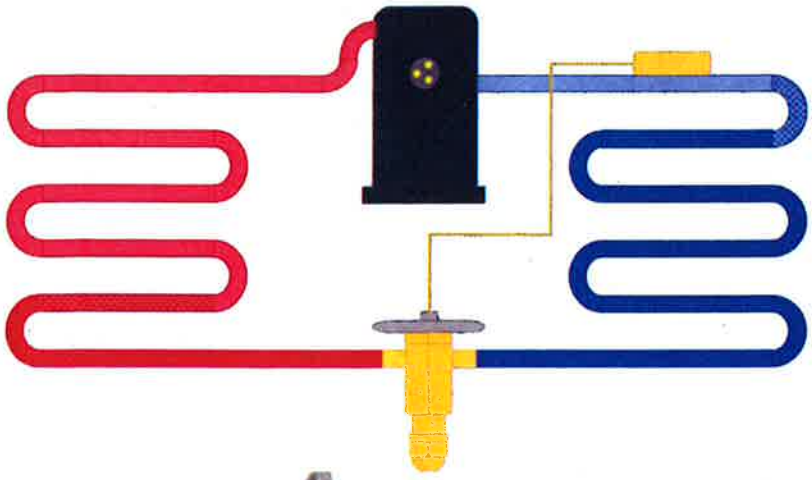
Guía Rápida

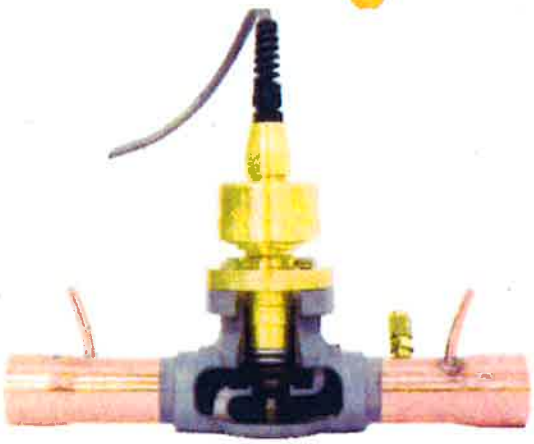
esco institute

Un Suplemento al Manual Prepaeratorio del Examen de Certificación de la Seccion 608

Ciclo de Refrigeracíon • Refrigerantes • Componentes









Guia Rapida

Ciclo de Refrigeración • Refrigerantes • Componentes



esco institute

Tabla de Contenidos

Sección 1: El Ciclo de Refrigeración

Resultados de Aprendizaje 1
Temperatura 1
Medición de la Temperatura 1
Temperatura Ambiente 1
Temperatura del Punto de Rocio 2
Temperatura de la Bombilla Seca y Humeda 2
Conversión de Temperatura 2
Presión 2
Ley de Boyle 2
Ley de Charles 3
Ley de Dalton 3
Presión Atmosférica 3
Presión del Medidor 3
Presión Absoluta 3
Vacio 3
Conversión de Presión 4
Relación Temperatura/Presión 4
Calor 5
Calor Especifico 5
Estados de la Materia 5
Cambio de Estado 5
Sobrecalentamiento y Subenfriamiento 6
Termodinámica 6
La Primera Ley de la Termodinámica 6
La Segunda Ley de la Termodinámica 6
Transferencia de Calor 6
El Ciclo de Refrigeración 7
Cálculo de Supercalentamiento y Suberfriamiento 8
Preguntas de Revisión 9

Sección 2: Refrigerantes y Aceites

Resultados de Aprendizaje 10
Refrigerantes 10
Propiedades y Características del Refrigerante 10
Clorofluorocarbonos (CFCs) 12
Hidroclorofluorocarburos (HCFCs) 12
Hidrofluorocarbonos (HFCs) 13
Hidrofluoroolefinas (HFOs) 13
Hidrocarburos (HCs) 13
Mezclas de Refrigerante 13
Aplicaciones de Temperatura 14
Seguridad del Refrigerante 14
Aceites Refrigerantes 14
Aceite Mineral 14
Aceite de Alquilbenzene(AB) 14
Aceite de Ésteróde Poliol (POE) 15
Éter Polivinílico (PVE) 15
Polialquileno Glicol (PAG) 15
Trabajar con Aceite Refrigerante 15
Retrofitting del Sistema 15
Procedimientos de Retrofitting 16
Cambio de Aceite del Compresor 17
Preguntas de Revisión 18

Sección 3: Componentes del Sistema

Resultados de Aprendizaje 19
Componentes del Circuito de Refrigeración 19
Secadores de Filtro de Línea Líquida 19
Evaporador 19
Diseño del Evaporador 20
Instalacíon del Evaporador 20
Condensador 21
Diseño del Condensador 22
Instalación del Condensador 22
Compresor 23
Diseño de Compresores 24
Compresor Alternativo 24
Compresor de Desplazamiento 25
Relación de Compresión 25
Prueba de un Compresor 26
Dispositivo de Medición 27
Dispositivos de Medición de Orificio Fijo 27
Dispositivos de Medición Ajustables 27
Válvula de Expansión Termostática (TEV) 27
Colocación de la Bombilla de Sensación 29
Preguntas de Revisión 30

Respuestas a las Preguntas de Revisión 31

Esta publicación tiene por objeto proporcionar al personal de la industria una revisión/actualización de los conceptos fundamentales necesarios para tener éxito en el examen de la Sección 608 de la EPA y no debe utilizarse como un curso formal de capacitación en refrigeración.

Resultados de Aprendizaje:
Después de completar esta sección, el lector debe ser capaz de:

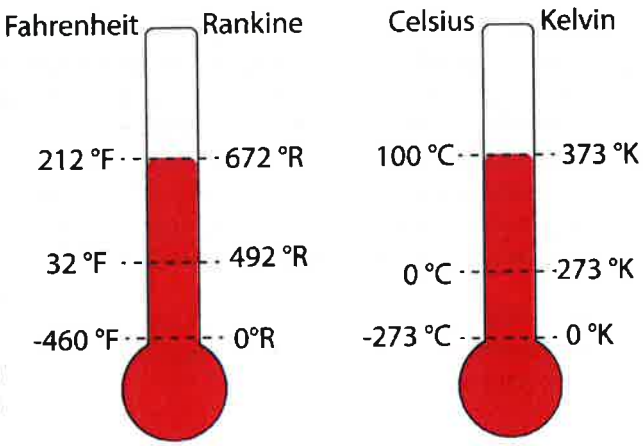
- definir la presión y cómo se mide.
- definir la temperatura y cómo se mide.
- comprender las leyes de temperatura, presión y gas relacionados.
- explicar los cambios de estado en relación con la temperatura y la presión (ebullición y condensación).
- comprender los gráficos P/T para refrigerantes comunes: R-22, R-410A, R-134a.
- comprender el calor sensato y latente y sus medidas.
- discutir los métodos de transferencia de calor.
- definir el sobrecalentamiento y el subenfriamiento en relación con el ciclo de refrigeración.
- realizar cálculos de sobrecalentamiento y subenfriamiento.
- explicar el punto de rocío y el punto de burbuja en relación con refrigerantes mezclados.
- comprender el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.
- explicar las diferencias entre los lados de baja presión y los lados de alta presión del ciclo de refrigeración.
- discutir la transferencia de calor tal como ocurre durante el ciclo de refrigeración.

Temperatura

Temperatura es un término utilizado para describir la velocidad de las moléculas o el nivel de intensidad de calor de una sustancia. A medida que aumenta la temperatura de una sustancia, las moléculas de la sustancia vibran con más fuerza. A medida que la temperatura de una sustancia disminuye, la intensidad del movimiento molecular dentro de la sustancia disminuye. La temperatura más baja posible, -460°F, se denomina cero absoluto. En cero absoluto, todo el movimiento molecular dentro de una sustancia cesa y todo el calor ha sido eliminado.
La temperatura es una indicación de lo caliente que está algo, pero no de la cantidad de calor que contiene. Por ejemplo, si dos recipientes, uno que contiene un galón de agua y el otro que contiene diez galones de agua, se colocan sobre fuentes de calor idénticas, la temperatura en el contenedor de un galón aumentará más rápido que la temperatura en el contenedor de diez galones. Diez veces la energía térmica debe añadirse al recipiente más grande para calentar el agua en ambos recipientes a la misma temperatura.

Medición de la Temperatura

La temperatura se mide con un termómetro. Los termómetros se pueden graduar en una de cuatro escalas diferentes: Fahrenheit y Rankine que se utilizan en los Estados Unidos, o Celsius (Centigrade) y Kelvin que se utilizan en el sistema métrico. En la escala de Fahrenheit, el agua se congela a 32°F y hierve a 212°F. En la escala celsius, el agua se congela a 0°C y hierve a 100°C.



Para los cálculos científicos, se deben utilizar escalas de temperatura absolutas. Las escalas de temperatura absolutas son aquellas de las cuales la lectura más baja en ellas es cero. En la escala Rankine, por ejemplo, el cero absoluto es 0°R. En esta escala, el punto de congelación del agua es de 492°R y el punto de ebullición del agua es de 672°R. En la escala Kelvin, el cero absoluto es 0°k. El punto de congelación del agua es de 273 °K y el punto de ebullición del agua es de 373°k. La escala Kelvin también se llama Celsius Absolute (CA).

Temperatura Ambiente

La temperatura ambiente es la temperatura del aire que rodea a un objeto. Los componentes de un sistema residencial de aire acondicionado dividido se encuentran tanto dentro como fuera de la casa. La temperatura de los componentes interiores se puede controlar, pero la temperatura ambiente fuera del hogar puede variar mucho, afectando significativamente la eficiencia del sistema.

Temperatura del Punto de Rocio

La temperatura a la que se forma la condensación se denomina temperatura del punto de rocío. El aire se puede deshumidificar (eliminar la humedad) pasándolo sobre una superficie, como una bobina evaporadora, que está a una temperatura por debajo de la temperatura del punto de rocío. La humedad se forma en la superficie fría de la bobina del evaporador y luego se puede retirar del sistema a través de la línea de drenaje de condensado.

Temperaturas de la Bombilla Seca y de la Bombilla Humeda

La temperatura del bulbo seco se refiere a la temperatura real del aire de una sustancia, normalmente una corriente de aire, y se mide con un termómetro de bombilla seca (ordinaria). La temperatura del bulbo húmedo tiene en cuenta la cantidad de humedad en el aire y se mide con un termómetro especial que mantiene húmeda la bombilla del termómetro. Esto se logra colocando una mecha de algodón, similar a un calcetín, sobre el extremo de la bombilla del termómetro. La mecha se humedece con agua destilada. La evaporación del agua destilada hace que la bombilla del termómetro de la bombilla húmeda se enfríe. Esto se debe a que, a medida que el agua se evapora, absorbe el calor de su entorno. Dado que la mecha rodea la bombilla del termómetro, la bombilla se enfriará. Cuando esto sucede, es fácil ver que un termómetro de bombilla húmeda, en la mayoría de los casos, proporcionará una lectura de temperatura más baja que un termómetro de bombilla seca.

Menos humedad en el aire significa que se produce más evaporación de la mecha y por lo tanto se produce más enfriamiento, lo que resulta en una lectura de temperatura de bulbo húmedo más baja. La diferencia entre las temperaturas de la bombilla seca y la bombilla húmeda del aire ambiente se denomina depresión de la bombilla húmeda. A medida que aumenta el contenido de humedad del aire, hay menos evaporación de la mecha y menos depresión de bulbo húmedo. Cuando la temperatura de la bombilla húmeda y del bulbo seco son las mismas, no hay depresión de la bombilla húmeda, y la humedad relativa es del 100 por ciento. La humedad relativa es la cantidad de humedad en el aire en comparación con la cantidad que puede contener en las condiciones ambientales actuales. **Nota**: El aire debe moverse a través de la mecha de algodón. El termómetro de bombilla húmeda generalmente se hace donde se puede girar en un movimiento circular.

Conversion de Temperatura

Fahrenheit = (C × 1.8) + 32	**Ejemplo:** 100°C = (100 × 1.8) + 32 = (180) + 32 = 212°F
Fahrenheit = (R - 460)	**Ejemplo:** 492°R = (492 - 460) = 32°F
Celsius = (F - 32) ÷ 1.8	**Ejemplo:** 212°F = (212 - 32) ÷ 1.8 = (180) ÷ 1.8 = 100°C
Celsius = (K - 273)	**Ejemplo:** 373°K = (373 - 273) = 100°C
Rankine = (F + 460)	**Ejemplo:** 212°F = (212 + 460) = 672°R
Rankine = (K × 1.8)	**Ejemplo:** 373°K = (373 × 1.8) = 672°R
Kelvin = (C + 273)	**Ejemplo:** 100°C = (100 + 273) = 373°K
Kelvin = (R ÷ 1.8)	**Ejemplo:** 672°R = (672 ÷ 1.8) = 373°K

Presión

La presión se define como fuerza por unidad de área. En los Estados Unidos, la presión se expresa más comúnmente en libras por pulgada cuadrada (psi). El sistema métrico (SI) utiliza una unidad de presión llamada pascal (Pa). La presión es un concepto extremadamente importante en la industria HVACR, ya que el funcionamiento de estos sistemas depende en gran medida de las diferencias de presión en todo el sistema. La presión que actúa sobre una sustancia afecta a sus propiedades físicas, especialmente a su punto de ebullición. Los técnicos de HVACR necesitan una comprensión completa del comportamiento de los gases para leer con precisión los manómetros y diagnosticar los problemas del sistema. Las leyes de gas que se ocupan de la presión, así como el volumen y la temperatura, que serán cubiertas son Boyle's Law, Charles' Law y Dalton's Law.

En las fórmulas siguientes, P1, V1 y T1 representan la presión inicial, el volumen y la temperatura del gas, mientras que P2, V2 y T2 representan los valores finales de presión, volumen y temperatura. Todos los valores de las siguientes fórmulas deben expresarse como valores absolutos.

Ley de Boyle

La ley de Boyle establece que la presión de un gas varía inversamente a su volumen, siempre que la temperatura se mantenga constante. A una temperatura constante, la disminución del volumen aumentará la presión y el aumento del volumen disminuirá la presión.

La ley de Boyle puede ser declarada matemáticamente como:

$$P1 \times V1 = P2 \times V2$$

Ley de Charles

La ley de Charles establece que el volumen de un gas es proporcional a la temperatura absoluta de un gas a presión constante. Duplicar la temperatura del gas duplica su volumen, siempre y cuando la presión y la cantidad del gas permanezcan constantes. La ley de Charles puede ser declarada matemáticamente como:

$$\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2} \qquad \textbf{OR} \qquad V1 \times T2 = V2 \times T1$$

Ley de Dalton

La ley de Dalton establece que la presión total de una mezcla confinada de gases es la suma de las presiones de cada gas en la mezcla. Se puede afirmar matemáticamente como:

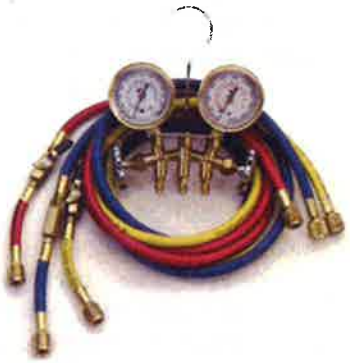
$$\text{Presión Total } (P_T) = P1 + P2 + P3....$$

La ley de Dalton asume que los volúmenes inicialy final de los gases en la mezcla no cambian. Por ejemplo, la ley de Dalton se mantendrá vigente si un pie cúbico de gas A se mezcla con un pie cúbico de gas B en un contenedor de un pie cúbico. La ley de Dalton no se mantendrá en verdad si un pie cúbico de gas A se mezcla con un pie cúbico de gas B en un contenedor de dos pies cúbicos.

