Sección 608 de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) Manual Preparatorio

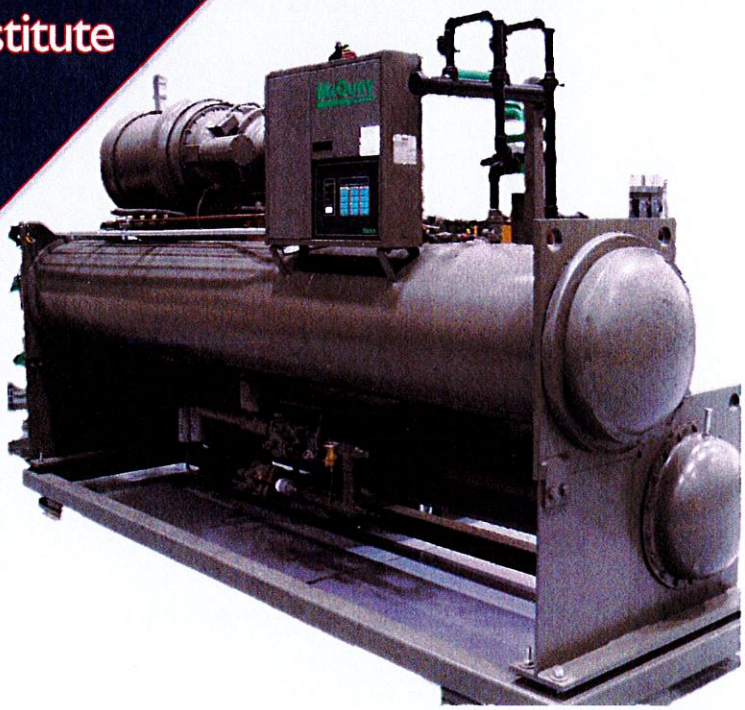
Novena Edición V2





esco institute





Este manual fue desarrollado por el Instituto ESCO
Mount Prospect, IL 60056

Instituto ESCO
P.O. Box 521
Mount Prospect, IL 60056

Teléfono: (800) 726-9696 Fax: (800) 546-3726
Página de web: www.escogroup.org Correo electrónico: customerservice@escogroup.org

COPYRIGHT © 2019 ESCO INSTITUTE
Todos los derechos reservados

Impreso en los Estados Unidos de América
ISBN 1-930044-59-3

Ninguna parte de este manual puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación ni transmitirse por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado u otro, sin la autorización escrita de los autores. No se asume ninguna responsabilidad de patente con respecto al uso de la información contenida en este documento. Aunque se tomaron todas las precauciones en la preparación de este libro, los autores y el editor no asumen ninguna responsabilidad por errores u omisiones. Tampoco se asume ninguna responsabilidad por los daños resultando por el uso de la información contenida en este documento.



Descargo de responsabilidad: Se requiere pasar el examen de certificación de la Sección 608 de la EPA para el manejo y la compra de refrigerantes regulados.

La certificación 608 no es un indicador de la competencia de un individuo como instalador o técnico de servicio y no reemplaza al aprendizaje formal que debe recibir antes de tomar este examen.

El Indice de Contenidos

Introducción	**1**
Reglamento Federal	1
Antes de Empezar	1
Resumen del Examen	1
Formato de Prueba	2
Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor	3
Como Utilizar el Gráfico de Presión-Temperatura	4
Servicio de Refrigeración	4
Juego de Manómetros	4
Consejos Para Realizer Exámenes de Opción Múltiple	5
Núcleo	**6**
Depleción de Ozono Estratosférico	6
Potencial de Calentamiento Global	6
Caracteristicas e Identificación del Refrigerante	7
Puntos de Burbuja y Rocio	8
Presión Baja, Media, Alta y Muy Alta	8
Aceites Refrigerantes	8
Protocolo de Montreal y Acta de Ley de Aire Limpio	9
Recuperación	11
Dispositivos de Recuperación	11
Detección de Fugas	12
Deshidratación	12
Seguridad/General	13
Seguridad/Cilindro	14
Envio	14
Gráfico de Características de Refrigeración	15
Certificación Tipo I	**16**
Equipos de Recuperación	16
Requisitos de Recuperación	16
Técnicas de Recuperación	17
Seguridad	18
Certificación Tipo II	**19**
Clasificaciones del Sistema	19
Determinación se la Carga del Sistema	19
Requisitos de Reparación de Fugas Tipo II	19
Marcos de Tiempo de Reparación de Fugas	19
Sección 608 Reglamento de Reparación de Fugas	20
Mantenimiento de Registros	21
Detección de Fugas	21
Técnicas de Recuperación: Antes de Recuperarse	21
Técnicas de Recuperación: Mejorar el Proceso	21
Técnicas de Recuperación: Niveles de Evacuación Requeridos Durante La Recuperación	22
Accesorios de Linea Liquida del Sistema de Refrigeración	22
Accesorios Para la Linea de Aspiración del Sistema de Refrigeración y el Compresor	23
Evacuación del Sistema	23
Carga del Sistema y la Tabla de Presión y Temperatura	23
Certificación Tipo III	**24**
Detección de Fugas	24
Requisitos de Reparación de Fugas	24
Técnicas de Recuperación	25
Requisitos de Recuperación	26
Técnicas de Recarga	26
Seguridad	26
Gráfica de Saturación	Contraportada

©ESCO Institute 2019

El propósito de este manual es preparar a los técnicos para el examen de certificación de la Sección 608 de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y contiene la información necesaria para completar con éxito el examen. Este manual sirve como una guía para revisar el material relacionado con la enmienda de la Sección 608 del Acta de Ley de Aire Limpio y no es un curso de entrenamiento de refrigeración formal. Los técnicos que se preparan para este examen deben estar familiarizados con el ciclo básico de refrigeración por compresión de vapor, así como con los principios, prácticas y procedimientos del servicio común.

Este manual ha sido desarrollado con la información más reciente disponible al momento de la publicación. En caso de que las regulaciones de la EPA cambien después de que un técnico se certifique, es la responsabilidad del técnico cumplir con estos cambios. La EPA también se reserva el derecho de modificar las preguntas de la prueba y / o requerir una nueva certificación o recertificación basada en los avances en la tecnología. El Instituto ESCO actualizará este manual según sea necesario para reflejar las regulaciones actuales de la EPA y los requisitos de prueba.

Reglamento Federal

El artículo 608 de la Ley de Aire Limpio exige que todas las personas que mantengan, prestan servicio, reparen o desechan aparatos que contengan refrigerantes regulados, estén certificadas en técnicas adecuadas de manejo de refrigerantes según lo exija el Programa. Los refrigerantes regulados actualmente incluyen: refrigerantes CFC, HCFC, HFC y HFO.

Si mantiene, presta servicio, repara o desecha aparatos que contengan un refrigerante regulado, debe estar certificado. **No puede trabajar bajo la certificación de otra persona.**

Antes de Empezar

Además de este manual preparatorio, hay preguntas de práctica disponibles para ayudarle a prepararse para el examen de la Sección 608 de la EPA. Puede acceder a estas preguntas de práctica, de forma gratuita, en el sitio web de ESCO en www.escogroup.org/practice

Si su examen se administró a través de un lugar de prueba aprobado por la ESCO, podrá iniciar sesión en el sitio web de ESCO en www.escogroup.org para acceder a los resultados de su examen, solicitar tarjetas de certificación de reemplazo, actualizar su información (es decir, dirección), optar por no participar en el registro público de certificación, pedir materiales de formación adicionales, etc. También puede comunicarse con nuestro equipo de servicio al cliente, de lunes a viernes, 8:00 AM 5:00 PM, hora central al 1-800-726-9696 si tiene alguna pregunta relacionada con su certificación. **Tenga en cuenta**: si participa en un examen que se administra en formato papel (es decir, hoja de respuestas de Scantron), espere 5-7 días hábiles para que su examen sea recibido en nuestro centro de calificación para su procesamiento.

Resumen del Examen

Existen cuatro (4) categorías de certificación de técnico:

Núcleo. Necesario para obtener cualquiera de los cuatro niveles de certificaciones.

Tipo I. Las personas que mantienen, prestan servicio, reparan o deshacen pequeños electrodomésticos deben estar certificadas como técnicos de Tipo I. Un pequeño aparato se define como una unidad pre montada, herméticamente sellada y cargada de fábrica con 5 libras o menos de refrigerante. Algunos ejemplos son equipos como enfriadores de agua, unidades de ventanas, refrigeradores, congeladores, deshumidificadores, máquinas de hielo residenciales y aire acondicionado de terminales de paquetes. Los sistemas divididos no están incluidos en el Tipo I.

Tipo II. Las personas que mantengan, prestan servicio, reparen o deshagan aparatos que contengan más de 5 libras de refrigerante, o si la instalación de dichos equipos requiere carga de refrigerante, deben estar certificadas como técnicos de Tipo II. La certificación de Tipo II no incluye electrodomésticos pequeños ni sistemas de aire acondicionado para vehículos de motor (MVAC).

Tipo III. Las personas que mantienen, prestan servicio, reparan o deshacen aparatos de baja presión, como centrífugos y enfriadores, deben estar certificadas como técnicos de Tipo III. Los aparatos de baja presión funcionan con refrigerantes de baja presión, que tienen presiones de 30 psig, o inferiores, a una temperatura de fase líquida de 104°F. HCFC-123 utilizado en enfriadores es un "refrigerante de baja presión" bajo las regulaciones de la Sección 608 de la EPA para reemplazar CFC-11.

©ESCO Institute 2019

Universal. Las personas que mantengan, reparen o reparen tanto equipos de baja y alta presión, así como pequeños electrodomésticos, serán certificadas como técnicos de Universal.

Formato de Prueba

La prueba contiene cuatro secciones: Núcleo y secciones I, II y III. Cada sección contiene veinticinco (25) preguntas de opción múltiple. Un técnico DEBE lograr una puntuación mínima de aprobación del 70 por ciento en cada grupo/sección en el que debe ser certificado. Por ejemplo, un técnico que busca la certificación universal debe lograr una puntuación mínima del 70 por ciento, o 18 de 25 de la correcta, en cada sección de la prueba. Si un técnico falla en una o más de las secciones, puede volver a tomar las secciones fallidas sin volver a tomar la(s) sección(s) en la que obtuvo una puntuación de aprobación. Mientras tanto, el técnico será certificado en los Tipos para los que recibió una puntuación de aprobación. Hay una excepción; un técnico DEBE lograr una puntuación de aprobación en el Núcleo más cualquier Tipo para recibir cualquier certificación.

El Núcleo contiene 25 preguntas de conocimientos generales relacionadas con el agotamiento del ozono estratosférico, las normas y reglamentos de la Ley de Aire Limpio, el Protocolo de Montreal, la recuperación de refrigerantes, el reciclaje y la recuperación, los dispositivos de recuperación, los refrigerantes y aceites sustitutos, técnicas de recuperación, deshidratación, cilindros de recuperación, seguridad y envío. El tipo I contiene 25 preguntas específicas del sector relativas a los pequeños aparatos. El tipo II contiene 25 cuestiones específicas del sector relativas a los aparatos de media y alta presión y el tipo III contiene 25 preguntas específicas del sector relativas a los aparatos de baja presión.

Las regulaciones federales requieren que este examen sea realizado como un examen de libro cerrado por un administrador de exámenes autorizado (Proctor). Los únicos materiales externos permitidos durante la prueba son un gráfico de presión-temperatura (PT) y una calculadora. Los teléfonos NO se pueden utilizar y DEBEN apagarse y guardarse (no en el escritorio) durante el examen. El uso de cualquier otro dispositivo de comunicación electrónica, o intentos de copiar, distribuir, publicar públicamente, compartir fotos de preguntas del examen, etc., puede resultar en la revocación de la certificación y será reportado a la EPA de los Estados Unidos.

Cierta información personal se solicita en el examen. Los técnicos deben estar preparados para proporcionar:
- Identificación de imagen (Los proctores le pedirán esto para verificar su identidad–**esto es necesario**.)
- Número de seguro social (Utilizado únicamente para fines de identificación.)
- Dirección de inicio/correo
- Fecha de nacimiento
- Número de teléfono
- Dirección de correo electrónico

Según sea necesario, todos los participantes del examen serán incluidos en un registro/búsqueda en línea por nombre, ciudad y estado, así como la certificación lograda. (No se incluirá información personal en el registro público.) Los técnicos podrán optar por no participar en este registro iniciando sesión en el sitio web de ESCO en www.escogroup.org o poniéndose en contacto con el servicio de atención al cliente al 800-726-9696.

Los técnicos deben estudiar cuidadosamente el núcleo y las secciones relacionadas con el tipo o tipos de certificación en los que buscan alcanzar una puntuación de aprobación. Los exámenes de práctica gratuitos de la EPA se pueden encontrar en línea en: www.escogroup.org/practice. Los exámenes de práctica se proporcionan para dar a los candidatos a los exámenes una muestra de los tipos de preguntas que pueden esperar encontrar en el examen y no están destinados a ser una única fuente de estudio.

