

Consejos y técnicas que no dañan el medioambiente para el servicio técnico de equipos con refrigerantes para técnicos Tipo I de HVAC/R

Guía de capacitación y consulta para la certificación por Internet libro abierto de Tipo I según la Sección 608 de la EPA sobre la utilización adecuada de refrigerantes, incluyendo la recuperación, el reciclado y la regeneración

Escrito por
Robert P. Scaringe, Ph.D., P.E
Kay Rettich
Anita Bromberg

Cuarta Edición Por Internet

Rev. 1.1 Agosto de 2021

© Copyright 2018
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

Mainstream Engineering Corporation, Rockledge, Florida.

Con excepción de lo previsto en las Secciones 107 y 108 de la Ley de Copyright de los Estados Unidos, ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida ni distribuirse en forma alguna ni por ningún medio, ni puede almacenarse en ninguna base de datos o sistema de recuperación, sin autorización previa del propietario del copyright.

Mainstream Engineering Corporation obtuvo la información incluida en el presente documento de fuentes que considera confiables. Sin embargo, ni Mainstream Engineering Corporation ni los autores garantizan que la información aquí publicada sea veraz y esté completa, ni se harán responsables de los errores, las omisiones o los daños que surjan como resultado de la utilización de esta información. Este documento se publica en el entendido de que el propósito de Mainstream Engineering Corporation y de los autores no es prestar servicios de ingeniería ni de otra índole profesional o técnica, sino únicamente proporcionar información. En el caso de que se requirieran tales servicios, deberán contratarse los servicios de un profesional adecuado.

Prólogo

La información contenida en este curso tiene un propósito meramente didáctico. Únicamente técnicos especializados en servicios de refrigeración y aire acondicionado deben llevar a cabo los procedimientos descritos. **Este curso de capacitación no reemplaza el manual de usuario suministrado por el fabricante de ningún equipo.**

Tome medidas de seguridad siempre que utilice equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés). La utilización inapropiada de equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado puede provocar explosiones y lesiones personales graves. Antes de poner en funcionamiento cualquier equipo por primera vez, lea siempre el manual del usuario completo proporcionado por el fabricante. Sea sumamente precavido cuando trabaje con refrigerantes, ya que las mangueras pueden contener refrigerante líquido bajo presión. Para el almacenamiento, utilice únicamente cilindros recargables autorizados. No llene en exceso ningún cilindro de almacenamiento por encima de su capacidad estimada. Utilice siempre anteojos de seguridad. Protéjase la piel contra congelaciones instantáneas. **Nunca encienda un equipo si no sabe cómo funciona. Si los procedimientos descritos en este manual son diferentes a los indicados por el fabricante de un equipo en particular, siga las instrucciones del fabricante del equipo.**

No deje funcionando sin supervisión ninguna máquina de recuperación o de recuperación y reciclado de refrigerante. Todos los dispositivos de recuperación y reciclado de refrigerante deben ser operados únicamente por técnicos de refrigeración capacitados. En este caso también, el uso incorrecto de los dispositivos de recuperación y reciclado puede provocar explosiones y lesiones personales.

La información técnica y legal incluida en este curso por Internet se encuentra actualizada para la fecha de la última edición del manual. Debido a que en el área de la recuperación y de la recuperación y el reciclado de refrigerantes, las tecnologías avanzan y los reglamentos cambian con rapidez, no es posible dar ninguna garantía con respecto a la vigencia que tendrá esta información en el futuro. Para obtener información más reciente, visite en internet la página de inicio del Organismo para la Protección del Medio Ambiente (Environmental Protection Agency, EPA), en la siguiente dirección: <http://www.epa.gov>.

Mainstream Engineering Corporation no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso de la información presentada en la presente publicación. Esta información se presenta únicamente con fines didácticos. A fin de operar de forma adecuada cualquier equipo, consulte el manual del usuario proporcionado por el fabricante. El contenido de este curso está limitado a las prácticas de información y servicio necesarias para contener, conservar y reutilizar los refrigerantes, y para evitar su escape a la atmósfera cuando se prestan servicios a sistemas de compresión a vapor de aparatos pequeños. **Este manual no tiene por objeto enseñar cómo instalar, identificar y solucionar problemas, o reparar sistemas de refrigeración y aire acondicionado.** Los técnicos en refrigeración deben ser expertos en estas áreas antes de tomar este curso.

Tabla de Contenido

Prólogo	i
INTRODUCCIÓN.....	1
Elementos del documento.....	1
Información de certificación	2
Tipos de técnicos	3
Detalles de los exámenes	5
SECCIÓN BÁSICA.....	1
Reducción del ozono	1
Atmósfera terrestre.....	1
El ozono.....	1
Acción legislativa.....	1
Monitoreo de la capa de ozono	2
Fuentes primarias de cloro en la atmósfera.....	2
CFC	3
HCFC.....	5
HFC	8
HFO	9
HC	10
HFE	11
Efectos en la salud humana.....	12
ODP y GWP de refrigerantes comunes	12
Ley del Aire Limpio	14
EPA	15
Requisitos para llevar registros	16
Recuperación y reciclado	17
Venteo	19
Venta de refrigerantes usados	20
Quiénes pueden comprar refrigerantes	21
Disposición final	22
Impuesto al refrigerante de CFC	23
Cumplimiento de la ley	23
Aceites y refrigerantes sustitutos	24
Mezclas de refrigerantes	24
Cambio de refrigerante.....	27
Utilización de aceites sintéticos	29
Principios de la refrigeración	31
Componentes del sistema.....	31
Funcionamiento de un sistema de compresión a vapor	32
Tipos de compresores.....	34
Herramientas necesarias	35
Buenas prácticas de servicio técnico	42
Las tres R	44
Recuperar	45
Reciclar.....	46
Regenerar	46
Técnicas de recuperación	47
¿Qué es la recuperación?.....	47
Identificación del refrigerante	48
Requisitos de evacuación	50

Requisitos reglamentarios para la certificación de equipos	51
Equipos adecuados	52
Reparación.....	58
Ruptura del vacío de evacuación	58
Después de un sobrecalentamiento o cuando se cambian refrigerantes	59
Cómo identificar causas de averías posteriores a adaptaciones	59
Cómo verificar si hay ácido.....	61
Preparación para la detección de fugas	63
Detección de fugas	63
Residuos de aceite	63
Probadores de fugas	64
Burbuja de jabón.....	65
Gas nitrógeno	66
Prueba de detección de fugas con pérdida de presión	67
Evacuación de deshidratación.....	71
Método de evacuación triple.....	71
Seguridad general.....	79
Preocupaciones de seguridad	79
Hoja informativa sobre la seguridad	87
Equipos adecuados	88
Despacho.....	93
Reglamentos del Departamento de Transporte	93
Etiquetas para el despacho	93
Carga del cilindro	95
Manual de respuesta ante emergencias	95
 TIPO I - CERTIFICACIÓN PARA APARATOS PEQUEÑOS	 96
Requisitos para técnicos Tipo I	96
¿Qué es un aparato pequeño?.....	96
Refrigerantes inflamables.....	97
Reglas de la EPA sobre los refrigerantes inflamables	97
Requisitos de recuperación	103
Requisitos de evacuación para aparatos pequeños.....	103
Dispositivos de recuperación.....	104
Certificación del equipo	108
Refrigerantes no recuperados con los dispositivos de recuperación aprobados por la EPA	109
Equipo para aparatos pequeños	110
Cilindros de carga graduados.....	111
Métodos de recuperación para aparatos pequeños.....	113
Identificación del refrigerante.....	113
Extracción del refrigerante (recuperación del refrigerante)	115
Gases no condensables	124
Refrigerantes de reemplazo	126
Colocación del refrigerante nuevamente en el aparato.....	127
Cómo retirar una válvula de acceso	127
Reparaciones de fugas.....	128
Almacenamiento del refrigerante.....	128
Disposición final de aparatos pequeños.....	129
Seguridad.....	129
 APÉNDICE 1: FACTORES DE CONVERSIÓN	 133
 APÉNDICE 2: CERTIFICACIONES PARA HVAC/R ADICIONALES	 134

Certificación para HC/HFO	134
Certificación para R-410A	134
Certificación ecológica	135
Sección 609 de la EPA para MVAC	135
Técnicos de mantenimiento preventivo y calidad del aire interior	135
Técnico en mantenimiento preventivo	136
Técnico en calidad del aire en interiores.....	136
Niveles de certificación en PM Tech o IAQ:	136
Información adicional	137
SIGLAS Y DEFINICIONES	139

Tablas

Tabla C-1. Tabla abreviada de refrigerantes comunes.....	4
Tabla C-2. Asignaciones de números para refrigerantes comunes según ASHRAE ..	6
Tabla C-3. Resumen breve de los requisitos clave de la norma de pureza de AHRI 21	
Tabla C-4. Comparación teórica del rendimiento de un sistema de aire acondicionadoa.....	42
Tabla C-5. Cuadro de presión-temperatura de saturación para los refrigerantes comunes	49
Tabla C-6. Codificación de color para los tanques de refrigerantes	90
Tabla I-1. Datos de saturación para posibles refrigerantes de aparatos pequeños	108
Tabla 1 del Apéndice. Fórmulas de conversión	133
Tabla 2 del Apéndice. Ejemplos de conversión de unidades de vacío.....	133

Figuras

Figura C-1. Componentes de un sistema de enfriamiento	32
Figura C-2. Dos modelos comunes de terminaciones de manguera de servicio de baja pérdida.....	36
Figura C-3. Distribuidor de dos válvulas y tres mangueras.....	38
Figura C-4. Foto de un distribuidor de dos válvulas y tres mangueras	38
Figura C-5. Desconexión de un accesorio de baja pérdida.....	40
Figura C-6. Distribuidor de cuatro válvulas y cuatro mangueras.....	41
Figura C-7. Tanques de recuperación aprobados por el Departamento de Transporte (DOT).....	45
Figura C-8. Típico tanque de recuperación	55
Figura C-9. Válvula de alivio de presión en un tanque de recuperación	56
Figura C-10. Cilindro de recuperación marcado para R-410A.	57
Figura C-11. Qwik System Flush®	61
Figura C-12. Prueba QwikCheck para detectar ácidos en un sistema en funcionamiento	62
Figura C-13. QwikShot® se agrega al sistema con un QwikInjector®	63
Figura C-14. Detector electrónico de fugas	65
Figura C-15. Bomba de vacío de doble efecto con válvula de estrangulamiento del gas.....	74
Figura C-16. Medidor electrónico de vacío en micrones	75
Figura C-17. Clasificaciones según la ASHRAE con algunos refrigerantes de ejemplo	82
Figura C-18. Tubo rojo para informarle al técnico sobre la presencia de refrigerante inflamable	84
Figura C-19. Foto de la etiqueta de clasificación según el DOT	94
Figura C-20. Típica documentación de despacho	95
Figura I-1. Ejemplo de límites de inflamabilidad de un posible refrigerante de hidrocarburo.....	107
Figura I-2. Manguito de proceso en un aparato pequeño con refrigerante inflamable	110
Figura I-3. Válvula de acceso de tipo perforadora en un aparato pequeño con refrigerante no inflamable.....	111
Figura I-4. Cilindro graduado con carga	112
Figura I-5. Placa de identificación de un enfriador de agua	114
Figura I-6. Válvula perforadora de acceso del tipo tenaza de sujeción	116
Figura I-7. Diagrama de refrigeración básico con dos entradas de servicio.....	117
Figura I-8. Diagrama de un sistema de refrigeración con manguitos de proceso ..	117
Figura I-9. Manguitos de proceso en un aparato pequeño con refrigerante no inflamable	118

Introducción

Esta introducción explica lo siguiente:

- Las convenciones de documentos que se usan en este curso de capacitación
- La información básica sobre los técnicos de servicio de Pequeño Aparato que pueden ser ayudados al usar este libro
- La información de certificación y resumen de los requisitos de prueba en línea y supervisados

Elementos del documento

Todos los consejos, notas, ejemplos, precauciones y advertencias aparecen con los siguientes iconos:



Consejo

Los consejos tienen como fin proporcionar orientación, así como algunos atajos.



Nota

Las notas contienen información relacionada.



Ejemplo

Los ejemplos muestran ilustraciones para permitirle practicar sus habilidades o evaluarse a sí sobre sus conocimientos.



Precaución y Advertencia

Precaución y Advertencia indica la probabilidad de lesiones físicas o daños a los equipos.

Información de certificación

Los técnicos deben aprobar un examen certificado por la EPA antes de realizar tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación que razonablemente podría esperarse que emitan refrigerantes de los aparatos a la atmósfera.

Algunas de las actividades que podrían dañar la integridad del circuito refrigerante son:

- Conectar y desconectar las mangueras y los manómetros al y del aparato para agregar o retirar refrigerante o para medir la presión.
- Agregar refrigerante al aparato y retirar refrigerante del aparato.
- Reemplazar los componentes del circuito de refrigeración, como por ejemplo, el compresor, el condensador, el evaporador, el dispositivo de expansión (o de estrangulamiento) o el filtro secador.

Las actividades que no se espera que dañen la integridad del circuito refrigerante son:

- Pintar el aparato.
- Limpiar el exterior de las bobinas del condensador o evaporador.
- Reemplazar los ventiladores o sopladores.
- Enderezar las aletas del intercambiador de calor.
- Volver a distribuir los cables de un circuito eléctrico.
- Reemplazar el aislamiento a lo largo de una tubería.
- Reemplazar un capacitor o interruptor defectuoso o un relé posiblemente defectuoso.
- Ajustar tuercas y tornillos en el aparato.

Las tareas de mantenimiento, servicio técnico, reparación o disposición final de aparatos que han sido vaciados tampoco deberían liberar refrigerantes, salvo que el mantenimiento, servicio técnico o reparación consista en agregar o retirar refrigerante del aparato.

El término ‘técnicos’ incluye, entre otros, a instaladores, empleados del contratista, personal de servicio técnico interno y, en algunos casos, a propietarios y/u operadores. Todos los técnicos deben estar certificados

mediante un programa de certificación para técnicos aprobado, como el que ofrece Mainstream Engineering Corporation (www.epatest.com).

Cuando esté certificado, su certificación según la Sección 608 de la EPA no tiene fecha de expiración. Sin embargo, los reglamentos de la EPA pueden cambiar después de que obtenga su certificación, por lo tanto, usted será responsable de entender y cumplir con los futuros cambios en la ley.

Si pierde su tarjeta de certificación, puede demostrarles a otras personas que cuenta con su certificación visitando el sitio web de certificación de Mainstream www.epatest.com, o puede solicitar una tarjeta de reemplazo en el mismo sitio web. Si ha sido certificado por otra parte, puede solicitar una tarjeta de reemplazo de su organización de certificación.

Tipos de técnicos

La certificación para los técnicos tiene tres niveles que dependen del aparato con el que se trabajará. En las siguientes secciones se describen los tipos de certificación de la EPA.

Técnicos Tipo I

Los técnicos que hacen tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación de aparatos pequeños que razonablemente se podría esperar que liberen refrigerantes a la atmósfera deben estar certificados correctamente como técnicos Tipo I o Universales. La EPA define como aparato pequeño a un sistema unitario que contiene menos de cinco libras de carga refrigerante, como por ejemplo, los refrigeradores pequeños, los enfriadores de agua, los aparatos de aire acondicionado de ventana y los deshumidificadores.

La certificación de Tipo I para dispositivos pequeños está disponible como un examen en línea de libros abiertos (con un requisito de puntaje más alto para aprobar) o un formato de libro cerrado supervisado. Solo la certificación Tipo I está disponible en el formato de libro abierto en línea.



Nota

Si se presenta al examen básico (Core) en formato de libro abierto y luego desea recibir una certificación Tipo II, Tipo III o Universal, se deberá volver a presentar al examen básico en un ambiente supervisado. No hay necesidad de repetir las 25 preguntas de Tipo I.

Técnicos Tipo II

Los técnicos Tipo II hacen tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación de aparatos de presión media, alta o muy alta que no califican como aparatos pequeños. Las personas encargadas de desechar aparatos de presión media, alta o muy alta también deben estar certificadas correctamente como técnicos Tipo II. Esencialmente, si trabaja en cualquier sistema que no califique como un aparato pequeño o un sistema de baja presión [o aparatos de aire acondicionado para vehículos de motor (MVAC, por sus siglas en inglés) o sistema similar a MVAC], necesitará una certificación Tipo II o Universal.

Los técnicos que aprueban el examen de Tipo II y el examen básico están certificados para recuperar refrigerante durante las tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación de equipos de presión media y alta, y refrigerantes de muy alta presión, incluidos CFC-13 y CFC-503.

Técnicos Tipo III

Los técnicos que realizan tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación de aparatos de baja presión o que desechan aparatos de baja presión que podrían liberar refrigerantes a la atmósfera deben estar correctamente certificados como técnicos Tipo III o Universales.

Técnicos Universales

Si tiene certificaciones Tipo I, Tipo II y Tipo III, se le emite una tarjeta de certificación Universal que lo habilita para hacer tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación de todos los aparatos que abarcan cada una de esas certificaciones.

La certificación Universal no incluye la certificación para MVAC (aparatos de aire acondicionado para vehículos de motor). Si también trabaja en sistemas MVAC, necesitará una certificación para MVAC según la Sección 609.

Técnicos de MVAC

Los técnicos que realizan tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación de MVAC (aparatos de aire acondicionado para vehículos de motor) deben estar debidamente certificados como técnicos de MVAC según la Sección 609. Mainstream también ofrece el examen de certificación y material de capacitación para MVAC según la Sección 609, en www.epatest.com. La certificación para MVAC consta de 25 preguntas en formato de libro abierto.

Los sistemas MVAC proporcionan enfriamiento en automóviles, camiones, autobuses y vehículos ferroviarios para la comodidad del pasajero. Si está trabajando en un sistema MVAC a cambio de algún tipo de pago (incluso si no es monetario), debe estar certificado bajo la Sección 609 de la Ley de Aire

Limpio, y debe emplear equipos aprobados para la manipulación de refrigerantes. Mainstream también ofrece capacitación y pruebas en línea para la certificación MVAC de la Sección 609 de la EPA.

Los técnicos que realizan tareas de servicio o reparación de equipos similares a MVAC (tales como equipos de agricultura y otros vehículos que no son para carreteras), pueden optar por obtener la certificación bajo el programa MVAC de la Sección 609 o el programa Tipo II de la Sección 608.

No obstante, todo automóvil, autobús, tren o equipo todoterreno que use un aire acondicionado que funcione con R-22 o cualquier otro refrigerante no exento de alta presión (tal como el R-407C o el R-410A) no se considera un MVAC ni una unidad de aire acondicionado tipo MVAC. Debido a que estos aires acondicionados usan un refrigerante de alta presión, el técnico que lleve a cabo el servicio debe tener una certificación Tipo II (o Universal) bajo la Sección 608. Por lo tanto, si está proporcionando servicio técnico a tal equipo, debe obtener la certificación Tipo II bajo la Sección 608.

La EPA define a los aparatos similares a MVAC como un aparato de compresión mecánica del vapor que se utiliza para enfriar al compartimiento del conductor o pasajero de un vehículo de motor todo terreno usando un refrigerante de presión baja o media y con una carga refrigerante de menos de 20 libras.