Presión Atmosférica

La atmósfera terrestre es la capa de gases que rodean completamente la superficie de nuestro planeta y consiste en aproximadamente 78% de nitrógeno y 21% de oxígeno. El 1% restante se compone de otros gases. A pesar de que las moléculas de gas son muy pequeñas, todavía tienen peso. La atmósfera ejerce una presión de 14,7 libras por pulgada cuadrada a nivel del mar (psia). A altitudes más altas, la presión atmosférica es significativamente menor. La forma más común de medir la presión atmosférica es con un barómetro de mercurio. La presión atmosférica normal a nivel del mar (14,7 psia) soportará una columna de mercurio de 29,92 pulgadas de alto.

Presión del Medidor



En los sistemas de aire acondicionado y refrigeración, nos preocupan las presiones que están presentes dentro del propio sistema, no las presiones fuera del sistema. Dado que la presión atmosférica no afecta a la presión dentro de un sistema sellado, se debe utilizar otra medición. La lectura de presión más utilizada en la industria HVACR es la presión del manómetro. Los indicadores utilizados para medir las presiones del sistema (de ahí el término presión del medidor) están diseñados y calibrados para negar los efectos de la presión atmosférica en un sistema. Un medidor expuesto a la presión atmosférica (a nivel del mar), registrará 0 psig (libras por calibre de pulgada cuadrada). Los medidores compuestos utilizados para medir las presiones laterales bajas en los sistemas de aire acondicionado pueden medir las presiones tanto por encima como por debajo de 0 psig. Las lecturas del medidor compuesto por debajo de la presión atmosférica se indican en pulgadas de mercurio (pulgadas. Hg). Puede ser necesario ajustar los medidores compuestos para compensar los cambios en la presión/altitud atmosférica. **Nota**: Un medidor compuesto no es preciso cuando se mide un vacío para la deshidratación del sistema; se debe utilizar un medidor de micras.

Presión Absoluta

La escala de presión absoluta permite realizar la medición tanto del vacío como de la presión utilizando las mismas unidades. Las mediciones de presión absoluta se indican como libras por pulgada cuadrada absoluta (psia). 0 psia es la presión absoluta más baja posible. Debido a que la presión atmosférica es de 14,7 psia a nivel del mar, la presión del manómetro se puede convertir en presión absoluta añadiendo 14,7 a la medición de la presión del manómetro. Por lo tanto, una lectura de 0 psig es la misma que 14.7 psia.

Vacío



Una comprensión profunda de los principios de vacío es una necesidad para el técnico de HVACR. Las presiones por debajo de la atmosférica generalmente se leen en pulgadas de mercurio (pulgadas. Hg) o milímetros de mercurio (mm Hg). Un aumento en la presión aumenta el punto de ebullición de un líquido y también es cierto lo contrario. Una presión más baja resulta en un punto de ebullición más bajo. Cualquier presión por debajo de la atmosférica se considera un vacío parcial. Un vacío perfecto es la ausencia de toda presión atmosférica.

Un medidor de micras se utiliza para medir vacíos profundos. Una micra es 1/1000 de un milímetro y una pulgada de vacío de mercurio es igual a 25,400 micras. **Nota**: Un medidor compuesto no es preciso para medir un vacío para la deshidratación del sistema.

Conversión de Presión

1 libra por pulgada cuadrada = 27.7 pulgadas de columna de agua (pulg. WC)
1 pulgada de columna de agua a 1.87 milímetros de mercurio
25.400 micras a 1 pulgada de mercurio
50 pascales a 0.20 pulgadas de agua (pulg. WC)
1 libra por pulgada cuadrada (psi) a 6.89 kPa

Para presiones inferiores a un psi, se puede utilizar lo siguiente:
Pulgadas de columna de agua (pulgadas. WC)
Milímetros de mercurio (mm Hg)
Pulgadas de mercurio (pulg. Hg)
Micras

Relación Temperatura/Presión

En la industria HVACR, controlamos las presiones dentro de un sistema para lograr las temperaturas deseadas. Existe una relación entre las temperaturas y presiones de condensación y evaporación para los refrigerantes que se utilizan en los sistemas de aire acondicionado y refrigeración. Esta relación se conoce como una relación temperatura/presión y se aplica a los refrigerantes que existen como una mezcla de líquido y vapor. Este estado mixto se conoce comúnmente como saturación. A medida que cambia la presión de un refrigerante saturado, también lo hace su temperatura de ebullición o condensación. Esta temperatura se conoce como la temperatura de saturación.

Un gráfico de presión/temperatura es una de las herramientas más importantes utilizadas por un técnico de HVACR. Las temperaturas de funcionamiento de las bobinas interiores y exteriores se pueden encontrar utilizando un gráfico P/T. Desde el gráfico, es evidente que a medida que aumenta la presión, la temperatura sube, y a medida que baja la presión, también lo hace la temperatura.

En el gráfico de la derecha, los números en el lado izquierdo son las temperaturas. Los números que se enumeran bajo los refrigerantes individuales son presiones. Los números que son rojos son presiones de vacío, expresadas en pulgadas de mercurio (pulgadas Hg). El gráfico P/T se puede utilizar para encontrar la presión o la temperatura.

Por ejemplo, un sistema R-410A con una presión del evaporador de 130 psig tendría una temperatura de saturación de 45°F. Para determinar esto, primero localice R-410A en la parte superior del gráfico y, a continuación, busque 130 psig en la columna R-410A. A continuación, mire a la izquierda para identificar la temperatura de saturación correspondiente. Esto significaría que el refrigerante en el evaporador hervirá de un líquido a un vapor a 45°F.

Los refrigerantes mezclados, como R-407C y R-417A, tienen dos columnas enumeradas debajo de ellos. Utilizan punto de rocío (vapor) y punto de burbuja (líquido) para hacer cálculos. Por lo tanto, si se necesita la temperatura de condensación de un refrigerante mezclado, el técnico utilizará la columna de

Temp °F	R22	R410A	R134A	R407C	
				Liquido	Vapor
0	24.0	48.6	6.5	29.9	19.6
5	28.2	55.2	9.1	34.7	23.6
10	32.8	62.3	11.9	39.9	28.0
15	37.7	70.0	15.0	45.6	32.8
20	43.0	78.3	18.4	51.6	38.0
25	48.8	87.3	22.1	58.2	43.6
30	54.9	96.8	26.0	65.2	49.6
35	61.5	107	30.3	72.6	56.1
40	68.5	118	35.0	80.7	63.1
45	76.0	130	40.0	89.2	70.6
50	84.0	142	45.4	98.3	78.7
55	92.6	155	51.1	108	87.3
60	102	170	57.3	118	96.9
65	111	185	63.9	129	106
70	121	201	71.0	141	117
75	132	217	78.6	153	128
80	144	235	85.6	166	140
85	156	254	95.1	180	153
90	168	274	104.2	195	166
95	182	295	113.8	210	181
100	196	317	124.1	226	196
105	211	340	134.9	243	211
110	226	365	146.3	261	229



presión líquida. Del mismo modo, si se necesita la temperatura de evaporación de un refrigerante mezclado, el técnico utilizará la columna de presión de vapor. Los refrigerantes mezclados suelen tener dos columnas separadas porque los refrigerantes que componen el estado de cambio de mezcla a diferentes temperaturas cuando se exponen a una cierta presión. Por lo tanto, los refrigerantes mezclados cambian de estado en un rango de temperatura, que se conoce como deslizamiento de temperatura.

Hay numerosas aplicaciones de gráficos P / T que se pueden descargar en un dispositivo inteligente. Algunas de estas aplicaciones incluso le ayudarán a evaluar la carga de una unidad si se introducen las temperaturas y presiones del sistema.

Calor

El calor es una forma de energía y no debe confundirse con la temperatura. La temperatura se describe como el nivel de intensidad del calor, mientras que el calor se refiere a la cantidad de energía térmica contenida en una sustancia. El calor se expresa en unidades llamadas unidades térmicas británicas, o Btu. Un Btu es la cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit.

Dos formas comunes de calor son el calor sensible y el calor latente. El calor sensible es el calor que se agrega o elimina de una sustancia que causa un cambio en la temperatura de la sustancia. Un cambio en el calor sensato se puede sentir con la mano o medido con un termómetro. El calor latente es el calor añadido o eliminado de una sustancia que causa un cambio en el estado, pero no la temperatura. Por ejemplo, a medida que el agua se calienta a 212°F, se está produciendo una transferencia de calor sensata. Una vez que la temperatura del agua ha alcanzado los 212°F, el agua comenzará a convertirse en vapor. A medida que el agua se está vaporizando, se añade calor latente. Esto se debe a que el agua está cambiando de estado, pero la temperatura se mantiene constante a 212°F. El calor latente a veces se llama calor oculto porque no se puede sentir a mano o medir con un termómetro.

Los sistemas de aire acondicionado y refrigeración están diseñados para transferir calor de un lugar a otro. Estos sistemas mueven el calor de un área donde no se quiere a un área donde es menos objetable. Por ejemplo, un refrigerador transfiere calor desde el interior del gabinete hacia el exterior, mientras que un sistema de aire acondicionado mueve el calor desde el interior de una estructura hacia el exterior. El aire acondicionado transfiere calor mediante el proceso de calor latente.

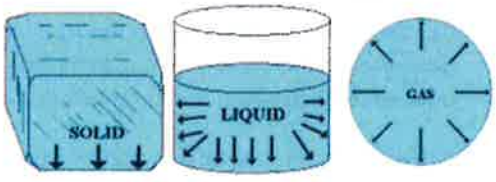
Calor Especifico

El calor específico se define como la cantidad de calor (medida en Btu) necesaria para elevar la temperatura de una libra de una sustancia un grado Fahrenheit. El calor específico de una sustancia no se aplica cuando la sustancia sufre un cambio de estado. Diferentes sustancias pueden tener calores específicos muy distintivos. Los metales tienden a tener valores de calor específicos muy bajos, lo que significa que se calientan y se enfrían rápidamente. El agua tiene un calor específico muy alto, nueve veces el de hierro, y 32 veces el de oro. El calor específico de algunas sustancias comunes se muestra en la tabla.

Agua 1.0	Oro 0.032
Aire 0.24	Plata 0.056
Hielo 0.5	Cobre .093
Vapor de Agua 0.49	Hierro .11
Alcohol 0.58	Mercurio 0.033

Estados de la Materia

La materia existe más comúnmente como un sólido, líquido o gas, dependiendo de la presión, la temperatura y el contenido de calor. Las moléculas de todas las sustancias están en constante movimiento, excepto cuando la sustancia está expuesta a condiciones absolutas de cero. Incluso cuando la materia está en su estado sólido, sus moléculas se están moviendo. En estado líquido, las moléculas se mueven más rápido. Si la materia líquida se calienta aún más, sus moléculas se mueven tan rápido que ahora son libres de viajar en todas direcciones como un gas.

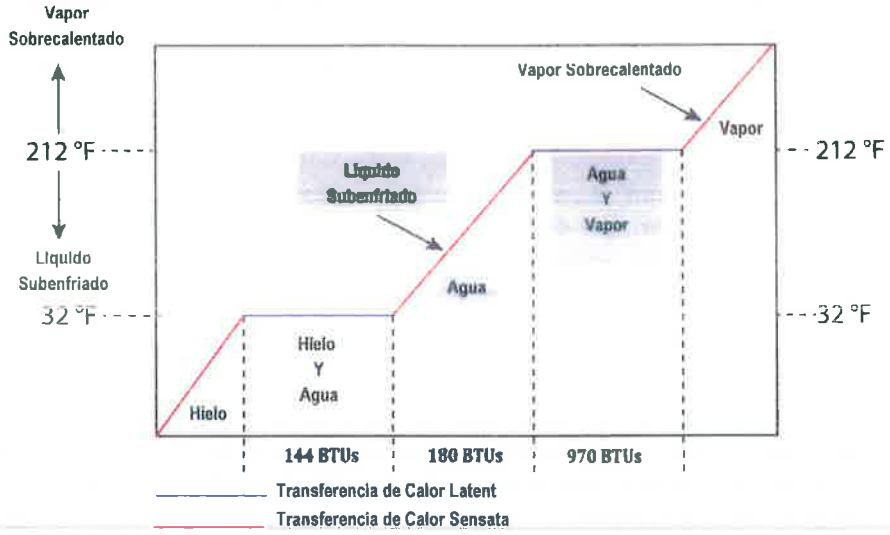


Cambio de Estado

A medida que una sustancia se calienta o enfría, puede sufrir un cambio de estado. La sustancia más comúnmente utilizada para ejemplificar esto es el agua. A temperaturas por debajo de 32°F, el agua existe en su forma sólida, hielo. Entre 32°F y 212°F de agua hay un líquido, y a 212°F se convierte en vapor (a presión atmosférica). El término utilizado para describir cualquier sustancia en su punto de "cambio de estado" en un punto de presión dado es punto de saturación. El agua, por ejemplo, en condiciones atmosféricas, se saturará a 212°F, ya que cualquier calor adicional añadido al agua hará que cambie de estado. Del mismo modo, se dice que el hielo a 32°F está saturado porque cualquier calor adicional añadido a él hará que el hielo se derrita.

La presión atmosférica tiene una influencia directa en el punto de saturación (punto de ebullición) de los líquidos. Por ejemplo, el agua a nivel del mar hierve a 212°F; sin embargo, en una cima de 15,000 pies de altura, hierve a 184°F. La presión atmosférica reducida a altitudes más altas permite que el agua hierva a una temperatura más baja.

El punto de saturación de una sustancia se puede cambiar cambiando la presión que actúa sobre la sustancia. Por ejemplo, colocar una tapa en el radiador del sistema de refrigeración de su automóvil eleva el punto de saturación de la mezcla de agua/anticongelante aproximadamente 2,5°F por cada libra de aumento de presión. Cuando un material está experimentando un cambio de estado, su temperatura permanece constante. En otras palabras, cuando el agua hierve, su temperatura se mantiene a 212°F hasta que toda el agua se convierte en vapor. Añadir calor sólo hará el agua hierve más rápido. Durante este proceso es posible tener 100% líquido, 100% vapor, o una mezcla de líquido y vapor.



Este principio también se aplica cuando la materia cambia de gas a líquido (condensación) o líquido a sólido (congelación). A 32°F, es posible tener sólo hielo, sólo líquido, o una mezcla de hielo y líquido. Dado que diferentes materiales tienen diferentes estructuras moleculares, la temperatura a la que se produce un cambio de estado puede variar. Por ejemplo, el punto de saturación del agua es de 212°F a presión atmosférica, pero el punto de saturación de R-410A es de -57°F a presión atmosférica.

Sobrecalentamiento y Subenfriamiento

El vapor sobrecalentado es un gas que se ha calentado a una temperatura por encima de su punto de saturación (punto de ebullición). Cuando una sustancia se sobrecalienta, esto significa que se ha añadido calor sensato después de que la sustancia ha cambiado de estado. Por ejemplo, si el vapor se calienta a 213°F a presión atmosférica, se sobrecalienta 1°F. Cualquier sustancia cuya temperatura esté por debajo de su punto de saturación se considera subenfriada. El agua que es de 210°F a presión atmosférica se subenfría a 2°F. En otras palabras, el subenfriamiento es el número de grados por debajo del punto de ebullición de una sustancia dada.

Termodinámica

La termodinámica se ocupa de la transferencia de energía de un lugar a otro y de una forma a otra. Por ejemplo, un aire acondicionado transfiere el calor desde el interior de una casa, donde no se desea, al aire libre donde hace poca o ninguna diferencia. Si bien hay cuatro (4) leyes de la termodinámica, sólo la primera y la segunda serán discutidas aquí.

La Primera Ley de la Termodinámica

Las leyes de la termodinámica nos dan una comprensión básica del calor. La primera ley de la termodinámica, también llamada ley de conservación de la energía, establece que la energía no puede ser creada o destruida; sólo se puede convertir de una forma a otra. Esta ley se aplica al calor y a todas las formas de energía: eléctrica, mecánica, solar, química y nuclear.

La Segunda Ley de la Termodinámica

La segunda ley de la termodinámica establece que el calor siempre viaja de una sustancia más cálida a una más fría. La velocidad a la que el calor viaja de un objeto a otro depende de la diferencia de temperatura entre los dos objetos. Una mayor diferencia de temperatura provoca una transferencia de calor más rápida. La transferencia de calor se detendrá cuando ambos objetos alcancen la misma temperatura. Cuando dos sustancias están a la misma temperatura, se dice que están en equilibrio térmico entre sí.