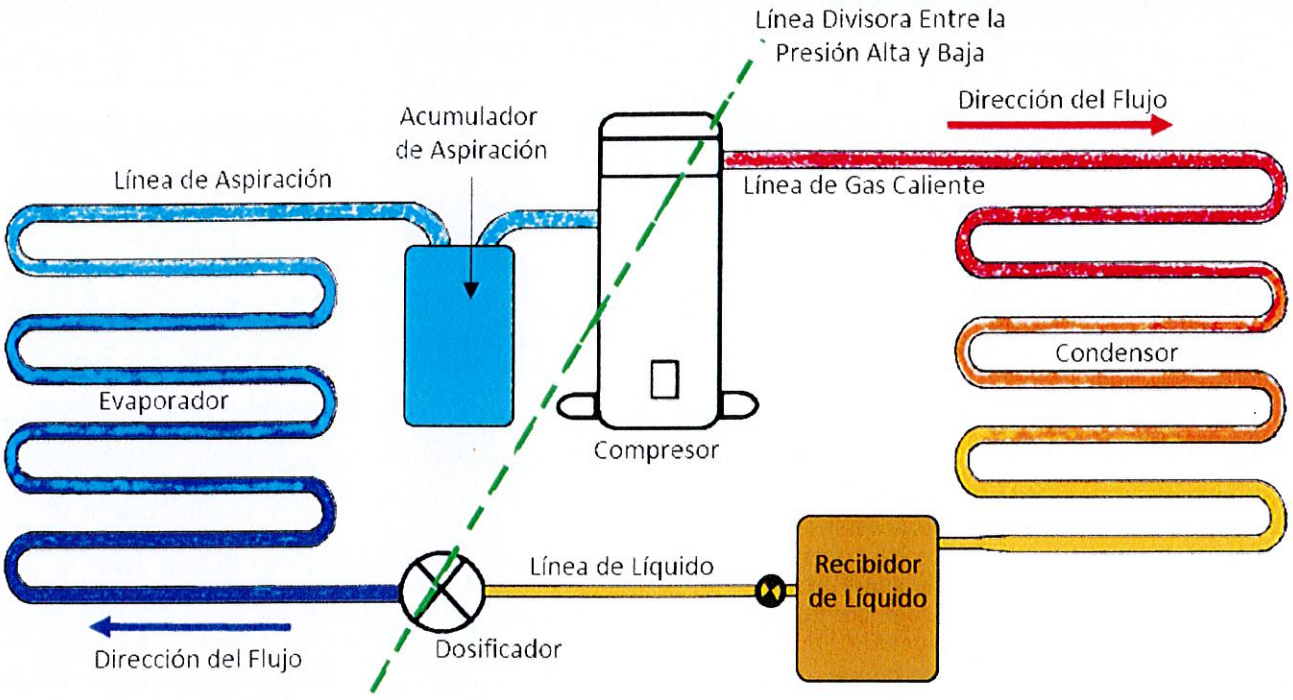


Figura 1. Ciclo de refrigeración de vapor-compresión.

Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor

El compresor es el corazón del ciclo de refrigeración de compresión de vapor, Figura 1. El vapor refrigerante sobrecalentado de baja presión y baja temperatura entra en el compresor y se comprime, cambiándolo a un vapor sobrecalentado de alta presión y alta temperatura. Luego se mueve al condensador donde se elimina parte del calor, desconcalentador y condensación en un líquido. Antes de que deje el condensador como un líquido de alta presión, el refrigerante líquido se sub-enfría hasta un punto por debajo de la temperatura de saturación del líquido. A continuación, fluye al dispositivo de medición o expansión como un líquido subenfriado de alta presión. A medida que el refrigerante fluye a través del dispositivo de medición, la presión del líquido se reduce, haciendo que un pequeño porcentaje del líquido parpadee a un vapor (evaporación instantánea), reduciendo la temperatura del refrigerante restante a su temperatura de saturación. El refrigerante de baja presión y baja temperatura fluye hacia el evaporador como un refrigerante saturado de baja temperatura. A medida que el refrigerante absorbe el calor, se evapora en un vapor a baja temperatura. Este proceso de evaporación se conoce como expansión directa. Durante este proceso, el vapor refrigerante se sobrecalienta por encima de su temperatura de saturación y luego entra en la línea de aspiración. Desde la línea de aspiración, el refrigerante entra en el compresor como un vapor sobrecalentado de baja presión y baja temperatura para repetir el ciclo. El compresor y el dispositivo de medición son los puntos divisorios entre los lados de baja presión y alta presión del sistema.

Los accesorios que se muestran en el diagrama básico son el receptor de líquido y un acumulador de aspiración. El uso de estos componentes depende del diseño del sistema y/o del tipo de dispositivo de medición utilizado. Un sistema que utiliza una válvula de expansión termostática (TEV) generalmente está equipado con un receptor situado en la línea de líquido, directamente siguiendo el condensador. Un sistema que utiliza una válvula de expansión termostática (TEV), tubo capilar o dispositivo de medición de agujero fijo puede estar equipado con un acumulador, ubicado en la línea de aspiración, que impide que el líquido entre en el compresor.

Un sistema puede tener válvulas de servicio, válvulas de acceso o talones de proceso para obtener acceso para el servicio. Nunca se acoja al asiento delantero (gire el vástago de la válvula en el sentido de las agujas del reloj hasta donde vaya) una válvula de servicio cuando el sistema esté en funcionamiento. La válvula debe estar asentada en el respaldo (girar el vástago de la válvula en sentido contrario a las agujas del reloj en la medida de lo posible) para cerrar el puerto de servicio o de calibre antes de retirar las mangueras del colector de servicio.

©ESCO Institute 2019

Cómo utilizar el gráfico de presión-temperatura (PT)

Un gráfico de presión-temperatura (PT) proporciona la relación presión-temperatura de los refrigerantes utilizados en la industria HVACR, Figura 2. Los gráficos se basan en las propiedades de saturación para las que un refrigerante se evapora y condensa. El líquido debe estar presente para que la relación coincida. Por ejemplo, un gráfico PT indicará un cilindro a 70°F que contiene 1 onza o 10 libras de líquido R-410A tendrá una presión de 201 psig. Del mismo modo, el evaporador o la temperatura de condensación se puede encontrar comparando la aspiración de funcionamiento o la presión de lado alto para el tipo de refrigerante con la temperatura correspondiente.

F°	R-410A PSI	R-22 PSI	R-134A PSI
0°	48	24	6
20°	78	43	18
40°	118	69	35
60°	170	102	57
70°	201	121	71
80°	236	144	87
100°	318	196	124

Figura 2. Gráfico de presión-temperatura.

Servicio de Refrigeración

El refrigerante migrará al cárter de un compresor y se mezclará con el aceite cuando haya una diferencia entre la presión del aceite y la presión del vapor refrigerante. El calentador del cárter del compresor se utiliza para ayudar a evitar esta migración de refrigerante.

Se debe tomar una muestra de aceite cuando la unidad haya tenido una fuga o una falla de componente importante. También se toman muestras de aceite refrigerante cuando la humedad, el ácido, la formación de lodos de aceite, la depilación de aceite o el aceite ácido residual de un agotamiento son problemas sospechosos.

La búsqueda y reparación de fugas en el sistema conserve el refrigerante al reparar un aparato. No se recomienda el lavado de tubos de campo con refrigerante líquido para limpiar el tubo después de un agotamiento, y es ilegal.

Después de realizar una reparación importante, el aparato debe deshidratarse evacuando el sistema a un mínimo de 500 micras. Este nivel mínimo es necesario para refrigerantes HFC con aceite POE o cualquier otro sistema de refrigerante. Bajo ninguna circunstancia debe funcionar un compresor hermético cuando hay un vacío en el sistema; arco eléctrico podría quemar los terminales dentro del compresor.

Juego de Manómetros

Una de las herramientas más importantes para un técnico de HVACR es el juego de manómetros del distribuidor Figura 3. El lado izquierdo, el indicador de baja presión (azul) y el lado derecho, el indicador de alta presión (rojo), están unidos al distribuidor para medir las presiones del sistema. Las mangueras se utilizan para conectar el distribuidor a los puertos de acceso o a las válvulas de servicio del sistema de refrigeración para obtener acceso a las presiones del sistema. El manómetro azul mide la baja presión (psig) y el vacío (pulgadas Hg). El manómetro rojo mide la alta presión lateral (descarga).

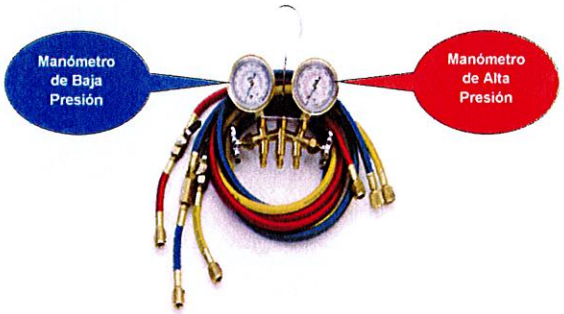


Figura 3. Juego de manómetros.

Dependiendo del refrigerante, el manómetro de alta presión puede tener una potencia de 500 o 800 psig. El distribuidor también está equipado con un puerto central (generalmente una manguera amarilla) que se puede conectar a un dispositivo de recuperación, una bomba de vacío de evacuación o un dispositivo de carga.

Un distribuidor electrónico puede tener sondas de temperatura combinadas para medir las temperaturas de la línea de refrigerante para calcular el sobrecalentamiento y el subenfriamiento del sistema, Figura 4.

La EPA recomienda que las mangueras estén equipadas con accesorios o válvulas de baja pérdida que se cierren manualmente o que se cierren automáticamente para minimizar la pérdida de refrigerante cuando las mangueras se desconectan. Las mangueras utilizadas para el servicio y con el equipo de recuperación deben estar equipadas con accesorios de baja pérdida.



Figura 4. Juego de Temperatura y Distribuidor Digital.

Las pérdidas pequeñas de refrigerante, cuando se conectan o desconectan las mangueras para servicio o recuperación, se considera una pérdida minúscula.

Precaución: El manómetro del distribuidor y las mangueras deben tener una clasificación de presión para manejar el refrigerante que se utiliza.

Consejos para Realizar Exámenes de Opción Múltiple

El examen de la Sección 608 de la EPA es un examen de opción múltiple. Revise las estrategias que se enumeran a continuación para ayudarle a dar lo mejor de sí en el examen.

Asegúrese de revisar su manual preparatorio. Ya sea que haya tomado una clase o no, sigue siendo una buena idea revisar su manual preparatorio. Puede haber información en este libro que no se revisó en clase.

Trate de tomar exámenes de práctica. Ya sea que haya tomado una clase o no, sigue siendo una buena idea revisar su manual preparatorio. Puede haber información en este libro que no se revisó en clase.

Lea la pregunta completa antes de seleccionar una respuesta. Leer una pregunta a fondo antes de leer y seleccionar las opciones de respuesta asegurará que usted entienda mejor la pregunta.

Lea todas las opciones de respuesta santes de elegir una respuesta. Asegúrese de leer todas las opciones de respuesta antes de seleccionar una respuesta. A veces lo que parece ser correcto puede no ser una vez que leas todas las opciones de respuesta.

Responde preguntas que conoces primero. Lee y responde las preguntas que conoces para que puedas volver atrás y concentrarte en las preguntas de las que no estás seguro.

Si no está seguro de una respuesta, utilice el proceso de eliminación. Lea y elimine las opciones de respuesta que está 100 por ciento seguro de que no son correctas. Esto le ayudará a limitar las opciones de respuesta.

Sigue con tu primera opción de respuesta. Su primera opción de respuesta es*por lo general* correcto. (No siempre, pero por lo general.) Trate de no adivinar a sí mismo y cambiar todas sus respuestas.



©ESCO Institute 2019

Nucleo: Requerido para cualquiera de los cuatro niveles de certificación.

Depleción de Ozono Estratosférico

El ozono estratosférico ayuda a formar el escudo protector de la tierra. La capa de ozono protege la tierra de la radiación ultravioleta del sol. El potencial de agotamiento del ozono (o PD) mide la capacidad de una sustancia para destruir el ozono en la estratosfera. El agotamiento del ozono en la estratosfera es un problema global que afecta a todos en el planeta. Uno de los resultados más graves del adelgazamiento y daño de la capa de ozono estratosférico es un aumento en las tasas de cáncer de piel en los seres humanos. Otro efecto de salud humana que ha aumentado de daño a la capa de ozono estratosférico es el aumento en los casos de cataratas. El agotamiento del ozono estratosférico también puede tener un efecto sobre el medio ambiente, causando una disminución del rendimiento de los cultivos y daños a los organismos marinos.

Ha habido cierta controversia sobre el tema del agotamiento del ozono. Algunos creían que el cloro encontrado en la estratosfera proviene de fuentes naturales como las erupciones volcánicas. Sin embargo, las muestras de aire tomadas sobre volcanes en erupción muestran que los volcanes añaden sólo pequeñas cantidades de cloro a la atmósfera en comparación con la cantidad de cloro añadido a la atmósfera de refrigerantes que contienen cloro. Además, el aumento de la cantidad de cloro medido en la estratosfera en las últimas cuatro décadas coincide con el aumento de la cantidad de flúor, que tiene fuentes naturales diferentes al cloro en el mismo período. Además, el aumento de la cantidad de cloro medido por la NASA y otras agencias en la estratosfera en los últimos veinte años coincide con el aumento de las emisiones de CFC y HCFC en el mismo período. La evidencia es clara, el cloro que contiene refrigerantes ha cambiado el equilibrio natural, agotando así la capa de ozono.

El ozono en la estratosfera consiste en moléculas que contienen 3 átomos de oxígeno, O_3. El cloro es el elemento de una molécula de CFC o HCFC que causa agotamiento del ozono. Cuando un átomo de cloro encuentra una molécula de ozono, toma uno de los 3 átomos de oxígeno del ozono, formando un compuesto llamado monóxido de cloro (ClO), y deja una molécula de oxígeno O_2 detrás, Figura 5. El monóxido de cloro chocará con otra molécula de ozono, liberando su átomo de oxígeno, formando dos moléculas de O_2, dejando el cloro libre para atacar otra molécula de ozono. Un solo átomo de cloro puede durar en la estratosfera durante 120 años destruyendo hasta 100,000 moléculas de ozono.

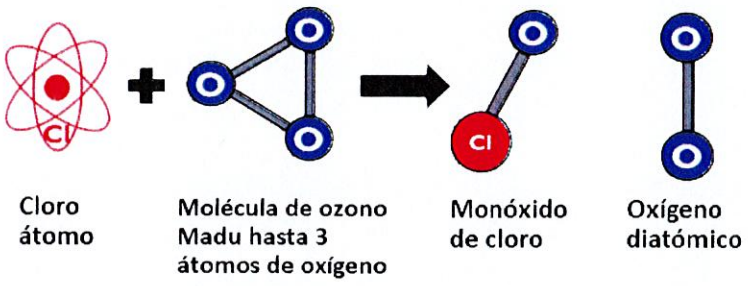


Figura 5. cloro/ozono.

A diferencia de otros compuestos de cloro y cloro natural, el cloro en los CFC y HCFC no se disolverá en agua ni se descompone en compuestos que se disuelven en agua para que no llueva fuera de la atmósfera.

Los HFC se componen de hidrógeno, flúor y carbono. No contienen cloro que afecta a la capa de ozono, pero la mayoría de los HFC tienen un alto potencial de calentamiento global (GWP).

