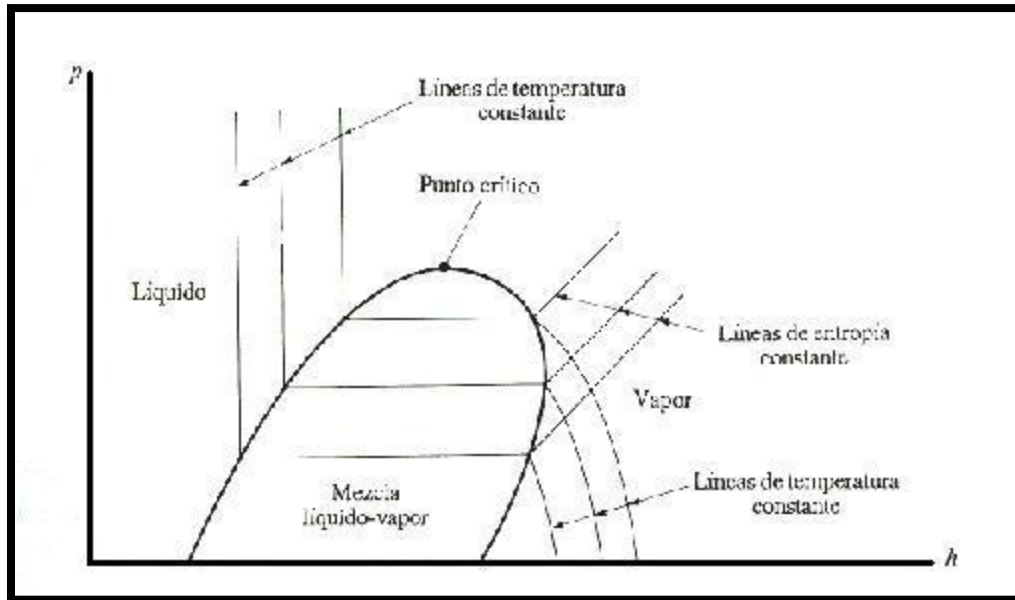


Fig. 9: Algunos accesorios para refrigeración



1.5 DIAGRAMA DE PRESIÓN-ENTALPIA

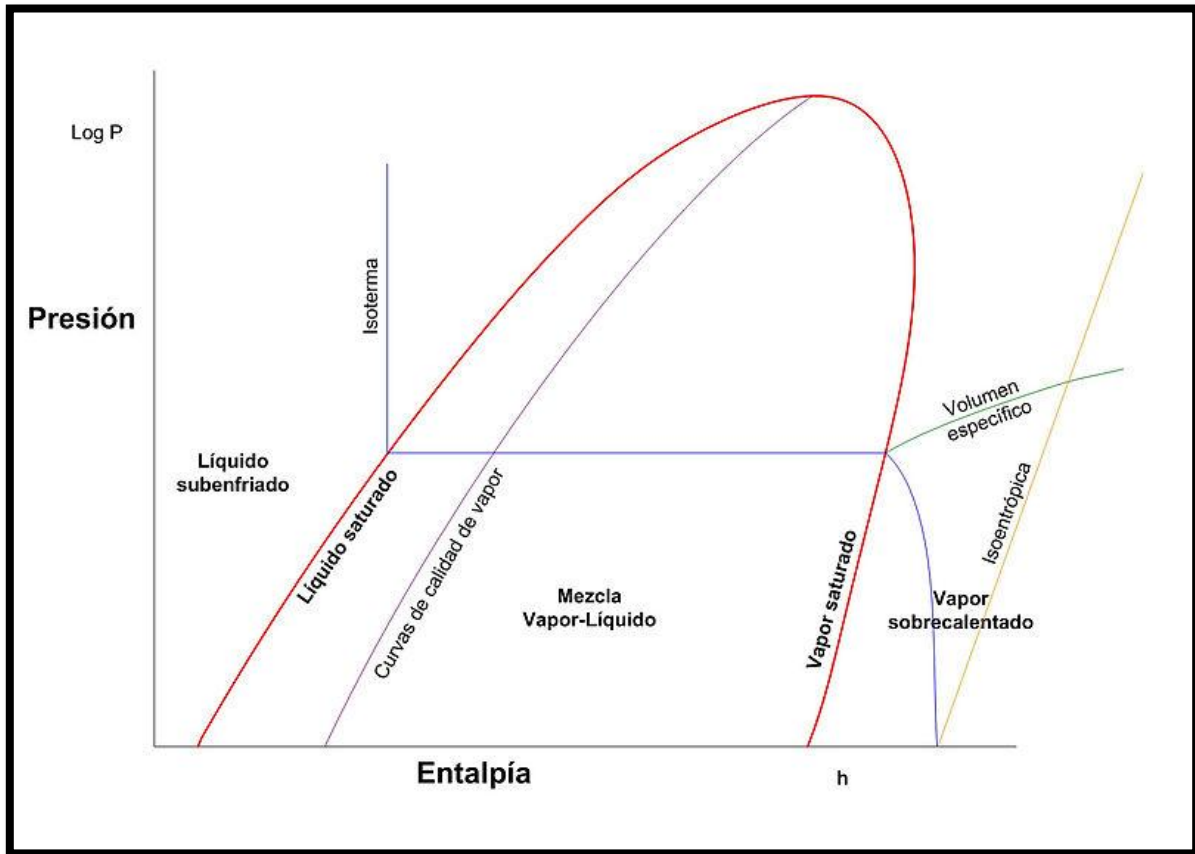
En la gráfica siguiente se presenta el diagrama p-h, el cual es muy importante en *ciclos de refrigeración*, ya que en él, varios de los procesos ideales que forman tales ciclos quedan representados por líneas rectas.