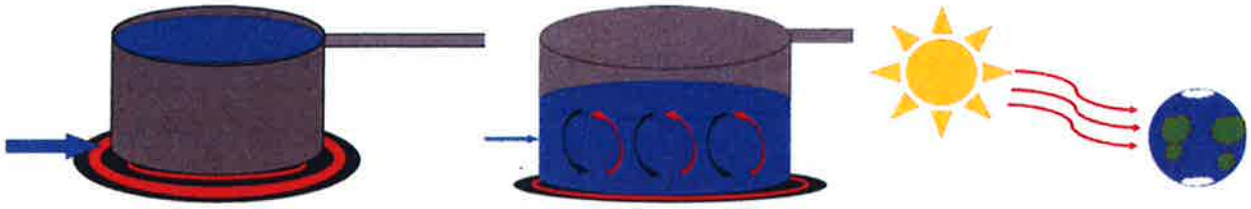
Transferencia de Calor

Dado que la refrigeración implica el intercambio de calor, es importante entender cómo viaja el calor. Hay tres maneras en que el calor viaja de un objeto a otro: radiación, conducción y convección.

La conducción es la transferencia de calor ya sea a través de un objeto o por contacto directo entre dos objetos. Cuando se calienta un extremo de una barra de metal, el calor viaja por conducción hasta el extremo más frío de la barra.

La convección es la transferencia de calor a través de líquidos en estado líquido o vapor. La convección crea corrientes a medida que el líquido más cálido (en expansión) se eleva por encima del líquido más frío (consumido). Las corrientes de convección pueden ser naturales o forzadas. La convección natural se produce a medida que el aire caliente se eleva naturalmente por encima del aire más frío. La convección forzada, cuando se utiliza un ventilador o soplador, permite el uso de un intercambiador de calor más pequeño.

La radiación es la transferencia de calor por ondas como ondas de luz u ondas de radio. Las ondas de calor radiantes son absorbidas por objetos sólidos, no por el espacio por el que viajan. Por ejemplo, el calor del sol viaja a través del espacio y luego es absorbido por la tierra y su atmósfera.



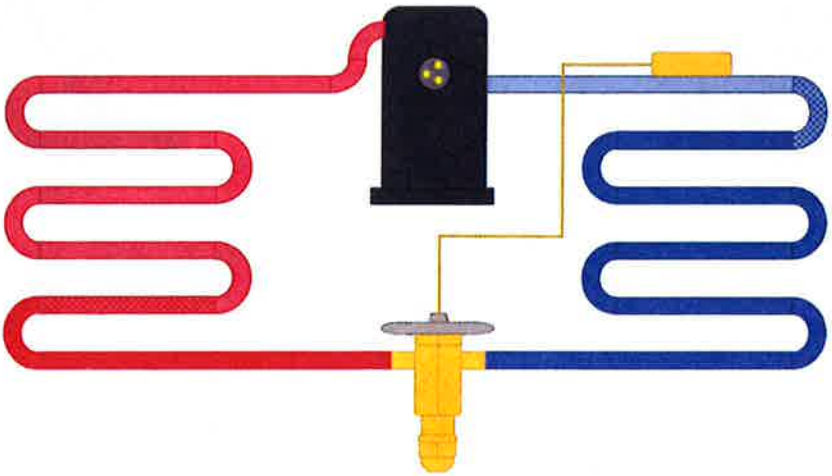
Conducción **Convección** **Radiación**

El Ciclo de Refrigeración

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado están diseñados para transferir calor mediante refrigeración circulante a través de una disposición de tuberías y una serie de superficies de transferencia de calor. En el ciclo de refrigeración básico, el refrigerante absorbe el calor no deseado de un lugar y lo mueve a una ubicación remota. El refrigerante absorbe el calor a través de la evaporación y luego lo libera a través de la condensación.

Los sistemas de compresión de vapor son relativamente simples, pero el dominio de ellos requiere una comprensión básica de la teoría de la transferencia de calor y los componentes que componen el sistema. Un mal funcionamiento en un componente puede afectar al funcionamiento de otros en el sistema. A medida que el refrigerante fluye a través del sistema, se somete a los procesos de expansión, vaporización, compresión y condensación. El refrigerante líquido a alta presión se alimenta a un dispositivo de medición. El dispositivo de medición provoca una caída de la presión a medida que el refrigerante fluye hacia el evaporador. Esta presión reducida reduce la temperatura del refrigerante y hace que se vaporice a medida que absorbe el calor del espacio que se está acondicionando. El vapor refrigerante pasa a través de la línea de aspiración y en el compresor, donde aumenta la presión y la temperatura del refrigerante. El refrigerante comprimido se bombea al condensador, donde comienza a enfriarse. Cuando el refrigerante está lo suficientemente frío, se condensa y se vuelve líquido. A continuación, viaja a través de la línea de líquido hasta el dispositivo de medición, y se repite el ciclo de refrigeración.

Un sistema de refrigeración de circuito cerrado (sellado) se puede dividir en dos lados: el lado de alta presión (rojo) y el lado de baja presión (azul). Lo que se haga en un lado del sistema debe ser deshecho en el otro lado. El calor que se absorbe en el lado de baja presión debe ser expulsado en el lado de alta presión. El refrigerante hervido (vaporizado) en el lado de baja presión debe condensarse en un líquido en el lado de alta presión. El ciclo de repetición continúa hasta que el espacio acondicionado alcanza la temperatura deseada.



Los sistemas de refrigeración se clasifican por las temperaturas que están destinados a mantener. Las tres clasificaciones más comunes de sistemas de refrigeración son alta temperatura, temperatura media y baja temperatura. La mayoría de los sistemas de refrigeración se encuentran en uno de estos tres rangos. La refrigeración a alta temperatura mantiene una temperatura del espacio entre 47°F y 80°F. Esto se utiliza más a menudo para mantener el confort humano o para preservar alimentos perecederos o materiales orgánicos. La refrigeración a temperatura media mantiene una temperatura de caja entre 28°F y 40°F. El compartimento de almacenamiento de alimentos frescos de un refrigerador doméstico es un ejemplo de aplicación a media temperatura. La temperatura media está por encima de la congelación para la mayoría de los productos. La refrigeración a baja temperatura mantiene una temperatura por debajo de 32°F. La mayoría de las aplicaciones comienzan a 0°F y pueden mantener temperaturas tan bajas como -20°F. .

Otro rango de temperatura, menos común, es el rango de temperatura ultrabajo. Los sistemas de refrigeración de temperatura ultrabaja suelen funcionar en el rango de -40°F y son populares en la industria alimentaria. La congelación rápida de productos alimenticios, por ejemplo, se realiza en el rango de temperaturas ultrabajas. Por debajo del rango de temperatura ultrabajo se encuentra el rango criogénico. Las temperaturas criogénicas están entre -250°F y cero absoluto, o -459,7°F. Gases como el oxígeno, el nitrógeno y el helio se pueden licuarse a estas bajas temperaturas. Un diseño en cascada, que utiliza el evaporador de un sistema para enfriar el condensador de otro sistema, se puede utilizar para lograr estas bajas temperaturas. Muchas etapas pueden ser necesarias en un sistema en cascada para alcanzar estas temperaturas ultrabajas.

Cálculo de Supercalentamiento y Subenfriamiento

Al evaluar el rendimiento o la carga de un sistema, una tarea que a menudo realiza el técnico de servicio HVACR es calcular el sobrecalentamiento del evaporador, el sobrecalentamiento del sistema y el subenfriamiento del condensador. Un refrigerante absorbe el calor en el evaporador y lo rechaza en el condensador. El sobrecalentamiento es la cantidad de calor absorbido por encima del punto de ebullición, después de que todo el líquido se haya hervido a un vapor. Todos los sistemas deben tener un poco de sobrecalentamiento para garantizar que el refrigerante líquido no salga del evaporador y se dirigiera al compresor. El subenfriamiento es la cantidad de calor que se elimina debajo del punto de ebullición del refrigerante.

Para calcular el sobrecalentamiento del evaporador, se necesita la presión lateral baja del sistema y la temperatura de la línea de aspiración en la salida del evaporador. Por ejemplo: Un sistema R-410A está funcionando con una presión de lado bajo de 118 psig y la temperatura de la línea de aspiración en la salida del evaporador es de 55°F. Usando un gráfico P/T, podemos ver que a 118 psig, R-410A tiene una temperatura de saturación de 40°F. El vapor que sale del evaporador está 55°F, 15°F por encima de la temperatura de ebullición (saturación). Por lo tanto, el sobrecalentamiento del evaporador es de 15°F.

Para calcular el subenfriamiento, se necesita la presión del lado alto del sistema y la temperatura de la línea de líquido en la salida del condensador. Por ejemplo: Un sistema R-410A está funcionando con una presión de lado alto de 418 psig y el líquido que sale del condensador se mide a 110°F. Usando un gráfico P/T, podemos ver que a 418 psig, R-410A tiene una temperatura de saturación de 120°F. La temperatura de la línea de líquido que sale del condensador es de 110°F, 10°F por debajo de la temperatura de condensación (saturación). Por lo tanto, el subenfriamiento del condensador es de 10°F.

Calcule el sobrecalentamiento y el subenfriamiento para los siguientes sistemas R-410A:



LINEA DE VAPOR: 73 LINEA DE LIQUIDO: 103



LINEA DE VAPOR: 60 LINEA DE LIQUIDO: 94

Sección 1 Preguntas de Revisión

Nombre: _____ Fecha: _____

1. ¿Qué unidad de medida se utiliza para presiones por debajo de la atmosférica?
2. La presión atmosférica es _____ a nivel del mar.
3. La refrigeración es el movimiento del _____ desde un área donde no se desea a un área donde es menos objetable.
4. A medida que una sustancia se calienta o enfría, puede someterse un _____.
5. El vapor sobrecalentado es un gas que se ha calentado a una temperatura _____ su punto de saturación.
6. Una medición de la actividad molecular o la intensidad del calor de una sustancia se denomina _____.
7. El vapor a una temperatura de 222°F contendría _____°F de sobrecalentamiento.
8. _____ es el número de grados que un líquido está por debajo de su punto de ebullición.
9. La temperatura a la que se forma la condensación se denomina temperatura _____.
10. Se debe utilizar un _____ para medir un vacío profundo.

Consulte el gráfico P/T para responder a las siguientes preguntas:

11. R-22 a una presión de 84 psig tendría una temperatura de saturación de _____°F.
12. R-410A a una presión de 130 psig tendría una temperatura de saturación de _____°F.
13. ¿Qué refrigerante tendría una temperatura de saturación de 35°C a una presión de 182 psig?
14. R-407C a una presión de vapor de 0,6 pulgadas de mercurio tendría una temperatura de saturación de _____°F.
15. R-417A con una presión líquida de 170 psig tendría una temperatura de saturación de _____°F.

Calcule el sobrecalentamiento y el subenfriamiento para los siguientes sistemas R-22:

A.



LINEA DE VAPOR: 55
LINEA DE LIQUIDO: 90

B.



LINEA DE VAPOR: 58
LINEA DE LIQUIDO: 100

C.



LINEA DE VAPOR: 52
LINEA DE LIQUIDO: 105

Resultados de Aprendizaje:

Después de completar esta sección, el lector debe ser capaz de:

- comprender los usos y propiedades de los refrigerantes.
- explicar las diferencias entre los CFC, los HCFC, los HFC y los HFC.
- discutir el manejo, uso y transporte seguro de refrigerantes.
- discutir las aplicaciones de temperatura y los refrigerantes comunes utilizados para cada uno.
- entender los refrigerantes, aceites y sus usos más comunes.
- explicar las propiedades de cada aceite refrigerante.
- discutir el manejo del aceite refrigerante, las pruebas de ácido y la seguridad.
- entender el reacondicionamiento del sistema de refrigeración y las razones para ello.
- procedimientos generales y directrices de una adaptación.
- discutir un cambio de aceite refrigerante en lo que se refiere a una adaptación del sistema.
- entender cómo probar el aceite después de un cambio de aceite y porcentajes residuales aceptables.

Refrigerantes

Un refrigerante es una sustancia (fluido) utilizada para transferir calor en un circuito de refrigeración. Se puede hervir fácilmente a un vapor y condensarse en un líquido a medida que circula a través de los componentes del sistema. Los refrigerantes se eligen para aplicaciones específicas en función de sus propiedades termodinámicas, compatibilidad de componentes, clasificaciones de seguridad y características de funcionamiento.

Los refrigerantes más comunes son a base de carbono y contienen hidrógeno (H). Por lo general se derivan del metano o el etano. Estos refrigerantes incluyen:

- Clorofluorocarbono (CFC)
- Hidroclorofluorocarbono (HCFC)
- Hidrofluorocarbono (HFC)
- Hidrofluoroolefina (HFO)
- Hidrocarburos (HC)

Debido a su impacto en el medio ambiente, la mayoría de los refrigerantes están regulados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), las leyes estatales o ambos. Es responsabilidad de un técnico obtener las licencias apropiadas, cuando sea necesario, y mantenerse al día con las regulaciones de refrigerante más actuales.

Número de Referencia	Clase	Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP)	Potencial de Calentamiento Global (GWP)	Usos Típicos	Clase de Presión del Vapor	Clase Seguridad
R-11	CFC	1 (Base)	4000	Enfriadores de Aire Acondicionados (Reducir Progresivamente)	Baja	A1
R-12	CFC	1	10.900	Automotriz, Doméstico, Comercial (Reducir Progresivamente)	Media	A1
R-22	HCFC	55	1810	Aire Acondicionado	Alta	A1
R-123	HCFC	0.012	76	Enfriadores Comerciales	Baja	B1
R-502	CFC, HCFC	33	4657	Comercial de Baja temperatura	Alta	A1
R-134a	HFC	0	1430	Automotriz, Doméstico, Comercial	Media	A1
R-404A	HFC	0	3920	Comercial y industrial a temperaturas bajas y medianas	Alta	A1
R-407C	HFC	0	1770	Retro adaptación del aire acondicionado de la R-22	Alta	A1
R-410A	HFC	0	2090	Alto Acondicionado	Alta	A1
R-422B	HFC	0	3143	Retro adaptación para temperaturas bajas y medianas, R-22, R-407C, R-502 y otras mezclas HCFC	Alta	A1
R-441	HC	0	0	Refrigeradores y congeladores domésticos, máquinas expendedoras y refrigeradores y congeladores comerciales autónomos	Alta	A3
R-170	HC	0	6	Fabricación	Muy Alta	A3
R-290	HC	0	3	Refrigeración de proceso comercial y industrial	Alta	A3
R-600a	HC	0	3	Aparatos e Electrodomésticos pequeños, refrigeración de proceso comercial y industrial	Media	A3
R-744		0	1 (Base)	Refrigeración de proceso comercial y industrial	Muy Alta	A1
R-717		0	0	Aire Acondicionado, Refrigeración de proceso comercial y industrial	Alta	B2
R-1234yf	HFO	0	4	Automotriz	Media	A2L
R-1234ze	HFO	0	6	Nuevos enfriadores, bombas de calor y máquinas expendedoras	Media	A2L
R-1233zd	HFO	0	1	Nuevos enfriadores y Soplado de espuma	Baja	A2L

Los refrigerantes se evalúan utilizando su potencial de agotamiento del ozono (ODP) y su potencial de calentamiento global (GWP). Los refrigerantes clorados (CFC y HCFC) pueden agotar el ozono en la estratosfera de la tierra, causando numerosos riesgos para la salud y el medio ambiente. Los refrigerantes que agotan el ozono están siendo, o han sido, eliminados gradualmente. Las emisiones de refrigerantes también contribuyen al calentamiento global o al cambio climático. Los refrigerantes con un GWP alto, superior a 1500, se están reduciendo gradualmente, limitando sus aplicaciones y uso.