Nota



Los vehículos eléctricos emergentes usarán compresores sellados herméticamente que se alimentan con electricidad. Estos compresores pueden recibir servicio técnico de parte de técnicos certificados de MVAC bajo la Sección 609, siempre y cuando los compresores no usen un refrigerante de alta presión como R-22, R-407C, R-410A o R-1234yf.

Se requiere certificación bajo la Sección 608 si el aire acondicionado usa un refrigerante de alta presión (a excepción del dióxido de carbono). Si bien el dióxido de carbono es un refrigerante de alta presión, es un refrigerante exento, por lo tanto está eximido de todo requisito de certificación.

Detalles de los exámenes

Mainstream Engineering tiene la aprobación de la EPA como agencia certificadora para los exámenes de Tipo I, II, III y Universal según la Sección 608, y también para la certificación para MVAC según la Sección 609.

Mainstream también ofrece otro tipo de capacitación y exámenes de certificación, incluidas las Técnicas y reglamentos para la manipulación segura de refrigerantes de hidrocarburos inflamables (HC) e hidrofluoroolefinas (HFO), las Técnicas de Servicio R-410A, la Certificación “Green” (Ecológica), la Certificación de Mantenimiento Preventivo y la Certificación de Calidad del Aire en Interiores. Puede encontrar más información sobre estos programas de capacitación y certificaciones en www.epatest.com.

Los exámenes de certificación de Tipo I, II y III constan de 25 preguntas básicas y 25 preguntas específicas de Tipo I, II o III, que en total suman 50 preguntas de selección múltiple.

El examen de la certificación Universal consta de 25 preguntas básicas, 25 preguntas de Tipo I, 25 preguntas de Tipo II y 25 preguntas de Tipo III, que en total suman 100 preguntas de selección múltiple.

Los técnicos pueden tomar cualquiera de estos exámenes de certificación tantas veces como sea necesario. El puntaje para aprobar el examen de Tipo I por Internet libro abierto es 84% (21 preguntas correctas de las 25).

Cuando vuelva a tomar el examen, solo deberá repetir las secciones que no haya aprobado aún. Por ejemplo, si tomó el examen básico y el examen de Tipo I, aprobó el examen básico, pero no aprobó el examen de Tipo I, solo debería volver a responder las 25 preguntas del examen de Tipo I.



Nota

Como se informó antes, si toma el examen básico en formato de libro abierto y luego desea recibir una certificación Tipo II, Tipo III o Universal, deberá volver a tomar el examen básico de 25 preguntas en un ambiente supervisado, aunque no deberá volver a responder las 25 preguntas del examen de Tipo I.

Sección básica

Reducción del ozono

Atmósfera terrestre

La atmósfera terrestre está compuesta por la tropósfera y la estratósfera. La tropósfera, la parte más baja de la atmósfera, se extiende desde la superficie de la tierra hasta aproximadamente 9 millas en el espacio en el ecuador, pero una altura menor en las regiones polares.

La estratósfera, que es la capa sobre la tropósfera, se extiende aproximadamente 30 millas en el espacio. La capa estratosférica contiene el 90% de la superficie del planeta. El ozono, que es un gas que ayuda a formar la capa protectora de la tierra contra los dañinos rayos ultravioleta (UV-B) del sol.

El ozono

El ozono en la estratósfera es una molécula bastante simple, aunque inestable, formada por tres átomos de oxígeno. La inestabilidad de la molécula permite que los átomos de oxígeno libres reaccionen fácilmente con el nitrógeno, el hidrógeno, el cloro y el bromo. Como los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarburos (HCFC) contienen un átomo de cloro, cuando ingresan en la estratósfera, pueden destruir el ozono. Los CFC y HCFC no se disuelven en el agua ni se descomponen fácilmente en la atmósfera, por lo que es más probable que lleguen a la estratosfera a comparación de la mayoría de los demás compuestos que contienen cloro.

De hecho, según la teoría de Rowland Molina, cada átomo de cloro en la estratósfera puede destruir 100,000 moléculas de ozono. Esta disminución en la cantidad de ozono en la estratósfera permite que más radiación ultravioleta llegue hasta la superficie de la tierra.

Acción legislativa

Como la reducción del ozono en la estratósfera es un problema global, hay un consenso nacional e internacional para restringir el uso de los halocarbonos, incluidos los CFC, los halones, el tetracloruro de carbono y el metilcloroformo, debido al riesgo de la reducción de la capa de ozono estratosférica a través de la liberación de cloro o de bromo. El bromo daña la capa de ozono en la estratósfera aún más que el cloro.

La EPA evaluó los riesgos de la reducción del ozono en *Assessing the Risks of Trace Gases That Can Modify the Stratosphere* (1987) y concluyó que era

necesario un enfoque internacional para salvaguardar la capa de ozono de manera eficaz.

En 1987, los Estados Unidos y otros 22 países firmaron el Protocolo de Montreal sobre las sustancias que reducen la capa de ozono. El Protocolo de Montreal. Este acuerdo convocó a eliminar gradualmente determinados CFC, HCFC y halones. Los países responsables de aproximadamente el 95% de la capacidad mundial de producción de CFC y halones firmaron el Protocolo de Montreal.

Monitoreo de la capa de ozono

La mejor evidencia de que hay HCFC en la estratosfera se basa en mediciones de HCFC en muestras de aire que se tomaron de la estratosfera. La NASA sigue proporcionando los datos que adquiere de los Experimentos Estratosféricos Aéreos del Ártico para demostrar la existencia de HCFC en la estratosfera.

Según la teoría de Rowland-Molina, el monóxido de cloro es el agente clave responsable de la reducción del ozono estratosférico. El hallazgo de monóxido de cloro en la estratósfera superior indica que la capa de ozono está siendo destruida. Los niveles de monóxido de cloro sobre los Estados Unidos y Canadá, y tan lejos como el Caribe en el sur, fueron muchas veces superiores a lo que habían pronosticado los modelos de fases de gas. Los científicos creen que estos niveles son solo parcialmente explicables por emisiones de erupciones volcánicas.

Los científicos también descubrieron que los niveles de cloruro de hidrógeno de la estratósfera, un compuesto químico que almacena el cloro atmosférico en un estado menos reactivo, eran bajos. Este hallazgo proporciona evidencia adicional de la existencia de procesos químicos que convierten formas estables de cloro en formas que destruyen el ozono.

Las observaciones del cloruro de hidrógeno y del óxido de nitrógeno dan a entender que el cloro y el bromo fueron más eficaces en la destrucción del ozono de lo que se creía anteriormente. De hecho, los refrigerantes que contienen bromo son los más perjudiciales para el ozono estratosférico.

Fuentes primarias de cloro en la atmósfera

Los CFC y los HCFC son los compuestos principales en el problema de la reducción del ozono. Si bien algunos creían que los problemas con el ozono se debían en gran parte a eventos naturales, como las erupciones volcánicas, los datos demuestran que el cloro en la estratósfera proviene principalmente de sustancias químicas fabricadas en vez de fuentes naturales como los volcanes. Esto sustenta con las siguientes evidencias:

- El aumento de la cantidad de cloro en la estratósfera equivale al aumento de la cantidad de flúor, que proviene de fuentes naturales diferentes a las del cloro.
- El aumento de la cantidad de cloro en la estratósfera equivale al aumento de las emisiones que reducen el ozono .
- Las muestras de aire tomadas en la estratósfera por encima de los volcanes en erupción demuestran que los volcanes contribuyen solo con una pequeña cantidad del cloro en la estratósfera en comparación con los CFC y los HCFC.

Además, la violencia de una erupción volcánica no es lo suficientemente fuerte para enviar cloruro de hidrógeno (HCl) directamente hacia la estratósfera. Para que el HCl ingrese a la estratósfera, debería permanecer en el aire de dos a cinco años. Esto es poco probable porque la humedad en la tropósfera y el vapor del volcán limpiarían las partículas que contienen el cloro.

Las pruebas han demostrado que las fuentes naturales solo contribuyen con el 15% del cloruro de metilo en los niveles de cloro estratosférico, y las fuentes naturales de HCl contribuyen con solo el 3%. Eso significa que el 82% del cloro estratosférico proviene de sustancias que reducen el ozono.

Para detener el daño a la capa de ozono estratosférica, a los técnicos de los Estados Unidos se les exige recuperar refrigerante y usar buenas prácticas de servicio técnico para capturar todos los refrigerantes que tienen un potencial de agotamiento del ozono (ODP, por sus siglas en inglés) mayor a cero y un potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) mayor que el dióxido de carbono (valor superior a 1). Si bien los HFC no tienen ODP, su GWP es miles de veces mayor que el GWP de los refrigerantes de hidrofluoroolefina (HFO) y de hidrocarburos (HC). En última instancia, el uso de refrigerantes alternativos que no agotan la capa de ozono y refrigerantes con bajo PCA eliminará el uso de CFC, HCFC y HFC.

CFC

Los clorofluorocarbonos (CFC) tienen el potencial de reducción del ozono más alto, y por lo tanto son los más dañinos para el ozono de la estratósfera. El ODP es una medida relativa de la capacidad de los CFC y los HCFC de destruir el ozono. El potencial de cualquier sustancia para destruir el ozono se clasifica con relación a CFC-11, al que se le da el valor de ODP de 1. La Tabla C-1 contiene una lista del ODP de los refrigerantes comunes y muestra que el ODP de los CFC es más alto que el de los HCFC. Los hidrofluorocarbonos (HFC) tienen un ODP de cero pero sí contribuyen al calentamiento global; éste es otro problema que se tratará más adelante.

Tabla C-1. Tabla abreviada de refrigerantes comunes

Refrigerante	Composición química	ODP	GWP
R-11	CFC	1.0	4600
R-12	CFC	0.820	10600
R-13	CFC	1.0	14000
R-22	HCFC	0.034	1700
R-23	HCFC	0.0	12000
R-113	CFC	0.9	6000
R-114	CFC	0.850	9800
R-115	CFC	0.4	7200
R-116	CFC	0.0	11900
R-123	HCFC	0.012	120
R-124	HCFC	0.026	620
R-125	HFC	0.0	3400
R-134a	HFC	0.0	1300
R-141b	HCFC	0.11	630
R-142b	HCFC	0.065	2270
R-225ca	HCFC	0.025	120
R-225cb	HCFC	0.033	586
R-290	HC	0	20
R-401A	HCFC	0.027	1100
R-401B	HCFC	0.028	1200
R-402A	HCFC	0.013	2700
R-402B	HCFC	0.02	2300
R-404A	HFC	0.0	3922
R-407C	HFC	0.0	1700
R-410A	HFC	0.0	3000
R-444A	Mezcla de HFC y HFO	0	92
R-445A	Mezcla de HFC y HFO	0	130
R-449	HFO	0	1282
R-452A	HFO	0	2141
R-500	CFC	0.605	7900
R-502	CFC	0.221	4500
R-503	CFC	0.599	13000
R-507A	HFC		3985
R-513A	Mezcla de HFC y HFO	0	573
R-600	HC	0	20

Refrigerante	Composición química	ODP	GWP
R-600a	HC	0	20
R-1233zd	HFO	0	1
R-1234yf	HFO	0	<1
R-1234ze(E)	HFO	0	<1
R-1270	HC	0	2

Los refrigerantes de CFC más comunes son R-12 y R-500. Consulte la para ver un listado de los CFC y de otros refrigerantes comunes.

HCFC

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son una familia de refrigerantes que contienen hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Como el hidrógeno reduce la estabilidad del compuesto, estos refrigerantes tienen un mayor potencial de deterioro antes de alcanzar la estratósfera, lo que significa que los HCFC tienen un ODP bajo, pero su ODP no es de cero. Los HCFC se utilizaban para reemplazar los CFC porque causan menos reducción del ozono, lo que hace que los HCFC sean menos perjudiciales para el ozono estratosférico que los CFC, pero aun así son peores que los HCF.

En el 2010, con la implementación de dos reglas se impuso una prohibición para la producción, venta o importación de sistemas nuevos que usen refrigerantes HCFC-22 o HCFC-142b o mezclas que contengan estos refrigerantes. Éstas son las reglas: la regla de Aparatos Precargados (Pre-Charged Appliance Rule) y la regla de Asignación (Allocation Rule). Actualmente, estos refrigerantes solo pueden usarse en el servicio técnico y reparación de equipos existentes.

La regla de Aparatos Precargados prohíbe la venta o la distribución de productos de refrigeración y de aire acondicionado precargados, y de componentes que contengan HCFC-22 o HCFC-142b, o las mezclas que contengan una o ambas sustancias. La prohibición se aplica a los aparatos y componentes fabricados a partir del 2010.

La regla de Asignación, junto con los requisitos existentes de la EPA, prohíbe cargar los aparatos recientemente fabricados con HCFC-22 o HCFC-142b puro o con mezclas que contengan estos refrigerantes. Comprar un sistema de carga seca y luego cargar el sistema con HCFC-22 o HCFC 142b es ilegal.

Estas restricciones para la venta y la producción de HCFC-22 y HCFC-142b también afectan a cualquier mezcla que contenga estos refrigerantes. El HCFC-22 se utiliza como un componente en otras mezclas de refrigerantes comunes, entre ellos R-401A, R-402A, R-409 y R-502 (consulte la Tabla C-2). Estos refrigerantes tienen aplicaciones en la refrigeración de alimentos de

venta al público, las cámaras frigoríficas, la refrigeración de proceso industrial y la refrigeración de transporte.

En la Tabla C-2 se enumeran otros refrigerantes menos comunes que contienen HCFC-22 o HCFC-142b, junto con otras mezclas nuevas que no contienen ningún HCFC.

Tabla C-2. Asignaciones de números para refrigerantes comunes según ASHRAE

Número 34 ASHRAE	TIPO	Composición/ % de concentración	Grupo de seguridad
22	HCFC	100% R-22	A1
123	HCFC	100% R-123	B1
125	HFE	100% R-125	
236fa	HFC	100% R-236fa	A1
245ca	HFC	100% R-245ca	A2L
401A	HCFC	R-22: 53% R-152a: 13% R-124: 34%	A1
401B	HCFC	R-22: 61% R-152a: 11% R-124: 28%	A1
401C	HCFC	R-22: 33% R-152a: 15% R-124: 52%	A1
402A	HCFC	R-125: 60% R-290: 2% R-22: 38%	A1
402B	HCFC	R-125: 38% R-290: 2% R-22: 60%	A1
404A	HFC	R-125: 44% R-143a: 52% R-134a: 4%	A1
407C	HFC	R-32: 23% R-125: 25% R-134a: 52%	A1
408A	HCFC	R-125: 7% R-143a: 46% R-22: 47%	A1
409A	HCFC	R-22: 60% R-124: 25% R-142b: 15%	A1

Número 34 ASHRAE	TIPO	Composición/ % de concentración	Grupo de seguridad
409B	HCFC	R-22: 65% R-124: 25% R-142b: 10%	A1
410A	HFC	R-32: 50% R-125: 50%	A1
411A	HCFC	R-1270: 1.5% R-22: 87.5% R-152a: 11%	A2
412A	HCFC	R-22: 70% R-218: 5% R-142b: 25%	A2
414A	HCFC	R-22: 51% R-124: 28.5% R-600a: 4.0% R-142b: 16.5%	A1
414B	HCFC	R-22: 50% R-124: 39% R-600a: 1.5% R-142b: 9.5%	A1
416A	HCFC	R-124: 39.5% R-134a: 59% R-600: 1.5%	A1
421	HFC	R-125: 58% R-134a: 42%	A1
441A	HC	R-600: 36% R-600a: 6% R-290: 55% R-170: 3%	A3
452A	Mezcla de HFO/H FC	R-32: 11% R-125: 59% R-1234yf: 30%	A1
452B	Mezcla de HFO/H FC	R-32: 67% R-125: 7% R-1234yf: 26%	A2L
507A	HFC	R-125: 50% R-143a: 50%	A1
508A	HCFC	R-23: 39% R-116: 61%	A1
508B	HCFC	R-123: 46% R-116: 54%	A1

Número 34 ASHRAE	TIPO	Composición/ % de concentración	Grupo de seguridad
509A	HCFC	R-22: 44% R-218: 56%	A1
600a	HC	n-butane	A3
1234yf	HFO	100% R-1234yf	A2L
1234ze	HFO	100% R-1234ze	A2L

El uso de todos los HCFC en sistemas nuevos está prohibido y los HCFC únicamente se pueden usar para el servicio técnico y la reparación de equipos existentes. Esto quiere decir que adaptar un sistema al R-22 o tomar un sistema diseñado para el R-407C o un nuevo sistema que no haya sido cargado con ningún refrigerante (carga seca) y cargarlo con R-22 es ilegal.

A partir del 1° de enero de 2020 entrará en vigor la prohibición sobre la producción o la importación de cualquier refrigerante HCFC. Después de entonces, solo se podrán usar los HCFC regenerados o recuperados en equipos existentes.

La mayor parte de los sistemas de aire acondicionado comerciales pequeños fabricados antes de 2015 usaban HCFC-22, sin embargo, dada la prohibición de HCFC-22 en nuevos equipos, HFC-410A ahora es el refrigerante que más se usa en sistemas pequeños de aire acondicionado y bombas de calor de uso residencial y comercial.

Dado que los HCFC todavía contienen cloro, su ODP es mayor a cero. Algunos HCFC comunes son R-22, R-123 y R-124.

HFC

Los hidrofluorocarbonos (HFC) son una familia de refrigerantes que contienen hidrógeno, flúor, y carbono, pero no contienen cloro. Los refrigerantes HFC no dañarán el ozono estratosférico; todos cuentan con un ODP de cero.

Los refrigerantes HFC más comunes son R-134a, R-404A, R-407C y R-410^a. Consulte la para ver un listado de los HFC y de otros refrigerantes comunes.

Si bien los HFC tienen cero ODP, tienen un alto potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés). Según la EPA, todos los CFC, HCFC y HFC contribuyen al calentamiento global. Muchas naciones europeas están considerando ahora la prohibición de los refrigerantes con un GWP superior a 150 o incluso a 100.

HFO

Los refrigerantes de hidrofluoroolefina (HFO) también son una familia de refrigerantes que contienen hidrógeno, flúor y carbono, no obstante, debido a la reactividad del enlace carbono-carbono, son más reactivos que los HFC. Esta mayor reactividad quiere decir que sus GWP son más bajos y que su vida útil atmosférica es más corta a comparación con cualquier refrigerante CFC, HCFC o HFC.

El igual que los HC, los HFO pueden ser inflamables, pero los HFO son menos inflamables que los HC debido a que los HFO contienen flúor. Aunque la clasificación de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) de un refrigerante no tóxico (A) de baja inflamabilidad (2) sería A2, algunos refrigerantes de HFO no son inflamables y algunos se clasifican como A2L, lo que quiere decir que su inflamabilidad es aún menor, con una velocidad máxima de combustión de menos de 4 pulgadas por segundo. (Para conocer las clasificaciones de seguridad de ASHRAE, consulte la Figura C-30 en la página 82).

No obstante, la presencia del flúor, que reduce la inflamabilidad, también quiere decir que los refrigerantes de HFO pueden formar ácidos reactivos. Los refrigerantes de HFO no son miscibles en aceite mineral, pero sí lo son en lubricantes sintéticos como POE. Es por eso que los lubricantes sintéticos como POE se deben usar con los refrigerantes de HFO.