Potencial de Calentamiento Global

Global Warming Potential (GWP) (Potencial de Calentamiento Global) se estableció para proporcionar comparaciones de los impactos del calentamiento global de diferentes gases durante un lapso de tiempo. El dióxido de carbono (CO_2) se utiliza como medida de referencia para el potencial de calentamiento global y tiene un valor de 1. La mayoría de los refrigerantes HFC, como el R-410A, tienen potencial de calentamiento global miles de veces mayor en comparación con el dióxido de carbono. Los refrigerantes de hidrocarburos (HC) e hidrofluoroolefina (HFO) tienen el menor potencial de calentamiento global en comparación con los CFC, los HCFC y los HFC.

El potencial de calentamiento global del isobutano (R-600a), el propano (R-290) y el R-441A son significativamente menores en comparación con los GWP de los HFC como R-134a, R-407C, R-404A y R-410A.

Con características potenciales de no agotamiento de ozono y muy bajo calentamiento global, los refrigerantes de hidrofluoroolefina (HFO) son un buen ajuste para equipos HVACR. La mayoría de los HFC tienen un potencial de calentamiento global muy alto; una característica que los hace dañar al medio ambiente.

Características e Identificación del Refrigerante

Los refrigerantes pueden ser identificados por tipo (CFC, HCFC, HFC, HFO, HC) y la Sociedad Americana de Ingenieros de Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) o con "R" más el número ASHRAE como HFC-134a o R-134a.

ASHRAE ha agrupado refrigerantes por Clase A (más seguro) o B, dependiendo de su nivel de toxicidad para los seres humanos. La inflamabilidad se indica mediante un 1 (sin inflamabilidad), 2 (baja inflamabilidad) o 3 (alta inflamabilidad), Figura 6.

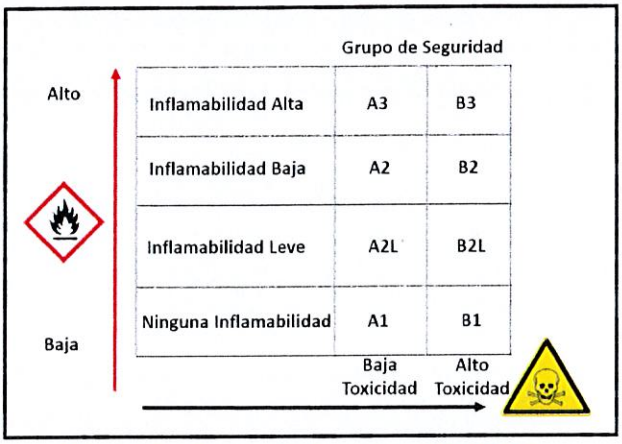


Figura 6. Grupo de Seguridad ASHRAE.

Los refrigerantes de clorofluorocarbono (CFC) tienen el mayor potencial de agotamiento del ozono (ODP) y son los más dañinos para el ozono estratosférico. Los refrigerantes CFC contienen cloro, flúor y carbono. El cloro es el componente que representa una amenaza para el ozono estratosférico. Algunos ejemplos de refrigerantes CFC son R-11 y R-12.

Los refrigerantes de hidroclorofluorocarbono (HCFC) contienen hidrógeno, cloro, flúor y carbono. El hidrógeno los hace un poco menos dañinos para el ozono estratosférico en comparación con los CFC. R-22 y R-123 son ejemplos de refrigerantes HCFC que tienen un potencial de agotamiento del ozono de más de cero, que oscila entre cero y uno.

Los refrigerantes de hidrofluorocarbono (HFC) contienen átomos de hidrógeno, flúor y carbono conectados por enlaces únicos entre los átomos. Los HFC tienen el menor/ningún potencial de agotamiento del ozono, pero tienen un efecto en el calentamiento global. Los refrigerantes HFC no contienen cloro nocivo. Ejemplos de HFC son R-134a, R-410A, R-404A, R-407C y R-422B.

Los refrigerantes de hidrofluoroolefina (HFO) contienen átomos de hidrógeno, flúor y carbono conectados con al menos un doble enlace entre los átomos de carbono. Los HFOs no tienen potencial de agotamiento del ozono, pero sí tienen un efecto muy pequeño en el calentamiento global. Los HFO son menos inflamables que los refrigerantes de hidrocarburos, pero la mayoría siguen siendo ligeramente inflamables, por lo que se clasifican como A2L. Los refrigerantes HFO contienen flúor, lo que los hace menos inflamables que los refrigerantes de hidrocarburos. Los refrigerantes HFO son miscibles en lubricantes POE. R-1234yf es un refrigerante HFO utilizado en enfriadores.

Los refrigerantes de hidrocarburos (HC) son un compuesto elemental de hidrógeno y carbono. Aunque inflamables, estos refrigerantes representan la menor cantidad de peligro para el medio ambiente. Los HCs no tienen potencial de agotamiento del ozono y un efecto muy pequeño sobre el calentamiento global, con valores de GWP inferiores a 10. El isobutano (R-600a) y el propano (R-290) son ejemplos de HCs. Algunos refrigerantes HC se consideran refrigerantes naturales.

Nota: Los cilindros de propano para asar a la parrilla nunca deben utilizarse como refrigerante, ya que contienen impurezas que pueden dañar el equipo de refrigeración.

Las mezclas de refrigerante azeotrópico contienen dos o más refrigerantes. A cierta presión, una mezcla azeotrópica se evapora y condensa a una temperatura constante. Actúa como un refrigerante de un solo componente en toda su gama. Por lo tanto, las mezclas azeotrópicas actúan como un compuesto puro.

©ESCO Institute 2019

Las mezclas de refrigerante zeotrópico o no **azeotrópico** son mezclas de componentes que tienen diferentes puntos de ebullición. Esta mezcla es una mezcla de refrigerante. La mezcla puede ser binaria (dos partes) o ternaria (tres partes). Los refrigerantes mezclados se asocian normalmente con tener lo que se llama "deslizamiento de temperatura". Esto se debe a que las piezas mezcladas tienen diferentes presiones para la misma temperatura de saturación. El deslizamiento de temperatura puede variar unas décimas de grado a 12 grados o más.

Puntos de Burbuja y Rocío

Las mezclas zeotrópicas y algunas mezclas casi azeotrópicas utilizan puntos de burbujas y rocío para indicar temperaturas de condensación y evaporación en un gráfico de presión-temperatura. Los valores de punto de burbuja (líquido) se utilizan al cargar por subenfriamiento de condensador. Los valores de punto de rocío (vapor) se utilizan para la carga por succión o sobrecalentamiento del evaporador. La relación entre las presiones y las temperaturas se basa en el deslizamiento de temperatura del refrigerante.

La serie R-400 de refrigerantes son mezclas casi azeotrópicas que pueden fugarse de un sistema a tasas desiguales debido a diferentes presiones de vapor que pueden afectar el porcentaje de cada refrigerante restante en el sistema. El método de carga adecuado para refrigerantes combinados de la serie R-400 es pesar el refrigerante en el lado alto del sistema como líquido. Al añadir refrigerante a un sistema con poca carga, el refrigerante líquido se estrangula en el lado bajo con el sistema en funcionamiento.

Existe preocupación por el uso de refrigerantes mezclados en sistemas que desarrollan una fuga. Puede haber fraccionamiento del refrigerante (fuga de refrigerante a tasas irregulares debido a diferentes presiones de vapor). R-407C es uno de los refrigerantes que tiene un deslizamiento de alta temperatura y puede experimentar fácilmente fraccionamiento. Aunque la relación presión-temperatura y las características de funcionamiento pueden ser casi iguales, los refrigerantes no se pueden intercambiar. Aunque el comportamiento de la presión-temperatura de saturación de dos refrigerantes podría ser similar, también debe tenerse en cuenta el potencial de los refrigerantes para oxidar los tubos de cobre. Debido a la inflamabilidad de algunos HCs y HFOs, el equipo debe estar diseñado para manejar el refrigerante. Por lo tanto, EPA regula la cantidad máxima de refrigerante que se puede utilizar en los nuevos sistemas por su tipo y uso.

Al reacondicionar o convertir un sistema para utilizar un refrigerante diferente, solo se pueden utilizar sustitutos aprobados por la EPA. Recuerde, epa no aprueba ningún refrigerante sustituto como reemplazos directos de entrega para dar servicio a un R-22 o cualquier otro sistema.

Presión Baja, Media, Alta y Muy Alta

Para definir mejor las tasas de fugas y los niveles de recuperación del servicio, la EPA enumera refrigerantes en cuatro rangos de presión de fase líquida a una temperatura de condensación de 104°F.

Los refrigerantes de baja presión tienen una presión de 30 psig o inferior a una temperatura de fase líquida de 104°F.
Ejemplos: CFC-11, HCFC-123, HFC-245fa, HFO-1233zd

Los refrigerantes de presión media tienen una presión entre 30 psig y 155 psig a una temperatura de fase líquida de 104°F.
Ejemplos: CFC-12, HCFC-124, HCFC-409A, HFC-134a, HC-600a, HFO-1234yf, HFO-1234ze

Los refrigerantes de alta presión tienen una presión entre 155 psig y 340 psig a una temperatura de fase líquida de 104°F.
Ejemplos: HCFC-22, HFC-404A, HFC-407C, HFC-422B, HFC-422D, HFC-410A, HC-441A, R-717

Los refrigerantes de muy alta presión tienen una presión superior a 340 psig a una temperatura de fase líquida de 104°F.
Ejemplos: CO_2 (R-744)

Aceites Refrigerantes

La mayoría de las mezclas binarias (de dos partes) y ternarias (tres partes) de HCFC utilizan un lubricante sintético de alquilbenceno. Cuando se readapta el equipo HCFC a refrigerantes HFC o cuando se trabaja con sistemas recién fabricados, el aceite de poliolester sintético se utiliza con mayor frecuencia. Los aceites a base de éster no se pueden mezclar con ningún otro tipo de aceite. Antes de adaptar un sistema HCFC al refrigerante HFC, los otros tipos de aceites deben retirarse del sistema antes de añadir el aceite a base de éster. Se debe tener cuidado al usar aceites a base de éster; son muy higroscópicos y absorberán la humedad del aire y a través de algunos recipientes.

Protocolo de Montreal y Acta de Ley de Aire Limpio

Los Estados Unidos forman parte del Protocolo de Montreal, que es un tratado internacional que aborda las sustancias que agotan la zona de ozono y sus alternativas. Para detener el daño a la capa de ozono estratosférico, los Estados Unidos están eliminando gradualmente, o ya se ha eliminado gradualmente, el uso de clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y otros refrigerantes que son perjudiciales para el medio ambiente.

El artículo 608 de la Ley de Aire Limpio establece las reglas y regulaciones para el manejo de refrigerantes en la industria HVACR. La certificación de la Sección 608 permite a un técnico comprar o manejar refrigerantes regulados. Los distribuidores que venden HCFC, HFC u otro refrigerante regulado deben verificar que el comprador es, o emplea, un técnico certificado de la Sección 608.

Cualquier persona que realice cualquier actividad que viole el circuito de refrigerante, incluida la eliminación de refrigerante o la sustitución de un componente que contenga un refrigerante regulado, debe estar certificada en el nivel adecuado y tener el tipo de equipo de recuperación requerido. Es ilegal liberar a sabiendas refrigerantes CFC, HCFC o HFC durante el servicio, mantenimiento, reparación o eliminación de aparatos. Un técnico debe tener su tarjeta de certificación de la Sección 608 en su poder al preformar una actividad regulada por la Sección 608. Si se pierde la tarjeta de certificación de la Sección 608 de un técnico, se puede solicitar un reemplazo a su organización certificadora, no a la EPA.

No se requiere que una persona sea un técnico certificado de la Sección 608 al dar servicio a un circuito eléctrico externo o secciones del sistema que no impliquen los componentes de refrigerante de un aparato HVACR.

La Ley de Aire Limpio (reglamentos de la EPA) permite liberar un refrigerante exento (por ejemplo, amoníaco y CO_2)o una pequeña cantidad de refrigerante, mezclado con nitrógeno (un gas de traza de fuga) para la detección de fugas. A partir de 2017, un técnico puede ser multado con $44,539 por día, por violación, por violar la Ley de Aire Limpio, incluyendo la liberación consciente de refrigerante no exento de electrodomésticos. Los técnicos de servicio que violen las disposiciones de la Ley de Aire Limpio pueden perder su certificación además de pagar multas y estar obligados a comparecer ante el tribunal. Es responsabilidad del técnico cumplir con cualquier cambio futuro en la ley o regulaciones de la EPA después de que un técnico se certifique. Los gobiernos estatales y locales pueden establecer leyes que contengan requisitos más estrictos que las regulaciones de la Ley de Aire Limpio/EPA.

El Programa de Política importante de nuevas alternativas (SNAP) de la EPA identifica refrigerantes con menores riesgos generales para la salud humana y el medio ambiente.

La eliminación gradual para la producción y las importaciones de los recién fabricados R-22 y HCFC-142b en los Estados Unidos será en el año 2020. Después de la eliminación gradual de todos los refrigerantes HCFC en 2030, los suministros de esos refrigerantes para el mantenimiento de equipos provendrán de gas recuperado y recuperado. No es una violación de las regulaciones de gestión de refrigerantes bajo la Ley de Aire Limpio para dar servicio a un sistema que utiliza CFC o HCFC después de la eliminación gradual de esos refrigerantes.

El refrigerante recuperado debe cumplir con la norma AHRI 700 antes de que pueda ser revendido bajo las regulaciones de la EPA. Los técnicos solo pueden cargar refrigerantes CFC, HCFC o HFC usados en el mismo aparato o en otro aparato propiedad del mismo propietario. Es posible que el refrigerante usado ya no cumpla con el estándar AHRI para refrigerante virgen, por lo que no puede cambiar de propiedad sin ser reclamado.

Todos los equipos de recuperación de refrigerante CFC, HCFC, HFC y HFO deben cumplir con los estándares de la EPA. Los equipos de recuperación deben probarse de acuerdo con la norma AHRI 740. Las máquinas de recuperación pueden recuperar uno o varios tipos de refrigerantes.

Los deshumidificadores desecantes NO están cubiertos por las regulaciones de la Sección 608 de la EPA, ya que no contienen refrigerante.

Los dispositivos de recuperación autónomos eliminan el refrigerante de un aparato sin la ayuda de los componentes del aparato. El equipo de recuperación que se basa en el compresor en el aparato y/o la presión del refrigerante en el aparato se considera dependiente del sistema.