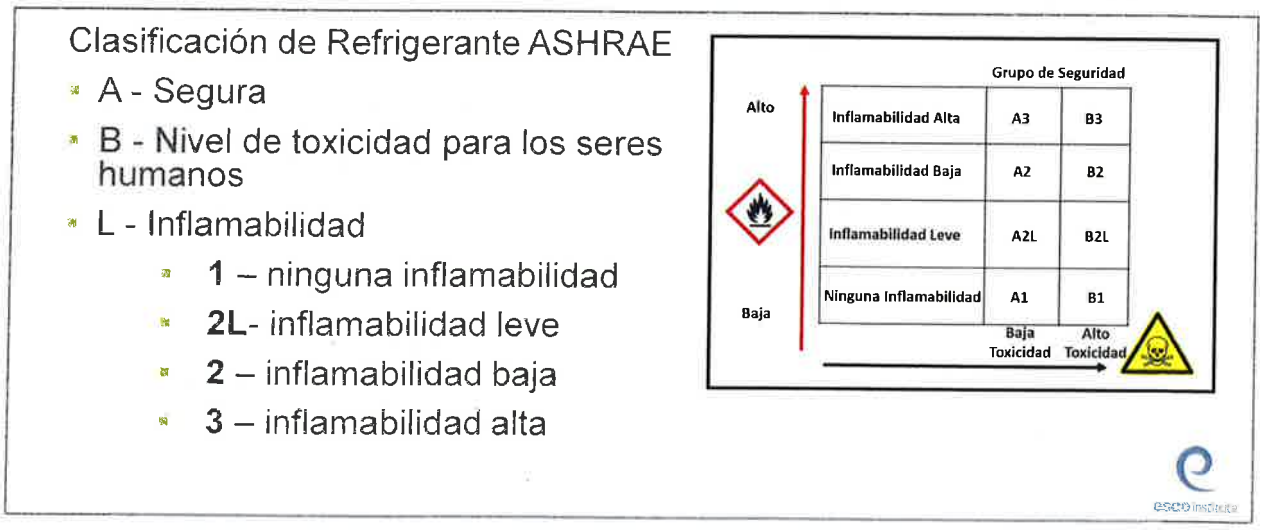
Propiedades y Caracteristicas del Refrigerante

Todos los refrigerantes tienen diferentes propiedades y características de funcionamiento que los hacen adecuados para diversas aplicaciones. Un refrigerante ideal para un sistema sería no corrosivo para los componentes del sistema, tiene presiones de funcionamiento dentro de la capacidad de diseño del sistema, tienen un punto de ebullición que es más bajo que la aplicación de temperatura para la que se está utilizando, proporcionar el retorno de aceite a la compresor, y tienen una temperatura crítica que

es más alta que la temperatura de condensación de diseño del sistema. La temperatura crítica de un refrigerante es la temperatura a la que el vapor de refrigerante ya no se puede condensar en un líquido, sin importar cuánta presión se aplica. Los refrigerantes tienen una relación presión/temperatura (P/T) muy específica que se puede ver usando un gráfico P/T. Este gráfico, también conocido como un gráfico de saturación, se puede utilizar para evaluar el rendimiento de un sistema de refrigeración.

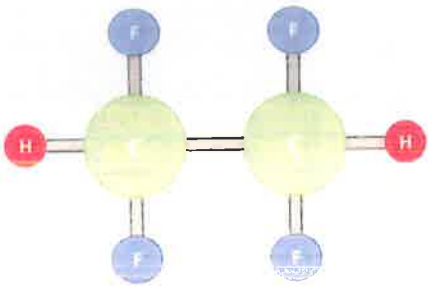
Temp °F	R22	R410A	R134A	R407C	
				Liquido	Vapor
0	24.0	48.6	6.5	29.9	19.6
5	28.2	55.2	9.1	34.7	23.6
10	32.8	62.3	11.9	39.9	28.0
15	37.7	70.0	15.0	45.6	32.8
20	43.0	78.3	18.4	51.6	38.0
25	48.8	87.3	22.1	58.2	43.6
30	54.9	96.8	26.0	65.2	49.6
35	61.5	107	30.3	72.6	56.1
40	68.5	118	35.0	80.7	63.1
45	76.0	130	40.0	89.2	70.6
50	84.0	142	45.4	98.3	78.7
55	92.6	155	51.1	108	87.3
60	102	170	57.3	118	96.9
65	111	185	63.9	129	106
70	121	201	71.0	141	117
75	132	217	78.6	153	128
80	144	235	85.6	166	140
85	156	254	95.1	180	153
90	168	274	104.2	195	166
95	182	295	113.8	210	181
100	196	317	124.1	226	196
105	211	340	134.9	243	211
110	226	365	146.3	261	229

Otras características de refrigerante que deben tenerse en cuenta son la toxicidad, la inflamabilidad y el impacto ambiental. ASHRAE Standard 34 se utiliza para clasificar un refrigerante en función de su toxicidad e inflamabilidad. La toxicidad se representa con una letra, siendo A la más baja. La inflamabilidad se representa con un número, siendo 1 no inflamable. Cuanto mayor sea la inflamabilidad, mayor será el número asignado a un refrigerante. Un refrigerante A1 tendría baja toxicidad y baja inflamabilidad. La denominación de inflamabilidad inferior (2) se ha dividido en dos categorías, 2 y 2L. Los refrigerantes 2L son ligeramente inflamables con una velocidad máxima de combustión inferior a 10 cm/s.



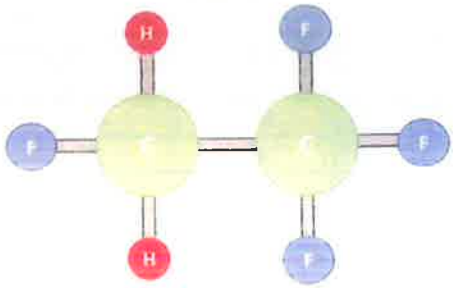
Los refrigerantes que tienen una designación de letra minúscula (a, b, c) indican un isómero. Los isómeros son compuestos químicos que tienen la misma fórmula y peso molecular, pero diferentes arreglos moleculares y propiedades. Por ejemplo, R-134 y R-134a tienen la misma fórmula química, pero la disposición molecular diferente les da diferentes propiedades químicas.

R-134



CHF_2-CHF_2

R-134a



CH_2F-CF_3

Una designación de letra mayúscula (A, B, C) se utiliza cuando las mezclas de refrigerante se componen de los mismos refrigerantes, pero con diferentes porcentajes de cada uno. Por ejemplo, R-407A, R-407B y R-407C contienen R-125, R-134a y R-32. Cada designación de letra de R 407 indica que se utiliza un porcentaje diferente de cada refrigerante en la mezcla.

Mezcla 407	R-125	R-134a	R-32
R-407A	40%	40%	20%
R-407B	70%	20%	10%
R-407C	25%	52%	23%

Clorofluorocarbonos (CFCs)

Los CFC contienen cloro, flúor y carbono y tienen el mayor potencial de agotamiento del ozono de todos los refrigerantes. La producción de CFC fue completamente eliminada en 1995. Algunos refrigerantes CFC comunes fueron R-11, R-12 y R-113. R-12 fue un refrigerante muy popular utilizado durante muchos años en automóviles, refrigeradores y aplicaciones comerciales de refrigeración. Después de su eliminación gradual, R-12 fue reemplazado por HFC-134a.

Numero R	Nombres Quimico	Puntos de Ebullicion	Color del Cilindro
R-11	Triclorofluorometano	74.9°F	Naranja
R-12	Diclorodifluorometano	-21.7°F	Blanco
R-113	Triclorotrifluoroetano	118°F	Púrpura
R-114	Diclorodifluorometano	38.4°F	Azul Marino
R-500	Mezcla R-12/152a	28.5	Amarillo
R-502	Mezcla R-22/115	-49.5	Violeta

Hidroclorofluorocarburos (HCFCs)

Los HCFC contienen hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Estos refrigerantes tienen un menor potencial de agotamiento del ozono que los CFC y su producción se eliminará por completo a más tardar el 1 de enero de 2020. R-22, el refrigerante HCFC más común, se ha utilizado en aires acondicionados residenciales y bombas de calor durante décadas. También se ha utilizado en sistemas de refrigeración a temperatura media. Hay numerosos refrigerantes de reemplazo para R-22, pero ninguno de ellos es un reemplazo directo. Antes de cargar un refrigerante de reemplazo en un sistema, se debe recuperar la carga original del R-22, cambiar los secadores de filtro y extraer un vacío profundo en el sistema. Dependiendo del refrigerante de reemplazo, también puede ser necesario un cambio de aceite del Sistema.

Numero R	Nombre Quimico	Punto de Ebullición	Color del Cilindro
R-22	Difluoromonoclorometano	-41°F	Verde Claro
R-123	Diclorotrifluoroetano	82°F	Gris Azul Claro

Hidrofluorocarbonos (HFCs)

Los HFC contienen hidrógeno, flúor y carbono y no agotan el ozono, ya que no tienen cloro. Sin embargo, muchos de los HFC más comunes tienen altos potenciales de calentamiento global (GWP) de más de 1.500. Los HFC se utilizan en una amplia variedad de sistemas de refrigeración; desde refrigeradores y congeladores hasta unidades de aire acondicionado automotriz y residencial. HFC -134a se ha utilizado como refrigerante de reemplazo para la mayoría de las aplicaciones de CFC-12, incluidos refrigeradores de temperatura media y automóviles. HFC-407C se utiliza como refrigerante de reacondicionamiento para HCFC-22 en aplicaciones de refrigeración de confort. HFC-404A se utiliza principalmente en aplicaciones de refrigeración a baja temperatura. Debido al alto GWP de HFC-404A (3920), se ha programado para una reducción gradual en muchas partes del país. HFC-410A se utiliza principalmente en sistemas residenciales y comerciales ligeros de aire acondicionado y bombas de calor.

Numero R	Nombre Quimico	Puntos de Ebullicion	Color del Cilindro
R-134a	Tetrafluoroetano	-15.3°F	Azul Claro
R-404A	Mezcla R-125/143a/134a	-46.2°F	Naranja
R-407C	Mezcla R-32/125/134a	-43.6°F	Chocolate
R-410A	Mezcla R-32/125 blend	-55.3°F	Rosa

Hidrofluoroolefinas (HFOs)

Los HFO son químicamente similares a los HFC; contienen hidrógeno, flúor y carbono. La única diferencia es que son insaturados, lo que significa que tienen al menos un doble enlace de carbono. Estas moléculas se denominan olefinas o alquenos. A diferencia de los HFC, estos refrigerantes tienen un potencial de calentamiento global muy bajo (GWP) y la mayoría son ligeramente inflamables (A2L). Los HFO también tienen un potencial de agotamiento del ozono (ODP) de 0. Se están utilizando en una serie de diferentes aplicaciones de temperatura, tales como aires acondicionados automotrices y sistemas de refrigeración comercial y están siendo probados para un uso ampliado.

Numero R	Nombre Quimico	Puntos de Ebullicion	Color del Cilindro
R-1234yf	Tetrafluoropropeno	-22°F	Raya Roja
R-1234ze	Tetrafluoroprop-1-ene	49.6°F	Raya Roja
R-1233zd	Trifluoropropeno	66°F	Verde

Hidrocarburos (HCs)

Los refrigerantes HC contienen hidrógeno y carbono y son clasificados por ASHRAE en el grupo de seguridad A3, que son altamente inflamables. Los refrigerantes CC puros no tienen cloro ni flúor, tienen un potencial de agotamiento del ozono (ODP) de 0 y un potencial de calentamiento global muy bajo (GWP). Estos refrigerantes se conocen a menudo como refrigerantes naturales. HC-600a se utiliza actualmente en algunos refrigeradores y congeladores domésticos. HC-290 se utiliza en algunas unidades de refrigeración de paquetes pequeños. Los refrigerantes HC son muy eficientes energéticamente, lo que reduce el consumo de energía en comparación con los refrigerantes HFC. Sin embargo, debido a su naturaleza altamente inflamable, su uso se limita a sistemas con cargas muy pequeñas, típicamente 5.3 onzas o menos.

Numero R	Nombre Quimico	Puntos de Ebullicion
R-290	Propano	-44°F
R-600	Butano	31°F
R-600a	Isobutano	11°F

Mezclas de Refrigerante

Un refrigerante mezclado es una mezcla de dos o más refrigerantes que se clasifica como azeotrópico, casi azeotrópico o zeotrópico. Las mezclas son creadas en la fábrica por ingenieros, no en el campo por los técnicos. Una mezcla de refrigerante azeotrópico se comporta como un refrigerante de un solo componente. Sigue una sola tabla de presión/temperatura y no se para, ni fracciona, con un cambio en la presión, la temperatura o ambos. Las mezclas de refrigerante azeotrópico se numeran en la serie 500 (R-500, R-502, etc.).

Una mezcla de refrigerante zeotrópico es una mezcla de dos o más refrigerantes que pueden separarse, o fraccionar, en sus componentes originales. Los componentes de estas mezclas tienen una gama de diferentes puntos de ebullición, conocidos como deslizamiento de temperatura. Cuanto mayor sea el rango de puntos de ebullición, mayor será el deslizamiento de temperatura. Los refrigerantes zeotrópicos tendrán dos gráficos de presión/temperatura, uno para la fase de vapor (punto de rocío) y otro para

la fase líquida (punto de burbuja). Para evitar el fraccionamiento, las mezclas de refrigerante zeotrópico deben cargarse como líquido.

Las mezclas de refrigerante casi azeotrópicos (NARMS) son mezclas zeotrópicas que tienen propiedades muy cercanas a las de los azeotropos. Tienen un pequeño deslizamiento de temperatura, a menos de 5°F, y un potencial de fraccionamiento muy bajo. Los NARM y las mezclas de refrigerante zeotrópicos están numerados en la serie 400 (R-404A, R-410A, etc.).

Aplicaciones de Temperatura

Una de las condiciones de diseño que determinará qué refrigerante se utilizará, es la aplicación de la temperatura. Cada aplicación tiene un rango de temperatura y refrigerantes que funcionan mejor en ese rango. Las tres principales aplicaciones de temperatura son: baja temperatura, temperatura media y alta temperatura. La temperatura baja y media se utilizan en la industria de la refrigeración. La aplicación de alta temperatura puede referirse a refrigeración o refrigeración de confort. El gráfico muestra los rangos de temperatura y refrigerantes más comunes. Cabe señalar que los rangos de temperatura y los tipos de refrigerante pueden variar de una publicación a la siguiente.

Aplicación de Temperatura	Rango de Temperatura del Espacio	Refrigerantes Comunes
Bajo	0°F – (-20°F)	R-404A, R-507, R-448A
Mediano	28°F – 45°F	R-134a, R-22, R-448A, R-450A
Alto	47°F – 75°F	R-22, R-134a, R-410A, R-407C

Seguridad del Refrigerante

Al trabajar o transportar refrigerante, se debe tener cuidado para evitar lesiones graves y/o la muerte. Los refrigerantes son más pesados que el aire y pueden desplazar el oxígeno, lo que conduce a la asfixia o asfixia. Algunos refrigerantes pueden ser muy tóxicos. En caso de una gran fuga de refrigerante, el área debe ser desocupada y ventilada. El refrigerante líquido salpicado en la piel o en los ojos puede causar quemaduras graves o ceguera. Siempre se deben usar guantes y gafas de seguridad adecuados.

Los cilindros de refrigerante están presurizados y pueden explotar cuando se exponen a altas temperaturas. Los cilindros deben almacenarse a temperaturas inferiores a 125°F y transportarse en posición vertical. Los cilindros rellenables (tanques de recuperación) no deben llenarse más allá del 80% de su capacidad máxima, lo que permite espacio para la expansión del refrigerante y evitar que el tanque se descomapara. Algunos refrigerantes pueden ser altamente inflamables. Siga siempre las recomendaciones del fabricante cuando trabaje con refrigerantes inflamables.