El rendimiento de HFO-1234yf coincide estrechamente con el de HFC-134a. El HFO 1234yf se está adoptando para sistemas de aire acondicionado de vehículos de motor (MVAC). El HFO 1234yf tiene potencial para enfriadores y aplicaciones de refrigeración comercial que hoy en día usan HFC-134a.

El HFO-1234ze cuenta con una capacidad volumétrica que es más baja que HFO-1234yf y que potencialmente podría usarse para compresores centrífugos. El HFO-1234ze es más fácil de fabricar que el HFO-1234yf y es menos costoso, por lo tanto, es atractivo para enfriadores grandes que necesitan grandes cantidades de refrigerante. El HFO-1234ze ha sido aprobado para ser utilizado con enfriadores centrífugos, reciprocantes y de tornillo. El R-1234yf es un reemplazo para el R-134a, y el R-1234ze es un reemplazo para aplicaciones de aire acondicionado.

Los fabricantes principales de refrigerantes también están desarrollando mezclas de HFO que son adecuadas para aplicaciones que tradicionalmente usarían HCFC-22, HFC-404A y HFC 410A. Las mezclas de HFO que se están desarrollando están diseñadas para ofrecer capacidades más altas con compensaciones en GWP o la inflamabilidad. Los valores de GWP de estas mezclas varían entre menos de 150 y alrededor de 600, cantidades que siguen siendo significativamente más bajas que las de GWP de los HFC que

reemplazarían, pero son significativamente más altas que las de los refrigerantes de HC .

HC

Los refrigerantes de hidrocarburos (HC) son refrigerantes naturales, no tóxicos, que no tienen ODP y una cantidad de GWP absolutamente mínima. Dado que los refrigerantes de HC son compuestos orgánicos que consisten únicamente de átomos de carbono e hidrógeno, todos son altamente inflamables. ASHRAE los ha clasificado como parte del grupo de seguridad A3, que quiere decir que tienen baja toxicidad (A) y son altamente inflamables (3). (Para conocer las clasificaciones de seguridad de ASHRAE, consulte la Figura C-30 en la página 82).

Los HC como el propano HC-290, el n-butano HC-600, el isobutano HC-600a y el propileno HC-1270 tienen muy bajos GWP, todos por debajo de 4 (lo que hace que su GWP sea inferior que el de CFC, HCFC o HFC); no obstante, todos son altamente inflamables.

El refrigerante R-600a, el que solía usarse en refrigeradores residenciales hasta la década de los años 1940, nuevamente es aceptado para uso en refrigeradores y congeladores domésticos en Europa, donde se fabrican la mayoría de los refrigeradores actuales que usan refrigerante R-600a. El R-600a es un refrigerante adecuado para aplicaciones domésticas, rindiendo buena eficiencia energética, pero en comparación con R-134^a, este refrigerante tiene características muy diferentes, lo que quiere decir que no es un reemplazo directo para el R-134a, en especial debido a que el R-600a es inflamable. Otra diferencia significativa entre el R-600a y el R-134a es la presión de funcionamiento normal, que es mucho menor para el R-600a.

El propano R-290 tiene tres átomos de carbono y su fórmula química es C₃H₈. El propano de grado de refrigerante R-290 es más limpio y más seco que el propano utilizado para cocinar. Los cilindros de propano que se usan para parrillas contienen impurezas que podrían dañar el equipo de refrigeración.

El R-441a, el que también se conoce como HCR188C, fue el primer refrigerante de hidrocarburo aprobado por la EPA para su venta en los Estados Unidos. Este refrigerante es una mezcla de cuatro hidrocarburos y cuenta con la certificación ASHRAE como ser una sustancia no tóxica. El R-441a fue diseñado para reemplazar al R-134. El R-441a es un refrigerante de muy alta presión; por ejemplo, a 80 °F, la presión de saturación es de 614.8 psig, que es 2.6 veces mayor que la presión de saturación de 235.8 psig de R-410A.

Dado que todos los refrigerantes de HC son inflamables, actualmente su uso se limita a sistemas con una carga de refrigerante muy pequeña, y los sistemas deben tener requisitos de etiquetado especiales para advertir a los técnicos de servicio que el refrigerante es inflamable. Consulte nuestro entrenamiento sobre Manejo

seguro de refrigerantes de hidrocarburos (HC) e hidrofluoroolefina (HFO) inflamables, disponible visitando www.epatest.com para capacitación adicional sobre el uso de refrigerantes inflamables, incluidos los refrigerantes de HFO y de HC.

Los refrigerantes de hidrocarburos son químicamente compatibles con la mayoría de los lubricantes comunes que se utilizan en los sistemas de refrigeración. La buena miscibilidad se mantiene con la mayoría de los lubricantes en todas las condiciones de funcionamiento.

Una regla SNAP (Política de Nuevas Alternativas Significativas) de la EPA permite el uso de isobutano y propano con restricciones de límite de carga (hasta 57 g para refrigeradores domésticos). Bajo el reglamento SNAP de la EPA que fue publicado en diciembre de 2016, se permite lo siguiente:

- Uso de R-600a (isobutano) y R-441A en refrigeración de alimentos al por menor
- Uso de R-170 (etano) en refrigeración a muy baja temperatura y transferencia de calor no mecánica
- Uso de R-290 (propano) en refrigeradores domésticos
- Uso de R-290, R-600a y R-441A en máquinas expendedoras
- Uso de HFC-32, R-290 y R-441A en aires acondicionados de habitaciones autónomos, aires acondicionados de paquete terminal, bombas de calor de paquete terminal, unidades de aire acondicionado para ventanas y unidades de aire acondicionado portátiles diseñadas para su uso en una habitación sola

HFE

Los hidrofluoroéteres (HFE) pertenecen a un grupo de refrigerantes que contienen hidrógeno, flúor, carbono y oxígeno. Al igual que los HFC, los refrigerantes de HFE no son dañinos para el ozono estratosférico porque todos tienen un ODP de cero.

Los siguientes son refrigerantes de HFE. Para obtener una lista completa de los HFE y otros refrigerantes comunes, consulte la Tabla C-1.

- HFE-125 GWP 12,400
- HFE-236ca GWP 5,350
- HFE-245fa GWP 812

Los HFE pueden tener un GWP inferior al de otros refrigerantes, como los HFC. No obstante, muchos aún tienen PCA mucho más alto que 100 y tal vez

no sean adecuados como refrigerantes de reemplazo a largo plazo para HFC y HCFC.

Nota



Dado que los refrigerantes de HFO y de HC no tienen ODP y tienen un GWP muy bajo, están comenzando a usarse en aplicaciones de equipos nuevos o como componentes de nuevas mezclas de refrigerantes. No obstante, los refrigerantes de HC son inflamables y algunos de los refrigerantes de HFO también son inflamables. Algunos fabricantes utilizan el HFO-1234yf para reemplazar el R-134a en aplicaciones de aire acondicionado automotriz.

Efectos en la salud humana

Cuando se produce la reducción del ozono, aumenta la penetración de la radiación UV-B, lo que ocasiona un daño potencial a la salud y al medioambiente, incluidos los siguientes:

- Mayor incidencia de determinados cánceres a la piel y cataratas
- Supresión del sistema inmunológico
- Menor rendimiento de los cultivos y daño a los organismos acuáticos
- Mayor formación de ozono a nivel del suelo
- Mayor desgaste de los plásticos de exteriores

ODP y GWP de refrigerantes comunes

El ODP se basa en un valor de 1.0 para R-11 e indica la capacidad de las sustancias químicas de destruir las moléculas de ozono en la estratósfera. El GWP representa cuánto contribuye una determinada masa de una sustancia química al calentamiento global durante un periodo de tiempo dado en comparación con la misma masa de dióxido de carbono. El GWP del dióxido de carbono, el cual se define como 1.0, se usa como referencia para comparar el GWP de refrigerantes.. Todos los valores del GWP representan el potencial de calentamiento global (GWP) durante un periodo de 100 años.

Los HC como el propano HC-290, el n-butano HC-600, el isobutano HC-600a y el propileno HC-1270 tienen muy bajos GWP, todos por debajo de 4 (lo que

hace que su GWP sea inferior que el de CFC, HCFC o HFC); no obstante, todos son altamente inflamables.

Debido a la reactividad del enlace carbono-carbono, los HFO son más reactivos que los HFC. Esto reduce su potencial de calentamiento global, por lo tanto, al igual que los HC, los HFO tienen un GWP que es más bajo que cualquier refrigerante de CFC, HCFC o HFC. No obstante, al igual que los HC, los HFO pueden ser inflamables, pero los HFO son menos inflamables que los HC dado a que contienen flúor. La presencia del flúor también significa que los refrigerantes de HFO pueden formar ácidos reactivos que resultan en el desgaste del compresor. Por ejemplo, HFO-1234yf y HFO-1234ze (E) son inflamables, mientras que HFO-1336mzz (Z) y HFO-1233zd (E) no son inflamables.

Se necesitan diferentes requisitos de etiquetado, manejo y seguridad para los refrigerantes inflamables y hay restricciones sobre dónde pueden utilizarse. Si desea aprender más sobre este tema, consulte nuestro manual de capacitación de HC/HFO disponible visitando www.epatest.com.

Tanto los refrigerantes de HC como los de HFO tienen cero ODP y un GWP muy bajo, casi igual al dióxido de carbono. Los CFC, los HCFC y los HFC tienen un GWP que es cientos o incluso miles de veces mayor.

El uso de los HFO o de las mezclas que contienen HFO continúa creciendo. El uso de los HFO se aplica o propone para muchas aplicaciones. Se ha escogido el HFO-1234yf para que reemplace al R134a en los sistemas MVAC. El HFO-1234ze(E) y el HFO 1233zd(E) se utilizan en enfriadores, y se ha sugerido el uso de HFO-1336mzz(Z) para bombas de calor de alta temperatura.

Otra aplicación es usar estos nuevos HFO como un componente de mezclas de refrigerantes con un GWP más bajo. Por ejemplo, el HFO-1234yf y/o el HFO-1234ze(E) son componentes de las mezclas de los refrigerantes R-444A, R-448A, R-449A, R-450A, R-513A; no obstante, si bien se proponen para reemplazar los refrigerantes más tradicionales, en muchos casos operan a temperaturas de descarga del compresor comparativamente más altas.

Los siguientes refrigerantes de reemplazo de mezcla de refrigerante basados en HFO no agotan la capa de ozono y su GWP es muy bajo:

- HFO-449A es un reemplazo para R-404A, R-507, R-407A y HCFC-22 para equipos nuevos y la actualización de sistemas existentes.
- HFO-452A es un reemplazo para R-404A/R-507 para equipos nuevos y la actualización de sistemas existentes.
- HFO-452B es un reemplazo para R-410A para equipos nuevos.
- HFO-513A es un reemplazo para HFC-134a para equipos nuevos.

- HFO-514A es un reemplazo para HCFC-123 para enfriadores centrífugos de baja presión en equipos nuevos.

En la Tabla C-1, puede ver una lista de refrigerantes comunes y su composición química, ODP y GWP. Al igual que se indica en la tabla, los HFC como R-410 con un GWP de 3000 quiere decir que el GWP de R-410A es miles de veces mayor que el GWP de dióxido de carbono que es 1. El GWP de R 404A es 3922, haciendo que sea el más alto de todos los refrigerantes que se utilizan comúnmente.

Ley del Aire Limpio

La Ley del Aire Limpio original de 1963 estableció la financiación para el estudio y la limpieza de la contaminación del aire. Sin embargo, no hubo una respuesta federal integral para abordar la contaminación hasta que el Congreso aprobó una Ley del Aire Limpio más enérgica en 1970 que abarcó a todo el país.

Ese mismo año, el Congreso creó la EPA y le otorgó la función principal de hacer cumplir la ley. Desde entonces, la EPA ha sido responsable de una diversidad de programas de la Ley del Aire Limpio para reducir la contaminación del aire en todo el país.

En 1990, el Congreso revisó y amplió drásticamente la Ley del Aire Limpio, otorgándole a la EPA una autoridad mucho más amplia para implementar y hacer cumplir los reglamentos para reducir las emisiones contaminantes. Las enmiendas de 1990 también pusieron mayor énfasis en los enfoques rentables para reducir la contaminación del aire. El programa convoca a eliminar gradualmente la producción y el uso de las sustancias químicas que destruyen el ozono, y a capturar y eliminar definitivamente los CFC. El programa no autorizó a la EPA a ordenar la eliminación de refrigerantes con un GWP alto, más bien la orden era solo eliminar los refrigerantes que agotan la capa de ozono.

En 1992, se convocó la cuarta reunión del Protocolo de Montreal. En esta reunión, las partes decidieron tomar varias medidas, que incluyeron la aceleración del programa de eliminación gradual de los CFC, halones, tetracloruro de carbono y metilcloroformo, y agregaron los HCFC y el bromometano a la lista de sustancias químicas que serían controladas por el Protocolo de Montreal. Para 1994, los halones fueron completamente eliminados de manera gradual. La producción y venta de los CFC vírgenes, CFC halogenado, tetracloruro de carbono y metilcloroformo se terminó en 1995. La producción y venta de los HCFC vírgenes se terminó en el 2010.

Además de establecer el programa de eliminación gradual de refrigerantes dañinos para el medio ambiente, la Ley del Aire Limpio ha sido la responsable de prohibir el “viento” de refrigerantes y autorizar a la EPA a fijar normas para la recuperación de refrigerantes.

EPA

Según la Ley del Aire Limpio, la EPA estableció límites para determinados contaminantes del aire, incluida la cantidad de contaminación que puede haber en el aire en cualquier lugar de los Estados Unidos. Este límite ayuda a garantizar que todos los estadounidenses cuenten con la protección básica de la salud y el medioambiente contra la contaminación del aire. La Ley del Aire Limpio también otorga a la EPA autoridad para limitar las emisiones de los contaminantes del aire provenientes de plantas de productos químicos, servicios públicos y acerías. Aunque los gobiernos estatales, tribales y locales pueden redactar leyes que sigan los reglamentos de la Ley del Aire Limpio/EPA, también pueden establecer y hacer cumplir leyes más exigentes que las que fija la EPA sobre la contaminación ambiental. No pueden crear leyes que debiliten los requisitos federales.

La EPA define los reglamentos según la Sección 608 de la Ley del Aire Limpio que establece un programa de reciclado de los refrigerantes que reducen el ozono y que se recuperan durante el servicio técnico y la disposición final de equipos de refrigeración y de aire acondicionado. Si bien es ilegal ventilar el refrigerante de cualquier sistema de aire acondicionado o refrigeración, también es ilegal descargar el refrigerante de las máquinas de reciclaje, recuperación o regeneración; desde un cilindro de carga o cualquier cilindro de almacenamiento o recuperación de refrigerante. Junto con la prohibición del venteo durante las tareas de servicio técnico, reparación y disposición final de refrigerantes, los reglamentos de la EPA están reduciendo sustancialmente las emisiones de los refrigerantes que reducen el ozono.

Los reglamentos exigen que las personas que hacen el servicio técnico de equipos de aire acondicionado y refrigeración cumplan con determinadas prácticas de servicio técnico que reduzcan las emisiones de los refrigerantes; establecen programas de certificación para la regeneración de equipos fuera del sitio; y establecen un programa de certificación para técnicos.

Se incluye una restricción en la venta de refrigerantes, de modo que solo los técnicos certificados están autorizados legalmente para comprar o manipular estos refrigerantes. No obstante, no es obligatorio que los técnicos cuenten con la certificación bajo la Sección 608 de la EPA si no están abriendo el circuito de refrigerante—si no están brindando servicio técnico a ningún componente que pueda resultar en la liberación de refrigerante. Por ejemplo, los técnicos no requieren certificación para cambiar un condensador, instalar un nuevo soplador o ventilador o volver a conectar un circuito eléctrico externo.

En la Sección 608 de la Ley del Aire Limpio, la EPA estableció reglamentos que exigen que las personas que hacen servicio técnico o desechan equipos de refrigeración y de aire acondicionado para adquirir equipos de recuperación de refrigerante y/o equipos de reciclado y cumplir con los requisitos de

recuperación. Los requisitos de recuperación para Pequeños Electrodomésticos Tipo I son detallado en la sección de certificación Tipo I de esta guía de capacitación.

Los técnicos de servicio técnico de aparatos de MVAC se rigen bajo la Sección 609 de la Ley del Aire Limpio. Si usted es técnico de MVAC, debe obtener una certificación para MVAC según la Sección 609.

Normas de recuperación de refrigerantes son necesarias para mantener suministros adecuados para las visitas de servicio técnico después de las prohibiciones de producción, para evitar el venteo de refrigerantes a la atmósfera y para evitar la reducción del ozono estratosférico.

Requisitos para llevar registros

Todas las personas de la industria de los refrigerantes enfrentan considerables requisitos para llevar registros según la Sección 608 de la Ley del Aire Limpio. Esto incluye a los propietarios y operadores de sistemas que usan los refrigerantes, a los técnicos que hacen el servicio técnico, la reparación o la disposición final de tales sistemas; a los mayoristas de refrigerantes, a los centros de disposición final de los refrigerantes y a los regeneradores de refrigerantes.

Cuando trabaja con refrigerantes, debe llevar los registros apropiados, incluyendo los siguientes:

- Fecha
- Tipo de servicio
- Ubicación del equipo
- Propietario del equipo
- Carga normal
- Cantidad de refrigerante

No obstante, no es necesario que registre el número de serie o de modelo de una unidad de la cual se recupera el refrigerante.

Una infracción a la Ley del Aire Limpio, lo que incluye llevar de manera incorrecta los registros, ocasiona la sanción de una multa de hasta \$44,539 por día de infracción.

No es necesario que los técnicos que prestan servicios a aparatos pequeños encuentren y reparen los sistemas con fugas. Sin embargo, al reparar un aparato, encontrar y reparar fugas siempre conserva el refrigerante.

Revocación de su certificación

La certificación para técnicos según la Sección 608 no tiene expiración, pero usted es responsable de cumplir con todo cambio de la ley que haya en el futuro. La EPA puede exigir que los técnicos demuestren su capacidad para realizar procedimientos correctos de recuperación y/o reciclado de refrigerante. Si usted no demuestra exitosamente que sabe usar el equipo o no lo usa correctamente, la EPA puede revocar su certificación de técnico.

Los técnicos de refrigeración que infrinjan la Ley del Aire Limpio pueden perder su certificación de la EPA, pueden ser multados, o les pueden pedir que comparezcan ante un tribunal federal. Algunas de estas infracciones incluyen la falsificación de registros o no llevar los registros exigidos, no lograr los niveles de evacuación exigidos antes de abrir o desechar un aparato y liberar, a sabiendas, refrigerantes mientras reparan aparatos.



Consejo

Recuerde que todos los refrigerantes que no estén exentos deben ser recuperados, no solo los CFC y los HCFC.

Recuperación y reciclado

La EPA define “aparato” como cualquier dispositivo que contenga y use un líquido operante que es un refrigerante (o sus sustitutos) y se use para fines de refrigeración o enfriamiento u otros que empleen bombas de calor de compresión a vapor en entornos residenciales, comerciales o industriales, incluidos los acondicionadores de aire, los refrigeradores, los enfriadores o los congeladores. Todo dispositivo que no utilice un líquido operante, como un frigorífico termoeléctrico o un deshumidificador desecante, no está sujeto a las regulaciones de la Sección 608 de la EPA porque nada de refrigerante se podría escapar a la atmósfera si se desarmara la unidad.