(Fig.9: Diagrama de Molliere)

El **diagrama Ph**, o *diagrama de Mollier para presión entalpía*, es la representación gráfica en una carta semilogarítmica en el plano Presión/entalpía de los estados posibles de un compuesto químico -especialmente para los gases refrigerantes- y es en ella donde se trazan y suelen estudiar los distintos sistemas frigoríficos de refrigeración por compresión.





(Fig. 10: Diagrama Ph)

Descripción del diagrama Ph

Básicamente el diagrama está compuesto por dos ejes principales y tres zonas delimitadas por una curva de saturación.

- En el *eje de las ordenadas* se registra el valor de Presión en (bar) -para diagramas Ph en SI-, eje graduado en escala logarítmica.
- En el *eje de las abcisas* se registra el valor de entalpía en unidad de masa en [KJ/Kg] ó [Kcal/kg].
- Una curva de saturación con forma de "U" invertida la cual determina si el compuesto se encuentra en estado de: líquido subenfriado, líquido saturado, mezcla líquido-vapor, vapor saturado o vapor sobrecalentado (*color rojo*).



A su vez se definen seis tipos de trazas a través de las cuales se describen los ciclos de refrigeración y los estados de agregación de la materia.

- **Isobaras:** Rectas paralelas que coinciden iguales valores de presión. Estas son perpendiculares al eje de las ordenadas.
- **Isoentálpicas:** Rectas paralelas que coinciden iguales valores de entalpía en masa. Estas son perpendiculares al eje de las abscisas.
- **Isotermas:** que en la zona de líquido subenfriado son paralelas a la ordenada y dentro de la cámara de mezcla son paralelas a la abscisa, y en la zona de vapor sobrecalentado descienden en forma curva. Estas trazas –“paralelas” entre sí– coinciden los valores de igual temperatura del sistema, y en las tablas Ph en el SI está expresado en grados Celsius (*color azul*).
- **Isocoras:** Son las curvas que coinciden los puntos con igual volumen específico y también son paralelas entre sí para distintos valores. En el SI está expresado en $[m^3/kg]$. Se desarrollan en la izquierda de la zona de mezcla líquido-vapor y se extiende hacia la derecha hasta la de vapor sobrecalentado hasta el final del diagrama (*color verde*).
- **Isoentrópicas:** Son las curvas que coinciden los valores de igual entropía en el sistema. En el SI se miden en $[KJ/kg K]$ ó $[KJ/kg^{\circ}C]$. Paralelas entre sí y de una elevada pendiente (*color amarillo*).
- Nueve curvas de "**título de vapor**" o "*calidad de vapor*" que indican el porcentaje en masa de vapor contenido en la mezcla líquido-vapor. Estas curvas, existentes sólo dentro de la campana de mezcla, son coincidentes en su extremo superior mas su extremo inferior se encuentra relativamente equidistante a la adyacente y así sucesivamente. Son nominadas con los valores del 0,1 al 0,9 (*color violeta*).