Aceites Refrigerantes

Los compresores del sistema de refrigeración requieren aceite para la lubricación. Una pequeña cantidad de este aceite se distribuye a través del sistema con el refrigerante durante la operación. Los aceites refrigerantes son solubles en refrigerante líquido y, a temperatura ambiente normal, se mezclarán por completo. El vapor de aceite y refrigerante no se mezclan tan bien y, como tal, la velocidad del vapor refrigerante debe ser lo suficientemente alta como para garantizar que el aceite vuelva al compresor. Los fabricantes de compresores especificarán qué tipo de aceite se va a utilizar para una aplicación específica. El tipo de aceite utilizado también debe ser compatible (miscible) con el refrigerante en el sistema. Los aceites más comunes son mineral, alquilbenceno (AB), poliolester (POE), éter polivinílico (PVE) y polialquileno glicol (PAG). Cada uno de estos aceites tiene diferentes propiedades térmicas, viscosidades, y son higroscópicos, lo que significa que absorben fácilmente la humedad. Los aceites refrigerantes no deben mezclarse; la mezcla resultante no puede lubricar el compresor correctamente o ser miscible con el refrigerante del sistema.

Aceite Mineral

El aceite mineral es un subproducto del procesamiento de petróleo crudo para producir gasolina u otros productos derivados del petróleo. El aceite mineral se puede clasificar en los tres grupos: nafténico, parafónico y aromático. Los aceites minerales a base de nafteno son los más comunes y son adecuados para sistemas de refrigeración que utilizan CFC y algunos refrigerantes HCFC. El aceite mineral contiene cera en su composición y es ligeramente higroscópico.

Aceite de Alquilbenzene(AB)

El aceite de alquilbenceno es un aceite sintético adecuado para sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes CFC o HCFC. Es compatible con aceite mineral y tiene mejor miscibilidad de refrigerante con R-22 en aplicaciones a baja temperatura. El aceite de alquilbenceno no contiene cera en su composición y funciona mejor con refrigerantes de mezcla HCFC y aplicaciones de reacondicionamiento. El aceite de alquilbenceno es higroscópico y su exposición a la atmósfera debe ser limitada

Aceite de Ésteró de Poliol (POE)

El aceite de éstere de poliol es un aceite sintético adecuado para la mayoría de los sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes HFC y HFO. El aceite POE es muy higroscópico y no debe exponerse a la atmósfera. Puede tirar de la humedad a través de un recipiente de plástico y, por lo tanto, debe almacenarse en recipientes metálicos o de vidrio. La humedad puede hacer que el aceite POE se descomponga rápidamente en lodos. El aceite POE también es susceptible a la hidrólisis. La hidrólisis es la descomposición, debido a la presencia de agua, del aceite POE en ésteres, ácido orgánico y/o alcohol. Esto puede hacer que los obstrucciones se desarrollen en los componentes del sistema de refrigeración. El aceite de POE puede causar una erupción o irritación si entra en contacto con la piel.

Éter Polivinílico (PVE)

El aceite de éter de polivinilo es un aceite sintético que no es POE y que se utiliza como alternativa al aceite POE en sistemas que utilizan refrigerantes HFC. Es más higroscópico que el aceite POE y menos que el aceite PAG. El aceite pVE no sufre hidrólisis, por lo que es menos probable que obstruya los componentes del sistema cuando hay humedad.

Polialquileno Glicol (PAG)

Polialquileno glicol es un aceite sintético utilizado principalmente en sistemas de aire acondicionado automotrices que utilizan R-134a y R-1234yf. Es extremadamente higroscópico, más que aceites POE o PVE, y no es miscible con cloro. Los aceites PAG están disponibles con diferentes viscosidades para diferentes tipos de sistemas. El aceite PAG puede causar una erupción o irritación si entra en contacto con la piel.

Trabajar Con Aceite Refrigerante

Todos los aceites refrigerantes son higroscópicos, lo que significa que absorben la humedad. Se debe tener cuidado de limitar su exposición a la atmósfera, no se recomienda más de 15 minutos. En algunos casos, al igual que con POE, la humedad no se puede eliminar del aceite con un vacío profundo o un secador de filtro. El aceite debe ser lavado del sistema y reemplazado si se satura con humedad. Algunos de los aceites más higroscópicos pueden extraer humedad a través de envases de plástico y deben almacenarse en envases de vidrio o metal. Los aceites refrigerantes pueden ser irritantes para la piel y deben manipularse adecuadamente. Se recomiendan guantes y gafas. Si el aceite se pone en la piel, la zona afectada debe lavarse a fondo con agua y jabón.

Los sistemas que han sido sometidos a humedad, aire u otros contaminantes, pueden experimentar una reacción química que produce ácido cuando se expone a calor excesivo. Un agotamiento del compresor también puede causar la formación de ácido. Se debe realizar una prueba de ácido en cualquier sistema que se sospeche que es ácido. Si se detecta que un sistema contiene ácido, el refrigerante debe recuperarse en un tanque de recuperación separado, el aceite drenado y los componentes del sistema vaciados con un lavado de línea aprobado. También deben instalarse nuevos secadores de filtro de aspiración y línea líquida. Una vez limpiado, se puede añadir aceite nuevo y refrigerante al Sistema.

Tipo de aceite		Composición	Control de humedad	Tipos de Refrigerante	Aplicación(s)
Mineral	MO	Natural	Higroscópico	CFCs, HCs, HCFCs	Refrigeración y Refrigeración confort
Alquilbenceno	AB	Sintético	Más Higroscópico	CFCs, HCFCs, HCs	Refrigeración de baja y media temperatura
Ester de Poliol	POE	Sintético	Muy Higroscópico	HFCs, HFOs, HCs	Refrigeración y Refrigeración confort
Polialquileno Glicol	PAG	Sintético	Extremadamente Higroscópico	HFC, HFO	Sólo automotriz
Éter Polivinilico	PVE	Sintético	Muy Higroscópico	HFCs	Refrigeración y Refrigeración confort

Retrofitting del Sistema

Con la eliminación gradual y la reducción gradual de muchos refrigerantes más antiguos, la adaptación de un sistema existente a un refrigerante más nuevo es cada vez más común en la industria de HVACR. El avance hacia tecnologías más ecológicas y refrigerantes ambientalmente más seguros ha provocado la surgición de numerosos refrigerantes de reacondicionamiento y reemplazo. El tipo de sistema y la aplicación de temperatura determinarán qué refrigerante se debe utilizar durante una adaptación. El refrigerante elegido determinará entonces qué lubricante se debe utilizar. Antes de comenzar una adaptación del sistema, se debe verificar que el refrigerante y el aceite que se va a utilizar están aprobados para el sistema que se está

convirtiendo. La carga existente debe recuperarse, cambiar los secadores de filtro y evacuar el sistema antes de cargar el sistema con un nuevo refrigerante. También debe verificarse que el dispositivo de medición existente es compatible con el refrigerante de reacondicionamiento.



HCFC-22 tiene las opciones de refrigerante más retrofit para aplicaciones residenciales o comerciales ligeras de aire acondicionado. Algunos trabajarán con el aceite mineral ya presente en el sistema R-22, algunos requerirán un cambio de aceite a POE, y otros trabajarán con una mezcla POE y aceite mineral. Como recordatorio, no hay refrigerantes de reemplazo. Los fabricantes de refrigerantes proporcionan documentación que detalla qué configuración de aceite es necesaria para su refrigerante en una aplicación de reacondicionamiento.

R-407A
R-407C
R-407F
R-417A
R-417B
R-421A

R-421B
R-422A
R-422B
R-422C
R-422D
R-424A

R-427A
R-428A
R-434A
R-438A
R-404A
R-507A

Procedimientos de Retrofitting

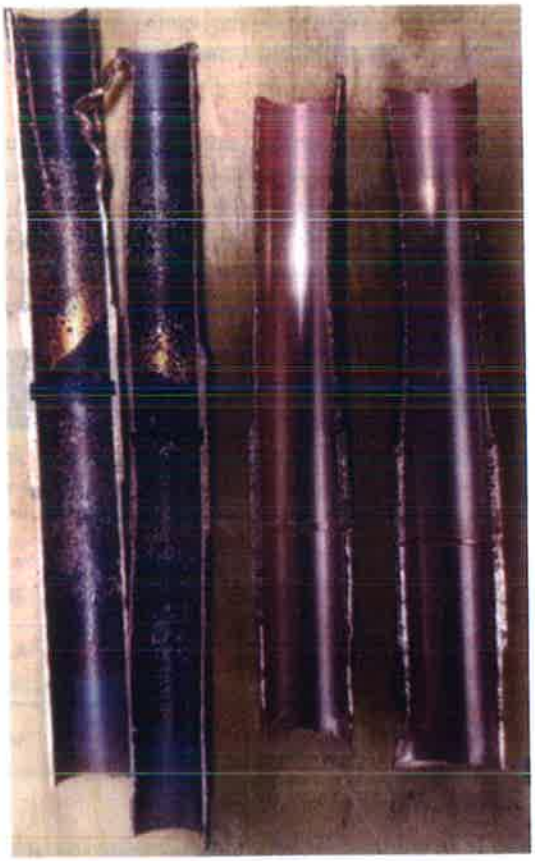
Al reacondicionar un sistema, bajo ninguna circunstancia un técnico debe añadir un nuevo refrigerante a un sistema antes de recuperar el refrigerante antiguo. Los refrigerantes mixtos no seguirán un gráfico de presión/temperatura, pueden causar una pérdida de capacidad o eficiencia y pueden provocar fallos en el equipo. Antes de adaptar un sistema, se debe ciclo, y sus características normales de funcionamiento registradas. Las siguientes son solo algunas de las condiciones que deben tenerse en cuenta:

- temperatura de la línea de vapor en el condensador
- temperatura de la línea líquida en el condensador
- temperatura de saturación del evaporador
- temperatura de saturación del condensador
- temperatura de descarga del compressor
- Recalentamiento
- Subenfriamiento
- amperaje del compressor

Algunos fabricantes pueden requerir que se registre más información antes de convertir un sistema. Después de que el sistema se ha convertido, debe ser un ciclo, y las características de funcionamiento en comparación con las del refrigerante anterior. Estas características deben ser muy estrechas para que el sistema funcione según lo diseñado.

Después de registrar las características iniciales de funcionamiento del sistema, la antigua carga de refrigerante debe ser recuperada y pesada. Una vez que la presión se ha reducido a atmosférica (0 psig), el secador de filtro debe ser cortado y uno nuevo soldado en su lugar. Se debe utilizar un barrido de nitrógeno durante el proceso de soldadura fuerte para evitar la oxidación del cobre como se ve en la foto.

Si el dispositivo de medición debe ser reemplazado, debe hacerse después de que el sistema se ha abierto. Después de que el sistema ha sido sellado, se debe hacer una prueba de presión de nitrógeno de pie para comprobar si hay fugas. Consulte las placas de datos del sistema para conocer la presión máxima de prueba, se debe utilizar la presión más baja indicada en cualquiera de las placas de datos. Tenga en cuenta que en las imágenes la presión de prueba sería de 150 psig. Una vez que el sistema ha sido probado por fugas y no se encuentran fugas, el nitrógeno puede ser liberado a la atmósfera.



Secciones transversales de tubos de cobre. El tubo de la izquierda (de color negro) ha sido Oxidado.

Condensing Unit No. 36790-CC
Model # GMS-13-3610-CC
Serial # SO927040249
Test Pressure Low Side: 150 PSIG
Test Pressure High Side: 400 PSIG
Refrigerant R-22

Cased Evaporator Coil
Model # GMS-13-3610-CC
Serial # SO927040249
Design Pressure 150 PSIG
Refrigerant R-22

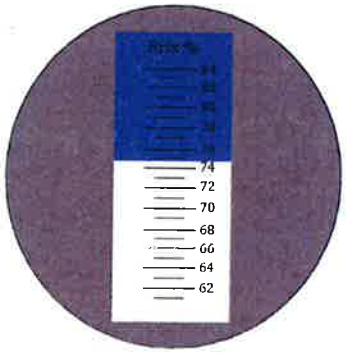
A continuación, el sistema debe ser arrastrado a un vacío profundo de al menos 500 micras. Una vez alcanzado el nivel de vacío adecuado, el sistema debe ser válvulado y observado para ver si la presión del sistema aumenta. Si el nivel de vacío no aumenta considerablemente, el sistema se puede cargar con el nuevo refrigerante. La mayoría de los fabricantes recomiendan cargar 80% - 90% de la carga original en el sistema por peso antes de energizar el sistema. El refrigerante se puede añadir según sea necesario, en pequeñas cantidades hasta que el sistema esté funcionando dentro del rango deseado. Consulte siempre los procedimientos de carga recomendados por el fabricante para el peso de carga adecuado. Se debe colocar una placa o etiqueta grande y visible en la unidad para mostrar que se ha cambiado la carga del refrigerante del sistema.

NOTICE: RETROFITTED TO R-427A
DATE:_____
CHARGE WEIGHT:_____
OIL TYPE:_____

Cambio de Aceite del Compresor

Algunas aplicaciones de adaptación requerirán que se cambie el aceite del compresor. En la mayoría de los sistemas residenciales y comerciales ligeros de aire acondicionado y bomba de calor, el compresor hermético debe ser cortado fuera del sistema para drenar el aceite. El aceite debe ser vertido y medido para servir como una guía de cuánto aceite nuevo se debe agregar al compresor. Algunos fabricantes proporcionan pautas para la cantidad de aceite que se debe poner en el sistema. Es posible que los componentes restantes del sistema deban lavarse con una línea homologada para eliminar el sistema de cualquier aceite residual. Una pequeña cantidad de aceite residual permanecerá en el sistema. La mejor práctica de la industria es seguir cambiando el aceite hasta que la concentración del aceite viejo sea inferior al 5% de la carga total de petróleo. Este nivel a menudo se puede alcanzar mediante la realización de múltiples cambios de aceite. Consulte al fabricante específico del compresor para conocer el porcentaje permitido de aceite mezclado. Las herramientas, como un refractómetro, se pueden utilizar para comprobar la composición del aceite. Mide el índice de refracción (Brix %) del aceite. Si se conoce el índice de refracción del aceite nuevo y existente, se puede calcular la relación de mezcla de aceite. Como referencia, el aceite POE limpio tiene un porcentaje Brix de 64,4. El aceite mineral puede variar de 78% - 81%, dependiendo del tipo.





Preguntas de Revisión de la Sección 2

Nombre: _____ Fecha: _____

1. Los refrigerantes se evalúan usando su _____ y su _____.

2. La _____ de un refrigerante es la temperatura a la que el vapor refrigerante ya no se puede condensar en un líquido, sin importar cuánta presión se aplique.

3. ASHRAE Standard 34 se utiliza para clasificar los refrigerantes basados en su _____ y _____.

4. Los _____ contienen cloro, flúor y carbono y tienen el mayor potencial de agotamiento del ozono de todos los refrigerantes.

5. El refrigerante HCFC más común es _____.

6. Los _____ contienen hidrógeno, flúor y carbono y no agotan el ozono, ya que no tienen cloro.

7. Los refrigerantes de _____ contienen hidrógeno y carbono y están clasificados por ASHRAE en el grupo de seguridad A3, que son altamente inflamables.

8. Los NARM y las mezclas de refrigerante zeotrópicos están numerados en la serie _____.

9. Las mezclas de refrigerante _____ se numeran en la serie 500.

10. Los cilindros refrigerantes deben almacenarse a temperaturas inferiores a _____ y transportarse en posición vertical.

11. Los compresores del sistema de refrigeración requieren aceite para la _____.

12. Un aceite refrigerante que es _____ absorbe fácilmente la humedad.

13. El aceite _____ es un subproducto del procesamiento de petróleo crudo para producir gasolina u otros productos derivados del petróleo.

14. La conversión de un sistema de un refrigerante al otro se menciona como _____.

15. El aceite de éstere de poliol es un aceite sintético adecuado para la mayoría de los sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes HFC y HFO.