Para implementar los requisitos de la disposición final segura según la Sección 608, la EPA exige que retire todos los refrigerantes de los aparatos, máquinas y otros enseres antes de que los abra para su servicio técnico, reparación o disposición final.

La EPA también exige que todos los equipos de aire acondicionado y refrigeración, excepto los que la EPA define como aparatos pequeños, tengan una abertura para el servicio técnico que facilite la recuperación del refrigerante. En cambio, los aparatos pequeños pueden tener un manguito de proceso para usar con una válvula perforadora de acceso. El propósito de este requisito es facilitarles a los técnicos la recuperación del refrigerante de estos sistemas.

Tipos de equipos

Los equipos de recuperación se pueden dividir en dos tipos principales: los equipos autónomos y los equipos dependientes del sistema:

- El equipo autónomo cuenta con su propio medio para extraer el refrigerante del sistema y es capaz de retirar el refrigerante (líquido y/o vapor) de un aparato sin la ayuda de los componentes que contiene el aparato. Todas las máquinas de reciclado son autónomas.
- El equipo de recuperación dependiente del sistema depende exclusivamente del compresor en el aparato y/o la presión del refrigerante en el aparato para recuperar el refrigerante. El equipo de recuperación dependiente del sistema solo puede utilizarse en aparatos con 15 libras o menos de refrigerante.

Todos los dispositivos que se usen para la recuperación de refrigerante y el reciclado deben cumplir con las normas de la EPA y contar con una etiqueta que indique que cumple con la EPA. Para demostrar que cumple con la EPA, los fabricantes de unidades de recuperación y reciclaje deben someter sus equipos a prueba para demostrar que cumplen con el protocolo de prueba AHRI 740, que es el procedimiento de prueba para los equipos de recuperación y reciclado.

Recuperación

Se debe recuperar todo refrigerante que genere calentamiento global o que agote la capa de ozono antes de abrir o desechar algún aparato. Esto quiere decir que debe recuperarse cada refrigerante, con excepción del dióxido de carbono, n-butano (R-600), isobutano (R-600a), propano (R-290) y otros refrigerantes exentos, cuando el sistema o el aparato se abre para servicio técnico o reparación o antes de su eliminación.

Si debe repararse y volver a ponerse el equipo en servicio, después de recuperar el refrigerante al nivel de vacío apropiado, debe “romper el vacío” con nitrógeno antes de abrir un sistema evacuado al aire, ya que esto impide que el vacío atraiga aire y contaminantes al sistema cuando el sistema está abierto.

Reciclado

La EPA siempre ha destacado la importancia del reciclado como la única fuente de refrigerantes que deben ser eliminados gradualmente, que son necesarios para recargar el equipo que usa refrigerante que deben ser eliminado gradualmente. El reciclado elimina o, al menos, difiere el costo del

retiro temprano o de la reconversión de equipos debido a la falta de disponibilidad de un refrigerante adecuado.

La producción de todos los CFC ahora ha sido eliminada gradualmente, y la eliminación gradual de los HCFC está en marcha actualmente. Los suministros regenerados de los CFC todavía están disponibles, pero el costo es considerable.

Cuando un refrigerante en particular se elimina gradualmente, los técnicos aún pueden brindarles servicio técnico a estos sistemas; no obstante, si se necesita refrigeración adicional para cargar el sistema, solo puede provenir de refrigerantes recuperados, reciclados o regenerados.

Venteo

Es ilegal que las personas intencionalmente permitan el venteo a la atmósfera de sustancias que reducen el ozono o que causen el calentamiento global usadas como refrigerantes mientras realizan tareas de mantenimiento, servicio técnico, reparación o disposición final de equipos de aire acondicionado y de refrigeración. Si bien no es necesario que recupere refrigerantes exentos, como el dióxido de carbono, el isobutano R-600a o el propano R-290, tiene la habilidad de recuperar estos refrigerantes para reciclarlos.

Solo se permiten cuatro tipos de emisiones de refrigerante que no infringen los reglamentos de venteo de la EPA:

1. Cantidades “De minimis” (pequeñas, inevitables) de refrigerante liberado en el transcurso de los intentos de buena fe de recapturar y reciclar o desechar de manera segura un refrigerante. Las liberaciones de minimis de refrigerante que resultan de las mangueras de purga o de conectar o desconectar las mangueras para cargar o dar servicio técnico a los aparatos no se consideran infracciones de la prohibición de venteo. No obstante, las mangueras de servicio y el equipo de recuperación y reciclaje deben contar con accesorios de baja pérdida para reducir estas pérdidas de conexión.
2. Los refrigerantes emitidos en el transcurso del funcionamiento normal de equipos de aire acondicionado y de refrigeración (en contraposición a las emisiones durante el mantenimiento, servicio técnico, reparación o disposición final de estos equipos) como por ejemplo, producto de la purga mecánica y las fugas. Sin embargo, la EPA exige la reparación de las fugas importantes en los sistemas con más de 50 libras de carga.
3. Una mezcla de gas detectable para una prueba de fugas con nitrógeno para presurizar el sistema y una pequeña cantidad de refrigerante del sistema para activar un detector de fugas de

refrigerante cuando se busca una fuga. Esta mezcla no se considera un refrigerante y puede ser liberada. Sin embargo, la emisión de mezclas de nitrógeno y refrigerante resultantes de agregar nitrógeno a un aparato cargado para verificar si el aparato tiene fugas constituye una infracción de las normas de la EPA. En otras palabras, no puede agregar nitrógeno a un sistema simplemente para denominarlo gas de prueba de fugas y evitar la recuperación del refrigerante. Para usar un gas de prueba de fugas, el refrigerante en el sistema se debe recuperar (a los niveles de evacuación requeridos). *Después de que se hagan las reparaciones*, puede agregar una pequeña cantidad del refrigerante del sistema al sistema antes de que el sistema se presurice con nitrógeno. La pequeña cantidad de refrigerante que se mezcla con el nitrógeno se agrega para que pueda usar un detector electrónico de fugas para buscar las fugas. La mezcla de detección de fugas no necesita recuperarse y se puede ventear. Si no planifica usar un detector electrónico de fugas con haluro, no use un gas de detección de fugas; en su lugar, use nitrógeno puro.

El venteo intencional de cualquier refrigerante, incluyendo los refrigerantes con cero ODP, como los HFC, es ilegal debido a que, si bien el refrigerante podría tener cero ODP, aun así el refrigerante contribuye al calentamiento global y no debe ser ventilado. Cuando la EPA determina que si se libera un refrigerante en un sistema, no supone una amenaza para el medio ambiente (como el dióxido de carbono, el isobutano R-600a, el propano R-290), la EPA declara que el refrigerante está *exento* del requisito de recuperación y no es necesario recuperarlo.

Venta de refrigerantes usados

Está prohibida la venta de refrigerantes usados que no estén regenerados. Por lo tanto, según los reglamentos de la EPA, usted solo puede vender refrigerantes recuperados a centros de regeneración para que sean purificados según el nivel AHRI 700 requerido. (Esta es la norma de pureza fijada por la industria que también se usa para refrigerantes nuevos puros). solo así se puede volver a vender el refrigerante recuperado para su uso en equipos de refrigeración. Puede encontrar una lista de regeneradores de refrigerantes certificados por la EPA en el sitio web de la EPA.

La norma AHRI 700 es una norma de pureza fijada por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (AHRI, por sus siglas en inglés) para garantizar que el refrigerante está libre de contaminantes que pueden dañar los equipos de refrigeración y de aire acondicionado. Los refrigerantes vírgenes deben cumplir con esta norma y los regeneradores deben devolver el refrigerante a este nivel de pureza y verificar esta pureza mediante el protocolo de laboratorio establecido en la misma norma. La Tabla C-3

enumera algunos de los requisitos de pureza clave que se especifican en la norma.

Tabla C-3. Resumen breve de los requisitos clave de la norma de pureza de AHRI

Contaminantes	Requisito
Acidez	Menos de 0.01%
Humedad (por peso)	Menos de 10 ppm
Gas no condensable (por volumen)	Menos de 1.5%
Residuo no volátil	Menos de 100 ppm
Contenido de cloruro	Ninguno

La clave para la regeneración es hacer pruebas para verificar que el refrigerante es puro. No importa cuál sea el método que se use para limpiar el refrigerante, de hecho, la limpieza no es un requisito si no es necesaria. El único requisito es que el refrigerante usado sea probado para demostrar que cumple con los requisitos de pureza de un refrigerante nuevo, es decir, que cumple con los requisitos de pureza de AHRI 700.

Quiénes pueden comprar refrigerantes

Las únicas personas que pueden comprar legalmente refrigerantes no exentos para aplicaciones que no sean en vehículos de motor son los técnicos que han sido certificados por la EPA para la recuperación de refrigerantes. El técnico debe tener una certificación Tipo I, Tipo II, Tipo III o Universal según la Sección 608 de la EPA.

Todo proveedor que venda refrigerante HVAC/R debe verificar que el comprador sea un técnico certificado bajo la Sección 608 o que la empresa para la que trabaja el comprador cuente con al menos un técnico certificado bajo la Sección 608.



Consejo

Si usted es un técnico certificado por Mainstream y llegara a perder su tarjeta de certificación, puede verificar su certificación visitando el sitio web de Mainstream EPA, www.epatest.com. En esta ubicación se mantienen los registros de todas sus certificaciones HVAC/R de Mainstream.

Esta restricción en la venta de refrigerantes excluye a los refrigerantes que ya vienen dentro de los refrigeradores o acondicionadores de aire con circuitos de refrigerante completamente ensamblados (como refrigeradores de uso doméstico, aparatos de aire acondicionado de ventana y aparatos de aire acondicionado compactos). En otras palabras, no necesita una certificación de

la EPA para comprar un refrigerador, aun cuando al comprar un refrigerador, también está comprando el refrigerante que está dentro del refrigerador.

Únicamente los técnicos certificados bajo la Sección 608 pueden comprar refrigerantes cuyo propósito es ser utilizados con equipos de refrigeración y aire acondicionado estacionarios. Los técnicos certificados bajo la Sección 609 no pueden comprar refrigerantes que cuyo propósito sea ser utilizado con equipos fijos

Disposición final

Se debe recuperar el refrigerante de los equipos que pudieran ingresar al flujo de desechos como un sistema completo con la carga intacta (por ej., los refrigeradores, los congeladores y los aparatos de aire acondicionado de uso doméstico) antes de desecharlos. Por lo tanto, antes de desechar cualquier sistema que contenga un refrigerante, se debe recuperar primero el refrigerante.

Cuando esté recuperando el refrigerante, no puede reusar (volver a llenar) un cilindro de refrigerante desechable. Puede reciclar el metal de un cilindro desechable cuando termine de usarlo y esté seguro de que todo el refrigerante ha sido recuperado y que el cilindro queda inutilizable.



Consejo

Para que el cilindro quede inutilizable antes de desecharlo, rompa la válvula o perfore el cilindro. De esta manera se evita que otra persona use el cilindro para cualquier fin de almacenamiento de gas presurizado.

Precaución



A pesar de las advertencias, algunas personas usan viejos cilindros de refrigeración desechables para almacenar aire comprimido. Ésta es una práctica insegura y peligrosa. Los cilindros desechables se fabrican con una cubierta de acero liviano que está sin pintar en el interior. Incluso una leve corrosión (óxido) interna puede debilitar gravemente la estructura aunque el exterior pintado luce bien. La corrosión puede hacer que el cilindro explote.

Todo cilindro de refrigerante que contenga líquido y vapor estará a la presión de saturación para ese refrigerante. Por ejemplo, un cilindro R-410 desechable que le quede solo una libra de refrigerante en el tanque de acero desechable

estará aún a 277 psig si está almacenado en un ambiente de 90 °F. Por lo tanto, no deje cilindros desechables casi vacíos en cualquier lugar donde puedan ser olvidados hasta que exploten. En cambio, para desechar un cilindro, recupere cualquier resto de refrigerante, inutilice el cilindro desechable (perfore o rompa la válvula), y deseche o recicle el metal.

Cualquier persona de la cadena de desechos puede retirar el refrigerante, pero la última persona de la cadena, es decir, el operador de la chatarra o del vertedero, es quien debe asegurarse de que todo el refrigerante haya sido retirado y debe llevar registros (conservar las declaraciones firmadas) para verificar que se ha hecho esto.

Impuesto al refrigerante de CFC

El Servicio de Impuestos Internos (IRS, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos impone impuestos medioambientales sobre determinadas sustancias que reducen el ozono (ODS, por sus siglas en inglés). Este impuesto se impone sobre una ODS cuando su fabricante o importador la vende por primera vez, y el fabricante o importador es responsable del impuesto.

Si tiene más de 400 libras de refrigerantes de CFC en su inventario, estos CFC están sujetos a un impuesto de almacenamiento. Si desea aprender más, consulte las instrucciones del Formulario 6627 del IRS. Si tiene consultas con respecto a los requisitos para la presentación de la declaración de impuestos, comuníquese con el personal de Servicios de Cuentas de Clientes del IRS llamando al número gratuito 1-800-829-4933.

Cumplimiento de la ley

El sitio web de la Oficina de Seguimiento de Implementación y Cumplimiento de la Ley (*Office of Enforcement and Compliance Assurance*) de la EPA acepta informes anónimos sobre emisiones ilegales de refrigerante o sobre otras infracciones de los reglamentos de la ley del aire limpio, que hayan sido presenciadas o de las que se tengan sospechas. La EPA hace cumplir los reglamentos mediante la investigación de las fugas informadas, llevando a cabo inspecciones sorpresa y hasta ofreciendo recompensas de hasta \$10,000 por información de infracciones no informadas. Sin embargo, la EPA no ofrece automáticamente la recompensa de \$10,000 o cualquier otra compensación a las personas que informan a la agencia sobre posibles infracciones con respecto a los refrigerantes.

Aceites y refrigerantes sustitutos

Mezclas de refrigerantes

La ASHRAE cuenta con un sistema específico de numeración (basado en la estructura química) para designar a los refrigerantes. Además, en el sitio web de esta organización, ashrae.org, figura una lista de refrigerantes aprobados con información detallada acerca de su composición y seguridad.

Las mezclas de refrigerantes también están numeradas de acuerdo con el sistema de la ASHRAE. Cada mezcla está compuesta por dos o más refrigerantes con distintas características físicas. Las mezclas de refrigerantes compuestas por dos refrigerantes se denominan combinaciones binarias. Las mezclas de refrigerantes compuestas por tres refrigerantes se denominan combinaciones ternarias.

Las mezclas de refrigerantes se formulan para alterar el comportamiento temperatura–presión de saturación, normalmente como un intento de crear una nueva combinación de refrigerantes con un comportamiento temperatura–presión de saturación similar al de un refrigerante de clorofluorocarbono (CFC) o de hidroclorofluorocarbono (HCFC) anterior.

Deslizamiento de temperatura

Los refrigerantes puros tienen una temperatura con un único punto de ebullición (y condensación) a una determinada presión. Sin embargo, una mezcla puede presentar un “deslizamiento de temperatura”, lo que implica que la temperatura varía a medida que el refrigerante se evapora o condensa.

La temperatura a la cual el refrigerante comienza a evaporarse (denominada temperatura del punto de burbuja) es diferente (más baja) a la temperatura a la cual la última parte de refrigerante se evapora (denominado punto de condensación). Asimismo, la temperatura a la cual la primera parte de refrigerante comienza la condensación de estado gaseoso a líquido (el punto de condensación) es diferente (más alta) al punto en el cual la última parte del refrigerante se condensa (punto de burbuja).

El deslizamiento de temperatura es la diferencia entre la temperatura del punto de condensación y la temperatura del punto de burbuja de una mezcla.



Ejemplo

R-22 a 200 psig entra en ebullición (se evapora) a 101 °F. La condensación de R-22 a 200 psig también ocurre a la misma temperatura, a saber, 101 °F. Este refrigerante no presenta deslizamiento de temperatura. Más adelante se proporcionan ejemplos de refrigerantes que tienen un deslizamiento de temperatura.

Tipos de mezclas de refrigerantes

Las mezclas se dividen en dos clasificaciones: azeotrópicas y no azeotrópicas (también denominadas zeotrópicas), según las características del deslizamiento de temperatura de la mezcla.

Mezclas azeotrópicas

Las mezclas azeotrópicas son combinaciones de refrigerantes que se comportan como un refrigerante de un solo componente por todo su rango, lo que significa que solo tienen una temperatura con un único punto de ebullición a determinada presión. Tienen cero deslizamientos de temperatura. Durante el servicio técnico, estas mezclas se pueden tratar como un refrigerante puro. Se pueden cargar como líquido o vapor y, además, se pueden llenar hasta arriba (porque la composición de la mezcla no fue alterada por ninguna fuga).

A las mezclas de refrigerantes que tienen esta temperatura de único punto de ebullición a determinada presión y que se comportan como un único refrigerante “nuevo” (mezcla azeotrópica) se les otorga la designación de refrigeración serie 500 de ASHRAE. Por lo tanto, R-500, R-501 y R-502 son mezclas azeotrópicas de refrigerantes que se comportan como un refrigerante puro y no presentan deslizamiento de temperatura durante la ebullición o condensación.

Una mezcla azeotrópica de refrigerantes actúa como un refrigerante monocomponente en todo su alcance. En condiciones normales, las mezclas azeotrópicas no se separan.

Mezclas no azeotrópicas o zeotrópicas

Al igual que las mezclas azeotrópicas, las no azeotrópicas (zeotrópicas) también consisten en múltiples refrigerantes combinados. La diferencia es que la mezcla no azeotrópica de refrigerantes sigue actuando como una mezcla de refrigerantes aún luego de ser combinada y no como un solo refrigerante.

Las temperaturas de saturación y la composición volumétrica de las mezclas no azeotrópicas se transforman cuando se evaporan o condensan a presión constante. Por eso, la mezcla se separa en el evaporador o se combina en el condensador a una temperatura levemente diferente (para una presión constante). Es por eso que las mezclas no azeotrópicas tienen un deslizamiento de temperatura (consulte la sección anterior de deslizamiento de temperatura).

A estas mezclas no azeotrópicas no se les puede tratar como un refrigerante puro durante el servicio técnico. Solo las puede cargar como líquido, y cuando hay una fuga en el sistema, no se puede llenar hasta arriba de refrigerante porque estas mezclas no azeotrópicas se fraccionan durante una fuga (o ante

una carga de vapor). Por lo tanto, las características de la mezcla cambian porque el refrigerante más volátil entra en ebullición en mayor proporción durante una fuga (o durante una carga de vapor). Esto genera un cambio drástico en la composición y en las propiedades del refrigerante.

Dado que las mezclas de refrigerante no azeotrópicas se fugan de un sistema en cantidades desiguales debido a las diferentes presiones de vapor, no es posible que rellene estos sistemas. En vez, debe recuperar todo el refrigerante y enviar el refrigerante a una instalación de reprocesamiento (regeneración). Después de hacer las reparaciones, debe recargar el sistema únicamente con una carga líquida (no de vapor).

A estos refrigerantes no azeotrópicos se les brinda la designación de refrigeración serie 400 de ASHRAE.



Ejemplo

El R-407C a 200 psig inicia la evaporación a 91.9 °F y la finaliza a 101.2 °F. Asimismo, durante la condensación, el primer refrigerante que se condensa a 200 psig, se condensa a 101.2 °F, y la última parte de refrigerante se condensa a 91.9 °F. El deslizamiento de temperatura de R-407C es de 9.3 °F (101.2 °F – 91.9 °F = 9.3 °F).