Para facilitar la recuperación del refrigerante, las regulaciones de la EPA requieren que los aparatos que no tienen válvulas de servicio tengan una abertura de servicio o coneccion de acceso.

Al desechar aparatos con 5-50 libras de refrigerante, EPA no requiere técnicos (o la empresa que emplea al técnico) para registrar el modelo y el número de serie del aparato. Sin embargo, los registros que deben mantenerse incluyen;

©ESCO Institute 2019

- tipo de refrigerante recuperado
- cantidad de refrigerante, por tipo
- cantidad recuperada de los aparatos desechados en cada mes calendario
- cantidad de refrigerante, por tipo, enviado para su recuperación o destrucción.

Las regulaciones de gestión de refrigerantes de la EPA eximen a ciertos refrigerantes de la prohibición de ventilación. Esto puede ocurrir cuando y si la EPA determina que un cierto refrigerante no representa una amenaza para el medio ambiente si se libera. Algunos refrigerantes naturales, como el dióxido de carbono, pueden ser comprados por alguien que no está certificado por la Sección 608.

Es lícito atender los sistemas R-22 existentes y utilizar los suministros existentes de R-22. No es legal rematar una carga R-22 con otro refrigerante como R-410A. Rematar un tipo de refrigerante con otro puede anular la garantía del equipo, arruinar el refrigerante, dañar el equipo y causar lesiones personales graves, o la muerte.

Al desechar cilindros desechables de CFC, HCFC, HFC o HFOs, recupere todo el refrigerante restante, haga que el cilindro sea inútil y recicle el metal.

Antes de abrir o desechar cualquier aparato que contenga un refrigerante de clorofluorocarbono (CFC), hidroclorofluorocarbono (HCFC) o hidrofluorocarbono (HFC), recupere el refrigerante a los niveles de recuperación o evacuación aprobados de la EPA. Bajo la Sección 608 "Requisitos de Eliminación Segura", es la persona final en la cadena de eliminación la que es responsable de asegurar que cualquier refrigerante CFC, HCFC o HFC haya sido retirado de refrigeradores domésticos u otros aparatos antes de que se eliminen.

La liberación a sabiendas de un refrigerante CFC, HCFC, HFC o HFO durante el servicio, mantenimiento, reparación, vandalismo, robo o eliminación de aparatos es ilegal. Los refrigerantes emitidos al cortar una línea sin evacuar adecuadamente el aparato violan la prohibición de ventilación. El refrigerante de ventilación de una máquina de recuperación o cilindro de recuperación después de su uso también es ilegal. Se deben llevar registros de refrigerante recuperado para garantizar que la ventilación no tenga lugar después de la recuperación de un aparato.

Pequeñas cantidades de isobutano, utilizado en congeladores domésticos, se pueden ventilar. Liberar mezclas de nitrógeno y refrigerante que resultan de añadir nitrógeno a un aparato completamente cargado para comprobar la fuga, se considera una violación de la prohibición de ventilación. Sólo unas pocas onzas de refrigerante mezclado con nitrógeno se considera un gas de traza de fuga y puede ser liberado sin recuperación.

Recuperación

Los procesos de recuperación, reciclaje y recuperación suenan similares, pero son muy diferentes.

Recuperar significa eliminar el refrigerante, en cualquier condición de un sistema y almacenarlo en un cilindro o contenedor de recuperación aprobado. El refrigerante recuperado puede cargarse en el mismo sistema, otro sistema con la misma propiedad o enviarse a un recuperador aprobado.

Medios de reciclaje para extraer refrigerante de un aparato (excepto aires acondicionados para vehículos de motor o MVAR) y limpiar el refrigerante para su reutilización en equipos del mismo propietario sin cumplir con todos los requisitos de recuperación. En general, el refrigerante reciclado es un refrigerante que se limpia con separación de aceite y pasos individuales o múltiples a través de dispositivos, como los secadores de filtro de núcleo reemplazables, que reducen la humedad, la acidez y las partículas. El refrigerante reciclado puede cargarse en el mismo sistema u otro sistema con la misma propiedad. Los equipos de reciclaje deben cumplir con el estándar de clasificación de rendimiento AHRI 740.

Recuperar significa procesar refrigerante a un nivel igual a las nuevas especificaciones del producto (virgen) según lo determinado por el análisis químico. Los refrigerantes recuperados deben cumplir con los estándares AHRI 700, antes de que puedan ser vendidos. Normalmente, esto se preformado en una empresa de procesamiento químico.

Dispositivos de Recuperación

Los equipos de recuperación y/o reciclaje de refrigerantes fabricados después del 15 de noviembre de 1993 deben estar certificados y etiquetados por una organización de pruebas de equipos aprobada por la EPA para cumplir con los estándares de la EPA. Se requiere una etiqueta de certificación aprobada por la EPA en todos los equipos de recuperación nuevos.

Existen dos tipos básicos de dispositivos de recuperación: "depende del sistema" (pasivo) que captura el refrigerante con la ayuda de componentes en el aparato del que se está recuperando el refrigerante, Figura 7. "Autónomo" (activo) este tiene sus propios medios para extraer el refrigerante del aparato, Figura 8.

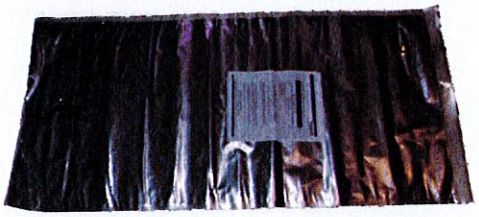


Figura 7. Bolsa de recuperacion pasiva 12 oz o menos.



Figura 8. Unidad de Recuperacion Cortesia de Appion Inc.

El tiempo de recuperación se incrementará si el aparato se encuentra a bajas temperaturas ambiente o se utilizan mangueras largas entre la unidad y la máquina de recuperación. Se deben evitar las mangueras de diámetro largo y pequeño entre la unidad y la máquina de recuperación, ya que causarán una caída de presión excesiva y aumentarán el tiempo de recuperación. Una vez finalizada la transferencia de líquido refrigerante entre la unidad de recuperación y el sistema de refrigeración, proteja contra la captura de refrigerante líquido en la manguera de servicio entre las válvulas de servicio cerradas.

El técnico debe tener un cilindro de recuperación de refrigerante separado para cada tipo de refrigerante recuperado y debe tener un cilindro separado para refrigerantes que se sabe que se mezclan. Si los sistemas de servicio que utilizan HFC-134a, HFC-410A y HCFC-22, entonces se requieren tres cilindros aunque dos sean HFC. Es importante no mezclar refrigerantes en el mismo recipiente cuando se recupera como refrigerantes que se mezclan puede ser imposible de reclamar y puede haber un costo adicional para tenerlos destruidos.

Los técnicos solo pueden cargar refrigerantes CFC, HCFC o HFC usados en el mismo aparato o en otro aparato con el mismo propietario. Es posible que el refrigerante usado ya no cumpla con el estándar AHRI para refrigerante virgen, por lo que no puede cambiar de propiedad sin ser reclamado.

©ESCO Institute 2019

Detección de Fugas

Los métodos y dispositivos de detección de fugas utilizados deben ser aprobados por el fabricante. El tipo incorrecto de detector electrónico de fugas utilizado con un refrigerante inflamable puede causar una explosión y lesiones corporales.

Para determinar el área general de una pequeña fuga, el uso de un detector de fugas electrónico o ultrasónico se considera que es el más eficaz. Para causar la menor cantidad de daño al medio ambiente, los sistemas recién instalados deben ser presurizados con nitrógeno seco para fines de detección de fugas. Si se va a utilizar un detector electrónico de fugas, se puede añadir un rastro del refrigerante del sistema al sistema junto con el nitrógeno seco. El gas de traza debe ser el mismo que el refrigerante con el que se va a cargar el aparato. Un gas de traza de fugas no se considera un refrigerante bajo las regulaciones de gestión de refrigerante de la EPA. Una vez que se encuentra el área general de la fuga, el uso de burbujas de jabón ayudará a identificar la fuga. Encontrar y reparar fugas en un sistema conserve refrigerante para su uso futuro.

Al finalizar una reparación de fugas, y antes de recargar el sistema, instale un nuevo secador de filtro y complete una comprobación de fuga de presión de pie a la presión máxima del sistema. Por seguridad, cualquier sistema diseñado para contener un hidrocarburo inflamable (HC) o refrigerante HFO debe tener una prueba de fuga antes de evacuar a 500 micras o menos.

A diferencia del gas natural, los hidrocarburos inflamables o los refrigerantes HFO no contienen olores para indicar su presencia. No es necesario añadir olores a los sistemas que contengan refrigerantes inflamables.

Deshidratación

La razón para deshidratar un sistema de refrigeración es eliminar el agua y el vapor de agua, y es importante seguir los procedimientos de deshidratación adecuados. Si se permite que la humedad permanezca en un sistema de refrigeración en funcionamiento, pueden formarse ácidos clorhídricos e fluorhídricos. Para deshidratar un sistema, debe ser evacuado. No es posible evacuar en exceso un sistema. La mayoría de los fabricantes requieren evacuación del sistema a 500 micras, o inferior, que se puede medir con un medidor de micras, Figura 9.



Figura 9. Medidor de micras. Cortesia de Appion Inc.

Nunca evacúe un sistema al aire ambiente sin antes seguir los procedimientos de recuperación adecuados y alcanzar el nivel de recuperación requerido por las regulaciones de la EPA.

Los factores que afectan la velocidad y la eficiencia de la evacuación son: tamaño del equipo que se va a evacuar, temperatura ambiental, cantidad de humedad en el sistema, tamaño de la bomba de vacío y línea de aspiración. Figuras 10 y 11. Además, las líneas de vacío (mangueras) deben ser iguales o mayores que la conexión de admisión de la bomba. La marca de un medidor de micras no suele afectar a la velocidad de evacuación, pero el método utilizado para conectarlo al sistema puede. La conexión de la tubería a la bomba de vacío debe ser lo más corta posible en longitud y de un diámetro lo más grande posible. Para obtener lecturas precisas durante la evacuación, el medidor de vacío del sistema debe estar conectado lo más lejos posible de la bomba de vacío. La medición de un vacío final del sistema debe realizarse con el sistema aislado y la bomba de vacío apagada. Un sistema que no sostendrá el vacío después de haber sido evacuado probablemente tiene una fuga. Durante la evacuación, es posible que desee calentar el sistema de refrigeración para reducir el tiempo de deshidratación. Tocar un compresor con un mazo de goma ayudará a liberar refrigerante atrapado del aceite.



Figura 10. Bomba de vacio. Cortesia de Appion Inc.



Figura 11. Distribuidor de vacio Cortesia de Appion Inc.

La deshidratación se completa cuando el medidor/indicador de vacío muestra que ha alcanzado y mantenido el vacío requerido de 500 micras o menos. Si la presión aumenta entonces se detiene durante unos minutos y luego se eleva más, probablemente quede humedad en el sistema. Si la presión aumenta constantemente, es probable que haya una fuga.

Seguridad/General

La EPA está preocupada no sólo por la prevención de la ventilación de refrigerante, sino también por la seguridad general del técnico. Al manipular y llenar cilindros de refrigerante o equipos de recuperación o reciclaje de funcionamiento, debe usar gafas de seguridad, guantes de protección y seguir todas las precauciones de seguridad del fabricante del equipo. Asegúrese de que su máquina de recuperación esté conectada a tierra cuando esté en uso, especialmente cuando recupere un refrigerante inflamable.

Al presurizar un sistema con nitrógeno, siempre debe cargar a través de un regulador de presión y una válvula de alivio en la línea descendente desde el regulador de presión. Cuando se utiliza más de una válvula de alivio de presión, NO DEBEN instalarse en serie A CADA OTRO, sólo paralelos entre sí. Si se encuentra acumulación de corrosión dentro del cuerpo de una válvula de alivio, la válvula DEBE ser reemplazada.

Cuando compruebe las fugas de un sistema, NUNCA presurice el sistema con oxígeno o aire comprimido. Cuando se mezcla con algunos refrigerantes o aceite del compresor, el oxígeno o el aire comprimido pueden causar una explosión. Para determinar la presión segura para las pruebas de fugas, compruebe la placa de datos del equipo para el valor máximo de presión de prueba de lado bajo.

NUNCA exponga refrigerantes a llamas abiertas o superficies metálicas calientes brillantes. Aunque los recuperadores pueden aceptar tanques de recuperación visiblemente quemados, a altas temperaturas, los refrigerantes se descomponen y forman ácidos. El ácido clorhídrico se forma si el refrigerante contiene cloro. El ácido fluorhídrico se forma si el refrigerante contiene flúor. Calentar un cilindro de refrigerante puede provocar una explosión y causar lesiones graves. Si el oxígeno también está presente, es posible formar monóxido de carbono, dióxido de carbono y gas fosgeno. Si un refrigerante de hidrocarburos (HC) se libera en un espacio, y se proporciona una fuente de ignición, puede producirse una explosión si la concentración de refrigerante está por encima del límite inferior de inflamabilidad (LFL) y por debajo del límite superior de inflamabilidad (UFL) con una fuente de ignición.

Cuando se trabaja con disolventes, productos químicos o refrigerantes, las fichas de datos de seguridad (SDS) deben ser revisadas por el técnico para hacer referencia a la compatibilidad con otros materiales. Los elastómeros de silicona, por ejemplo, que se utilizan en sellos y juntas, no son compatibles con los refrigerantes HFO.

Los vapores refrigerantes, o la niebla, en altas concentraciones, no deben inhalarse; pueden causar irregularidades cardíacas o inconsciencia. En la mayoría de los accidentes de refrigerante donde se produce la muerte, la privación de oxígeno es la principal causa. Según la norma de clasificación de seguridad de refrigerante ASHRAE, las designaciones A1 serían las más seguras. R-410A se considera no tóxico, pero, como cualquier otro refrigerante en altas concentraciones, puede causar asfixia.

Antes de la recuperación de cualquier refrigerante inflamable asegúrese de que el sistema de refrigeración y la unidad de recuperación estén conectados a tierra. Nunca aplique una llama abierta o vapor vivo a un cilindro de refrigerante inflamable, no corte ni suelde ninguna línea de refrigerante mientras el refrigerante esté en la unidad y no utilice oxígeno para purgar líneas o para presurizar la máquina. Una concentración suficiente del refrigerante en el espacio y una fuente de ignición son más propensos a conducir a una explosión con refrigerantes. HFO-1234yf se clasifica A2L no como un refrigerante A3 (mayor inflamabilidad) como isobutano (R-600a), propano (R-290), y R-441A (mezcla de hidrocarburos).