Resultados de Aprendizaje:

Después de completar esta sección, el lector debe ser capaz de:

- entender la función y el diseño de los evaporadores.
- explicar la instalación y el mantenimiento adecuados de los evaporadores.
- describir la eliminación de condensado evaporador.
- discutir el flujo de aire adecuado a través de evaporadores.
- describir la función y el diseño de los condensadores.
- explicar la instalación y el mantenimiento adecuados de los condensadores.
- discutir el flujo de aire adecuado a través de condensadores.
- entender la función y el diseño de los compresores.
- explicar los cálculos de la relación de compresión y cómo se relacionan con el ciclo de refrigeración.
- discutir la solución de problemas del compresor, mecánica y eléctrica.
- describir la instalación y el mantenimiento adecuados del compresor.
- comprender la función y el diseño de los dispositivos de medición, TXV y fixed-bore.
- discutir las diferencias operativas entre los dispositivos de medición fija y ajustable.
- describir la instalación y el mantenimiento adecuados del dispositivo de medición.

Componentes del Circuito de Refrigeración

Hay cuatro componentes principales del sistema en el circuito de refrigeración de compresión de vapor: el evaporador, el condensador, el compresor y el dispositivo de medición. Algunos sistemas pueden tener componentes adicionales, como un receptor, un acumulador, un secador de filtros y una válvula de marcha atrás, por nombrar algunos. El enfoque aquí serán los componentes utilizados en el circuito de refrigeración de confort (aire acondicionado).

Secadores de Filtros de Línea Líquida

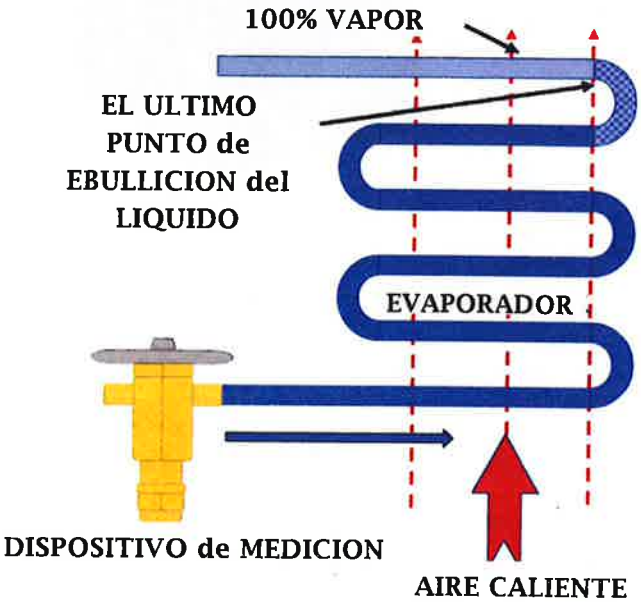
Los secadores de filtro de línea líquida se utilizan en casi todos los circuitos de refrigeración. Se marcan con una flecha para indicar la dirección en la que el refrigerante debe fluir a través de ellos. Mientras que algunos técnicos los instalan en la línea de líquido cerca del condensador para mayor comodidad, duran más tiempo cuando se instalan en interiores cerca del dispositivo de medición.



Los sistemas de bomba de calor requieren secadores de línea de líquido biflujo, que permiten que el refrigerante fluya a través de ellos en cualquier dirección. Los secadores de línea de aspiración se pueden utilizar en sistemas que requieren limpieza después de un agotamiento del compresor. No están destinados a ser dejados en el sistema de forma permanente y deben ser eliminados si se obstruyen.

Evaporador

El evaporador es un componente de transferencia de calor situado en el lado de baja presión del sistema. El refrigerante líquido de baja presión/ baja temperatura se introduce en el evaporador mediante un dispositivo de medición. El refrigerante se hierve a un vapor por el calor del aire que pasa sobre él. Este calor es absorbido por el refrigerante y finalmente eliminado del sistema por el condensador. El calor absorbido durante el cambio de estado, de líquido a vapor, es calor latente. Una vez que todo el líquido ha hervido a un vapor, el calor absorbido es calor sensible, también llamado supercalentamiento. En un sistema con la carga de refrigerante adecuada y el flujo de aire adecuado, el último punto de líquido se produce típicamente cerca del extremo del evaporador, justo antes de que el refrigerante entre en la línea de aspiración.



Otra función del evaporador en la aplicación de refrigeración de confort es la eliminación de la humedad. La temperatura de la bobina del evaporador de un acondicionador de aire o bomba de calor es típicamente entre 40-45°F, que está por debajo del punto de rocío

del aire que se está enfriando. A medida que el aire caliente entra en contacto con la superficie más fría de la bobina, la humedad en el aire se condensará en la superficie de la bobina. El agua, en forma de condensado, se canaliza desde el evaporador a una bomba de drenaje o condensado cercana. De acuerdo con la mayoría de las directrices de la Industria, la condición media de diseño de humedad relativa es del 50% durante el verano, dependiendo de la región geográfica.

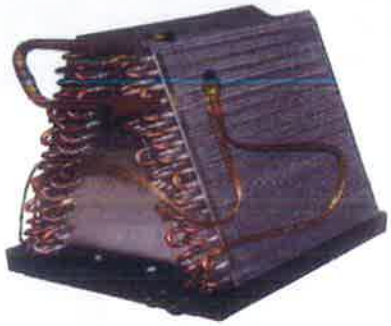
El estándar de la industria para el flujo de aire a través del evaporador es de 400 pies cúbicos por minuto (CFM), por tonelada de refrigeración. En áreas con una alta carga de calor latente, o climas de alta humedad, el flujo de aire ligeramente más bajo (325-350 CFM) se puede utilizar a través del evaporador para la eliminación de humedad adicional. En áreas con una carga de calor altamente sensible, el flujo de aire ligeramente más alto (425-450 CFM) se puede utilizar para satisfacer los requisitos de espacio acondicionado. Consulte siempre la documentación del fabricante para obtener recomendaciones de flujo de aire para el equipo que se está utilizando. En un sistema que esté instalado correctamente, tenga la carga correcta y esté limpio, la división de temperatura (diferencia de temperatura entre los conductos de suministro y retorno) debe estar entre 16°F y 22°F, dependiendo de la eficiencia del sistema y la carga latente en el sistema.

Diseño del Evaporador

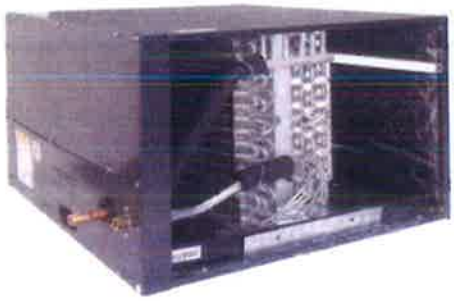
El diseño del evaporador, a veces conocido como la bobina "A", en la mayoría de las aplicaciones de enfriamiento de confort es tubos de cobre con aletas de aluminio, aunque algunos fabricantes han cambiado a un diseño de aluminio. En un evaporador de aluminio, el fabricante normalmente proporciona un talón de cobre para soldar las líneas de cobre. Las aletas de aluminio ayudan en la transferencia de calor y deben mantenerse limpias para un rendimiento óptimo de la bobina. Antes de que se utilice un limpiador de bobinas químicas, se debe verificar que es compatible para su uso con la bobina y que es seguro para su uso en evaporadores.

La mayoría, si no todos, los evaporadores utilizados con sistemas de refrigeración de confort son evaporadores multicircuito. Múltiples circuitos de refrigerante se utilizan cuando la longitud de la bobina se hace demasiado larga para un solo circuito. Las longitudes excesivas causarán una gran caída de presión a medida que el refrigerante viaja a través del circuito. En un diseño multicircuito, las líneas de refrigerante se canalizan en "circuitos" paralelos más cortos o trayectorias a través del evaporador. Un distribuidor alimenta uniformemente el refrigerante desde el dispositivo de medición a cada circuito. Al final del evaporador, todos los circuitos individuales están conectados a un cabezal o colector que está conectado a la línea de aspiración.

Los evaporadores se fabrican en una variedad de configuraciones para adaptarse a casi cualquier instalación. Los patrones de flujo de aire más comunes son el flujo ascendente/descendente y horizontal y las bobinas se pueden encordar, en un gabinete o gabinete prefabricado, o sin carcasa. Una bandeja de drenaje se monta en la parte inferior de la bobina para la recolección y eliminación de condensado.



Un evaporador de cobre y aluminio sin carcasa

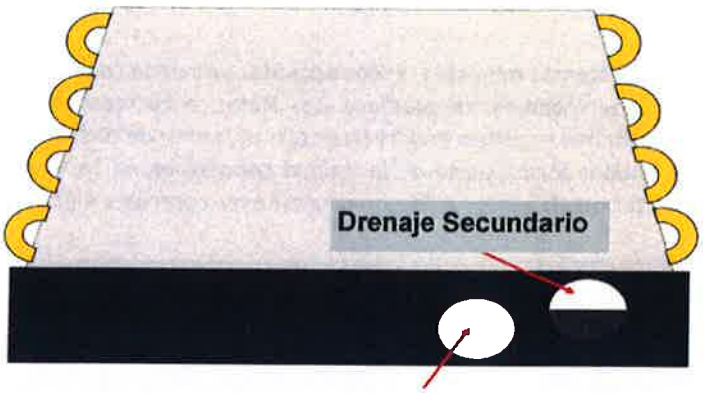


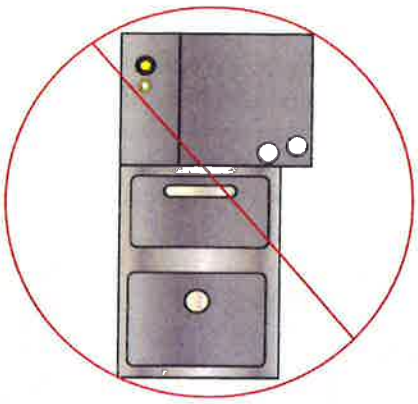
Un evaporador con carcasa horizontal de aluminio

Instalación del Evaporador

Cuando se elige una bobina para la instalación, se debe dimensionar para adaptarse correctamente al horno o al controlador de aire. El evaporador debe montarse a nivel y de una manera que permita que el condensado drene de la bandeja de drenaje según lo diseñado. La bandeja de drenaje debe encestarse a un drenaje cercano y la tubería de interconexión debe ser lanzada para permitir un drenaje adecuado. Dependiendo de los códigos locales, puede ser necesario una trampa en la tubería de drenaje. La tubería de drenaje también debe tener un accesorio para permitir la limpieza de la línea. Si no hay una ubicación de drenaje conveniente, se puede utilizar una bomba de condensado para bombear el agua a un drenaje.

La mayoría de los evaporadores tienen dos conexiones de drenaje, una superior e inferior, siendo la conexión inferior el drenaje primario. La conexión secundaria (auxiliar) se encuentra más arriba en la bandeja de drenaje y, en circunstancias normales, no drenará ninguna agua.





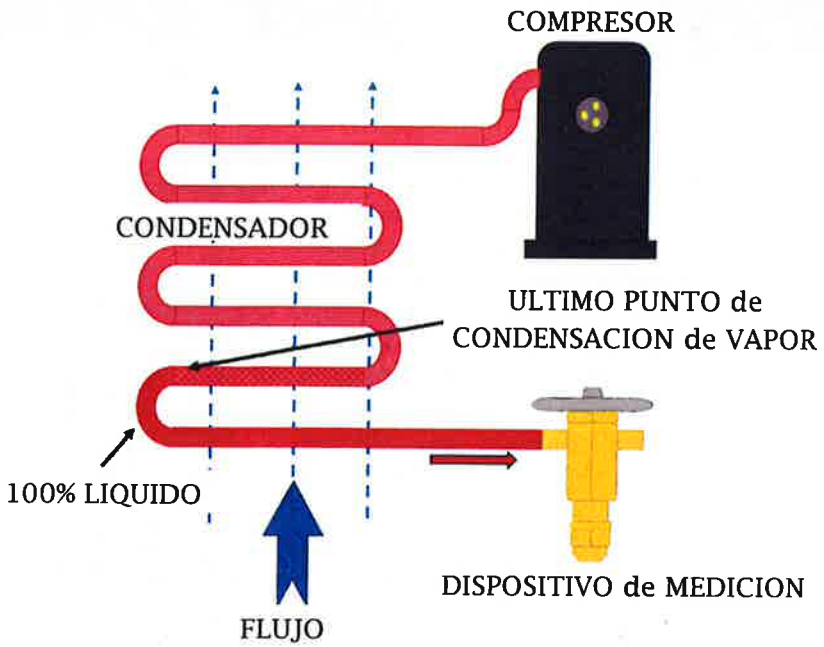
Si la línea de drenaje primaria se obstruye, la abertura superior secundaria comenzará a transportar el agua al drenaje. El drenaje secundario debe ser canalizado de una manera que el agua de drenaje es perceptible para el cliente. Se debe informar al cliente de que si la línea de drenaje secundario comienza a drenar el agua, se debe hacer una llamada de servicio para inspeccionar la tubería de drenaje del evaporador.

Cuando se instala con un horno de gas, el evaporador se encuentra típicamente en el lado de descarga, o lado de suministro del horno. En una instalación de controlador de aire, la bobina se encuentra típicamente en la presión negativa, o lado de retorno del sistema. En cualquier instalación, el aire debe filtrarse antes de pasar a través de la bobina para ayudar a mantener la bobina limpia.

Condensador

El condensador es un componente de transferencia de calor situado en el lado de alta presión del sistema. Los condensadores pueden ser refrigerados por aire o por agua. El alcance de este texto se centrará en los condensadores refrigerados por aire utilizados en sistemas de refrigeración de confort. El compresor bombea vapor refrigerante de alta temperatura/alta presión al condensador. En el condensador, el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador y compresor se retira del refrigerante y se rechaza al aire exterior.

Una vez en el condensador, el vapor refrigerante primero se dessupercalentará, llevando su temperatura a la temperatura de saturación. Después de ser dessobrecalentado, el vapor refrigerante comenzará a condensarse en un líquido. Cerca del final del condensador, todo el refrigerante se ha condensado en un líquido y comienza el proceso de subenfriamiento. El subenfriamiento es el proceso de bajar la temperatura del refrigerante por debajo de su temperatura de ebullición (saturación). Los fabricantes publican gráficos y/o literatura que contienen información sobre los niveles aceptables de subenfriamiento para diversas condiciones de funcionamiento.

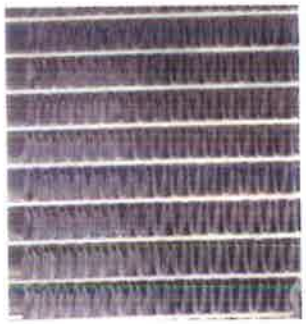


Diseño del Condensador

En sistemas de paquetes de refrigeración cómodos, sistemas divididos y sistemas mini-split, el condensador se puede construir de tubos de cobre con aletas de aluminio, aletas de columna vertebral o microcanales de aluminio. Las aletas, o microcanales, se pueden dañar fácilmente al transportar o instalar el equipo. Las aletas dañadas deben enderezarse con un peine de aleta o una herramienta similar. En un sistema de división, la bobina del condensador forma parte de la unidad condensadora. La unidad condensadora contiene el condensador, el compresor, el ventilador del condensador y los componentes y controles eléctricos asociados.



Condensador de cobre y aluminio



Aletas de la columna vertebral de aluminio



Bobina de microcanal

Las unidades condensadoras están diseñadas con una descarga de aire superior o lateral. Los sistemas de paquetes y split suelen tener una descarga de aire superior, mientras que las minidivisiones están diseñadas con una descarga de aire lateral. La bobina debe limpiarse regularmente para garantizar el flujo de aire adecuado y la transferencia de calor. Hay muchos productos químicos de limpieza de bobinas en el mercado, algunos de los cuales contienen ácido. Antes de aplicar un limpiador a una bobina, primero debe verificarse que el producto químico es compatible con el diseño de la bobina.