Mezclas casi azeotrópicas

Otra clasificación informal de las mezclas de refrigerantes es la denominada casi azeotrópica. Las mezclas casi azeotrópicas son mezclas no azeotrópicas con un deslizamiento de temperatura muy pequeño. Es decir, su composición volumétrica y sus temperaturas de saturación cambian en casi la misma medida que las mezclas azeotrópicas. El deslizamiento de temperatura es tan pequeño que es imposible distinguirlo. El siguiente ejemplo muestra que el deslizamiento de temperatura de R-410A no azeotrópico es de solo 0.2 °F, lo que lo convierte en una mezcla de refrigerantes casi azeotrópica.



Ejemplo

El R-410A es un ejemplo de refrigerante casi azeotrópico. Cuando se encuentra a 200 psig, R-410A comienza la evaporación a 69.5 °F y la finaliza a 69.7 °F, una diferencia escasa de temperatura para ser medida por dispositivos de medición de campo convencionales de la industria de la calefacción, la ventilación, el aire acondicionado y la refrigeración (HVAC/R). Durante el proceso de condensación, el primer refrigerante que se condensa a 200 psig, se condensa a 69.7 °F, y la última parte de

refrigerante se condensa 69.5 °F. El deslizamiento de temperatura de R-410A es de 0.2 °F, solo dos décimos de grado.

Si bien R-410A y otros refrigerantes casi azeotrópicos pueden ser tratados como azeotrópicos, la mayoría de los fabricantes recomienda que igualmente sean cargados como líquido. No obstante, pueden llenarse hasta arriba, lo que implica un gran beneficio.



Consejo

El sistema de numeración de ASHRAE simplifica en algo el proceso porque le permite hacer el servicio técnico de cualquier refrigerante de la serie 500 como un refrigerante puro sin preocuparse por el fraccionamiento. Puede cargar los refrigerantes azeotrópicos de la serie 500 como líquido o vapor y, luego de una fuga, puede llenar hasta arriba los sistemas que contengan este tipo de refrigerante mezclado.

Cómo cargar una mezcla de refrigerantes

En general, debería cargar las mezclas de refrigerantes no azeotrópicos de la serie 400 como líquido. Ya que estas mezclas de refrigerantes no azeotrópicos son una mezcla de diferentes refrigerantes con distinta volatilidad, si carga estas mezclas como vapor, el refrigerante con la presión de vapor más alta (el más volátil) se carga en el sistema en mayor proporción que los otros componentes del refrigerante. Esto se denomina fraccionamiento.

La única forma de saber que una mezcla no azeotrópica está cargada de manera correcta y no se fraccionó durante el proceso de carga es cargarla como líquido.

Cambio de refrigerante

Según la EPA, no existe la “sustitución directa” de ningún refrigerante. El término sustitución directa significa que el refrigerante tiene *exactamente el mismo* enfriamiento, eficiencia, relación de presión y otros factores de desempeño que tenía el refrigerante original *sin necesidad de cambios* para el equipo existente. A pesar de lo que dice en algunos materiales de venta, cada refrigerante sustituto representa algún cambio en el sistema. Sin embargo, son cambios menores que no afectan en gran medida el desempeño.

La aprobación de SNAP

El Programa de Política de Nuevas Alternativas Significativas (SNAP) es un programa de la EPA que evalúa y regula el nivel de *seguridad* de los sustitutos de las sustancias químicas reductoras del ozono que están desapareciendo

gracias a las disposiciones de protección del ozono estratosférico de la Ley del Aire Limpio. La EPA evalúa los sustitutos sobre la base del potencial de reducción del ozono, el potencial de calentamiento global, la toxicidad, la inflamabilidad y el potencial de exposición según lo descrito en la última regla del SNAP.

La aprobación del SNAP **no** implica que el nuevo refrigerante aprobado sea idóneo para cualquier aplicación particular adaptada. La aprobación del SNAP solo significa que el refrigerante reduce el riesgo total para la salud humana y el medioambiente.

Para obtener más información acerca de sustitutos, visite www.epa.gov/ozone/snap/refrigerants/.

Refrigerantes adaptados

El término “adaptado” describe los procedimientos especiales necesarios para transformar un sistema de refrigeración o enfriamiento por comprensión del vapor para usar un refrigerante alternativo. La designación “adaptado” identifica a los sustitutos que pueden ser utilizados en sistemas que retienen al menos parte del equipo original. Adaptar un sistema existente suele resultar más económico que instalar un sistema nuevo.

Ejemplo



El R-407C se puede utilizar como refrigerante adaptado en sistemas existentes R-22 o se pueden fabricar nuevos sistemas de aire acondicionado que usen el R-407C como refrigerante. El R-410A no se puede utilizar como refrigerante adaptado porque las presiones de servicio son mucho más altas, pero se pueden diseñar y fabricar nuevos sistemas para ajustarse a las altas presiones del sistema. De hecho, casi todos los sistemas nuevos de aire acondicionado de uso residencial están utilizando el R-410A.

Las tecnologías alternativas de refrigeración como los nuevos refrigerantes de alta presión un refrigerante inflamable únicamente puede usarse en equipos nuevos.



Consejo

Aunque algunos fabricantes de refrigerantes alternativos están comercializando sus productos como sustituciones directas, conviene recordar que bajo la EPA, dado a que cada sistema debe tener algunos cambios para acomodar el refrigerante de

reemplazo (aun cuando se trate de un cambio menor), no existe ningún refrigerante que pueda sustituir directamente al sistema de refrigeración existente.

Utilización de aceites sintéticos

En la época en que el CFC-12 y el HCFC-22 eran los refrigerantes más utilizados y los HFC no se usaban, los aceites de refrigerantes eran aceites minerales (aceite de los pozos de petróleo crudo). Se tuvo que cambiar el tipo de aceite a aceites sintéticos porque la mayor parte de los refrigerantes nuevos no eran compatibles con el aceite mineral.

Las dos clases generales de aceites utilizadas hoy en día son: los aceites minerales y los aceites sintéticos. Los aceites sintéticos más comunes son el aceite polioléster (POE), también denominado aceite éster, y aceite alquilbenceno (AKB). Otro aceite sintético nuevo es el aceite poliviniléter (PVE). Los aceites PAG se utilizan ampliamente en aplicaciones de MVAC. Su uso está limitado a aplicaciones de HVAC/R.



Consejo

*Siempre verifique las recomendaciones del fabricante al cambiar el tipo de aceite que se usa en un sistema. El aceite POE no es compatible con aceite mineral. Antes de que pueda reacondicionar el sistema con cualquier refrigerante de reemplazo que use un aceite éster, debe eliminar el aceite mineral y limpiar el sistema con una solución de limpieza no acuosa aprobada como Qwik **System Flush**®.*

Aceite éster

El aceite éster es el tipo de aceite más comúnmente utilizado en aplicaciones fijas de refrigeración con refrigerantes de HFC, como el HFC-134a y el HFC-410A. El aceite éster más común es el POE. A pesar de que los refrigerantes de HFC suelen ser compatibles con la mayor parte de las piezas de los equipos de refrigeración y de aire acondicionado existentes, no son compatibles con los aceites minerales previamente utilizados en un sistema dado que el aceite mineral no es miscible con los refrigerantes de HFC. No obstante, al igual que otros aceites sintéticos, el aceite POE es miscible con los refrigerantes de HFC y HFO. En lugar de utilizar aceites minerales, puede hacer uso de cualquier aceite sintético apropiado.



Precaución

Evite mezclar los aceites basados en éster con otros aceites. En general, no debe mezclar diferentes tipos de aceite en un mismo sistema.

Todos los aceites sintéticos (como los aceites POE, PVE y polialquileno glicol [PAG]) son extremadamente higroscópicos, lo que significa que absorben fácilmente la humedad. Al trabajar en un sistema con cualquier aceite sintético, tenga mucho cuidado de evitar el ingreso excesivo de humedad al sistema.

Por ejemplo, aunque el aceite mineral tiene un límite de saturación de agua de solo 25 partes por millón (ppm), los nuevos aceites sintéticos absorben concentraciones de agua mucho más grandes. El aceite POE tiene un límite de saturación de 2,500 ppm, 100 veces más que el límite del aceite mineral. El PVE tiene un límite de saturación de 6,500 ppm, 260 veces más que el aceite mineral, y el PAG tiene un límite de saturación de 10,000 ppm, es decir, 400 veces más que el aceite mineral. De haber mucha más cantidad de agua, debe asegurarse de evitar el ingreso de humedad al sistema, llevar a cabo una evacuación profunda y seguir con rigor los métodos de evacuación triple.

Aceite alquilbenceno y aceite mineral

Para las instalaciones y conversiones del refrigerante de HCFC puede utilizar aceite mineral, aceite de refrigeración alquilbenceno, o una combinación de ambos. El alquilbenceno es un aceite de refrigeración sintético más caro pero que se puede utilizar con todos los refrigerantes halocarbonados.

El lubricante sintético comúnmente utilizado con mezclas ternaria es el alquilbenceno.

Aceite PAG

Los aceites PAG se han usado en sistemas automotrices MVAC de R-134a pero comúnmente no se usan en los sistemas estacionarios de HVAC. Los aceites PAG no toleran ni siquiera las cantidades más pequeñas de cloruros, que pueden provenir de los revestimientos de la tubería, los métodos de limpieza desactualizados o los residuos de refrigerante de CFC que puedan haber quedado en el sistema.

Aceite POE

Los lubricantes sintéticos comúnmente utilizados con los refrigerantes de HFC y las mezclas de HFC son los aceites POE.

Principios de la refrigeración

El enfriamiento (refrigeración o aire acondicionado) es el proceso de quitar o extraer calor de un lugar de baja temperatura donde se busca evitar el calor y expulsar el calor a un lugar con temperatura más elevada.

El calor normalmente fluye de caliente a frío, así como el agua normalmente fluye de arriba hacia abajo. Para lograr que el agua vaya hacia arriba, necesitaría una bomba de agua; para lograr que el calor fluya en la dirección opuesta (hacia arriba), de frío a caliente, necesita una bomba de calor. Entonces, técnicamente, todos los sistemas de refrigeración y de aire acondicionado son bombas de calor.

La industria HVAC/R utiliza una nomenclatura un tanto diferente. Si bien todas las máquinas que bombean calor en la dirección opuesta son bombas de calor, en la industria HVAC/R, una bomba de calor es un sistema de enfriamiento por compresión del vapor con una válvula de reversa que sirve para que el sistema logre un enfriamiento interior en temperaturas ambiente calurosas y una calefacción interior en temperaturas ambiente frías.

Componentes del sistema

Los sistemas de refrigeración más comunes están compuestos por cuatro piezas principales (ver Figura C-2):

- **Compresor:** transforma el vapor de baja presión en vapor de alta presión. Los tipos de compresores herméticos pequeños más comunes son el compresor de pistón, el compresor rotatorio y el compresor de espiral. Los tipos de compresores más grandes son los compresores centrífugos y los compresores de tornillo.
- **Condensador:** transforma el vapor de alta presión en un líquido de alta presión mediante la eliminación del calor del refrigerante, lo que permite que el refrigerante entre en estado de condensación.
- **Válvula de expansión o dispositivo de estrangulamiento:** hace que la presión disminuya para bajar la temperatura de saturación y permitir que el refrigerante se evapore o entre en ebullición en el evaporador de manera que impulse calor al refrigerante.
- **Evaporador:** transforma (hierve o evapora) la mezcla de baja presión de dos fases de refrigerante líquido y vapor en una corriente totalmente de vapor de refrigerante impulsando calor

al refrigerante (generando un enfriamiento) durante la evaporación.

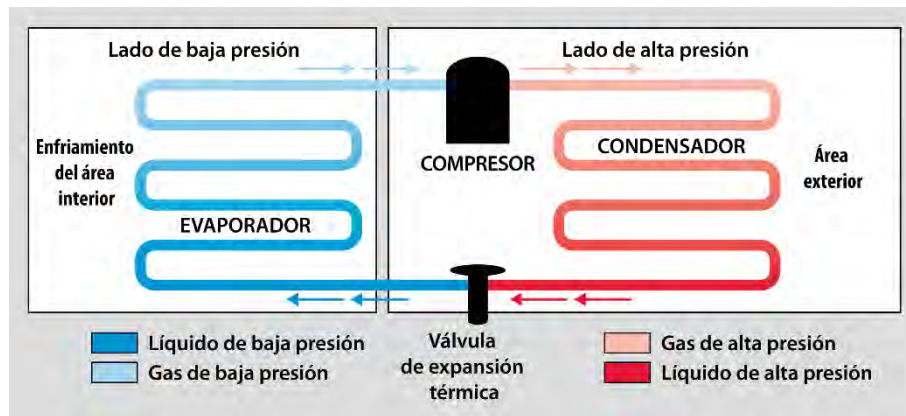


Figura C-1. Componentes de un sistema de enfriamiento

La siguiente sección explica cómo funcionan en conjunto estos componentes para propósito de enfriamiento.

Funcionamiento de un sistema de compresión a vapor

Un motor eléctrico pone en funcionamiento el compresor que, a su vez, comprime el refrigerante de un vapor ligeramente supercalentado de baja presión a un vapor altamente supercalentado de alta presión. Este trabajo que lleva a cabo el compresor hace que el refrigerante se caliente a medida que se comprime. Otros factores que hacen que el refrigerante se caliente son los desperfectos en el proceso de compresión y en el motor eléctrico, si éste es enfriado por el refrigerante. El refrigerante enfría los compresores herméticos y semiherméticos.

El refrigerante sale del compresor como vapor supercalentado. Cuando el vapor de alta presión supercalentado sale del compresor, pasa entre las bobinas del condensador, que están diseñadas para expulsar este calor al ambiente exterior.

La expulsión de este calor hace que el refrigerante se condense a estado líquido. Este líquido generalmente se enfría unos grados por debajo de la temperatura de saturación para la presión del refrigerante (subenfriado). La cantidad de grados por debajo de la temperatura de saturación con que se enfría el refrigerante se denomina subenfriamiento. El refrigerante entra al condensador como un vapor de alta presión y sale del condensador de un sistema en funcionamiento como líquido de alta presión, generalmente subenfriado levemente de 5 a 15 °F.

Luego, el refrigerante pasa del condensador al filtro secador, que lo limpia y seca. Este proceso de limpieza y secado es importante por dos motivos:

1. El refrigerante líquido pronto comenzará a circular a través del dispositivo regulador (también conocido como la válvula de expansión), pero debido a que el dispositivo regulador tiene el conducto de refrigerante más pequeño del sistema, es necesario quitar todas las impurezas antes de que el refrigerante ingrese al dispositivo regulador.
2. La abrupta caída de presión asociada al dispositivo regulador también ocasiona una abrupta caída en la temperatura de saturación. Por lo tanto, si en el refrigerante hay algo de agua, el momento en que ésta se congelará seguramente será durante esta caída abrupta de temperatura en el dispositivo de expansión. Las gotitas de agua congelada pueden obstruir el dispositivo de expansión. Por lo tanto, el mejor lugar para quitar agua del refrigerante también es cuando ésta fluye hacia arriba del dispositivo regulador.

Como se explicó antes, una vez fuera del filtro secador, el refrigerante líquido ingresa al dispositivo regulador, que es básicamente una abertura pequeña o un conducto angosto que disminuye la presión del refrigerante. Este medidor puede ser pasivo, como una placa de orificio o un tubo capilar, o puede ser controlado de forma activa, como con una válvula de expansión térmica (TXV) o una válvula de expansión electrónica (EXV) para mantener el supercalentamiento del refrigerante a la salida del evaporador.

El refrigerante ingresa a esta válvula de expansión en estado líquido y sale de la válvula de expansión (dispositivo regulador) como una mezcla de líquido y vapor denominada mezcla saturada de dos fases (tanto en fase de líquido y de vapor).

Luego, este refrigerante saturado de dos fases (ahora en el lado de baja presión del sistema) se evapora o entra en ebullición a la temperatura de saturación correspondiente a esta baja presión. A medida que el refrigerante se evapora o entra en ebullición, pasa de ser una mezcla de dos fases de líquido y de vapor, y se transforma totalmente en vapor y absorbe el calor del área circundante para poder enfriarse.

El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado o como vapor supercalentado. En general, el refrigerante es calentado levemente por encima de la temperatura de saturación y la cantidad de grados con que se calienta el vapor por encima de esta temperatura se denomina supercalentamiento. Este refrigerante es supercalentado para garantizar que no quede líquido de refrigerante en el flujo de refrigerante que ingresa al compresor, ya que un compresor no puede comprimir refrigerante líquido e intentar hacerlo puede dañar el compresor.

El refrigerante que ingresa al compresor de un sistema de refrigeración es vapor supercalentado de baja presión.

Luego, el compresor comprime el refrigerante como un vapor refrigerante de baja presión que viene del evaporador y lo transforma en un vapor aún más supercalentado a una presión más alta que después circula en dirección al condensador.

El proceso completo opera de manera continua transfiriendo calor desde la sección del evaporador dentro del área de enfriamiento a la sección del condensador fuera del área de enfriamiento, bombeando el refrigerante continuamente a través del sistema. Cuando se alcanza la temperatura fría deseada, se detiene el compresor y el bombeo de calor.

Cuando el sistema se apaga, el refrigerante migra hacia la parte más fría del sistema, en un movimiento que se denomina migración del refrigerante.

Una vez apagado el compresor, su cárter (sumidero de aceite) suele transformarse en la parte más fría del sistema por la diferencia en la presión del vapor entre el aceite y el refrigerante. Cuando el refrigerante migra al cárter, puede diluir el aceite y así reducir su capacidad de lubricación. Este lubricante diluido puede lubricar las superficies de desgaste del compresor de forma inadecuada y también puede ocasionarle una falla prematura. Asimismo, cuando el compresor arranca, todo refrigerante disuelto en el aceite del compresor se evapora rápidamente (hierve) dado el desplome de presión repentino asociado con el arranque del compresor. Esto causa que el aceite se torne en espuma, lo que reduce la calidad de lubricación del aceite.

Normalmente hay un calentador del cárter en la superficie exterior del compresor para evitar la acumulación de refrigerante en el compresor y también evitar la formación de espuma en el aceite y se activa cada vez que el compresor no está en funcionamiento.

Nota



Cuando el refrigerante se comprime de la forma descrita, se denomina ciclo de compresión del vapor. El enfriamiento se da en este tipo de sistema de refrigeración por compresión del vapor de expansión directa cuando el refrigerante atrae el calor y el líquido se transforma en vapor en el evaporador. El enfriamiento se da siempre que el refrigerante se evapore o entre en ebullición en el intercambiador de calor evaporativo.

Tipos de compresores

Los compresores están agrupados dentro de una de tres categorías básicas: los compresores completamente herméticos, los semiherméticos y los abiertos.

Un compresor completamente hermético tiene el motor eléctrico de impulsión totalmente sellado dentro del mismo compartimiento soldado, sin ninguna clase de superficie sellada con juntas.

Si el receptáculo hermético sella por completo el motor de impulsión y el compresor dentro del mismo compartimiento, pero cuenta con superficies fijas de sellado con juntas entre las superficies inmóviles, al compresor se le denomina semihermético

Si el compresor no cuenta con un receptáculo hermético, pero tiene un sello de eje rotatorio para evitar que el refrigerante dentro del compresor se fugue hacia el exterior, al compresor se le denomina no hermético, de accionamiento mecánico o abierto.