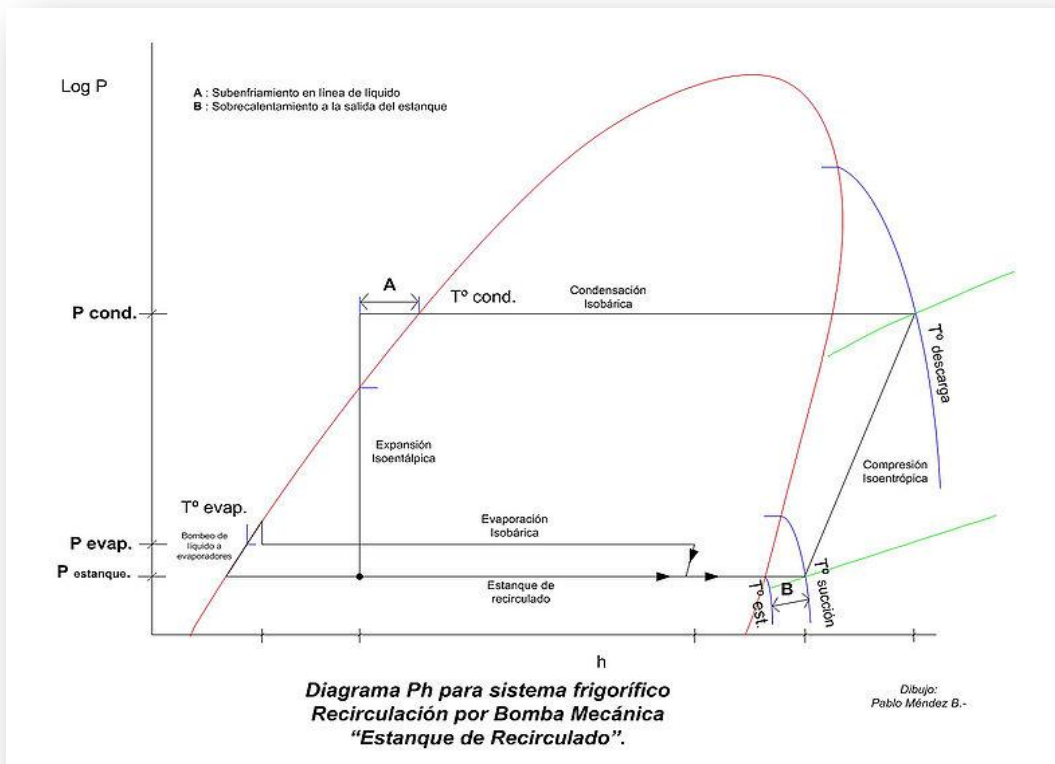
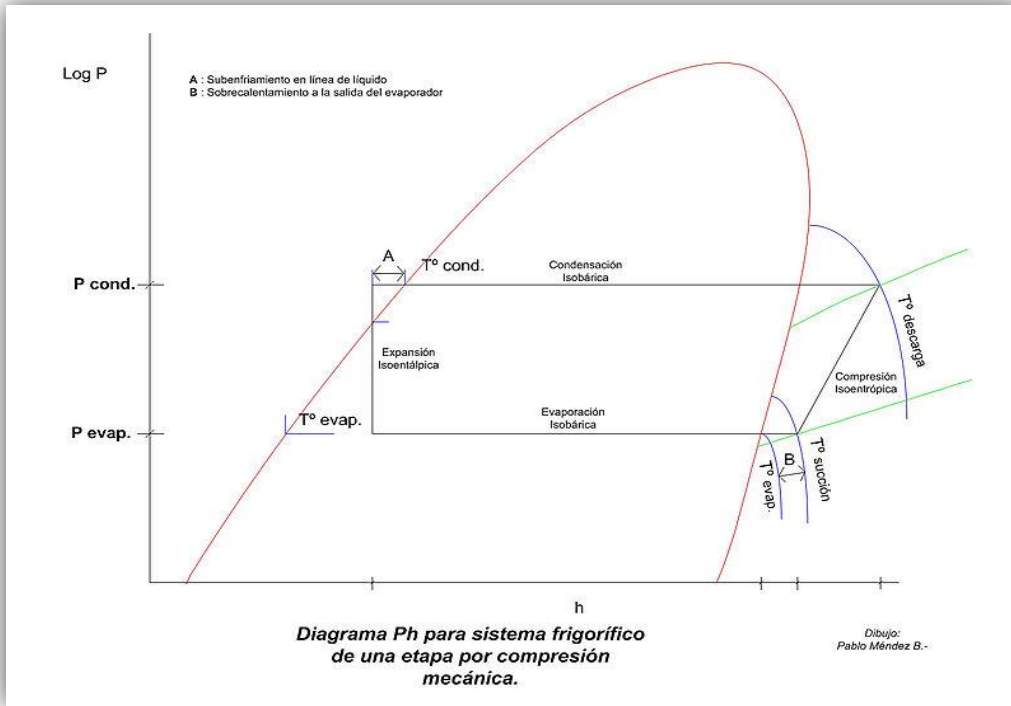
En la parte superior de la **curva de saturación** se define el llamado punto crítico el cual es el límite a partir del que, por mucho que se aumente la presión, no es posible condensar el gas.