Se requiere una marca de color rojo en todos los tubos de proceso y otras tuberías a través de las cuales fluye/pasa un refrigerante inflamable y donde es probable una conexión de servicio. El marcado rojo debe extenderse un mínimo de una pulgada en ambas direcciones desde dichos lugares.

En caso de una gran liberación de CFC, HCFC, HFC, HFO, HC, o cualquier refrigerante en un área contenida, se requiere un aparato respiratorio autónomo (SCBA) o salir de la zona.

Nota: Se debe usar un spray de alcohol para eliminar el hielo de las mirillas ("sight glass").

©ESCO Institute 2019

Seguridad/Cilindro

Un cilindro de recuperación de refrigerante debe estar libre de óxido, daños, ser etiquetado, seguro y lleno a no más del 80% de su capacidad en peso. Los cilindros de recuperación de refrigerante aprobados se pueden identificar por tener tapas de color amarillo y cuerpos grises, Figura 12. Uno no debe calentar un tanque de almacenamiento o recuperación de refrigerante con una llama abierta porque el refrigerante en el tanque puede descomponerse formando un material tóxico, puede resultar en refrigeración refrigerante a la atmósfera desde la válvula de seguridad de presión o el tanque puede explotar, causando lesiones graves.

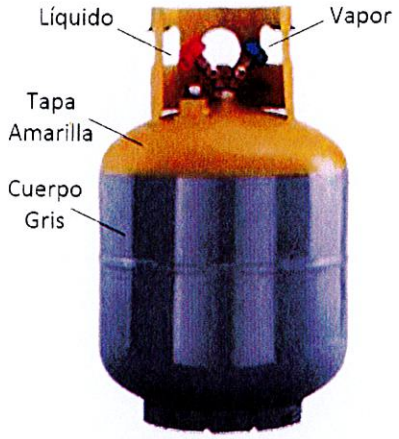


Figura 12. Tanque de Recuperación.

Cuando se utiliza la recuperación de vapor o líquido, el nivel de llenado del cilindro de recuperación se puede controlar mediante un dispositivo de flotador mecánico, un dispositivo de apagado electrónico o la medición del peso bruto del cilindro. El paso del dispositivo de recuperación no controla el nivel de llenado del cilindro de recuperación. Se debe tener cuidado para evitar que se rellenen en exceso los cilindros de almacenamiento de refrigerante. La presión interna de los cilindros puede aumentar en áreas calentadas y causar una explosión. Un recipiente reutilizable para refrigerante que esté bajo alta presión (por encima de 15 psig), a temperatura ambiente normal, debe ser probado hidrostáticamente cada 5 años.

Un cilindro de refrigerante desechable **nunca** se puede utilizar para recuperar refrigerante. Cuando está vacío, el vapor debe ser recuperado, reduciendo la presión en un cilindro desechable a 0 psig antes de desechar.

Envío

Al transportar cilindros que contengan refrigerante usado, se debe adjuntar una etiqueta y una etiqueta de clasificación del Departamento de Transporte (DOT) a los cilindros. Los tanques portátiles y rellenables o contenedores utilizados para enviar CFC, HCFC u otros refrigerantes obtenidos con equipos de recuperación deben cumplir con los estándares del DOT. Las regulaciones del DOT exigen que el número de cilindros de cada gas se registre en el papel de envío para la clase de peligro 2.2 Gases comprimidos no inflamables. Los cilindros de refrigerante deben colocarse en posición vertical cuando se envían.

Antes de enviar cualquier refrigerante usado en un cilindro, se coloca una etiqueta de refrigerante para identificar el tipo de refrigerante recuperado en un cilindro de recuperación para evitar la mezcla accidental de refrigerantes recuperados, permitir que el reciclador identifique el contenido y permitir que el empresa del técnico para determinar la cantidad de refrigerante recuperado para fines de mantenimiento de registros.

La siguiente tabla enumera los refrigerantes con características que pueden ser cubiertos en cada una de las secciones; Núcleo, Los Tipos I, II y III. Esta tabla se proporciona como referencia/comparación y no necesita ser totalmente memorizados para el examen.

Numero de Referencia	Tipo	Nombre	Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP)	Potencial de Calentamiento Global (GWP)	Uso Común	Rango de Presión del EPA	Clase ASHRAE
R-11	**CFC**	**Tricloromonofluorometano**	**1 (Base)**	**4000**	**Enfriadores de Aire Acondicionados (Reducir Progresivamente)**	**Baja**	**A1**
R-12	**CFC**	**Diclorodifluorometano**	**1**	**10,900**	**Automotriz, Doméstico, Comercial (Reducir Progresivamente)**	**Media**	**A1**
R-22	HCFC	Monoclorodifluorometano	.055	1810	Aire Acondicionado	Alta	A1
R-123	HCFC	Diclorotrifluoroetano	0.012	77	Enfriadores Comerciales	Baja	B1
R-502	CFC HCFC	Monocloropentafluoroetano Monoclorodifluorometano	.283	4657	Comercial de Baja temperatura	Alta	A1
R-134a	HFC	Tetrafluoroetano	0	1430	Automotriz, Doméstico, Comercial	Media	A1
R-404A	HFC	Pentafluoroetano, Trifluoroetano, Tetrafluoroetano	0	3920	Comercial y industrial a temperaturas bajas y medianas	Alta	A1
R-407C	HFC	Difluorometano, Pentafluoroetano, Tetrafluoroetano	0	1770	Retro adaptación del aire acondicionado de la R-22	Alta	A1
R-410A	HFC	Difluorometano, Pentafluoroetano	0	2090	Aire Acondicionado	Alta	A1
R-422B	HFC	Pentafluoroetano, Trifluoroetano, Isobutano	0	2530	Retro adaptación para temperaturas bajas y medianas., R-22, R-407C, R-502 y otras mezclas HCFC	Alta	A1
R-441A	HC	Etano, Propano, Butano, Isobutano	0	<5	Refrigeradores y congeladores domésticos, máquinas expendedoras y refrigeradores y congeladores comerciales autónomos	Alta	A3
R-170	HC	Etano	0	6	Fabricación	Muy Alta	A3
R-290	HC	Propano	0	3	Refrigeración de proceso comercial y industrial	Alta	A3
R-600a	HC	Isobutano	0	3	Aparatos e Electrodomésticos pequeños, refrigeración de proceso comercial y industrial	Media	A3
R-744		Dióxido de Carbono	0	1 (Base)	Refrigeración de proceso comercial y industrial	Muy Alta	A1
R-717		Amoníaco	0	0	Aire Acondicionado , Refrigeración de proceso comercial y industrial	Alta	B2
R-1234yf	HFO	Hidrógeno, Flúor, Carbono	0	4	Automotriz	Media	A2L
R-1234ze	HFO	Hidrógeno, Flúor, Carbono	0	6	Nuevos enfriadores, bombas de calor y máquinas expendedoras	Media	A2L
R-1233zd	HFO	Hidrógeno, Flúor, Carbono	0	4.7-7	Nuevos enfriadores y Soplado de espuma	Baja	A2L

©ESCO Institute 2019

Tipo I

Las personas que manipulan refrigerante durante el mantenimiento, servicio o reparación de pequeños electrodomésticos deben estar certificadas como Técnicos de Tipo I o como Técnico Universales, con la excepción del aire acondicionado de vehículos de motor (MVAC).

La definición de la EPA de un pequeño aparato incluye; productos fabricados, completamente cargados y herméticamente sellados en una fábrica que contiene cinco libras o menos de refrigerante. Los sistemas divididos no pueden ser atendidos por técnicos de tipo I. La venta de refrigerantes CFC, HCFC, HFC y HFO para dar servicio o instalar equipos de refrigeración y aire acondicionado está restringida a los técnicos certificados por la EPA en la recuperación de refrigerantes.

Los sistemas similares a MVAC no cumplen los criterios para la certificación del aparato tipo I sin importar el tipo o la cantidad de refrigerante. Los HCFC y los HFC como R-404A no se pueden utilizar para los nuevos dispositivos de Tipo I.

Al reacondicionar o convertir un sistema para utilizar un refrigerante diferente, solo se pueden utilizar sustitutos aprobados por la EPA. Recuerde, no existe tal cosa como un sustituto "drop-in"; La EPA no aprueba ningún refrigerante sustituto como reemplazo directo para dar servicio a un R-22 u otro sistema.

Equipos de Recuperación

Los equipos de recuperación utilizados durante el mantenimiento, servicio o reparación de pequeños aparatos que utilizan CFC, HCFC y HFC deben estar certificados por un laboratorio aprobado por la EPA.

Las personas que abren o realizan mantenimiento, servicio o reparación de aparatos de tipo I que contienen un CFC, HCFC o HFC, pueden utilizar equipos de recuperación pasivos o autónomos (activos). Un refrigerador doméstico es un ejemplo de un aparato en el que sería permisible utilizar un dispositivo de recuperación pasiva. El uso de equipos de recuperación pasiva o dependientes del sistema para un aparato que contiene HCFC o HFC está limitado a una carga máxima de 15 libras.

Las prácticas de mantenimiento de los equipos de recuperación deben incluir la comprobación periódica de las fugas de refrigerante y los niveles de aceite. Una báscula de refrigerante o un dispositivo de flotador interno del tanque son métodos aceptables para monitorear que el nivel de llenado en un tanque de recuperación no exceda el 80%.

Los dispositivos de recuperación autónomos, para su uso con pequeños aparatos que contienen CFC, HCFC, HFC y HFC, deben ser capaces de recuperar el 90% del refrigerante cuando el compresor está funcionando o lograr un vacío de 4 pulgadas bajo las condiciones de AHRI 740. Con un compresor inoperativo, el equipo utilizado para recuperar refrigerantes CFC, HCFC y HFC de pequeños aparatos, con el propósito de la eliminación, debe ser capaz de recuperar el 80% del refrigerante o lograr 4 pulgadas de vacío.

Los dispositivos de recuperación de refrigerantes utilizados para recuperar CFC, HCFC, HFC y HFO s pueden cerrarse manualmente o cerrarse automáticamente cuando se desconectan para evitar la pérdida de refrigerante de las mangueras. Al conectar un conjunto de medidores para comprobar las presiones del sistema, se deben utilizar mangueras con válvulas manuales o autosellantes en los extremos para minimizar la liberación de refrigerante.

Al llenar un cilindro de carga con un refrigerante regulado, se debe recuperar el refrigerante que se ventila fuera de la parte superior.

Una bomba de vacío hecha para la deshidratación del sistema se puede utilizar para evacuar un cilindro de recuperación para ser utilizado como un dispositivo de recuperación, sin embargo, no se puede utilizar en combinación con un cilindro de recuperación presurizado o recipiente para la recuperación.

Requisitos de Recuperación

El hidrocarburo (HC) R-600a es un refrigerante aprobado para nuevos refrigeradores domésticos, congeladores y refrigeración/congeladores combinados. Los refrigerantes de hidrocarburos no están aprobados para su reacondicionamiento en refrigeradores domésticos existentes diseñados para refrigerantes distintos de los hidrocarburos. Las nuevas regulaciones SNAP han aprobado refrigerantes R-290, R-450A y R-600a para refrigeradores domésticos de nueva fabricación.

Técnicas de Recuperación

Al reparar un pequeño aparato que se encuentra con fugas, no es obligatorio reparar la fuga, pero se recomienda hacerlo siempre que sea posible. Antes de iniciar un procedimiento de recuperación de refrigerante, siempre es necesario conocer el tipo de refrigerante que se encuentra en el sistema para evitar la mezcla de refrigerante en el cilindro de recuperación. Es inaceptable mezclar refrigerantes en un aparato o cilindro de recuperación.

R-744, dióxido de carbono CO_2,es un refrigerante de muy alta presión y generalmente no necesita ser recuperado.

Cuando R-410A o cualquier otro refrigerante se recupera de un aparato, debe recuperarse en un recipiente de recuperación que esté claramente marcado en cuanto a su contenido, para garantizar que no se produzca la mezcla de refrigerantes, Figura 14.



Figura 14.
Tanque de Recuperación

Las comparaciones con un gráfico de presión-temperatura sólo son válidas para comprobar si hay refrigerante contaminado si tanto la presión como la temperatura del refrigerante son estables y conocidas. Al comprobar si haycondensables dentro de un cilindro de recuperación que contenga un refrigerante, el técnico debe permitir que la temperatura del cilindro se estabilice a temperatura ambiente antes de tomar una lectura de presión para la comparación utilizando el presión-temperatura (PT).

Si un técnico sospecha que el refrigerante de un cilindro de recuperación está contaminado, se debe realizar una medición de presión y compararla con una tabla de presión-temperatura. Si la relación presión-temperatura no coincide, el refrigerante debe ser entregado a una instalación de recuperación. Algunas instalaciones de recuperación pueden negarse a aceptar refrigerantes mixtos o cobrar extra por procesarlos o destruirlos.

La abertura de servicio o el talón de proceso que se utiliza normalmente en aparatos pequeños es una pieza recta de tubo que se introduce mediante una válvula de acceso perforante para agregar o quitar refrigerante de un aparato pequeño. Al instalar cualquier tipo de accesorio de acceso en un sistema sellado, el accesorio debe probarse antes de proceder con la recuperación. Debido a que las válvulas perforantes de tipo sin soldadura tienden a tener fugas con el tiempo, no deben permanecer en los sistemas de refrigeración después de la finalización de la reparación.

Un proceso de recuperación pasivo, dependiente del sistema, para pequeños aparatos puede capturar refrigerante en un contenedor no presurizado. Cuando se utilizan dispositivos de recuperación pasiva en pequeños aparatos con compresores que no funcionan, es esencial tomar medidas para ayudar a liberar refrigerante atrapado y regulado del aceite del compresor durante la recuperación de refrigerante. Es útil calentar (con una pistola de calor) y golpear el compresor con un mazo de goma al recuperar refrigerantes en un recipiente no presurizado de un pequeño aparato, como un refrigerador doméstico, con un compresor inoperativo. Hacerlo ayudará a liberar refrigerante que podría quedar atrapado bajo el aceite en el cárter del compresor.