Precaución



Nunca opere un compresor hermético cuando hay un vacío en el sistema porque el compresor utiliza el flujo de refrigerante para enfriar el motor que está dentro de la cubierta hermética. Si se opera en vacío, no habrá un flujo importante de refrigerante para enfriar el motor eléctrico, lo que provocará un aumento muy rápido en la temperatura del bobinado del motor y, por ende, el motor del compresor se quemará rápidamente. Por eso, las máquinas de recuperación no deben utilizar compresores herméticos.

Además, si está realizando una recuperación dependiente del sistema utilizando el compresor, observe con atención si el sistema tiene un compresor hermético para cerciorarse de que no se desarrolle un vacío excesivo. Tal vacío profundo puede ocasionar rápidamente el sobrecalentamiento del sistema, lo que arruinará tanto al compresor del sistema como a lo que quede de refrigerante.

Herramientas necesarias

Accesorios

Los accesorios de baja pérdida sirven para conectar el dispositivo de recuperación de refrigerante a un aparato de modo tal que se evite la pérdida de refrigerante por las mangueras. Estos accesorios se pueden cerrar de forma manual o automática cuando conecta y desconecta la máquina de recuperación y reciclado. La Figura C-6 muestra dos terminaciones de manguera de servicio de baja pérdida bastante comunes.



Figura C-2. Dos modelos comunes de terminaciones de manguera de servicio de baja pérdida

La EPA exige que las mangueras de las máquinas de recuperación y de reciclado estén equipadas con accesorios de baja pérdida.

Manómetros

Los manómetros de presión utilizados en sistemas de HVAC deben poder medir las altas y las bajas presiones. Los manómetros de alta presión utilizados en los Estados Unidos suelen medir en libras por pulgada cuadrada manométrica o psig. El manómetro de baja presión normalmente tiene una escala doble que se denomina manómetro compuesto, la cual mide el vacío en pulgadas de mercurio y las presiones por encima de la presión ambiental en psig.

En general, el manómetro compuesto mide el vacío en unidades de pulgadas de mercurio (" Hg) *inferiores* a la presión atmosférica con un vacío completo a 29.9" Hg y básicamente sin vacío a 0" Hg (0 psig). Cuando el indicador marca cero, la presión es igual a la presión atmosférica. El indicador se mueve en el sentido contrario a las agujas del reloj para las indicaciones relativas al vacío y en el sentido de las agujas del reloj para las indicaciones relativas a la presión.

Para complicar el asunto, los manómetros que miden un vacío profundo suelen utilizar una escala **absoluta** en la que 0 representa un vacío perfecto y 760 mmHg absoluto representa una presión atmosférica de 0 psig, lo que significa totalmente sin vacío. Sin embargo, para una medición más precisa se utiliza un medidor de micrones para vacíos profundos. Con un medidor de micrones, un vacío perfecto equivale a 0 micrones y 1 micrón equivale a una presión absoluta de 0.001 milímetros de mercurio (mmHg). Esto quiere decir que 760 mmHg absolutos equivaldrían a 760,000 micrones, y un vacío profundo de 500 micrones es un vacío de 0.5 mmHg absoluto o 0.0097 psia.

Se puede utilizar una escala única de presión absoluta (en libras por pulgada cuadrada absoluta o psia) donde 0 psia representa un vacío perfecto (al igual que 29.9" Hg, 0 mmHg o 0 micrones) y 14.7 psia representa la presión atmosférica, equivalente a 0 psig. Este tipo de manómetro de presión no es tan utilizado en las aplicaciones de HVAC/R.

Conjunto de distribuidores manométricos de dos válvulas

El conjunto de distribuidores manométricos utiliza un manómetro de alta presión (generalmente, de color rojo) y un manómetro de baja presión compuesto de escala doble (generalmente, de color azul). El conjunto de distribuidores manométricos permite medir simultáneamente las presiones del lado de alta presión y del lado de baja presión del sistema mientras está en funcionamiento o durante el servicio técnico. La Figura C-7 muestra un esquema de un distribuidor de dos válvulas (con tres mangueras), y la Figura C-8 muestra una foto de un distribuidor.

El tipo de distribuidor de dos válvulas está construido de manera que permita que el manómetro de alta presión indique la presión de la manguera de alta presión, incluso si la válvula de alta presión está cerrada. Al abrir la válvula de alta presión, se abre el paso entre la manguera de alta presión y la manguera central.

Del mismo modo, el manómetro de baja presión muestra la presión de la manguera de baja presión, incluso cuando la válvula de baja presión está cerrada. Al abrir la válvula de baja presión, se abre el paso entre la manguera de baja presión y la manguera central.

Al abrir tanto la válvula de baja presión como la de alta presión, se permite que el refrigerante circule entre las mangueras de alta presión, de baja presión y central. Normalmente la manguera de alta presión está conectada al lado de alta presión del sistema, la manguera de baja presión se conecta al lado de baja presión del sistema y la manguera central a un dispositivo de recuperación de refrigerante, a una bomba de vacío o a una fuente de refrigerante.

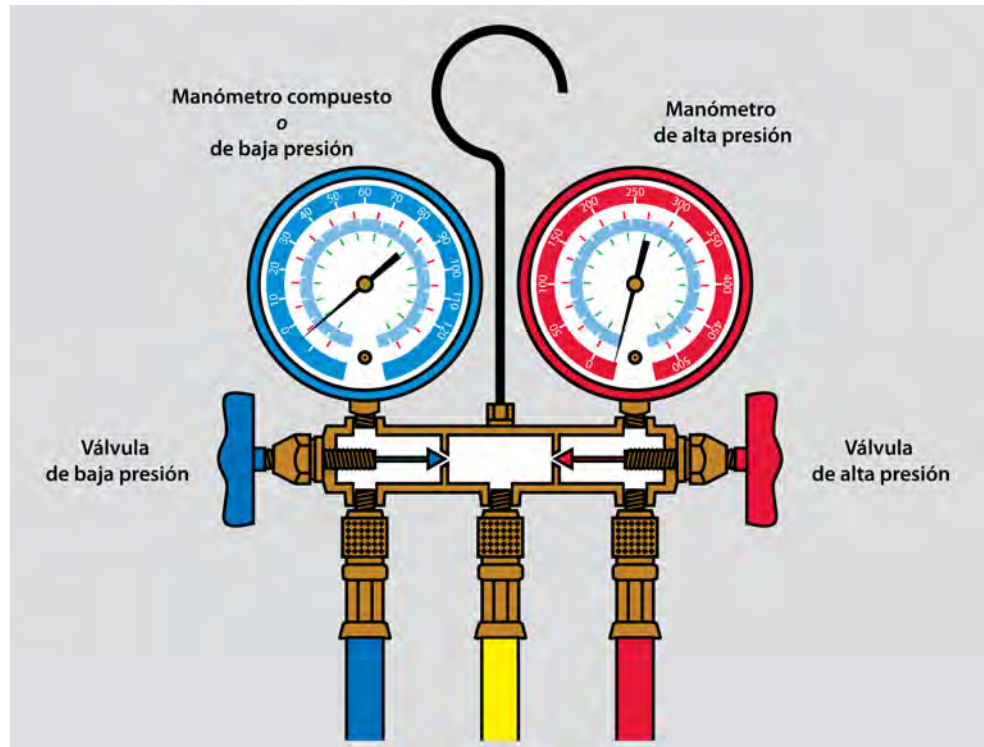


Figura C-3. Distribuidor de dos válvulas y tres mangueras



Figura C-4. Foto de un distribuidor de dos válvulas y tres mangueras

Consejo



Dado que la manguera de alta presión (generalmente, de color rojo) está conectada al lado de alta presión del sistema y la manguera de baja presión (generalmente, de color azul) está conectada al lado de baja presión del sistema, la manguera central de un distribuidor de tres entradas (generalmente, de color amarillo) está conectada a todo lo demás. Es decir, la entrada central de un distribuidor de tres entradas se utiliza para la recuperación, la evacuación y la carga.

Precaución



Tenga cuidado de no retener refrigerante líquido en mangueras selladas ni en el distribuidor manométrico porque los aumentos de la temperatura ambiente pueden provocar que todo el refrigerante líquido en esos componentes sellados (que no contienen un dispositivo de alivio de la presión como lo tiene un tanque de recuperación) se expanda, y genere presiones muy altas que hagan explotar el dispositivo. Los dispositivos sellados que contienen al menos 20% de vapor tienen suficiente espacio para la expansión, que es el motivo por el que los tanques de recuperación nunca se llenan con líquido a más del 80% de su volumen.

Cuando utiliza mangueras de cierre automático en un conjunto de distribuidores, el momento más probable para que una manguera se dañe es cuando el refrigerante líquido se retiene en la manguera de servicio conectada a la línea de carga de líquido. ¿Por qué sucede esto? Si, al cargar refrigerante líquido en un sistema, usted primero desconecta el accesorio de baja pérdida de la válvula Schrader del sistema y luego cierra la válvula del distribuidor que aísla esa línea, es muy probable que el refrigerante líquido que proviene del suministro de refrigerante quede retenido en la línea. Luego, a medida que la línea se calienta y el volumen de líquido sólido del refrigerante se expande sin lugar a dónde ir, la presión de la manguera puede aumentar bastante y puede dañar o hacer explotar la manguera.

Siga los pasos de abajo para solucionar este problema:

1. Cierre la válvula del distribuidor que aísla la línea para que todo o parte del líquido de la línea pueda ser arrastrado al sistema que se está cargando.

2. Desconecte el accesorio de baja pérdida.

Estos dos pasos se muestran en la Figura C-9.



Paso 1



Paso 2

Figura C-5. Desconexión de un accesorio de baja pérdida

Conjunto de distribuidores manométricos de cuatro válvulas

Otro popular diseño del distribuidor es la configuración de cuatro válvulas y cuatro mangueras que aparece en la Figura C-10. Las dos mangueras centrales

pueden cerrarse individualmente con válvulas individuales. Esta característica ahorra tiempo.



Figura C-6. Distribuidor de cuatro válvulas y cuatro mangueras

Ejemplo



Con el conjunto de distribuidores manométricos de cuatro válvulas, puede conectar una manguera central a una fuente de refrigerante y la segunda manguera central a una bomba de vacío. Con la manguera del lado de alta presión conectada a la entrada de servicio del lado de alta presión y la manguera del lado de baja presión conectada a la entrada de servicio del lado de baja presión, el sistema y el distribuidor (además de las mangueras) se pueden evacuar juntos. Entonces, usted puede aislar la bomba de vacío y utilizar la fuente de refrigerante para cargar el sistema; todo, sin cambio de mangueras. Esto evita la intrusión accidental de aire y otros agentes contaminantes después de la evacuación y simplifica la carga.

Valores de presión del conjunto de distribuidores manométricos

El manómetro de alta presión de un conjunto manométrico de servicio tiene una escala continua que normalmente se calibra para leer de 0 a 800 psig o de 0 a 500 psig. **Los números de la escala no significan que el conjunto manométrico realmente esté clasificado para utilizarse hasta estas presiones máximas.** En mangueras y/o conjuntos manométricos más antiguos, un valor

típico es solo 340 psig, aunque las escalas de los manómetros puedan mostrar valores de hasta 500 psig.

Cuando utiliza R-410A, debe utilizar un conjunto manométrico con una capacidad de al menos 800 psig, con una presión de estallido de 4,000 psig en el distribuidor y las mangueras. El R-410A requiere tanques de recuperación y máquinas de recuperación/reciclado con una capacidad de al menos 400 psig. La Tabla C-4 ofrece una comparación de la presión del lado de alta presión de un sistema de aire acondicionado que funciona con un condensador de 110 °F y utiliza varios refrigerantes.

Tabla C-4. Comparación teórica del rendimiento de un sistema de aire acondicionado

	R-22	R-407C	R-410A
Relación de compresión	2.66	2.83	2.62
Presión de descarga del compresor	226 psig	241 psig	364 psig
Deslizamiento de temperatura	0 °F	9 °F	0 °F

^aSuponiendo que el condensador tiene 110 °F, el evaporador tiene 45 °F, el subenfriamiento es de 5 °F, el supercalentamiento es de 15 °F

La Tabla C-4 muestra la presión de descarga más alta del R-410A. Debido a que los conjuntos de distribuidores manométricos y los tanques de recuperación más antiguos normalmente estaban clasificados para 340 psig de presión máxima de funcionamiento, no son adecuados para utilizarse con el R-410A. Antes de trabajar con el R-410A, verifique que su equipo haya sido diseñado para utilizarse con ese refrigerante.

Códigos de color del conjunto de distribuidores manométricos

Los fabricantes usualmente aplican códigos de color al exterior de los manómetros. En un conjunto de distribuidores manométricos típico, el manómetro de baja presión tiene el código de color azul. El manómetro de alta presión es de color rojo. Del mismo modo, la manguera que conecta el manómetro de baja presión al lado de baja presión del sistema es azul, mientras que la manguera que conecta el manómetro de alta presión al lado de alta presión es roja. La manguera central generalmente es amarilla.

Buenas prácticas de servicio técnico

Las buenas prácticas de servicio técnico para conservar refrigerante incluyen las siguientes:

- Recuperar el refrigerante.
- Mantener el sistema hermético.
- Buscar y reparar fugas.

- En el caso de sistemas más grandes, tomar una muestra de aceite para comprobar si hay agentes contaminantes cuando la unidad tiene una fuga o si falla un componente importante. Una muestra de aceite puede evaluar la humedad, el ácido, los sedimentos y el crecimiento.
- Limpiar el sistema después de un sobrecalentamiento.
- Extraer siempre un vacío profundo de deshidratación de al menos 500 micrones y, de ser necesario, utilizar un método de evacuación triple (que se describe más adelante) para alcanzar dicho vacío profundo. Si el sistema contiene tanta agua y esta humedad impide que alcance al menos un vacío de 500 micrones, en vez de ignorar el problema y aun así cargar el sistema, por lo menos agregue Qwik**Shot**® para eliminar el agua restante (después de haber cargado el sistema y que el mismo esté en funcionamiento). Si bien este enfoque **NO** es el enfoque que recomendamos, es mucho mejor que ignorar la humedad que queda en el sistema por completo.
- Nunca limpiar el sistema con refrigerante líquido para limpiar la tubería de campo; esto es ilegal. Utilizar, en cambio, una solución limpiadora comercial, no acuosa (sin agua), segura para el medioambiente, que no sea tóxica y que pueda extraer aceites, agentes contaminantes, ácido y agua. Dado a que Qwik**System Flush**® también elimina la humedad, disminuye el tiempo que se necesita para una evacuación profunda de al menos 500 micrones.
- Para minimizar la cantidad de solución de limpieza que se utiliza, limpie siempre la tubería con gas nitrógeno con un regulador de presión antes y después de usar la solución de limpieza. Deseche toda la solución de limpieza con el aceite residual adecuadamente. Si llegara a haber agotamiento de ácido, instale un filtro secador con una tubería de aspiración y una tubería de líquido.
- Al utilizar nitrógeno seco de un cilindro portátil para presurizar, realizar el servicio técnico o instalar un sistema de refrigeración, utilizar solamente vapor de nitrógeno y usar siempre un regulador de presión con una válvula de alivio insertada en la línea corriente abajo del regulador de presión.



Precaución

Utilizar nitrógeno presurizado de un cilindro de nitrógeno sin regulador de presión es muy peligroso porque la presión que se encuentra dentro de los cilindros está muy por encima de las 2,000 psig. Aplicar esta presión dentro de un sistema de refrigeración podría hacer explotar el sistema.

- Cambiar siempre el filtro secador cada vez que se abra el circuito de refrigeración para su reparación.
- Al detectar ácido en el sistema en funcionamiento, cambiar siempre el filtro secador y utilizar Tratamiento para Refrigerante y Aceite QwikShot® para eliminar la humedad y limpiar el ácido en el nuevo filtro secador.
- Ante sobrecalentamientos, limpiar siempre el sistema; sustituir el compresor, el aceite y el refrigerante, y utilizar un filtro secador para la línea de succión y la línea de líquido.

Consejo



Después de un sobrecalentamiento, puede limpiar el sistema por medio de las técnicas de limpieza correspondientes, seguido de la instalación de filtros secadores para la línea de succión y la línea de líquido, una prueba de detección de fugas con pérdida de presión estática y evacuación deshidratación vacía profunda antes de la recarga. Se utiliza un filtro secador en la línea de succión para evitar que cualquier ácido del sistema regrese a la succión del compresor (donde podría acidificar el nuevo aceite del compresor).

Las tres R

Cuando retire el refrigerante de un sistema, hay cuatro cosas que puede hacer con el refrigerante:

- Recuperarlo y reutilizarlo
- Reciclarlo y reutilizarlo
- Regenerarlo a los niveles de pureza

- Enviarlo a un centro aprobado por la EPA para su destrucción

Las tres R, recuperar, reciclar y regenerar, son obviamente las tres mejores opciones. Enviar el refrigerante que no se pueda reutilizar para que lo destruyan es costoso para usted y además perjudica al medioambiente.

Recuperar

Al recuperar el refrigerante, usted lo extrae en cualquier estado de un sistema y luego lo almacena en un recipiente (o en algunos casos, dentro de la unidad de recuperación) sin necesidad de probar o procesar el refrigerante de manera alguna.

El refrigerante recuperado puede volver a colocarse en el mismo sistema o en otros sistemas del mismo propietario, sin restricción. No puede vender ni darle el refrigerante recuperado a otra persona dado a que es posible que el refrigerante usado no cumpla con la norma AHRI 700 para refrigerante virgen.

Si el refrigerante recuperado debe desecharse o devolverse a un centro de regeneración, debe almacenar el refrigerante en un cilindro de recuperación aprobado por el Departamento de Transporte (DOT, por sus siglas en inglés). Estos tanques están pintados de color gris, con la parte superior de color amarillo, tal como se muestra en la Figura C-12.



Figura C-7. Tanques de recuperación aprobados por el Departamento de Transporte (DOT)

Reciclar

Cuando usted recicla el refrigerante, lo limpia para reutilizarlo de inmediato, por medio de la separación del aceite y mediante una o múltiples pasadas a través de dispositivos como filtros secadores de núcleo reemplazable, lo que reduce la humedad y la acidez.

La separación del aceite es una parte importante de un buen reciclado. El aceite es el verdadero problema, ya que contiene la mayor parte del ácido y agua presente en el sistema.

Si no se puede extraer el aceite contaminado, el sistema no se limpiará correctamente.

El reciclado es un intento de limpiar el refrigerante, pero no existen normas que determinen qué tan limpio o cuánto más limpio debe quedar el refrigerante con el reciclado para que se considere reciclado. Obviamente, las múltiples pasadas a través de dispositivos como filtros secadores limpian más el refrigerante que con una sola pasada, pero ambos procesos reciclan al refrigerante.

Si igual que el refrigerante recuperado, el refrigerante reciclado no puede transferirse a otro propietario. solo se puede utilizar el refrigerante en el sistema donde estaba o en otro sistema que pertenezca a la misma persona. No puede vender ni brindar el refrigerante reciclado, excepto a una empresa de regeneración o a un centro de desechos.