Diagramas Ph en sistemas de refrigeración

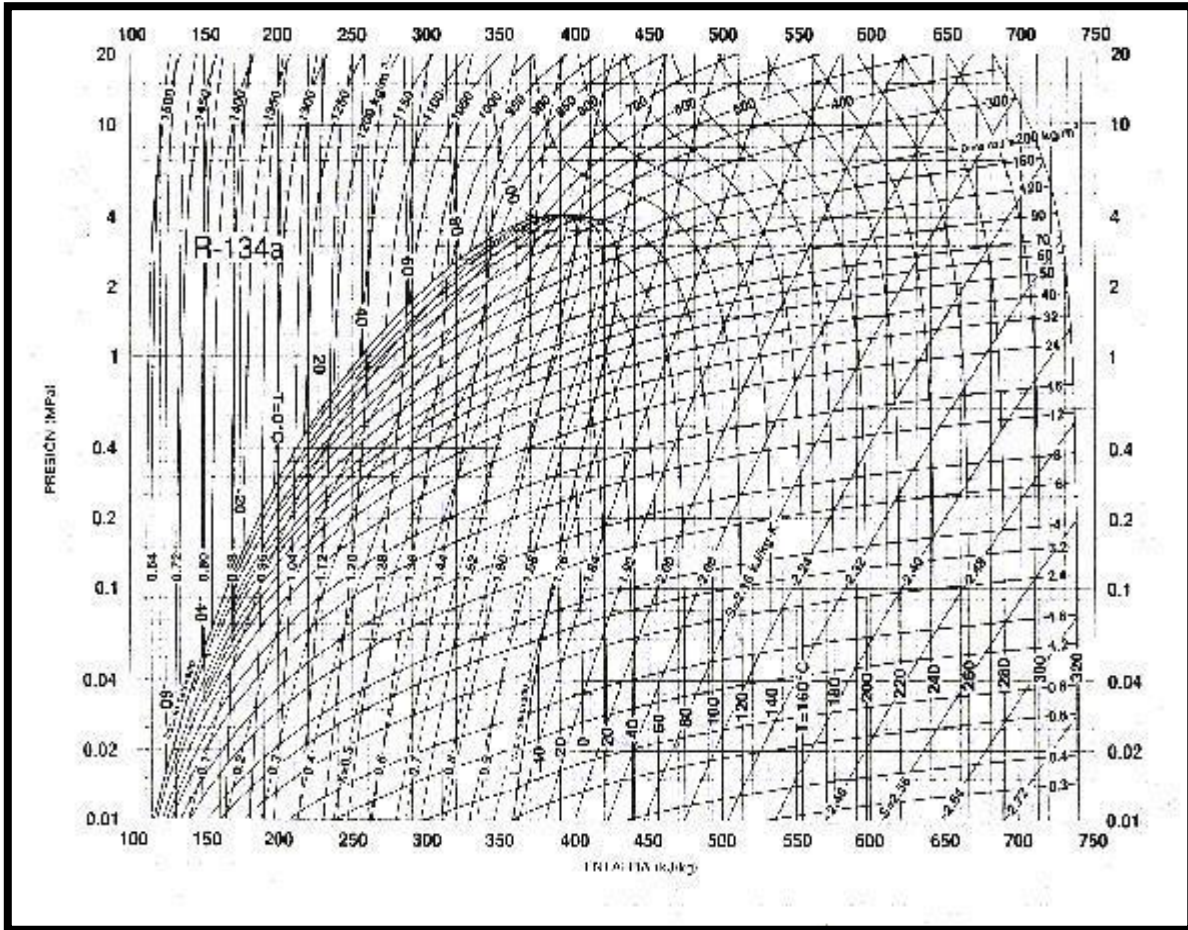
Por su parte, cada refrigerante tiene su propio **diagrama Ph** con particularidades que lo hacen más o menos adecuado a cada aplicación frigorífica y propiedades exclusivas como relación temperatura/presión tanto de saturación como en mezcla, efecto refrigerante, temperatura de descarga del compresor en función de la entropía, entre otros.