Cuando se utiliza el proceso de recuperación dependiente del sistema (pasivo) y el compresor no funciona, se debe acceder al lado alto y bajo del sistema para la recuperación de refrigerante.

Las válvulas de acceso de lado bajo y alto deben instalarse al recuperar refrigerante de un refrigerador doméstico o de cualquier otro aparato para mejorar la velocidad de recuperación. Para garantizar que todo el refrigerante CFC, HCFC o HFC se haya eliminado de un refrigerador sin escarcha, el calentador de descongelación se puede energizar para aumentar la temperatura del refrigerante y vaporizar cualquier líquido. Un aparato con un compresor operativo y un tubo capilar o dispositivo de medición completamente restringido según la cual solo requiere una válvula de acceso en el lado alto del sistema. Si la presión en un aparato es de 0 psig después de instalar y abrir una válvula de acceso perforante, el procedimiento de recuperación no puede comenzar.

©Esco Institute 2019

Cuando se utiliza un dispositivo de recuperación autónomo (activo) y hay un gran volumen de gas no condensable en el refrigerante que se está recuperando, puede producirse una presión excesiva en el lado alto de la máquina de recuperación y en el cilindro de recuperación. El gas no condensable en el refrigerante se puede comprobar mediante un gráfico de presión-temperatura (PT). La presión aproximada de un cilindro R-134a que no contiene impurezas no condensables y se almacena en una habitación a 80°F es igual a una presión de 87 psig. Siempre y cuando haya refrigerante líquido presente y no haya impurezas en el cilindro, la presión y la temperatura deben coincidir con lo que se muestra en la tabla PT.

Durante la recuperación y/o reparación del sistema, un olor penetrante detectado por el refrigerante normalmente indica que se quema el compresor. El técnico debe estar atento a los signos de contaminación del aceite al recuperar refrigerante de un sistema que experimentó una quemadura del compresor, ya que el sistema tendrá que ser lavado si hay contaminantes presentes. Cuando se utiliza nitrógeno para presurizar o soplar residuos fuera del sistema, el nitrógeno puede ventilarse al aire ambiente.

Seguridad

Los electrodomésticos cargados con refrigerantes de hidrocarburos (HC) requieren marcas de seguridad permanentes en o cerca de cualquier evaporador, tubería de refrigerante expuesta, el compartimiento de la máquina y el exterior del refrigerador.

Al recuperar refrigerantes, las prácticas de trabajo seguras incluyen el uso de gafas de seguridad y guantes revestidos de butilo al conectar/desconectar mangueras. Cuando se utiliza nitrógeno al servicio, prueba de fugas o purgar un sistema de refrigeración, el tanque de nitrógeno debe estar equipado con un regulador.

Debido a que los refrigerantes son más pesados que el aire y desplazan el oxígeno, una fuga de refrigerante muy grande puede causar asfixia. Si se produce una gran fuga de refrigerante, como por ejemplo de un cilindro lleno en un área cerrada, y no hay aparatos respiratorios autónomos disponibles, desaloje y ventile naturalmente el área. A altas temperaturas, los refrigerantes CFC y HCFC pueden descomponerse en gas fosgeno, ácidos clorhídricos y/o fluorhídricos.

Tipo II

Los técnicos que mantienen, prestan servicio, reparan o desechan aparatos o electrodomésticos de alta presión, a muy alta presión excepto los pequeños aparatos o electrodomésticos y los sistemas de aire acondicionado de vehículos de motorizados (MVAC), deben estar certificados como técnicos de Tipo II o como Técnicos Universales.

Clasificaciones del Sistema

Los aparatos de aire acondicionado utilizados para suministrar refrigeración con el fin de controlar el calor y/o la humedad en las instalaciones ocupadas se define naconado por la EPA como Comfort Cooling para la categoría de reparación de fugas. Los edificios residenciales, de oficinas y comerciales están incluidos en esta categoría. Los electrodomésticos (equipos) utilizados para preservar los productos, como en los sectores de los almacenes minoristas de alimentos y almacenamiento en frío, están clasificados por la EPA como Refrigeración Comercial.

Cuando un aparato tiene un doble uso, la tasa máxima de fugas aplicable viene determinada por el porcentaje más alto de uso. Por ejemplo; Si una empresa utiliza el 55% de su capacidad de refrigeración de sistemas para una de sus líneas de fabricación o refrigeración y el 45% de su capacidad de refrigeración para acondicionar los espacios de oficina, se considera Refrigeración de Procesos Industriales (IPR) para la categoría de tasa de fugas.

Determinación de la Carga del Sistema

Utilice el cargo indicado en la placa de identificación del equipo para determinar el cargo normal para los cálculos de la tasa de fugas cuando el sistema es un sistema empaquetado cargado en la fábrica. La carga en los sistemas divididos con tuberías de campo se puede calcular utilizando la carga de fábrica más la carga añadida para tuberías y accesorios. La tasa de fugas de un aparato se puede calcular al rematar o recargar un sistema debido a una pérdida de carga.

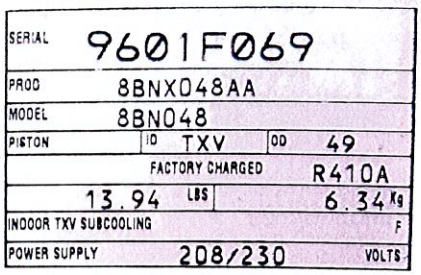


Figura 15. Placa de datos.

La placa de identificación de la unidad es la forma más fácil de comprobar el tipo de refrigerante utilizado en una unidad de techo empaquetada, Figura 15. Además, la placa de identificación de la unidad indicará el cargo total del sistema. El mejor método para cargar un sistema que tiene un condensador refrigerado por aire y evaporador con una carga de placa de identificación de 80 libras es una carga líquida por peso a través de la válvula de servicio de línea de líquido.

Requisitos de Reparación de Fugas Tipo II

Los requisitos de reparación de fugas de la EPA se aplican a todos los aparatos que utilizan un refrigerante regulado. Una vez que se ha excedido la tasa de fuga umbral en cualquier sistema con un tamaño de carga de 50 libras o superior, el propietario debe reparar el aparato lo suficiente como para llevar la tasa de fugas por debajo del umbral. Si el propietario no puede, o decide no hacerlo, llevar la tasa de fugas por debajo del umbral, el aparato debe ser reacondicionado o retirado.

Nota: Los requisitos de reparación de fugas son los mismos para los tipos II y III.

A partir del 1 de enero de 2019, las tasas máximas de fugas son:

- 10% de la carga por año cuando se utiliza para la refrigeración de confort.
- 20% de la carga por año cuando se utiliza para refrigeración comercial.
- 30% de la carga por año cuando se utiliza para la refrigeración de procesos industriales.

Marcos de Tiempo de Reparación de Fugas

Si un aparato con 50 o más libras de refrigerante regulado ha excedido la tasa de fuga umbral, el propietario u operador del equipo tiene 30 días para reparar el aparato de modo que se filtre por debajo del límite de umbral y lleve a cabo la prueba de verificación inicial, a menos que la EPA tiempo adicional. Si un aparato con un cargo de 200 libras o más de un refrigerante regulado pasa la prueba de fuga de verificación inicial, se debe realizar una prueba de verificación de seguimiento en un plazo de 10 días. No tener un técnico de servicio certificado disponible para el servicio no se **puede** utilizar como una razón para extender el plazo de reparación de fugas del aparato.

©Esco Institute 2019

Si después de reparar una fuga en un sistema de refrigeración de rack HCFC utilizado en un supermercado, el sistema falla la prueba inicial de verificación de fugas, el técnico tiene una ventana de 30 días para hacer reparaciones adicionales o desarrollar un plan de adaptación.

Suponiendo que no se apliquen prórrogas, un almacén de almacenamiento en frío que opere un aparato cargado con R-22 o cualquier otra sustancia regulada que se filtre por encima de la tasa de umbral, puede seguir operando el aparato sin reparación durante 12 meses antes de que deba ser reacondicionado o Retirado. Si esa tasa de fugas del sistema supera el 125% de su cargo total en un año calendario, entonces se debe presentar un informe a la EPA que describa los esfuerzos para identificar y reparar las fugas del sistema. Se deben tomar medidas adicionales reparando, retirando, haciendo polilla o reacondicionando el aparato.

Nota: No es necesario retirar ni polilonarse un aparato que utilice un refrigerante que agota el ozono, almacenarlo en un almacén de la instalación para ampliar el plazo de reparación de fugas. El plazo de reparación se puede ampliar apagando temporalmente el aparato, recuperando el refrigerante de una sección aislada o de todo el sistema a al menos presión atmosférica.

El propietario u operador tiene 18 meses para reacondicionar o retirar un aparato con fugas si el aparato de reemplazo utilizará un refrigerante exento de la prohibición de ventilación.

Sección 608 Reglamento de Reparación de Fugas

El siguiente gráfico resume las regulaciones de reparación como se describió anteriormente.

Nota: Los requisitos de reparación de fugas son los mismos para los tipos II y III.

Section 608 Leak Repair Regulations		
Las regulaciones actualizadas de la Sección 608 incluyen nuevos requisitos de inspección de fugas y pruebas de verificación para propietarios/operadores que afectan a los técnicos a partir del 1 de enero de 2019.		
Se requieren inspecciones de fugas para los aparatos que han excedido la tasa máxima de fugas permitida, de acuerdo con el calendario a continuación. Todos los componentes visibles y accesibles de un dispositivo deben inspeccionarse, utilizando un método o métodos adecuados para ese dispositivo.		
las herramientas	**Carga completa**	**Frecuencia de las inspecciones de fugas requeridas después de la reparación**
Refrigeración comercial y refrigeración de procesos industriales	**Mas de 500 libras**	Una vez cada tres meses hasta que el propietario/operador pueda demostrar a través de cálculos de tasa de fugas que la tasa de fugas no ha superado el 20% (refrigeración comercial) o el 30% (IPR) durante cuatro trimestres seguidos.
	50 a 500 libras	Una vez por año calendario hasta que el propietario/operador pueda demostrar a través de los cálculos de la tasa de fugas que la tasa de fugas no ha superado el 20% (refrigeración comercial) o el 30% (IPR) durante un año.
Refrigeración confort	**50 o más libras**	Una vez por año calendario hasta que el propietario/operador pueda demostrar a través de los cálculos de la tasa de fugas que la tasa de fugas no ha superado el
Se requieren pruebas de verificación iniciales y de seguimiento de reparaciones de fugas para los aparatos que excedan la tasa de fugas aplicable. Las pruebas de verificación deben demostrar que las fugas se repararon correctamente. ***Se debe realizar una prueba de verificación inicial** antes de añadir cualquier refrigerante adicional al aparato. ****Una prueba de verificación** de seguimiento debe realizarse sólo después de que el aparato haya vuelto a las características y condiciones normales de funcionamiento. No hay un período de tiempo mínimo.. **Los técnicos deben** proporcionar facturas de servicio y registros de inspecciones de fugas o pruebas de verificación a los propietarios/operadores.		

Ejemplo: Sobre la base de la Sección 608 De reparación de fugas, un sistema de refrigeración por procesos industriales (IPR) que contenga 1000 libras o más de R-22, que haya superado el umbral de tasa de fugas aplicable, debe ser inspeccionado en busca de fugas cada 3 meses hasta que verificación de que la tasa de fugas no se ha superado durante un año después de la reparación.

Mantenimiento de Registros

Los registros de inspecciones de fugas, verificación inicial de fugas y pruebas de verificación de seguimiento deben mantenerse en el archivo durante tres (3) años. El propietario y/o el operador del equipo es responsable de mantener los registros.

Detección de Fugas

Después del montaje e instalación de un sistema de división, la unidad debe ser presurizada primero con un gas inerte, como nitrógeno (también puede denominarse nitrógeno seco) y comprobar fugas. Cuando sea absolutamente necesario, se debe utilizar nitrógeno seco con una cantidad traza del refrigerante de diseño del sistema para la detección de fugas. Por ejemplo, un sistema R-407C debe ser revisado por fugas con nitrógeno seco presurizado y una cantidad traza de R-407C.

Cuando se inspecciona por primera vez un sistema hermético en funcionamiento que se sabe que tiene fugas, debe buscar trazas de aceite. Las trazas de aceite en el sello del eje giratorio de un compresor accionado por correa son una indicación de una fuga, especialmente si el compresor no se ha utilizado durante varios meses. Para detectar fugas de refrigerante, las pruebas con burbujas de jabón son las mejores.

Se debe sospechar una fuga de refrigerante en un sistema de tubo capilar de alta presión si el sistema funciona con sobrecalentamiento excesivo.

Técnicas de Recuperación: Antes de Recuperarse

Aunque los que prestan servicio en el tipo II, los aparatos de refrigeración estacionarios deben poseer equipos activos de reciclaje y recuperación, ya no es necesario que la compra del equipo se informe a la EPA.

Antes de recuperar el refrigerante, determine la cantidad máxima de refrigerante que contiene el sistema. Este será el cargo total del sistema. Si la carga total es superior a 15 libras, dependiente del sistema o pasiva, las técnicas de recuperación no se **pueden** utilizar ya que las regulaciones de la EPA prohíben su uso cuando el aparato contiene más de 15 libras de refrigerante.

Antes de utilizar una unidad de recuperación para eliminar una carga, se deben comprobar las posiciones de la válvula de servicio y el nivel de aceite de recuperación. Cuando recupere un tipo de refrigerante diferente al del último refrigerante recuperado con ese equipo de recuperación específico, retire cualquier refrigerante que quede en la unidad de recuperación y cambie el filtro de la unidad. El refrigerante recuperado puede contener impurezas de ácidos, humedad y aceite.

Las mangueras de calibre utilizadas para conectar la unidad de recuperación al tanque (y para todos los trabajos de servicio de campo) deben tener conectores autosellantes o válvulas de mano para minimizar la liberación de refrigerante cuando las mangueras están conectadas o desconectadas.

Antes de transferir el refrigerante a un cilindro vacío, el cilindro debe ser evacuado para reducir la presión y eliminar los no condensables.

Antes de recuperar el refrigerante en un sistema de compresor estrácteo paralelo, asegúrese de que las conexiones de ecualización entre compresores están cerradas. Las máquinas de recuperación que utilizan un condensador refrigerado por agua generalmente están conectadas al suministro de agua municipal.