Regenerar

Para regenerar el refrigerante, se emplea un proceso para regresar el refrigerante a las especificaciones de un producto nuevo. Este proceso requiere un análisis químico para verificar que el refrigerante cumpla con las normas de pureza de los productos nuevos.

El refrigerante no puede considerarse regenerado a menos que haya sido analizado químicamente y pueda demostrarse que cumple con la norma de pureza AHRI 700.

La regeneración es diferente al reciclado de un refrigerante, ya que la regeneración es el proceso de una o múltiples pasadas a través de dispositivos, como filtros secadores.

Únicamente el refrigerante regenerado puede transferirse o venderse a otra persona. Normalmente, los centros de regeneración no le devuelven el refrigerante regenerado; sino que compran su refrigerante usado y recuperado si determinan que se puede regenerar. Además, le venden otro refrigerante regenerado que ya hayan procesado y certificado como puro.

Consejo



Utilizar un refrigerante regenerado nunca anulará la garantía de un sistema, debido a que ha sido probado y se ha determinado que cumple con las especificaciones de pureza de los refrigerantes nuevos. No obstante, no hay pruebas de pureza para el refrigerante reciclado y podría anular la garantía de un sistema si le coloca refrigerante reciclado sucio. Evidentemente, con sistemas grandes que están en garantía, es más seguro utilizar refrigerante puro nuevo o refrigerante regenerado.

Técnicas de recuperación

Según la Ley del Aire Limpio, la EPA estableció reglamentos que les exigen a los técnicos que maximicen la recuperación y el reciclado de los refrigerantes durante el servicio técnico o la reparación de equipos de aire acondicionado y de refrigeración. Si usted va a desechar el equipo, debe seguir los requisitos de disposición final segura de la EPA para garantizar que los refrigerantes se extraigan y que el equipo no entre en la corriente de desechos con la carga intacta.

¿Qué es la recuperación?

Cuando recupera el refrigerante de un sistema, lo extrae del sistema y lo coloca en un recipiente. Después de que el refrigerante se extrae del equipo, usted tiene varias opciones:

- Volver a colocar el refrigerante en el mismo sistema luego de realizar las reparaciones o en otro sistema que pertenezca a la misma persona.
- Reciclar el refrigerante.
- Regenerar el refrigerante.
- Enviarlo a un centro de desechos de refrigerantes certificado por la EPA.

Si va a utilizar el refrigerante en un equipo que pertenece a otra persona, el refrigerante debe regenerarse. La propiedad del refrigerante recuperado o reciclado no puede transferirse, excepto que sea vendido o transferido para su regeneración o destrucción.

Identificación del refrigerante

Antes de comenzar un procedimiento de recuperación de refrigerante, **siempre** debe saber qué tipo de refrigerante tiene el sistema. Cada tipo de refrigerante tiene sus propios requisitos de evacuación y recuperación, y usted debe conocerlos antes de comenzar el procedimiento de recuperación. Puede consultar la placa de identificación del sistema para identificar cuál es el refrigerante utilizado.



Nota

La máquina de recuperación debe estar especialmente certificada para el refrigerante de reemplazo que se está recuperando.

Ejemplo



Si durante el servicio técnico de un sistema, descubre que se agregó algo de R-410A a un sistema de R-22, usted no puede recuperar el refrigerante en un cilindro de R-22. Debe recuperar el refrigerante en un tanque de recuperación aparte para desecharlo porque esta mezcla contaminada no puede volver a utilizarse ni regenerarse. En su lugar, debe enviarlo a un centro aprobado por la EPA para su disposición final, normalmente por medio de la incineración controlada. No recibirá una acreditación de reciclado por este refrigerante contaminado.

Uso de la presión y la temperatura para identificar un refrigerante

Los refrigerantes saturados tienen un valor de presión específico a determinada temperatura. Si usted conoce la temperatura del aire que rodea el aparato refrigerado (la unidad debe haberse apagado durante bastante tiempo para que la unidad alcance esa temperatura ambiente) y puede medir la presión del refrigerante, podrá identificar el refrigerante por medio del cuadro de presión- temperatura (Tabla C-5).



Nota

Cada vez que verifique las presiones del sistema, debe utilizar válvulas manuales o mangueras de cierre automático para minimizar las emisiones.

Tabla C-5. Cuadro de presión-temperatura de saturación para los refrigerantes comunes

Temp (°F)	Presión (PSIG)								
	R-12	R-22	R-134 ^a	R-404A	R-404A Líquido	R-407C Líquido	407C	R-410A	R-500
-15	2.4	13.2	-0.02	19.3	20.5	17.6	9.4	31.7	5.6
-10	4.52	16.49	2.02	23.2	24.6	21.3	12.5	36.8	7.85
-5	6.7	20.1	4.1	27.5	28.9	25.4	15.9	42.5	10.6
0	9.2	24	6.5	33.5	33.7	28.3	18.9	48.9	13.3
5	11.8	28.2	9.1	38.6	38.8	33.0	22.9	55.7	16.4
10	14.6	32.8	11.9	44.0	44.3	38.0	27.3	62.9	19.7
15	17.7	37.7	15.0	49.9	50.2	43.5	32.0	70.8	23.4
20	21.0	43	18.4	56.2	56.6	49.3	37.2	79.2	27.3
25	24.6	48.8	22.1	63.0	63.4	55.7	42.7	86.3	31.5
30	28.4	54.9	26.0	70.3	70.7	62.5	48.7	98.0	36.0
35	32.6	61.5	30.3	78.1	78.6	69.8	55.2	108.4	40.9
40	37.0	68.5	34.9	86.4	86.9	77.6	62.1	119.4	46.1
45	41.7	76.0	39.9	95.2	95.8	86.0	69.5	131.3	51.6
50	46.7	84.0	45.3	104.7	105.3	94.9	77.5	143.9	57.6
55	52.0	92.6	51.0	114.7	115.3	104.5	86.0	157.3	63.9
60	57.7	101.6	57.2	125.3	126.0	114.6	95.1	171.7	70.6
65	63.8	111.2	63.8	136.6	137.3	125.4	104.8	186.8	77.8
70	70.2	121.4	70.8	148.6	149.3	136.9	115.2	202.8	85.4
75	77.0	132.2	78.3	161.2	162.0	149.1	126.2	219.9	96.8
80	84.2	143.6	86.3	174.6	175.4	162.1	137.8	237.9	102.0
85	91.8	155.7	94.8	188.8	189.5	175.8	150.2	256.9	111.0
90	99.8	168.4	103.8	203.7	204.5	190.2	163.4	277.0	120.5
95	108.2	181.8	113.3	219.4	220.2	205.5	177.4	298.2	130.6
100	117.2	195.9	123.5	235.9	236.8	221.6	192.1	320.5	141.1

El método de presión-temperatura tiene varias fallas.

- La relación temperatura-presión de saturación de algunos refrigerantes es similar y difícil de distinguir. Por ejemplo, si observa la Tabla C-5, puede notar que a una temperatura dada, la diferencia de presión entre R-12 y R-134a es muy pequeña. Debido a los errores que podría tener en las mediciones de presión y de temperatura, usted no puede distinguir con certeza estos dos refrigerantes con este método. No obstante, sería bastante fácil distinguir entre R-410A y R-134a.
- Los gases no condensables del sistema aumentan la presión del sistema y no se podrá determinar fácilmente el refrigerante, a menos que intente seleccionar el tipo de refrigerante entre dos opciones muy diferentes, como R-134a o R-410A.
- Las mezclas no azeotrópicas (que son los refrigerantes de la serie 400) tienen características de presión-temperatura que cambian a medida que se fraccionan en el lugar de una fuga. Por lo tanto, si el sistema tiene una fuga o ha sido cargado incorrectamente (cargado como vapor en lugar de líquido), la curva de presión-temperatura de saturación sería diferente, lo que podría impedir la identificación del refrigerante.

Si usted no está seguro del tipo de refrigerante en el sistema, pero sabe cuál es el refrigerante correcto con el cual recargar el sistema, la mejor práctica sería recuperar el refrigerante en un cilindro de recuperación especializado y enviarlo a un centro de regeneración. Luego, podrá recargar el sistema con el refrigerante nuevo o regenerado.

Por otra parte, si simplemente está intentando determinar el refrigerante que debería tener un sistema que no tiene placa de identificación de referencia, comuníquese con el fabricante del equipo o busque el número de modelo del compresor en la unidad y comuníquese con el fabricante para determinar el refrigerante. Los fabricantes de compresores más importantes tienen esta información disponible en línea.

Requisitos de evacuación

Los requisitos de recuperación para los aparatos son diferentes según el tipo de clasificación del equipo. El tamaño del aparato y cómo se utiliza afectan el nivel de evacuación requerido. Los requisitos de evacuación para cada tipo de certificación se describen con mayor detalle en las secciones respectivas de este manual. Las regulaciones de la EPA requieren que todos los sistemas que contengan más de una libra de refrigerante deben estar equipados con algún tipo de apertura de servicio para facilitar la recuperación de refrigerante de un sistema.

La EPA ha dividido los aparatos refrigerados en cinco grupos:

- Aparatos pequeños (Tipo I): cualquier aparato que es completamente fabricado, cargado y herméticamente sellado en una fábrica y que tiene cinco libras o menos refrigerante. Incluye, entre otros, los refrigeradores y congeladores (diseñados para uso doméstico, comercial y de consumo), los equipos de refrigeración para la investigación médica o industrial, los aparatos de aire acondicionado de uso doméstico (incluidos los aparatos de aire acondicionado de ventana y las bombas de calor individuales compactas), los deshumidificadores, los equipos para fabricar hielo para montar debajo del mostrador, las máquinas expendedoras y los enfriadores de agua potable.
- Aparatos de baja presión (Tipo III): un aparato que utiliza un refrigerante con una presión de saturación en fase líquida por debajo de 45 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, los aparatos que emplean R-11, R-123, R 113, y R-1233zd.
- Aparatos de presión media (Tipo II): un aparato que utiliza un refrigerante con una presión de saturación en fase líquida de entre 45 psia y 170 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, los aparatos que emplean R-114, R-124, R-12, R-401C, R-406A, R-500, R 1234ze(E), y R-1234yf.
- Aparatos de alta presión (Tipo II): un aparato que utiliza un refrigerante con una presión de saturación en fase líquida de entre 170 psia y 355 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, los aparatos que emplean R-12, R-22, R-134a, R-401A/B, R-408A, R-409A, R-410A, R-411A/B, R-416A, R-500, R-502, R-404A y R-507.
- Aparatos de muy alta presión (Tipo II): un aparato que utiliza un refrigerante con una temperatura crítica por debajo de los 104 °F o con una presión de saturación en fase líquida por encima de 355 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, los aparatos que emplean R-13, R-23 y R-503.

Requisitos reglamentarios para la certificación de equipos

La EPA ha implementado un programa de certificación para los equipos de recuperación y reciclado de refrigerante. Todos los equipos de reciclado y recuperación fabricaron después de 1993 deben contar con certificación para cumplir con los requisitos de la EPA y aquellos requisitos que se hayan descrito bajo la norma del Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y

Refrigeración (AHRI) 740. Este es el protocolo de la industria para probar equipos de reciclado y de recuperación.

Una organización aprobada por la EPA puede certificar y probar los equipos de recuperación o de reciclado certificado (requisito de la EPA) sobre la base de la norma AHRI 740 para el rendimiento de las unidades de recuperación y de reciclado. Como parte de esta prueba de certificación, se probará y certificará si el equipo funciona con uno o más refrigerantes específicos y solo podrá utilizarse con esos refrigerantes.

Para garantizar que usted está recuperando el refrigerante de manera segura y correcta, debe utilizar el equipo de recuperación, conforme a las instrucciones del fabricante, y solamente con refrigerantes para los que el equipo tenga certificación.

Todos los fabricantes e importadores de equipos de reciclado y de recuperación que se utilizarán durante el mantenimiento, el servicio técnico o la reparación de aparatos, o durante la disposición final de aparatos (excepto los aparatos pequeños) deben hacer certificar sus equipos por medio de una organización aprobada que pruebe equipos. Este equipo tendrá una etiqueta de la EPA que certifique que es una unidad aprobada por la EPA.

Equipos adecuados

Antes de utilizar cualquiera de los siguientes equipos de recuperación, inspecciónelo para determinar si hay signos de daño, óxido, corrosión o deterioro. No utilice equipos cuya integridad es cuestionable o que puedan tener fallas. Verifique regularmente que no haya fugas de refrigerante en su dispositivo de recuperación de refrigerante. Si sus cilindros de recuperación y sus equipos utilizan válvulas Schrader, debe inspeccionar el núcleo de la válvula para ver si hay torceduras y roturas, sustituir el núcleo de la válvula Schrader para evitar fugas y tapar las entradas Schrader para evitar la depresión accidental del núcleo de la válvula. Si sus cilindros de recuperación cuentan con válvulas de alivio; también debe inspeccionarlas en forma habitual. Cuando encuentre acumulación de corrosión dentro del cuerpo de la válvula de alivio, sustitúyala.

Para recuperar el refrigerante, usted debe contar con el equipo adecuado:

- Unidad de recuperación aprobada por la EPA.
- Conjunto de distribuidores manométricos clasificados para la presión del refrigerante que se debe recuperar.
- Mangueras de carga clasificadas para la presión del refrigerante que se debe recuperar.
- Tanque de recuperación de refrigerante aprobado por el Departamento de Transporte (DOT) (cilindro de

almacenamiento) clasificado para la presión del refrigerante que se debe recuperar.

Todos los equipos de recuperación que se fabrican ahora deben contar con una etiqueta de certificación aprobada por la EPA y todos los cilindros de recuperación deben tener un sello con la fecha de prueba hidrostática actualizada.



Consejo

Disponga de dos tanques de recuperación para cada refrigerante. Puede utilizar un tanque para almacenar refrigerante sucio que no se volverá a colocar en el sistema, pero que en vez se llevó a un regenerador. Utilice el segundo tanque de recuperación para almacenar temporalmente el refrigerante recuperado mientras se realiza el servicio técnico de una unidad.



Precaución

Al poner en funcionamiento un equipo de recuperación de refrigerante o de reciclado, tome estas medidas de precaución:

- ***Use gafas de seguridad con protección lateral.***
- ***Use guantes protectores.***
- ***Use zapatos protectores.***
- ***Siga todas las precauciones de seguridad para el equipo.***

Unidad de recuperación

Las unidades de recuperación extraen el refrigerante como líquido o como vapor. La recuperación líquida es la más rápida. La desventaja es que no se puede extraer todo el refrigerante como líquido y usted debe extraer el resto como vapor.

Puede agilizar la recuperación asegurando que las mangueras y las entradas de las válvulas no estén restringidas. Debería tener varias longitudes de estas mangueras, para que pueda utilizar las más cortas posibles para cada trabajo. Debe evitarse el uso de mangueras largas entre la unidad y la máquina de recuperación porque provocan demasiada caída de presión, aumentan el tiempo de recuperación y pueden aumentar las emisiones. Quite las restricciones que no sean necesarias de las mangueras, incluso los depresores del núcleo de la válvula Schrader cuando no los necesite.

Si solo planea realizar el servicio técnico de aparatos pequeños, lo único que necesitará son mangueras con accesorios abocinados de ¼" en los extremos.

Para sistemas más grandes, no obstante, las mangueras de $\frac{3}{8}$ ", o incluso las de $\frac{1}{2}$ ", son una excelente inversión para reducir la caída de presión y agilizar en gran medida las velocidades de recuperación.

El calentamiento del sistema o el enfriamiento del cilindro de recuperación también acelera la recuperación. Cuando aumenta la presión en el sistema por el calentamiento del sistema, se acelera la recuperación. En la situación inversa, cuando se reduce la presión del sistema, que probablemente es causada por la evaporación del refrigerante en el sistema (o temperaturas ambiente bajas), el vapor se hace menos denso y la recuperación es más lenta. Es por eso que las temperaturas ambiente bajas incrementan el tiempo de recuperación.



Consejo

Para quitar el hielo de un visor o de un vidrio visor, la EPA recomienda que utilice alcohol en spray.

Cilindros de recuperación

Los cilindros que usted utiliza para recuperar refrigerante están especialmente diseñados y aprobados por el Departamento de Transporte (DOT) para la recuperación. **Nunca** use envases de refrigerante desechables para recuperar refrigerante. Los envases de refrigerante desechables se utilizan solamente para proporcionar refrigerante puro y el refrigerante regenerado.

Un cilindro de refrigerante que tiene un cuerpo gris y la parte superior amarilla indica que el cilindro está diseñado para contener refrigerante recuperado. La Figura C-19 muestra la parte superior de un tanque de recuperación típico.



Figura C-8. Típico tanque de recuperación

El cilindro de recuperación que utilice debe tener un sello de aprobación del DOT, tal como el que aparece en la Figura C-19, y debe estar clasificado para el refrigerante que está recuperando. Dado que diferentes refrigerantes tienen diferentes presiones, el cilindro de recuperación debe estar clasificado para manejar la presión del refrigerante que está colocando en el cilindro.

Los cilindros de refrigerante deben estar libres de óxido y daños. Antes de utilizar un cilindro de recuperación, inspeccione el cilindro para ver si hay signos de daño, corrosión o deterioro. No utilice cilindros cuya integridad sea cuestionable.

También debe revisar la fecha que aparece en el cilindro. Los contenedores reutilizables para refrigerantes que están bajo alta presión (por encima de 15 psig) a temperatura ambiente normal deben someterse a una prueba hidrostática y se les debe colocar el sello de la fecha cada 5 años. La Figura C-19 también muestra el sello de la fecha en un tanque de recuperación. Si la fecha de prueba del sello que tiene el cilindro en el reborde tiene más de cinco años, no puede utilizar el cilindro hasta que no haya sido probado de nuevo y tenga un nuevo sello de fecha de parte de un laboratorio de prueba aprobado.



Precaución

Debe asegurarse de que el cilindro no esté lleno a más del 80% de su capacidad. Si se sobrellena y la temperatura del cilindro aumenta a niveles comunes en las áreas de almacenamiento durante el verano, el refrigerante del interior podría expandirse a tal punto que el cilindro se desahogaría por la válvula de alivio o incluso explotaría.

Muchos cilindros recargables tienen válvulas de flotador con lámina magnética que cierran automáticamente la unidad de recuperación cuando el cilindro está lleno hasta el 80%. Si utiliza un cilindro de refrigerante que no tiene un dispositivo de flotador mecánico o un dispositivo de cierre electrónico, debe utilizar una escala para evitar el exceso de llenado.



Nota

No puede utilizar el visor del sistema o de la unidad de recuperación para monitorear el nivel de llenado del 80% en un tanque de recuperación porque esto no le indica nada acerca del volumen de líquido almacenado en el tanque de recuperación.

Los cilindros que superan las 4.5" de diámetro o las 12" de longitud deben contar con algún tipo de dispositivo de alivio de presión. La Figura C-20 muestra la válvula de alivio de presión de un típico tanque de recuperación. Si detecta acumulación de corrosión dentro del cuerpo de la válvula de alivio, debe sustituir la válvula.



Figura C-9. Válvula de alivio de presión en un tanque de recuperación

Debido a que solo se puede recuperar un tipo de refrigerante en el mismo cilindro, inspeccione muy bien si el cilindro de recuperación no está lleno con otro refrigerante. Al recuperar refrigerante, nunca mezcle distintos refrigerantes en el mismo envase, porque podría causar que sea imposible regenerar la mezcla.