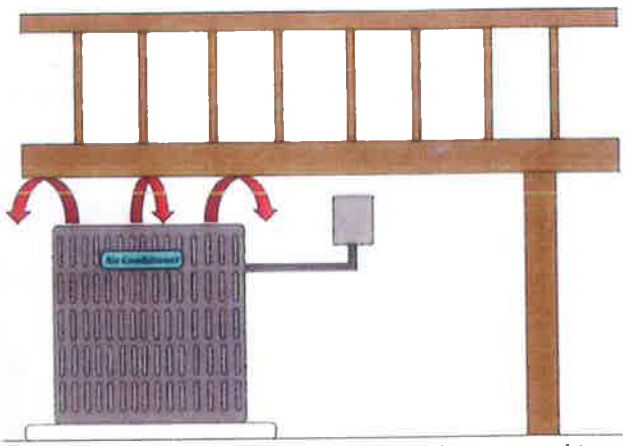
Condensador de descarga de aire superior



Una bobina de condensador sucia

Instalación del Condensador

El sistema dividido y las unidades de condensación mini-split deben montarse a nivel de una almohadilla de vibración con el espacio adecuado en todos los lados para un flujo de aire adecuado. Se debe hacer referencia al manual de instalación del fabricante para obtener las autorizaciones recomendadas. Las unidades condensadoras del sistema dividido deben ajustarse en las almohadillas de vibración. Las unidades de descarga de aire superior no deben ubicarse debajo de una cubierta u otra estructura, ya que el aire de descarga en caliente se puede reciclar de nuevo a través de la bobina del condensador, causando altas presiones, alto consumo eléctrico, baja eficiencia y bajo rendimiento general del sistema. La mayoría de los fabricantes recomiendan 8 pies o más de espacio libre vertical y al menos 18 pulgadas en cada lado para un funcionamiento adecuado. Proporcionar un espacio adecuado en los lados de la unidad condensadora también facilita el mantenimiento futuro de los equipos..



Una unidad condensadora mal instalada bajo una cubierta



Condensadores mini-split



Unidad de paquete instalada en un bordillo

Los condensadores deben estar ubicados lejos de la escorrenca de agua o de las zonas bajas donde el agua puede piscinar e inundar la unidad. Los sistemas de embalaje deben instalarse en un bordillo u otro hardware de montaje recomendado y sellarse correctamente.

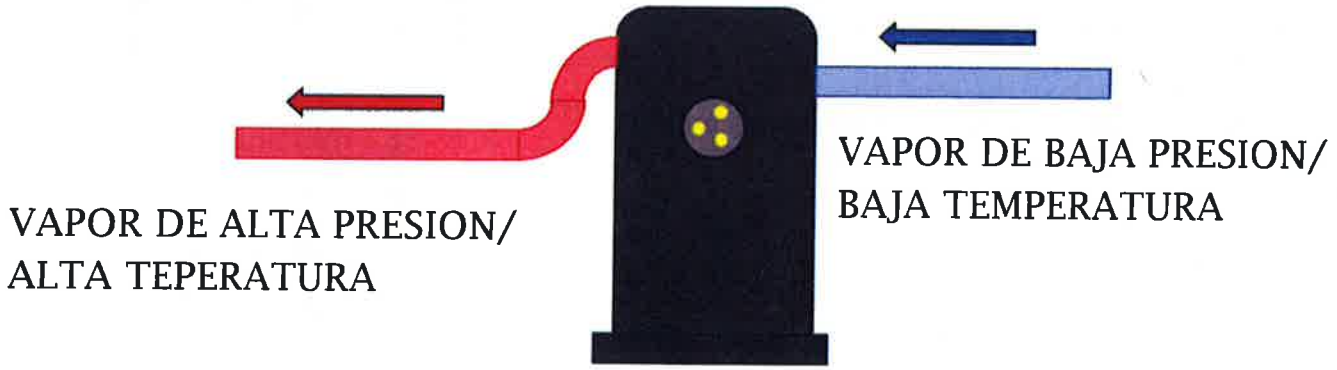
Compresor

El compresor hace circular el refrigerante a través de un circuito de refrigeración. Toma un vapor de baja presión/baja temperatura y bombea un vapor de alta presión/alta temperatura. En condiciones normales de funcionamiento, el refrigerante líquido no entra en el compresor. El compresor es una bomba de vapor y puede ser dañado por líquido. Es el compresor, junto con el dispositivo de medición, el que crea la diferencia de presión entre los lados de alta presión y baja presión del sistema.

Todos los compresores requieren lubricación (aceite) para funcionar correctamente. Hay varios diseños de compresores diferentes, cada uno de los cuales lubrica sus componentes internos de una manera diferente. Los aceites más comunes son:

- Aceite mineral
- Aceite de éstere de poliol (POE)
- Aceite de alquilbenceno(AB)
- Aceite de glicol de polialquileno(PAG)
- Aceite de éter polivinílico (PVE)

Los fabricantes de compresores especificarán qué tipo de aceite se va a utilizar para una aplicación específica. Mientras que la mayor parte del aceite permanece en el sumidero de aceite del compresor para proporcionar lubricación, una pequeña cantidad de este aceite se distribuye a través del sistema con el refrigerante durante el funcionamiento. La tubería de refrigerante debe ser dimensionada e instalada de una manera que facilite el retorno de este aceite al compresor durante el funcionamiento. Si el aceite quedara atrapado en el sistema, como en el evaporador, el compresor se drenará lentamente de todo su aceite. Sin una lubricación adecuada, lo más probable es que el compresor sufra una falla catastrófica.





Corte de un compresor de desplazamiento hermético



Compresor recíproco semihermético

Diseños de Compresores

Los compresores se pueden diseñar como herméticos, semiherméticos o abiertos. Los compresores herméticos están soldados cerrados en fábrica y no son servicios de campo. Los compresores semiherméticos están atornillados juntos y permiten el acceso a algunos de los componentes internos. En un compresor abierto, el motor se monta externamente y se conecta al compresor mediante un eje. Algunos de los compresores más comunes son:

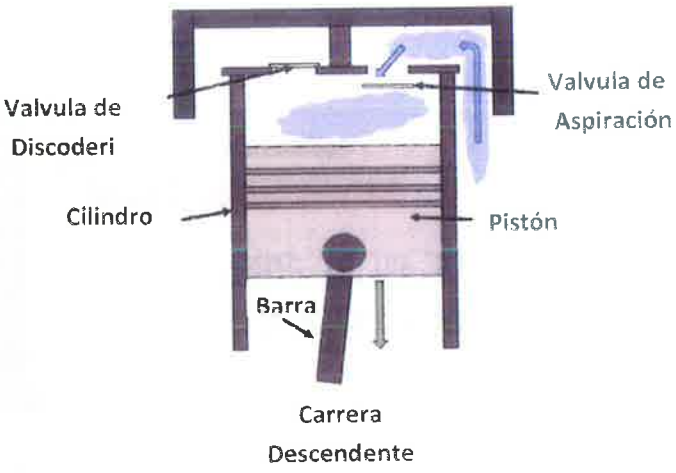
- alternativo,
- rotatorio,
- tornillo,
- desplazamiento,
- centrifugo.

Los compresores se pueden diseñar con hasta cinco velocidades para sistemas de varias etapas o como velocidad variable en los sistemas de mayor eficiencia. La mayoría de los modelos de velocidad variable son impulsados por inversores. El foco de este texto serán los compresores más comúnmente encontrados en sistemas residenciales y comerciales ligeros de aire acondicionado y bomba de calor. Estos compresores son compresores de accionamiento directo, herméticos, alternativos y de desplazamiento.

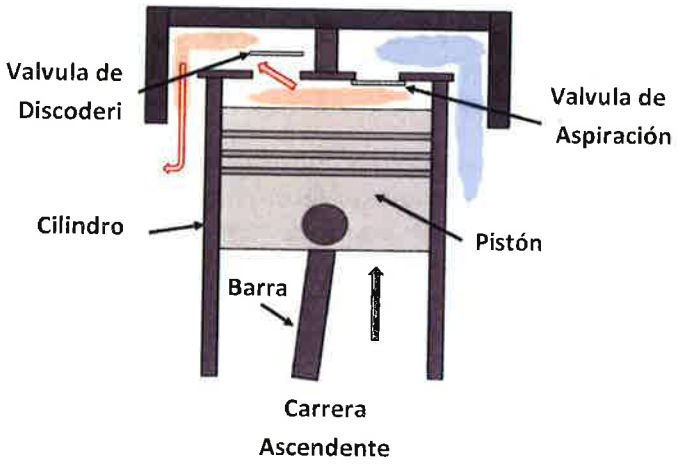
Compresor Alternativo

Los compresores herméticos alternativos fueron el pilar de los sistemas de refrigeración de confort durante muchos años. El motor y el compresor están contenidos dentro de la carcasa soldada y no están diseñados para ser reparados. En la mayoría de las aplicaciones comerciales residenciales y ligeras, el motor es un motor de condensador dividido permanente (PSC). Un motor PSC utiliza un condensador de funcionamiento, que permanece en el circuito eléctrico durante el ciclo de funcionamiento. Normalmente hay tres terminales eléctricos, comunes (C), de arranque (S) y de funcionamiento (R). Una sobrecarga térmica generalmente se conecta a los bobinados del motor dentro de la carcasa del compresor.

El compresor alternativo se compone de un cig encefálico, bielas, pistones, cilindros, válvulas y cabezal del compresor. Montado en el cig encefálico, el pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro del cilindro. La longitud de la trayectoria del pistón dentro del cilindro se denomina carrera. A medida que el pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo en el cilindro, las válvulas del compresor se abren y se cierran para bombear vapor de refrigerante a través del sistema. Durante la bajada, la válvula de aspiración se abre, debido a la baja presión en el cilindro, y el vapor refrigerante llena el cilindro. Cuando el pistón comienza su golpe ascendente, el vapor refrigerante se comprime en el cilindro. A medida que el pistón se mueve hacia arriba en el cilindro, el refrigerante de alta presión fuerza la válvula de descarga hacia arriba (abierta) y el vapor de refrigerante comprimido se expulsa. Si la presión de descarga se elevara por encima de la presión de diseño del compresor, se abriría una válvula de alivio de presión interna (IPR), lo que permitiría que las presiones del sistema se igualarían.



Cuando el pistón alcanza la parte superior de su golpe ascendente, se detiene a punto de golpear la placa de la válvula del compresor, que mantiene las válvulas en su lugar. Si el cilindro golpea la placa de la válvula, se produciría un daño al cilindro, las válvulas y la cabeza del compresor. El espacio entre la parte superior del pistón y la placa de la válvula se denomina volumen de holgura del compresor. Una pequeña cantidad de refrigerante permanece en el cilindro y no se fuerza en la línea de descarga. Este refrigerante sobrante se convierte en parte de la siguiente carrera de compresión. Cuanto menor sea el volumen de holgura, más eficiente será bombear el compresor.



La mayoría de los motores de compresores alternativos herméticos se enfrían por el vapor refrigerante de baja temperatura que entra en ellos. El funcionamiento de un compresor refrigerado por gas de aspiración que está subcargado, o que ha perdido su carga, dará lugar al sobrecalentamiento del compresor y posibles daños. El motor del compresor también puede sobrecalentarse si la temperatura del vapor de aspiración es demasiado alta.

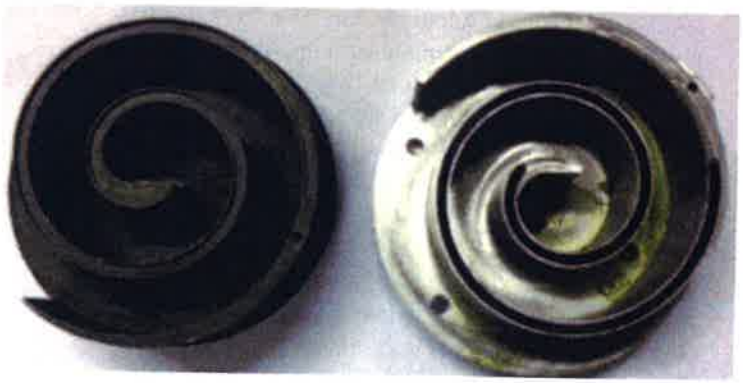
Los compresores alternativos se consideran de eficiencia estándar y normalmente están diseñados para sistemas de una y dos etapas. Los sistemas de capacidad variable o multietapa normalmente utilizan compresores de desplazamiento, que tienen mayores eficiencias.

Compresor de Desplazamiento

El compresor de desplazamiento cumple la misma función que un compresor alternativo, circula refrigerante a través del sistema. Sin embargo, tiene menos piezas móviles, dibuja menos corriente, es más eficiente y es más silencioso que un compresor alternativo. Los compresores de desplazamiento no tienen un volumen de espacio libre como los compresores alternativos, lo que los convierte en un diseño más eficiente. La mayoría de los equipos de aire acondicionado y bomba de calor fabricados hoy en día utilizan compresores de desplazamiento hermético.

Los compresores de desplazamiento hermético se enfrían con el gas de aspiración que pasa a través del compresor. Están diseñados con dos placas de desplazamiento en forma de espiral que caben dentro una de la otra. Una de las placas permanece estacionaria, mientras que la otra se mueve en una trayectoria orbital. A medida que el desplazamiento en órbita oscila, el vapor refrigerante se extrae, se comprime y luego se descarga. Durante la fase de descarga, el refrigerante se comprime a un volumen cero. Dado que no hay volumen de espacio libre, como en el caso del compresor alternativo, los compresores de desplazamiento son mucho más eficientes y deseables.

Desplazamiento en Órbita Desplazamiento en Estacionario



Debido a la forma en que las placas de desplazamiento encajan entre sí, pueden manejar una pequeña cantidad de líquido. La placa de desplazamiento en órbita puede moverse en un movimiento lateral o radial para permitir espacio para el líquido. El líquido se vaporizará rápidamente y se descargará como gas. El compresor puede dejar de bombear brevemente y se puede escuchar un ruido de gorgoteo hasta que el líquido se vaporiza y se descarga. Mientras que el compresor de desplazamiento puede manejar pequeñas cantidades de líquido, debe evitarse siempre que sea posible, ya que esto reducirá la eficiencia de bombeo del compresor.

Relación de Compresión

Relación de compresión es un término utilizado para describir la relación entre el lado de alta presión y el lado de baja presión del sistema durante el funcionamiento y se expresa como una relación. Se calcula dividiendo la presión de descarga absoluta por la presión de aspiración absoluta. Las presiones absolutas se utilizan para mantener los números positivos, ya que algunos sistemas pueden funcionar con la presión del lado bajo en un vacío. Para convertir la presión del manómetro a presión absoluta, se añade

14,7 a la lectura de la presión del medidor. Por ejemplo, si el medidor de alta presión muestra 350 psig, la presión absoluta sería 364,7 psig (350 + 14,7). Una relación de compresión de 5 a 1 (5:1) indicaría que la presión de descarga es 5 veces mayor que la presión de aspiración.

Las relaciones de compresión más bajas suelen indicar un menor consumo de energía y una mayor eficiencia. Las relaciones de compresión más altas suelen indicar un mayor consumo de energía y una menor eficiencia. Un aumento en la presión de descarga o una disminución en la presión de aspiración resultaría en una relación de compresión más alta. Una disminución de la presión de descarga o un aumento en la presión de aspiración resultaría en una relación de compresión más baja. El rango de relación de compresión típico para un sistema de refrigeración de confort es de aproximadamente 2.75-3.25 a 1 (2.75-3.25:1), dependiendo de la clasificación de eficiencia del sistema. Los siguientes son ejemplos de sistemas de aire acondicionado típicos.