Una de las grandes ventajas del diagrama Ph es la facilidad y fiabilidad con que se pueden realizar los cálculos de sistemas frigoríficos y selección de componentes como evaporadores, condensadores, compresores y dispositivos de expansión, tuberías y accesorios, así como trazar todo tipo de sistemas frigoríficos, bien sea de una etapa, compresión múltiple, sistemas en cascada, sistemas con recirculado por bomba y otros.





A continuación se presenta el diagrama p-h para el refrigerante amoníaco:



1.6 REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN

El sistema de **refrigeración por absorción** es un medio de producir frío que, al igual que en el sistema de refrigeración por compresión, aprovecha que ciertas sustancias absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. Así como en el sistema de compresión el ciclo se hace mediante un compresor, en el caso de la absorción, el ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, como el bromuro de litio, de absorber otra sustancia, tal como el agua, en fase de vapor. Otra posibilidad es emplear el agua como sustancia absorbente (disolvente) y como absorbida (soluto) amoníaco.

Más en detalle, en el ciclo agua-bromuro de litio, el agua (refrigerante), en un circuito a baja presión, se evapora en un intercambiador de calor, llamado evaporador, el cual enfría un fluido secundario, que refrigerará ambientes o cámaras. Acto seguido el vapor es absorbido por el bromuro de litio (absorbente) en el absorbedor, produciendo una solución concentrada. Esta solución pasa al calentador, donde se separan disolvente y soluto por medio de calor procedente de una fuente externa; el agua vuelve al evaporador, y el bromuro al absorbedor para reiniciar el ciclo. Al igual que los sistemas de compresión que utilizan agua en sus procesos, el sistema requiere una torre de enfriamiento para disipar el calor sobrante.

Ventajas e Inconvenientes

El rendimiento, medido por el COP (*coefficient of performance*, en la normativa española, por el CoDeRE, Coeficiente De Rendimiento Energético), es menor que en el método por compresión (entre 0,8 y 1,2 frente a 3 y 5,5). Si bien es cierto que el COP obtenido mediante compresión tiene en cuenta la energía eléctrica invertida en el compresor, que no es energía primaria en sí. En cambio en un sistema de absorción la energía utilizada para el cálculo del COP es el calor aportado al generador, que sí es una energía primaria evaluable. Por tanto no se pueden comparar el COP de compresión y de absorción (es mejor y más útil compararlos a través del segundo principio de la termodinámica, para valorar la calidad de la energía utilizada).

Un ejemplo de esta situación podría ser una instalación de aire acondicionado solar: si se utilizasen placas fotovoltaicas sólo se podría utilizar un 15-20% de electricidad en comparación con unos paneles solares térmicos que podrían aprovechar hasta el 90% de la energía solar recibida, y a un precio de instalación mucho más reducido.

El conjunto completo paneles solares-absorción tendría un COP de entre 0,72 y 1,08 y el de compresión entre 0,54 (18% paneles y COP de 3, muy habitual) y 1,1 (20% paneles y COP de 5,5)

Si se utiliza la energía eléctrica de la red, para el sistema de compresión, cuando ésta llega a la toma de corriente lo hace con un rendimiento inferior al 25% sobre la energía primaria utilizada para generarla, lo que reduce mucho las diferencias de rendimiento (0,8 frente a 1,37). A pesar de ello en ciertos casos, cuando la energía proviene de una fuente de calor económica, incluso residual o un subproducto destinado a desecharse, compensa ampliamente utilizar un sistema de absorción.