Técnicas de Recuperación: Mejorar el Proceso

Para reducir el tiempo de recuperación, conecte una de las mangueras de servicio a la línea de líquido y recupere el refrigerante en la fase líquida o retire el refrigerante de la salida del condensador cuando el condensador esté por debajo del receptor. Después de recuperar el refrigerante líquido, el sistema de recuperación elimina el vapor restante. La recuperación del refrigerante en la fase de vapor, aunque más lenta que la recuperación de líquidos, minimizará la pérdida de aceite del aparato. El refrigerante que se ha recuperado de un sistema de aire acondicionado y que se mantiene en un cilindro recargable se puede volver a cargar en el sistema después de la reparación. Sin embargo, si el aparato se está desechando, es importante saber que todas las empresas de servicios de HVAC deben mantener registros durante tres (3) años para cada aparato desechado si la carga de refrigerante del sistema es de entre 5 y 50 libras.

©Esco Institute 2019

Enfriar el cilindro de recuperación reducirá su presión y acelerará el proceso de recuperación o la eliminación de la carga de refrigerante de un sistema. Además, el calentamiento del sistema también acelerará el proceso de recuperación, ya que esto aumentará el diferencial de presión entre el tanque y el sistema. A medida que la cantidad de refrigerante en el aparato disminuye, tenga cuidado de controlar de cerca la temperatura del compresor de la unidad de recuperación. Esto se debe a que los motores del compresor hermético en las máquinas de reciclaje o recuperación dependen del flujo de refrigerante a través del compresor para la refrigeración y pueden sobrecalentarse al dibujar aspiradoras profundas. Además, el bobinado del motor de un compresor de refrigeración hermético podría dañarse si se energiza bajo un vacío profundo, por lo que se debe tener cuidado de evitar energizar estos compresores cuando se está recuperando refrigerante.

Técnicas de Recuperación: Niveles de Evacuación Requeridos Durante la Recuperación

Los niveles requeridos de evacuación durante la recuperación se resumen en el siguiente gráfico:

Niveles requeridos de evacuación durante la recuperación de dispositivos de tipo II [Excepto para pequeños electrodomésticos, MVAR y dispositivos similares a MVAC]	
Uso de equipos de recuperación y/o reciclaje fabricados o importados después del 15 de noviembre de 1993.	
Aparato de muy alta presión	0" Hg
Aparato de alta presión, o componente aislado de dicho aparato, con una carga completa de menos de 200 libras de refrigerante.	0" Hg
Aparato de alta presión, o componente aislado de dicho aparato, con una carga completa de 200 libras o más de refrigerante.	10" Hg
Aparato de presión media, o componente aislado de dicho aparato, con una carga completa de menos de 200 libras de refrigerante.	10" Hg
Aparato de presión media, o componente aislado de dicho aparato, con una carga completa de 200 libras o más de refrigerante.	15" Hg

Ejemplo 1: Antes de realizar una reparación importante a un sistema R-410A (un refrigerante de alta presión) que contiene más de 200 libras de refrigerante, el técnico debe evacuar el aparato (o componente del mismo) a un nivel de vacío de al menos 10 pulgadas de vacío Hg.

Ejemplo 2: Después de alcanzar el nivel de vacío de recuperación requerido en un aparato, espere unos minutos para ver si la presión del sistema aumenta indicando humedad o una fuga. Por ejemplo, al cambiar el compresor de un sistema que contiene 40 libras de R-404A (un refrigerante de alta presión), evacúe la sección aislada del sistema a 0 psig y si la presión del sistema no aumenta después de unos minutos, retire el compresor.

Ejemplo 3: Si las fugas en un aparato que contiene un refrigerante regulado hacen que la recuperación al nivel prescrito sea inalcanzable, los niveles de evacuación en el gráfico pueden ser ignorados, ya que el refrigerante del sistema sólo necesita ser recuperado hasta que el sistema interno la presión alcanza la presión atmosférica.

Nota: Dependiendo de *la pregunta, el examen EPA puede utilizar la palabra* ***evacuación*** en *lugar de* ***deshidratación*** *o en otras preguntas en lugar de* ***recuperación.***

Accesorios de Línea Líquida del Sistema de Refrigeración

El receptor de refrigerante se encuentra típicamente en la línea de líquido, en la salida del condensador, cuando el sistema utiliza una válvula de expansión termostática como su dispositivo de medición. Cuando el sistema está funcionando, el estado de refrigerante que sale del receptor es un líquido de alta presión. Antes de abrir un sistema con un receptor de línea de líquido para su reparación, el refrigerante del sistema debe ser bombeado y aislado en el receptor siempre que sea posible para eliminar la necesidad de recuperar el refrigerante del sistema.

Se utiliza un visor que indica humedad. El visor se encuentra en la línea de líquido, inmediatamente aguas abajo, después, el filtro de línea líquida más seco. Cada vez que se abre un sistema para el servicio, se debe reemplazar el secador de filtro de línea líquida. El secador de filtro se utiliza para eliminar la humedad del refrigerante en un sistema.

Nota: El alcohol isopropílico se debe utilizar para eliminar el hielo de las mirillas ("sight glass").

Accesorios Para la Línea de Aspiración del Sistema de Refrigeración y el Compresor

En la línea de aspiración, a la salida del evaporador, se pueden encontrar acumuladores de línea de aspiración. Se encuentran entre el evaporador y el compresor. Los acumuladores evitan que cualquier refrigerante líquido que pueda fluir del evaporador fluya hacia el compresor. La posición normal de la válvula de cierre/servicio de aspiración está asentada en el fondo. En la posición de asiento trasero, el puerto del medidor se cierra para que la manguera del colector se pueda retirar de la válvula sin liberar refrigerante. En el lado alto del compresor, se puede encontrar la válvula de descarga. Al igual que con la válvula de servicio de aspiración, la posición de funcionamiento normal está asentada en la parte posterior. En ningún caso se debe cerrar la válvula de servicio de descarga en un compresor alternativo en funcionamiento. Si lo hace, puede provocar daños en el compresor, así como lesiones personales graves. Para ayudar a prevenir daños en el compresor, los sistemas de refrigerante deben estar protegidos por un dispositivo de alivio de alta presión que puede estar en el compresor o la válvula de alivio externa. Cuando se utilizan varias válvulas de alivio de presión, solo se pueden instalar en paralelo.

Los calentadores de cárter se utilizan en compresores de refrigeración y aire acondicionado para reducir la cantidad de refrigerante en el aceite y para reducir la formación de espuma de aceite que suele ocurrir en el cárter del compresor. En caso de que el compresor se queme, se debe tomar una muestra de aceite para comprobar la presencia de ácido en el sistema. El reemplazo del compresor, así como el reemplazo de una bobina evaporadora, bobina de condensador u otro intercambiador de calor del sistema, se considera una reparación "importante" según lo definido por las regulaciones de la EPA.

Evacuación del Sistema

Se mide un vacío profundo en micras. Se debe alcanzar un nivel de vacío de 500 micras para garantizar que toda la humedad y los no condensables se hayan eliminado de un sistema de refrigeración. Al evacuar un sistema con grandes cantidades de humedad puede ser necesario romper el vacío aumentando la presión con nitrógeno para contrarrestar la congelación de la humedad. El agua en el sistema puede congelarse cuando se utiliza una bomba de vacío demasiado grande para evacuar un sistema. Si los no condensables, como el aire o el nitrógeno seco, permanecen en un sistema de refrigeración, la presión de descarga del sistema será alta.

Notas: Los tanques de nitrógeno están bajo altas presiones, por lo que los cilindros de nitrógeno requieren un regulador de presión para reducir la presión a un nivel seguro.

En un sistema de refrigeración, nunca instale varias válvulas de alivio de presión en serie.

Carga del Sistema y la Tabla de Presión y Temperatura

En un sistema de agua fría R-410A, el vapor se carga desde un nivel de vacío a una presión de aproximadamente 110 psig, que corresponde a una temperatura de 36°F, para evitar la congelación del agua. Del mismo modo, la presión de saturación de una máquina R-410A a una temperatura ambiente (80°F), mientras la máquina está inactiva, es de 238 psig cuando se refiere a un gráfico PT. Un enfriador R-134a debe cargarse inicialmente con vapor a una presión de aproximadamente 30 psig, que corresponde a una temperatura de 35°F. La temperatura de evaporación de R-134a a 0 psig es de -15°F. Para R-123, un refrigerante de baja presión que se utiliza en aparatos de baja presión, la presión de saturación a 35°F es de vacío de 19.5"Hg (consulte la sección Nucleo para obtener información sobre cómo utilizar el gráfico PT).ASHRAE Estándar 15 requiere el uso de sensores para detectar la presencia de refrigerante con pocas excepciones. ASHRAE Estándar 15, por ejemplo, no requiere un detector de refrigerante sala de equipos para R-717 siempre que el sistema de ventilación mecánica en la sala de máquinas se ejecute continuamente.

©Esco Institute 2019

Tipo III

Los técnicos que mantengan, den servicio, reparan o dispongande aparatos de baja presión deben estar certificados como técnicos de Tipo III o Técnicos Universales. La mayoría de los aparatos de baja presión se utilizan para la refrigeración cómoda y están sujetos a una menor tasa de fugas permitida.

Detección de Fugas

Debido a que un sistema de baja presión funciona por debajo de la presión atmosférica (en un vacío), las fugas en las juntas o accesorios harán que el aire y la humedad entren en el sistema.

Los enfriadores de baja presión requieren unidades de purga porque funcionan por debajo de la presión atmosférica, Figura 16. El propósito principal de una unidad de purga es eliminar los condensables que se filtran en un sistema de refrigeración de baja presión. La unidad de purga obtiene su succión de una conexión en la parte superior del condensador donde se acumulan la mayoría de los condensables. Después de separar el aire del refrigerante, la unidad de purga envía el refrigerante de vuelta al evaporador. La presión de la cabeza alta indica aire en un sistema de baja presión y que la unidad de purga puede no estar funcionando correctamente. El funcionamiento excesivo de un sistema de purga en un enfriador de baja presión generalmente indica un sistema de fugas. Las unidades de purga de alta eficiencia descargarán un bajo porcentaje de refrigerante con el aire que retiren.

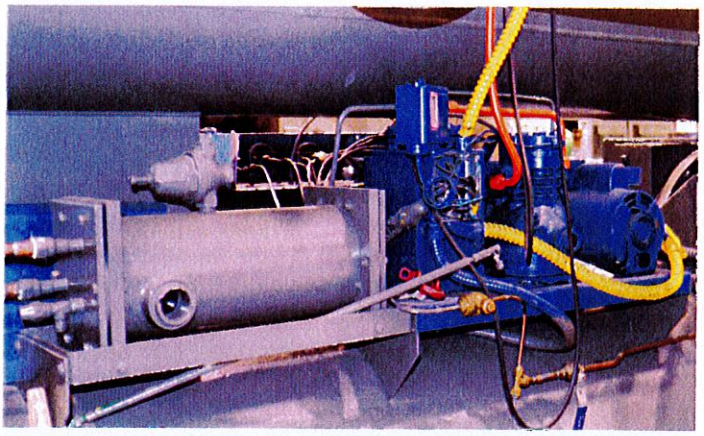


Figura 16. Unidad de purga.

Se utiliza un kit de prueba de tubo hidrostático para determinar si un tubo tiene fugas. Cuando se prueba una fuga de un enfriador centrífugo de baja presión con nitrógeno, la presión máxima de prueba es de 10 psig. Las pruebas de fugas de un sistema de refrigeración de baja presión con nitrógeno superior a 10 psig podrían hacer que el disco de ruptura falle. Las máquinas de refrigeración de baja presión cargadas pueden ser verificadas de manera más eficiente mediante la adición de calor con agua caliente circulada o mantas de calefacción. Para reducir la pérdida de refrigerante de la unidad de purga en un enfriador R-123, siempre pruebe la fuga y repare el enfriador. Un sistema de refrigeración de baja presión podría tener una fuga en los tubos del condensador o del barril del enfriador si la humedad excesiva se acumula continuamente en la unidad de purga.

Para evitar la acumulación de aire en un sistema de refrigeración de baja presión en ralentí, mantenga la presión del sistema ligeramente por encima de la presión atmosférica.

La humedad entra con mayor frecuencia en el sistema de refrigerante en enfriadores de baja presión a través de fugas de áreas con juntas o accesorios. Para comprobar si hay una fuga de refrigerante en el lado del agua de un enfriador, coloque una sonda detectora de fugas en la abertura de la válvula de drenaje de la caja de agua con el agua extraída. Drene los lados de agua del evaporador y del condensador antes de recuperar el refrigerante de un enfriador sospechoso de fugas de tubos.

Los sistemas de refrigeración de baja presión con compresores de accionamiento abierto son particularmente susceptibles a fugas del sello del eje. De acuerdo con la Orientación 3 de ASHRAE, el sistema debe comprobarse en busca de fugas si, durante una prueba de vacío estándar, la presión en un sistema se eleva de 1 mm Hg a un nivel superior a 2.5 mm Hg.

Requisitos de Reparación de Fugas

Los requisitos de reparación de fugas de la EPA se aplican a todos los aparatos que utilizan un refrigerante regulado. Una vez que se ha superado la tasa de fuga umbral en cualquier sistema que utilice un refrigerante regulado con una carga de 50 libras o más, el propietario debe reparar el aparato para llevar la tasa de fugas por debajo del umbral, la adaptación o retirar el aparato.

A partir del 1 de enero de 2019, las tasas máximas de fugas aplicables son:

- 10% de la carga por año cuando se utiliza para la refrigeración de confort.
- 20% de la carga por año cuando se utiliza para refrigeración comercial.
- 30% de la carga por año cuando se utiliza para la refrigeración de procesos industriales.

Los enfriadores generalmente pertenecen a la categoría de reparación de fugas de la EPA para la refrigeración cómoda. Cuando se utiliza en varias categorías, la tasa máxima de fugas aplicable viene determinada por el porcentaje más alto de uso, Figura 17.