R-410A

Alta presión (descarga): 350 psig
Baja presión (succión): 120 psig

350 + 14.7 = 364.7
120 + 14.7 = 134.7
364.7 ÷ 134.7 = 2.70 to 1 (2.70:1)

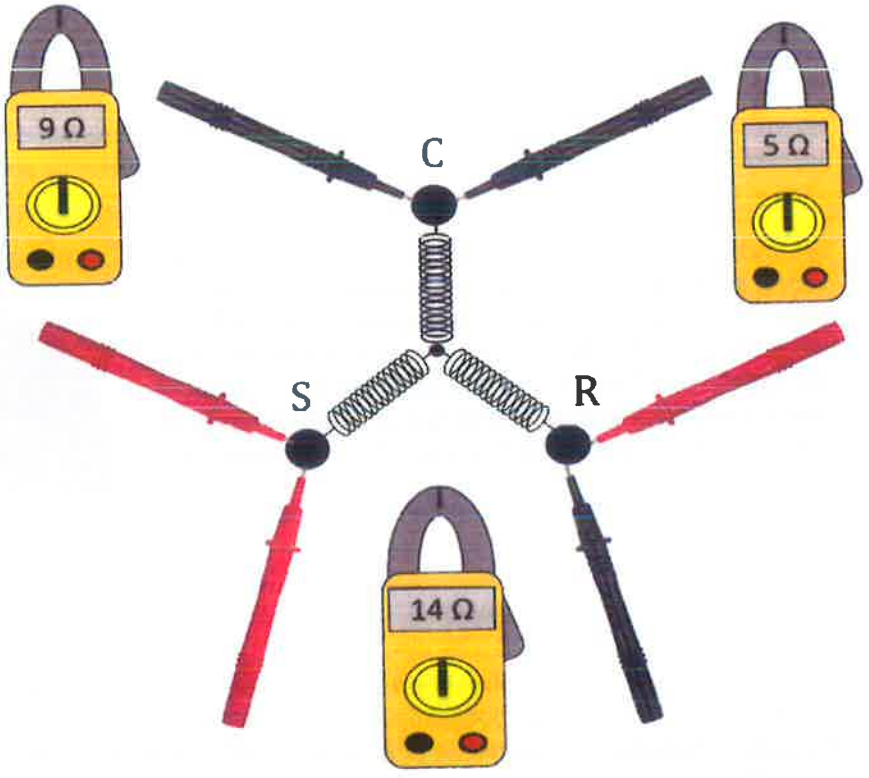
R-22

Alta presión (descarga): 250 psig
Baja presión (succión): 68 psig

250 + 14.7 = 264.7
68 + 14.7 = 82.7
264.7 ÷ 82.7 = 3.20 to 1 (3.20:1)

Prueba de un Compresor

Al probar los bobinados del motor de un compresor, dos instrumentos de prueba útiles son el multímetro digital y un megohmmeter. Se debe realizar una prueba de resistencia en cada uno de los dos bobinados del compresor, Start (S) y Run (R). Cada uno de los bobinados debe tener una resistencia medible. Una lectura del Infinito o OL indicaría un bobinado abierto o quemado. Una lectura de 0o indicaría un bobinado corto. Los compresores monofásicos tienen tres terminales que se denominan terminal común, terminal de funcionamiento y terminal de arranque. El bobinado de arranque se encuentra entre los terminales Common y Start, mientras que el devanado de carrera se encuentra entre los terminales Common y Run. En un compresor monofásico, la lectura de resistencia entre los terminales Common y Start añadida a la lectura de resistencia entre los terminales Common y Run debe ser igual a la lectura de resistencia obtenida entre el terminal Start y el terminal Run, (C y S) + (C y R) (S y R). En un compresor trifásico, la resistencia de cada bobinado debe ser la misma de 10 %, (C y S) (C y R) (S y R).



Un megohmmeter se utiliza para comprobar un compresor en busca de bobinados a tierra. Una pista del medidor está unida a un terminal y la otra a tierra. El medidor aplicará alto voltaje, por lo general 500 VCC, al bobinado a través de un metro de plomo. El otro cable del medidor medirá cuánto de ese voltaje está sangrando a tierra. Un buen compresor debe leer más de 100 megohms de resistencia a tierra.

Dispositivo de Medición

El dispositivo de medición es el componente que regula (y restringe) la cantidad de refrigerante que entra en el evaporador. Separa el lado de baja presión del sistema del lado de alta presión del sistema. Puede tener una abertura fija, como un pistón o un tubo capilar, o puede ser ajustable, como una válvula de expansión termostática (TEV), una válvula de expansión automática (AEV) o una válvula de expansión electrónica (EEV). El dispositivo de medición se alimenta de alta presión, subenfriado, refrigerante líquido y alimenta líquido de baja presión y baja temperatura al evaporador. Un pequeño porcentaje del refrigerante líquido que sale del dispositivo de medición parpadeará inmediatamente a un vapor, llamado gas flash. Este gas flash ayuda a reducir la temperatura del refrigerante líquido restante.



Un pistón con un orificio fijo



Una válvula de expansión termostática



Una válvula de expansión electrónica– Courtesy Sporlan Division, Parker Hannifin Corp.

Dispositivos de Medición de Orificio Fijo

Un dispositivo de medición con un orificio fijo está diseñado para funcionar a una sola capacidad de refrigeración. Por ejemplo, un dispositivo de medición fija de 2 toneladas (24.000 Btu/hr.) entregaría 2 toneladas de refrigeración en condiciones de diseño. La capacidad del dispositivo de medición debe coincidir con la del evaporador, compresor y condensador. Los sistemas con dispositivos de medición fija experimentarán un alto sobrecalentamiento cuando hay una alta carga de calor. Carecen de la capacidad de abrirse para alimentar más líquido en el evaporador. Una vez que el sistema reduce la carga de calor, el sobrecalentamiento comenzará a volver a la normalidad.

Un dispositivo de medición de orificio fijo no tiene partes móviles y no es tan susceptible a fallos mecánicos como un dispositivo de medición ajustable. Sin embargo, pueden obstruirse con escombros. Se puede abrir un sistema con un pistón y quitar la obstrucción. En un sistema con un tubo capilar obstruido, el tubo se corta y se reemplaza.

Dispositivos de Medición Ajustables

Un dispositivo de medición ajustable es aquel que puede abrirse o cerrarse para regular el flujo de refrigerante en función de las condiciones de carga o del sistema. Los tres más comunes son la válvula de expansión automática (AEV), la válvula de expansión termostática (TEV) y la válvula de expansión electrónica (EEV).

Un AEV está diseñado para mantener una presión constante en el evaporador y es ajustable. Tiene como un resorte interno que abre y cierra la válvula en función de las condiciones de presión en el evaporador. Un EEV es un dispositivo de medición ajustable que se abre y se cierra con un motor paso a paso electrónico. El motor puede girar a una fracción de una revolución, o paso, lo que permite ajustes incrementales. La válvula se ajusta para mantener el sobrecalentamiento ideal para el sistema. El motor paso a paso recibe su señal para abrir o cerrar desde una placa de circuito de estado sólido, que está monitoreando varias de las condiciones de funcionamiento del sistema. Los EEV se encuentran típicamente en unidades de refrigeración de confort de alta eficiencia y sistemas mini-split sin conductos.

Un TEV está diseñado para mantener un sobrecalentamiento constante del evaporador. Tiene una bombilla de teledetección que se monta en la línea de aspiración en la salida del evaporador. El TEV es el tipo más común de dispositivo de medición ajustable que se encuentra en los sistemas de refrigeración de confort y, como tal, será el foco principal de este texto.

Válvula de Expansión Termostática (TEV)

Hay miles de diferentes diseños de válvulade expansión termostática (TEV) diseñados para adaptarse a una variedad de aplicaciones. Los fabricantes publican gráficos de dimensionamiento y capacidad para que coincidan correctamente un TEV con un sistema específico y una aplicación de temperatura. El resorte dentro del TEV, a menudo conocido como el muelle de sobrecalentamiento, puede ajustarse en algunas válvulas, pero no en todas. Un ajuste de resorte debe hacerse como último recurso y sólo debe ser hecho por técnicos de campo experimentados, mientras que cuidadosamente siguiendo las recomendaciones del fabricante. Si no lo hace, puede provocar daños graves en el equipo.



TEV a la izquierda – TEV igualado externamente, derecha – TEV igualado internamente

La válvula de expansión termostática tiene tres presiones que funcionan para abrir o cerrar la válvula. A medida que la válvula se cierra, hay menos flujo de refrigerante en el evaporador. A medida que la válvula se abre, hay más flujo de refrigerante. Las tres presiones son la presión del resorte, la presión de la bombilla y la presión del evaporador. Las presiones de resorte y evaporador son fuerzas de cierre, mientras que la presión de la bombilla es la única fuerza de apertura. Cualquiera que sea la presión mayor, abriendo o cerrando, dicta cómo responde la válvula. Una vez que las presiones estén uniformes, en equilibrio, la válvula mantendrá su posición hasta que las condiciones cambien.

Las válvulas de expansión termostáticas se pueden clasificar como igualadas internamente o externamente igualada. Los TEV ecualizados internamente detectan la presión del evaporador en la entrada de la bobina, mientras que los TEV ecualizados externamente detectan la presión del evaporador en la salida de la bobina. La mayoría de los TEV utilizados en sistemas de refrigeración de confort se igualan externamente. Esto se debe a que la mayoría de los sistemas tienen evaporadores multicircuito y hay una caída de presión a través del distribuidor de estas bobinas. Esta caída de presión puede tener un efecto negativo en el rendimiento de la bobina del evaporador si se utiliza una válvula de ecualización interna. En evaporadores de un solo circuito, la caída de presión a través del evaporador es típicamente inferior a 2 psig, por lo que se utilizaría un TEV internamente igualado. Usted puede distinguir fácilmente entre los TEV internamente e igualados externamente porque los TEV internamente igualados tienen dos puertos de conexión, mientras que los TEV ecualizados externamente tienen tres.

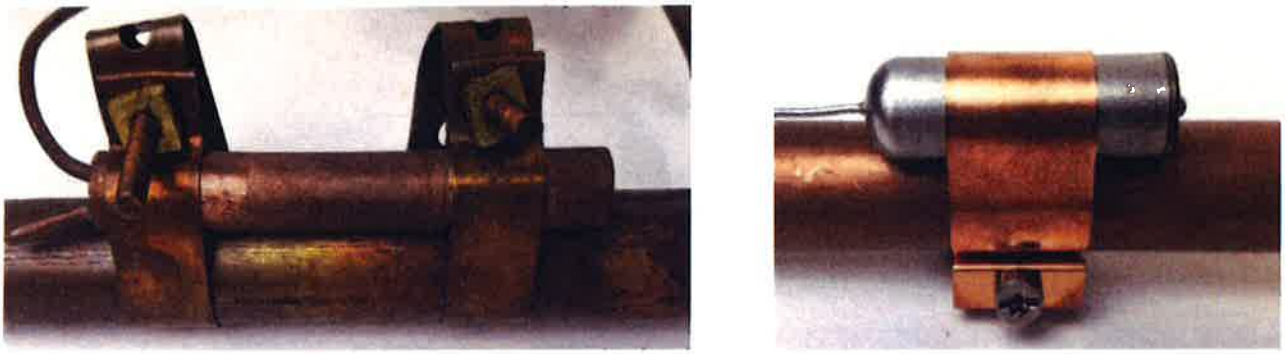
La bombilla de detección está conectada al cabezal (elemento termostático) por un tubo capilar, o línea de transmisión, y contiene una carga de refrigerante saturado, normalmente el mismo refrigerante que se utiliza en el sistema. Un aumento en la carga de calor en el sistema hará que el sobrecalentamiento del evaporador aumente, lo que a su vez hace que la temperatura de la línea de aspiración aumente. La bombilla de sensor, montada en la línea de aspiración, reaccionará a este aumento de la temperatura. El refrigerante dentro de la bombilla de detección comenzará a hervir y su presión aumentará. La línea de transmisión permite que esta presión viaje de la bombilla al cabezal de potencia del TEV, donde empujará hacia abajo en el diafragma interior. El movimiento del diafragma se transfiere al pasador mediante varillas de empuje, que empujarán el pasador fuera del asiento para abrir la válvula, aumentando el flujo de refrigerante al evaporador. Esto reducirá el sobrecalentamiento del evaporador.



Vista explosionada de una válvula de expansión termostática—Courtesy Sporlan Division, Parker Hannifin

Colocación de la Bombilla de Sensación

Cada fabricante puede tener un requisito diferente para la colocación de la bombilla de sensación, pero la mayoría son similares. La bombilla se monta en la línea de aspiración en la salida del evaporador. La ubicación recomendada en las líneas de aspiración de 7/8" o debajo está cerca de la parte superior de una línea horizontal. La bombilla debe hacer un buen contacto con la línea de aspiración a lo largo de toda su longitud. Idealmente, la bombilla estará a la misma temperatura que la línea de aspiración. Algunos fabricantes proporcionan una correa que debe utilizarse para ayudar a la transferencia de calor de la línea de aspiración a la bombilla. La bombilla debe estar completamente aislada para evitar que la temperatura ambiente afecte a su funcionamiento.



Colocación y montaje de la bombilla de sensor de válvula de expansión termostática

Sección 3 Preguntas de Revisión

Nombre_____ Fecha: _____

1. El estándar de la industria para el flujo de aire a través del evaporador es de _____ pies cúbicos por minuto (CFM), por tonelada de refrigeración.

2. Cuando se instala con un horno de gas, el evaporador se encuentra típicamente en el lado de _____ del horno.

3. Una vez en el condensador, el vapor refrigerante primero se _____.

4. La mayoría de los fabricantes recomiendan que el condensador se instale con _____ pies o más de espacio libre vertical y al menos _____ pulgadas en cada lado para un funcionamiento adecuado.

5. El _____ hace circular el refrigerante en un circuito de refrigeración.

6. Los compresores _____ están soldados cerrados en fábrica y no son servicios de campo.

7. En un compresor alternativo, el espacio entre el pistón y el cabezal del compresor en la parte superior de la carrera de compresión se denomina _____.

8. La mayoría de los motores de compresor herméticos se enfrían con _____.

9. Un aumento en la presión de descarga o una disminución en la presión de aspiración resultaría en una relación de compression _____.

10. Un compresor de _____ tiene dos placas espirales, una estacionaria y otra que orbita.

11. Los dos tipos generales de dispositivos de medición son los _____ y _____.

12. Un dispositivo de medición de _____ está diseñado para mantener una presión constante del evaporador.

13. Un dispositivo de medición de _____ está diseñado para mantener un sobrecalentamiento constante del evaporador.

14. Un dispositivo de medición de _____ no tiene piezas móviles y funciona a una capacidad fija en condiciones de diseño.

15. Las tres presiones que funcionan para abrir o cerrar una válvula de expansión termostática son _____, _____, y _____.

Respuestas a las Preguntas de Revisión

Sección 1

1. Pulgades de Mercurio (in. Hg)
2. 14.7 psia
3. calor
4. cambio de estado
5. encima de
6. temperatura
7. 10
8. El subenfriamiento
9. del punto de rocio
10. medidor de micras
11. 50
12. 45
13. R-22
14. –35
15. 95

Calcular Ejercicios de Sobrecalentamiento

A.

Línea de Vapor= 55°F
R-22 @ 76 psig = 45°F
Sobrecalentar = 10°F

R-22 @ 195 psig = 100°F
Linea de Liquido = 90°F
Subenfriamento = 10°F

B.

Línea de Vapor= 58°F
R-22 @ 80 psig = 48°F
Sobrecalentar = 10°F

R-22 @ 245 psig = 117°F
Linea de Liquido = 100°F
Subenfriamento = 17°F

C.

Línea de Vapor= 52°F
R-22 @ 68 psig = 40°F
Sobrecalentar = 12°F

R-22 @ 260 psig = 120°F
Linea de Liquido = 105°F
Subenfriamento = 15°F

Sección 2

1. potencial de agotamiento del ozono (ODP); Potencial de calentamiento global(GWP)
2. temperatura critica
3. toxicidad; inflamabilidad
4. clorofluorocarbonos (CFC's)
5. R-22
6. hidrofluorocarbonos
7. hidrocarburos
8. 400
9. azeotrópico
10. 125°
11. lubricación
12. higroscópico
13. mineral
14. retrofitiing
15. éstere de poliol

Sección 3

1. 400
2. descarga (suministro)
3. dessupercalentará.
4. 8; 18
5. compresor
6. herméticos
7. volumen de separación.
8. gas de aspiración (vapor refrigerante)
9. más alta
10. desplazamiento
11. fijos; ajustables
12. válvula de expansión automática (AEV)
13. válvula de expansión termostática (TEV)
14. pistón (orificio fijo)
15. la bombilla; el resorte; el evaporador