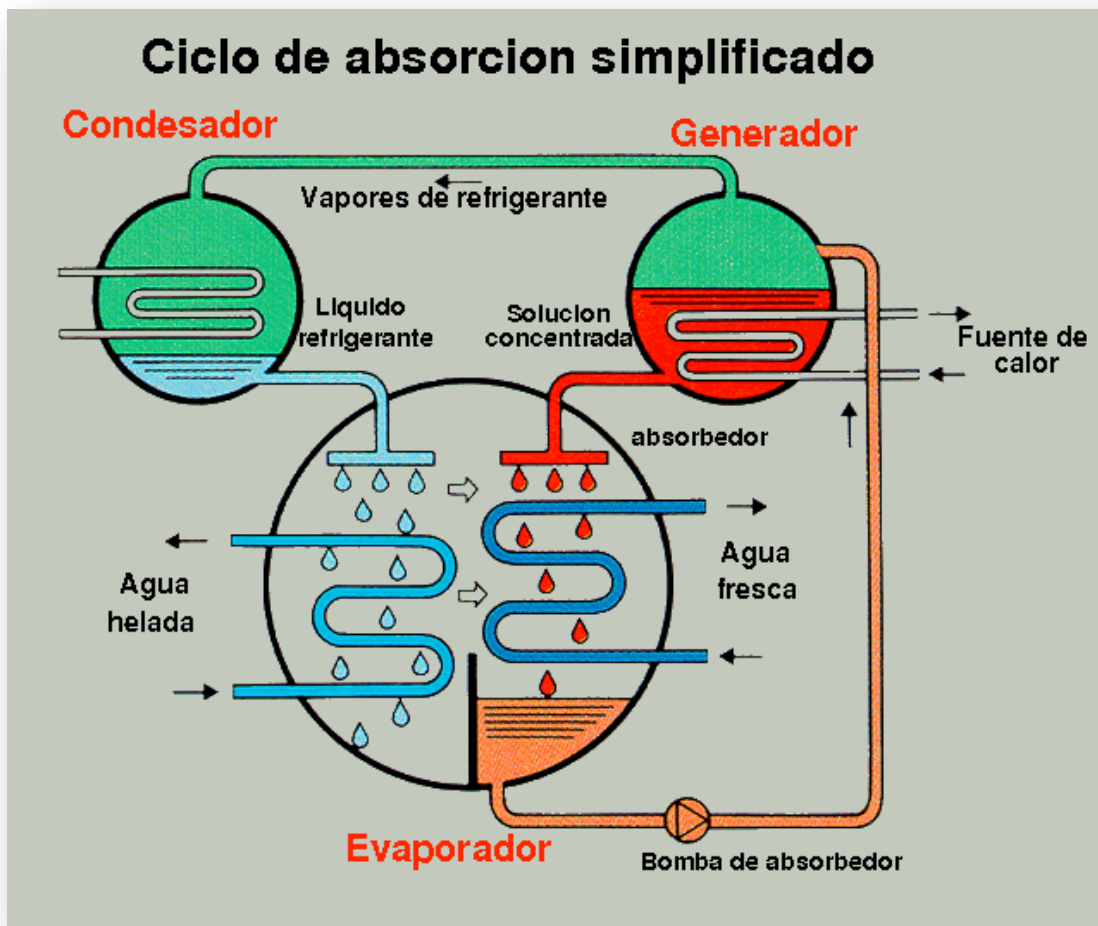


Al calor aportado al proceso de refrigeración se le suma el calor sustraído de la zona enfriada. Con lo que el calor aplicado puede reutilizarse. Sin embargo, el calor residual se encuentra a una temperatura más baja (a pesar de que la cantidad de calor sea mayor), con lo que sus aplicaciones pueden reducirse.

También se pueden utilizar intercambiadores de placas, para precalentar la solución de agua-bromuro de litio, antes de pasar al calentador (separador), utilizando el bromuro de litio ya calentado, el cuál a su vez se enfría.

Los aparatos generadores por absorción son más voluminosos y requieren inmovilidad (lo que no permite su utilización en automóviles, lo que sería muy conveniente como ahorro de energía puesto que el motor tiene grandes excedentes de energía térmica, disipada en el radiador).

Otras de las formas de aprovechamiento, es a través de la Cogeneración (en este caso, mejor dicho, Trigeneración), es decir, el aprovechamiento del calor residual de las centrales termoeléctricas, es decir, de una energía gratuita.



En el dibujo pueden apreciarse tres componentes básicos:

1. Condensador
2. Evaporador
3. Generador

Supongamos que para este sistema el absorbedor es agua y el refrigerante amoníaco.