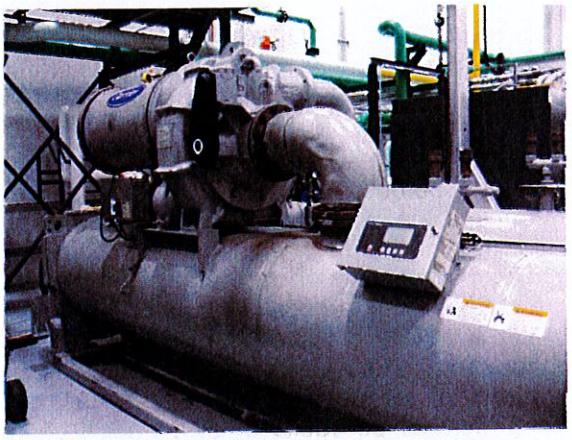


Figura 17. Enfriador de baja presión.

Ejemplo: Si una empresa desvía el 55% de la capacidad de refrigeración de su enfriador a una de sus líneas de fabricación y el 45% de su capacidad de refrigeración para acondicionar los espacios de oficina, el enfriador se considera en la categoría de tasa de fugas de refrigeración de proceso industrial (IPR).

Utilice la carga indicada en la placa de identificación del equipo para determinar la carga normal de un enfriador para los cálculos de la tasa de fugas. La tasa de fugas de un aparato que utiliza un refrigerante regulado debe calcularse al completar o recargar un sistema debido a una pérdida de carga.

Si un aparato con 50 o más libras de una carga de refrigerante regulada ha excedido la tasa de fuga umbral, el propietario u operador tiene 18 meses para reacondicionar o retirar el aparato si el aparato de reemplazo utilizará un refrigerante exento de la ventilación Prohibición.

No tener un técnico de servicio certificado disponible para el servicio no se puede utilizar como una razón para extender el plazo de reparación de fugas del aparato.

El desar de usar un sistems no requiere retirar el aparato y almacenarlo en un almacén de la instalación.

Si un aparato que contiene 50 o más libras de refrigerante regulado ha superado la tasa de fuga umbral, el propietario u operador tiene 30 días para reparar el aparato de modo que se filtre por debajo del umbral y lleve a cabo la prueba de verificación inicial.

Si un enfriador con una carga de 200 libras de un refrigerante que agota el ozono ha pasado la prueba de fuga de verificación inicial, se debe realizar una prueba de verificación de seguimiento dentro de los 10 días.

El propietario y/o el operador del equipo es responsable y debe mantener registros de todas las inspecciones de fugas, verificación inicial y cualquier prueba de verificación de seguimiento de reparación de fugas completada durante tres (3) años.

Técnicas de Recuperación

El control de corte de alta presión en una unidad de recuperación utilizada para evacuar/recuperar el refrigerante de un enfriador de baja presión se establece normalmente para 10 psig. Debido al volumen de refrigerante líquido en sistemas grandes, la eliminación de refrigerante de un sistema de baja presión comienza con la eliminación de líquidos seguido de la recuperación del refrigerante de vapor. Después de que todo el líquido ha sido eliminado, un promedio de 350 toneladas, enfriador R-123, a 0 psig, todavía tendría aproximadamente 100 libras de refrigerante en el estado de vapor.

El uso de una bomba de vacío de gran tamaño podría hacer que el agua atrapada se congele al evacuar/deshidratar un sistema. Durante la evacuación/deshidratación de un sistema que contiene grandes cantidades de humedad, puede ser necesario romper el vacío usando nitrógeno. El aumento de la presión con nitrógeno evita que la humedad se congele y aumenta la velocidad de deshidratación.

©Esco Institute 2019

Una unidad de recuperación refrigerada por agua permitirá una recuperación más rápida de grandes cantidades de refrigerante. El agua circula a través de un enfriador durante la evacuación/recuperación de refrigerantes para evitar la congelación de agua en el aparato.

Las bombas de agua, el compresor de recuperación y el agua del condensador de recuperación del sistema deben estar encendidos durante la eliminación de vapor o líquido de un sistema de refrigeración de baja presión. El aumento de la temperatura del sistema o de la habitación en la que se encuentra un enfriador de baja presión también dará lugar a una recuperación de refrigerante más rápida.

Al retirar el aceite refrigerante, se debe calentar a 130°F, ya que se devolverá menos refrigerante en el aceite a la temperatura más alta. Tenga cuidado al calentar el sistema, ya que el disco de ruptura en un recipiente de recuperación para refrigerantes de baja presión alivia a 15 psig, Figura 18.

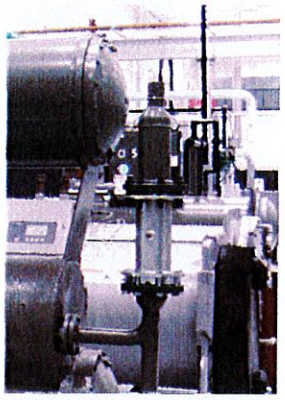


Figura 18. Disco de ruptura

Requisitos de Recuperación

Después de alcanzar el vacío de recuperación requerido en un aparato de baja presión, espere unos minutos para ver si la presión del sistema aumenta antes de cargarse. Cuando las fugas en el aparato hagan que la evacuación/ recuperación al nivel prescrito sea inalcanzable, no proceda con la recuperación. Los equipos de recuperación y reciclaje deben estar etiquetados como certificados para cumplir con los requisitos de la EPA.

Reemplazar o reparar un compresor, condensador o evaporador se considera una reparación importante. Al hacer una reparación no importante, calentar el refrigerante líquido en el sistema con agua caliente o mantas de calentamiento sacará la presión del sistema del vacío.

Antes de desechar un aparato de baja presión, el refrigerante debe ser recuperado o evacuado a 25 mm de Hg absoluto. Los registros de recuperación de aparatos desechados con 5-50 libras de refrigerante deben mantenerse durante tres (3) años.

Técnicas de Recarga

Antes de la evacuación/recuperación o deshidratación, se debe tomar una muestra de aceite si la unidad ha tenido un compresor quemado. Además, al evacuar/deshidratar un sistema que contiene una gran cantidad de humedad, evacúe/ deshidrate tres veces el sistema utilizando nitrógeno seco para romper el vacío. Aumentar la presión con nitrógeno evitará que la humedad se congele.

Después de reparar y evacuar/deshidratar un enfriador, el vapor refrigerante se vuelve a introducir en el enfriador a una presión que corresponde a su temperatura de saturación por encima de la congelación. Esto evitará que el refrigerante líquido cargado en el sistema congele agua en el paquete del tubo del intercambiador de calor. Por ejemplo; cargar el líquido R-245fa en un sistema de refrigeración de baja presión en un vacío superior a 18 pulgadas Hg de vacío hará que el agua del sistema se congele. A 18 pulgadas Hg vacío, R-245fa tiene una temperatura de saturación muy por debajo de -40°F. Al revisar las condiciones saturadas en una tabla de PT, un sistema de enfriador refrigerado por agua evacuado/deshidratado con R-123 debe tener una presión de vapor superior a 20 pulgadas Hg de vacío antes de agregar refrigerante líquido. El refrigerante líquido se carga en el sistema utilizando la válvula de carga del evaporador, que es el punto de acceso más bajo en un aparato de baja presión.

Nota: Las relaciones que se encuentran en los gráficos de presión-temperatura variarán ligeramente de un fabricante o editor a otro. Las presiones se indican normalmente en psig. Para convertir de presión absoluta (psia) a presiónde manómetro (psig) restar 14.7 de la presión absoluta. Por lo tanto, 14.7 psia es igual a 0 psig.

Seguridad

Cuando se supera el TLV-TWA (Valor límite de umbral - Promedio ponderado por tiempo), ASHRAE Standard 15-2013 requiere que cada sala de máquinas active una alarma y un sistema de ventilación mecánica.



Figura 19. Placa de pared de la sala de equipos.

La norma ASHRAE 15-2013 también requiere el uso de sensores de sala y alarmas para detectar fugas de refrigerante en todos los grupos de seguridad de refrigerante, Figura 19. El refrigerante R-123 se clasifica como B1 (no inflamable, de alta toxicidad) y el refrigerante R-1233zd se clasifica A1 (no inflamable, de baja toxicidad) según el grupo de códigos estándar 34. El uso de sensores de habitación y alarmas para detectar fugas de refrigerante en todos los grupos de seguridad de refrigerante es necesario no sólo debido a las características de refrigerante, sino porque los refrigerantes son más pesados que el aire y pueden desplazar el oxígeno.

Se deben usar guantes y gafas de seguridad cuando se trabaja con refrigerante líquido para sistemas de baja presión.

La descarga de un disco de ruptura o válvulas de alivio de presión deben enceste se debe canalizar al aire libre para evitar la ventilación en la sala de la máquina. Todas las válvulas de alivio de presión deben ser canalizadas o instaladas en paralelo, **nunca** en serie.

Un disco de ruptura con clasificación de 15 psig se encuentra en el evaporador de un enfriador centrífugo. Al cargar, el refrigerante se introduce a través de la válvula de carga del evaporador, asegúrese de no sobre-presurizar el sistema.

Nota: El alcohol isopropílico se debe utilizar para eliminar el hielo de las mirillas ("sight glass").

©Esco Institute 2019

	Refrigerante de baja presion<30 psig temperatura condensadora a 104°F			Refrigerante de presión media de 30 a 155 psig temperatura condensadora a 104°F								
°F	HCFC R-123	HFC R-245fa	HFO R-1233zd	CFC R-12	HCFC R-124	HCFC R-409A Bubble* Liquid	HCFC R-409A Dew* Vapor	HFC R-134a	Hydrocarbon Isobutane R-600a	HFO R-1234yf	HFO R-1234ze	°F
-40°	*	-13.9	-28.3	-11.0	-22.1	6.7	-14.8	-14.8	-21.6	-11.5	-19.1	-40°
-35°	*	-13.7	-28.0	-8.4	-20.9	3.5	-12.5	-12.5	-20.4	-8.9	-17.4	-35°
-30°	*	-13.5	-27.6	-5.5	-19.4	0.0	-9.9	-9.8	-18.9	-6.0	-15.4	-30°
-25°	*	-13.2	-27.2	-2.4	-11.8	1.9	-7.0	-6.9	-17.4	-2.8	-13.3	-25°
-20°	-27.8	-13.0	-26.7	0.5	-16.0	4.0	-3.8	-3.1	-15.6	0.4	-10.9	-20°
-15°	-27.4	-12.7	-26.1	2.4	-14.0	6.3	2.0	-0.1	-13.7	2.3	-8.2	-15°
-10°	-26.9	-12.2	-25.5	4.5	-11.8	8.8	1.8	1.9	-11.5	4.4	-5.3	-10°
-5°	-26.4	-11.9	-24.7	6.7	-9.3	11.6	4.0	4.1	-9.2	6.7	-2.0	-5°
0°	-25.9	-11.4	-23.9	9.1	-6.6	14.6	6.3	6.5	-6.6	9.1	-0.8	0°
5°	-25.2	-11.0	-23.0	11.7	-3.6	17.8	8.8	9.1	-3.8	12.0	2.7	5°
10°	-24.5	-10.4	-22.0	14.6	-0.3	21.3	11.6	11.9	-0.7	14.9	4.8	10°
15°	-23.8	-9.5	-20.8	17.7	1.6	25.1	14.7	15.0	1.3	18.1	7.2	15°
20°	-22.8	-9.1	-19.5	21.0	3.6	29.2	18.0	18.4	3.1	21.6	9.7	20°
25°	-21.8	-8.0	-18.1	24.6	5.7	33.6	21.6	22.1	5.0	25.4	12.5	25°
30°	-20.7	-7.5	-16.5	28.4	8.0	38.4	25.5	26.1	7.1	29.4	15.4	30°
35°	-19.5	-6.8	-14.7	32.5	10.5	43.4	29.7	30.4	9.4	33.8	18.7	35°
40°	-18.1	-5.6	-12.8	36.9	13.2	48.9	34.2	35.0	11.8	38.4	22.2	40°
45°	-16.6	-4.2	-10.7	41.6	16.1	54.7	39.1	40.1	14.4	43.4	26.0	45°
50°	-14.9	-2.8	-8.3	46.6	19.3	60.9	44.3	45.4	17.2	48.8	30.0	50°
55°	-13.0	-1.8	-5.8	51.9	22.7	67.5	49.9	51.2	20.2	54.5	34.4	55°
60°	-11.2	0.0	-3.0	57.6	26.3	74.5	55.9	57.4	23.5	60.6	39.1	60°
65°	-8.9	1.9	0.0	63.7	30.2	81.9	62.3	64.0	26.9	67.0	44.1	65°
70°	-6.5	3.5	1.6	70.1	34.4	89.8	69.2	71.1	30.6	73.9	49.5	70°
75°	-4.1	5.9	3.4	76.8	38.9	98.2	76.5	78.7	34.5	81.3	55.2	75°
80°	-1.2	7.9	5.3	84.0	43.7	107	84.2	86.7	38.6	89.0	61.3	80°
85°	0.9	10.2	7.3	91.6	48.8	116	92.5	95.2	43.0	97.2	67.8	85°
90°	2.5	12.8	9.5	99.6	54.3	126	101	104	47.7	106	74.8	90°
95°	4.3	15.8	11.9	108	60.1	137	111	114	52.7	115	82.1	95°
100°	6.1	19.0	14.4	117	66.2	148	120	124	57.9	125	89.9	100°
104°	**7.7**	**21.3**	**16.6**	**124**	**71.4**	**157**	**129**	**133**	**62.3**	**133**	**96.5**	**104°**
105°	8.1	23.0	17.1	126	72.7	159	131	135	63.4	135	98.2	105°
110°	10.3	26.0	20.0	136	79.6	171	142	146	69.3	146	107	110°
115°	12.6	30.0	23.1	146	86.9	184	153	158	75.4	157	116	115°
120°	15.1	33.0	26.5	157	94.6	197	166	171	81.9	169	126	120°
125°	17.8	36.0	30.0	169	103	211	179	185	88.7	182	136	125°
130°	20.6	41.0	33.8	181	111	226	192	199	95.8	195	147	130°
135°	23.6	46.0	37.8	193	120	241	207	214	103	209	158	135°
140°	26.8	52.0	42.0	206	130	257	222	229	111	223	171	140°
145°	30.2	57.0	46.5	220	140	274	237	246	120	239	183	145°
150°	33.9	61.0	51.3	234	150	291	254	263	128	255	196	150°



Remueva esta página y tráigala al examen.

***Consulte la página 8 para obtener más detalles sobre la burbuja/rocío.**