El agua casi pura que proviene del generador se inyecta en forma de lluvia dentro de la cámara del evaporador, esta agua absorbe con gran avidéz los vapores de amoníaco que están dentro del evaporador, la presión se reduce, generando vacío, y esto hace que el lado izquierdo del evaporador donde está siendo inyectado el refrigerante se produzca su evaporación con el consecuente enfriamiento. Un conducto que transporta agua colocado en esa zona proporciona agua helada para ser utilizada como elemento enfriador externo de uso múltiple.

El agua con el amoníaco disuelto se acumula en el fondo del evaporador y es bombeada de nuevo al generador. Un calentador externo suministra suficiente calor al agua como para que se produzca una suerte de destilación y se separe el amoníaco en forma de vapores, regenerándose de nuevo el agua casi pura para volverse a utilizar en el proceso. Los vapores de amoníacos generados en el generador que conducen al condensador, entran en contacto allí con un elemento frío representado por el conducto serpenteante y condensan de nuevo a líquido, para ser inyectado de nuevo al evaporador.

El conducto tortuoso representado del lado derecho por el que circula agua fresca sirve para enfriar el absorbedor procedente del generador donde ha sido calentado para la separación del amoníaco. Obsérvese que el proceso se realiza de manera continua en un ciclo cerrado sin pérdidas de absorbedor o refrigerante.



CONCLUSIONES

Refrigeración, proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable. El almacenamiento refrigerado de alimentos perecederos, pieles, productos farmacéuticos y otros se conoce como almacenamiento en frío. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente. El uso de hielo de origen natural o artificial como refrigerante estaba muy extendido hasta poco antes de la I Guerra Mundial, cuando aparecieron los refrigeradores mecánicos y eléctricos. La eficacia del hielo como refrigerante es debida a que tiene una temperatura de fusión de 0 °C y para fundirse tiene que absorber una cantidad de calor equivalente a 333,1 kJ/kg. La presencia de una sal en el hielo reduce en varios grados el punto de fusión del mismo. Los alimentos que se mantienen a esta temperatura o ligeramente por encima de ella pueden conservarse durante más tiempo. El dióxido de carbono sólido, conocido como hielo seco o nieve carbónica, también se usa como refrigerante.

Es interesante anotar que cualquier aspecto de la calefacción, la refrigeración y el aire acondicionado, es una aplicación de uno o más de los principios fundamentales de la termodinámica, en donde se aplican conceptos de calor, transferencia de calor, energía, temperatura, trabajo, presión, fuerza, materia, etc. Por lo tanto, para poder entender el proceso de acondicionamiento del aire, es necesario ante todo, entender cada uno de estos conceptos.

La segunda ley de la termodinámica surge como una respuesta al vacío e incomprensión que deja la primera ley con respecto a lo sistemas irreversible los cuales son prácticamente ignorados, con la segunda ley aparece un nuevo termino llamado eficiencia y rendimiento térmico, estos dos términos son muy importante para la industria por que permiten determinar cual es el rendimiento de una maquina térmica ya sea un refrigerador o una bomba de calor obteniendo así información acerca del proceso termodinámico y por ende la modificación o el diseño de un refrigerador o bomba de calor optimo. Se pudo observar el por que las industrias que tuvieran una maquina térmica buscaban fuentes de agua naturales y espacios apartados, todo esto debido a que uno de los principios de la segunda ley son fuentes de baja y alta temperatura que puedan mantenerse constantes sin importar la transferencia de calor. Por ultimo el principio mas fundamental de esta ley es la experimentación practica ya que de ahí provienen dos de los postulados base de esta ley.



BIBLIOGRAFIAS



- ✓ **TERMODINAMICA CENGEL 6ta. Edición.**
- ✓ **<http://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeraci%C3%B3n>**
- ✓ **<http://www.monografias.com/trabajos/aireacondi/aireacondi.shtml>**
- ✓ **http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap07_ciclos_termicos.php**
- ✓ **http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_Ph**
- ✓ **<http://www.buenastareas.com/ensayos/Diagrama-Presion-Entalpia/1419611.html>**
- ✓ **<http://es.wikipedia.org/wiki/Refrigerante>**
- ✓ **http://www.valycontrol.com.mx/mt/mt_cap_10.pdf**