Si la mezcla no puede regenerarse, debe destruirse en un centro aprobado por la EPA. Si el tanque de recuperación está vacío, debe evacuar el tanque antes del uso. Siempre marque el contenido del tanque de recuperación, que es una regulación DOT. Si los equipos de emergencia encuentran un cilindro presurizado sin etiqueta, tienen que tratarlo como el peor de los casos.



Ejemplo

Si está haciendo el servicio técnico de un sistema y descubre que se agregó algo de R-502 a un sistema R-22, no puede recuperar el refrigerante en un cilindro de R-22. Debe recuperar el refrigerante en un cilindro de recuperación aparte y enviar el refrigerante para su disposición final.

De manera similar al tanque de recuperación que se muestra en la Figura C-21, coloque siempre un rótulo con el contenido del tanque de recuperación; esto es un reglamento del DOT. Si un equipo de emergencia se encuentra con un cilindro presurizado que no tiene ningún rótulo, deberán seguir el procedimiento adecuado para el peor de los casos.



Figura C-10. Cilindro de recuperación marcado para R-410A.



Consejo

Pinte una raya de color sobre el cilindro que está codificado por color según el refrigerante que contiene en el interior. La Figura C-21 muestra un cilindro de recuperación que se usa para almacenar R-410A, tal como indica la raya rosada.

Cuando termine de transferir el refrigerante líquido, asegúrese de que el refrigerante líquido no quede retenido entre las válvulas de servicio o

confinado de alguna manera en las mangueras de servicio. La expansión del refrigerante líquido crea una presión alta y puede romper las mangueras de servicio. .

Después del llenado, debe verificar que todas las válvulas del cilindro estén cerradas y tapadas correctamente para evitar fugas durante el subsiguiente manejo y envío. El cilindro de recuperación también debe estar etiquetado correctamente. El cilindro de recuperación de refrigerante se etiqueta para prevenir la mezcla accidental de refrigerantes recuperados, hace que el reciclador sea capaz de identificar el contenido (sin hacer pruebas adicionales) y permite que la empresa del técnico pueda determinar la cantidad de refrigerante recuperado para propósitos de mantenimiento de registros.

Precaución



Según el Código de Recipientes a Presión (Pressure Vessel Code) de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, la capacidad de presión debe ser de 285 psig o superior para R-407C, y de 400 psig o superior para R-410A. No utilice ningún cilindro de almacenamiento o recuperación con una capacidad de presión máxima menor a 400 psig para R-410A. Los cilindros de recuperación para R-410A deben estar especificados como 4BA400 o 4BW400 según el DOT.

Cilindros desechables

Nunca vuelva a llenar un cilindro desechable. Cuando vaya a limpiar un cilindro desechable, la presión interna del cilindro debe reducirse al menos a 0 psig, el cilindro debe quedar inutilizable haciéndole una perforación o rompiendo la válvula de servicio y luego, el cilindro debe desecharse (o reciclarse) como desecho de metal.

Reparación

Después de que un sistema ha sido adecuadamente evacuado, siga las buenas prácticas de servicio técnico adicionales que se describen en esta sección.

Ruptura del vacío de evacuación

Haga todos los esfuerzos razonables para evitar que se introduzca humedad en un sistema. Abrir el sistema después de que ha sido evacuado permite que el aire del ambiente ingrese al sistema e ingresa aire y humedad al sistema mientras el sistema se estabiliza a la presión atmosférica. El método preferido

es introducir nitrógeno en el sistema evacuado, aumentando la presión apenas por encima de la presión atmosférica antes de abrir el sistema.

Después de un sobrecalentamiento o cuando se cambian refrigerantes

Cuando se cambia un sistema que utiliza aceite mineral a un sistema de lubricación basado en un éster sintético, debe quitar todos los rastros de refrigerante y de aceite del sistema. Como el refrigerante se evapora, se quita durante el proceso de recuperación, pero el aceite no se evapora y puede quedar retenido fácilmente en el sistema. El ácido y el agua que podrían estar en el sistema también deben extraerse.

Cuando se queme un compresor, tal quemadura introduce niveles altos de ácido en todo el sistema, el compresor, el refrigerante, y el aceite deben cambiarse y el sistema debe limpiarse.

Cómo identificar causas de averías posteriores a adaptaciones

Algunos contratistas experimentan problemas de compresores quemados en conversiones con R-410A después de que los sistemas se convirtieron del refrigerante R-22. Típicamente, el sobrecalentamiento es provocado por una limpieza inadecuada y los residuos de ácido, aceite, humedad u otros contaminantes que se dejan en el sistema.

Una conversión de refrigerante debería incluir siempre limpieza adecuada componentes, excepto el compresor, filtro secador y dispositivo de expansión para eliminar el aceite, el ácido, el agua y el cambio.

Los métodos inadecuados de limpieza y/o materiales inadecuados parecen ser los principales culpables de las averías debido a la dificultad de poder sacar todos los restos de aceite mineral, ácido y humedad del sistema después de la adaptación. Al combinar la continua batalla contra la humedad que comúnmente aparece en los sistemas de aceite sintético con estos residuos perjudiciales, el resultado es un sedimento que conduce al atascamiento del compresor o ácido mineral inorgánico que lleva a que el compresor se queme.

Mainstream Engineering ha realizado varias pruebas internas que demuestran que hasta las cantidades minúsculas de impurezas residuales pueden provocar sobrecalentamientos por ácido mineral. Si un sistema de HCF/POE recientemente convertido se quema después de varios meses de operación las impurezas residuales serán las principales sospechosas.

La evacuación de deshidratación nunca quitará el aceite mineral o el ácido atrapado en el aceite porque los únicos contaminantes eliminados son aquellos que pueden evaporarse. Las evacuaciones no evaporarán partículas o ácido. Las partículas, el ácido y el aceite mineral que queda en un sistema pueden

llegar hasta el sumidero de aceite del compresor y pueden transformar el aceite en un sedimento tipo melaza. Este sedimento nunca se evapora.

En los viejos tiempos, antes de la prohibición de los refrigerantes CFC, los técnicos usaban R-11 para limpiar las tuberías. Ahora los reglamentos de la EPA prohíben limpiar cualquier juego de tuberías con cualquier refrigerante.

Para garantizar la eliminación completa del compuesto limpiador, éste también debe vaporizarse. Por lo tanto, el uso de una solución limpiadora líquida a base de agua es inaceptable porque simplemente estaría intercambiando el aceite y otros fluidos que no se evaporan del sistema por agua y otras impurezas líquidas. Dadas las complejas interacciones químicas de los refrigerantes HFC y de los aceites sintéticos, esto es realmente una mala idea.

Dado que todo buen agente de limpieza elimina tanto el ácido como el agua, nunca deben comprarse estas soluciones de limpieza en un recipiente que no venga a presión. La solución de limpieza restante se contamina rápidamente con la humedad del aire que entra al contenedor para reemplazar la solución de limpieza que se sacó, a menos que se use toda la solución de limpieza de inmediato. Es por eso que Qwik **System Flush**[®] (QT1100 y QT1130) únicamente viene en contenedores presurizados. Además de eliminar el aceite y las impurezas, Qwik **System Flush**[®] cuenta con aditivos patentados que eliminan el ácido y la humedad para asegurarse de que tanto el ácido y la humedad se saquen del sistema, lo que previene problemas futuros de sedimentación de hidrocarburos y evacuaciones profundas de deshidratación más rápidas.



Consejo

*Sólo use compuestos limpiadores secos, no acuosos, que se evaporicen, lo que significa que están envasados en un cilindro presurizado desechable o en una lata de aerosol presurizada, como Qwik **System Flush**[®].*

Qwik **System Flush**[®] (que se muestra en la Figura C-22) es un agente limpiador seguro, biodegradable que originalmente fue desarrollado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos para limpiar los sistemas de respiración de oxígeno de los aviones caza a reacción. Obviamente que no es una buena idea usar un limpiador tóxico para un sistema que distribuye el oxígeno de un piloto a altas altitudes. El éxito del agente limpiador luego hizo que Mainstream comercializara el limpiador para la industria de HVAC/R, que también necesitaba una solución limpiadora de refrigerantes segura, eficaz y ecológica. Los resultados de la prueba de un laboratorio de terceros están disponibles en www.qwik.com/flush.



Figura C-11. Qwik System Flush®

Los agentes limpiadores son excelentes para quitar el aceite de los juegos de tuberías, pero nunca deben ser sopladados a través de un compresor porque el agente limpiador elimina todo el aceite lubricante de las superficies deslizantes del compresor, provocando que el compresor se atasque.

Nunca descargue el agente limpiador en un filtro secador porque la gran cantidad de partículas reduce la capacidad de filtrado. Las aberturas de la válvula (TXV) de expansión termostática y los tubos capilares también podrían obstruirse. Sin embargo, esto no es tan preocupante porque en procedimientos de limpieza/sobrecalentamiento, el compresor y filtro secador ya han sido retirados del sistema antes de la limpieza.

Cómo verificar si hay ácido

Otra buena práctica para aplicar en sobrecalentamientos y adaptaciones es darle seguimiento al montaje final del sistema con una verificación de ácido QwikCheck® en el sistema en funcionamiento (Figura C-25).



Figura C-12. Prueba QwikCheck para detectar ácidos en un sistema en funcionamiento

En caso de que haya ácido, existen dos tipos de removedores de ácidos:

- Productos neutralizantes que introducen una base alcalina para neutralizar el ácido.
- El tratamiento para refrigerante y aceite QwikShot[®], que elimina los ácidos y la humedad limpiando el ácido en el filtro secador sin neutralizar y sin dejar residuos ni productos derivados.

Se recomienda el tratamiento para refrigerante y aceite QwikShot[®] porque no deja residuos como el proceso neutralizador. Todo residuo es un contaminante que eventualmente puede dañar al sistema. Además, si se usa un neutralizador de ácidos en cantidad excesiva, el sistema se vuelve antiácido, lo que también es corrosivo. Si se agrega muy poco neutralizador, no se neutraliza todo el ácido.

Como no se conoce el nivel de ácido exacto, nunca se sabe cuánto neutralizador debe agregar para compensar adecuadamente el ácido presente. Sin duda, el tratamiento para refrigerante y aceite QwikShot[®] es una mejor opción. QwikShot[®] se agrega a un sistema en funcionamiento utilizando un QwikInjector[®] tal como se muestra en la Figura C-26.



Figura C-13. QwikShot® se agrega al sistema con un QwikInjector®

Preparación para la detección de fugas

Como último paso antes de la detección de fugas, siempre cambie el filtro secador de la línea de líquidos (cada vez que se abra el sistema). Después de un sobrecalentamiento, también debería agregar un filtro secador en la línea de succión para atrapar el ácido residual del sistema que podría haber sido reenviado a la entrada de succión del compresor. Este filtro secador en la línea de succión debería estar ubicado justo hacia arriba en la entrada del compresor.

Detección de fugas

Esta sección describe varias maneras para que pueda encontrar una fuga en su sistema.

Residuos de aceite

A veces la forma más simple de encontrar el origen de una fuga de refrigerante es buscar rastros de aceite en la superficie exterior de un sistema en funcionamiento (o un sistema que ha estado funcionando recientemente). Este método es especialmente apto para sistemas pequeños que se pueden inspeccionar minuciosamente. En el lugar donde hay una fuga de refrigerante, éste se vaporiza e ingresa al aire mientras que cualquier aceite que arrastre el

refrigerante queda en la superficie de la fuga porque el aceite no se puede vaporizar.

Un método para detectar fugas muy pequeñas es usando un indicador de tinte fluorescente como QwikGlowPRO® (QT2310). El tinte puede hacer que el residuo de aceite sea más evidente en el lugar de la fuga. Esta técnica es útil en casos de fugas pequeñas y difíciles de encontrar y puede buscar la fuga la próxima vez que se haga servicio técnico en la unidad.

Si se utiliza un tinte visual, puede verlo a simple vista. Si utiliza un tinte ultravioleta (UV), entonces necesita una luz UV para verlo. Este método no funciona bien con la luz solar fuerte.

En cualquier caso, estas técnicas no son útiles para encontrar una fuga inmediata porque después de agregar el tinte al sistema, hay que esperar un periodo extenso de funcionamiento hasta que el tinte se acumula en el lugar de la fuga. Este enfoque solo se recomienda para detectar fugas muy pequeñas que no se podrían encontrar de otra manera.

Probadores de fugas

De acuerdo con la EPA, la forma más eficaz de detectar el área general de una fuga pequeña es usar un probador electrónico o ultrasónico.

Detector electrónico de fugas

El detector electrónico de fugas puede detectar las tasas de fugas de aproximadamente 0.5 oz por año. Después de tomar una muestra de aire, el detector electrónico de fugas emite un sonido o se ilumina si se detecta refrigerante. En la Figura C-27 se muestra un detector típico de fugas.



Figura C-14. Detector electrónico de fugas

Este tipo de detector electrónico de fugas funciona atrayendo el vapor hacia el sistema y calentándolo. Cuando se calienta el vapor de refrigerante, la concentración de iones positivos cambia, lo que afecta la conductividad eléctrica. Para atraer el aire hacia el probador de fugas y probar si hay cantidades mínimas de refrigerante, se utiliza una bomba de aire pequeña para atraer el aire hacia la sonda del probador de fugas. A medida que se calienta la muestra de aire, aumenta la conductividad eléctrica, lo cual se indica con un sonido de clic que hace más ruido.

Precaución



Los detectores electrónicos de fugas son muy sensibles y la sonda se puede dañar fácilmente con el exceso de exposición a los refrigerantes en altas concentraciones. Nunca coloque la sonda del detector electrónico de fugas cerca de una alta concentración de refrigerante, por ejemplo, la corriente directa de refrigerante que sale de una botella de refrigerante, para verificar si el detector está funcionando, ya que podría destruir la sonda.

Burbuja de jabón

Para los sistemas pequeños en los que se pueden cubrir todas las posibles zonas de fuga, puede ser muy eficaz la prueba de burbuja de jabón con el uso

de nitrógeno seco para presurizar el sistema. Debe cubrir la superficie exterior donde se sospecha que hay una fuga con una solución de jabón líquida y luego se buscan señales de burbujas que indiquen el origen de la fuga.

Gas nitrógeno

Otra manera de verificar si hay fugas es agregándole presión al sistema con gas nitrógeno seco. El nitrógeno es un gas incoloro e inodoro que compone hasta el 78% del aire que respiramos. No es inflamable y no produce combustión. Si bien el nitrógeno es un gas relativamente estable, no es inerte y reacciona con el oxígeno para formar óxido nítrico y dióxido de nitrógeno. El nitrógeno también puede reaccionar con el hidrógeno para formar amoníaco y con el azufre para formar sulfuro de nitrógeno.

El nitrógeno está disponible como gas y líquido. Cuando se suministra como gas (a veces conocido como GN o GN2), el nitrógeno se despacha en un cilindro de presión alta. Cuando se suministra como líquido (conocido como LN o LN2), el nitrógeno se suministra en un contenedor Dewar criogénico.

Para las aplicaciones de refrigeración, use solo gas nitrógeno con un regulador de nitrógeno para reducir en forma segura la presión del gas a un nivel controlado.

Cuando presurice un sistema para detectar fugas, use siempre nitrógeno seco, que tiene un contenido de agua muy bajo. El nitrógeno, al igual que muchas sustancias, está disponible en distintos niveles de pureza, y, cuanto mayor sea la pureza, mayor será el costo. Sin embargo, es necesario asegurarse de que el nitrógeno que use para limpiar y realizar pruebas de detección de fugas sea nitrógeno seco y que no esté contaminado con vapor de agua porque el agua es absorbida fácilmente por el aceite sintético, especialmente bajo presión, y es muy difícil eliminarlo del sistema.

Después de recuperar el refrigerante de un sistema sellado, puede usar el nitrógeno para presurizar para detectar fugas o para eliminar los desechos del sistema, pero solo debe usar vapor de nitrógeno. El nitrógeno se puede ventear a la atmósfera porque es parte natural de ella.

Nunca use aire comprimido, ya que contiene oxígeno que puede explotar (cuando se mezcla con el aceite del compresor y algunos refrigerantes) y contiene mucha humedad.

Agregar una pequeña cantidad del refrigerante del sistema al sistema antes de presurizarlo con nitrógeno es legal, y este gas de verificación de fugas no tiene que ser recuperado. No obstante, por supuesto que es mejor para el medioambiente usar nitrógeno que no tenga ningún refrigerante agregado.

Consejo



Después de evacuar un sistema, nunca debe dejarlo con un vacío. Un sistema evacuado podría atraer aire, humedad y otros contaminantes hacia el sistema cuando las válvulas de servicio están conectadas o si el sistema tiene una fuga. Cargue el sistema de inmediato o guárdelo bajo una presión positiva con nitrógeno.

El nitrógeno seco en sí no produce daños al medioambiente cuando se ventea posteriormente porque la atmósfera ya contiene aproximadamente un 78% de nitrógeno.



Precaución

No use oxígeno ni aire comprimido para presurizar aparatos en busca de fugas porque al mezclarse con el aceite del compresor o con algunos refrigerantes, el oxígeno puede provocar una explosión. El aire comprimido también está lleno de humedad.

Prueba de detección de fugas con pérdida de presión

Otro procedimiento para detectar fugas es una prueba de detección de fugas con pérdida de presión, también conocida como prueba de detección de fugas con pérdida de presión estática o prueba de presión fija, que se describe en esta sección.

¿Por qué no usar una prueba de vacío para detectar fugas?

Nunca use la evacuación del sistema como prueba de detección de fugas. Una prueba de vacío no es el mejor método para probar si hay fugas en un sistema por muchas razones:

- Una prueba de vacío permite que el aire y la humedad entren al sistema si hay una fuga.
- Cuando trabaja en un sistema, no se puede determinar mediante el vacío dónde se encuentra la fuga, sino que solo puede determinar que existe una fuga.
- Cuando busca una fuga usando vacío, aplica presión inversa, que es lo que la atmósfera intenta introducir al sistema, de solo 14.7 psi. Sin embargo, en condiciones de funcionamiento normales, el sistema podría funcionar con una presión de

funcionamiento de cientos de psig, es decir, de 10 a 20 veces la diferencia de la presión de vacío.

- Una prueba de vacío en realidad podría ocultar una fuga. Por ejemplo, si hay un orificio del tamaño de un alfiler en una conexión de soldadura que tiene una acumulación de fundente, el vacío podría atraer el fundente hacia el orificio y producir un vacío profundo. Sin embargo, cuando se aplique presión al sistema, el fundente se desprenderá del orificio y se volverá a producir la fuga.

Utilizar una prueba de detección de fugas con pérdida de presión

Antes de evacuar un sistema, debe emplear una prueba de detección de fugas con pérdida de presión para verificar que no haya fugas.

Un método sencillo para determinar la existencia de una fuga en el sistema es presurizar usando una fuente de presión que no varíe una cantidad considerable con los cambios de temperatura. El nitrógeno seco es un buen gas para usar. Si planea usar un detector electrónico de fugas, agregue una pequeña cantidad del refrigerante común del sistema al sistema antes de presurizar con nitrógeno, creando un gas de cantidad detectable de fuga.

Las mezclas de nitrógeno y del refrigerante del sistema usadas como carga de retención o como gases para pruebas de detección de fugas (cantidad detectable de fuga) no están sujetas a la prohibición de venteo de la EPA porque, en estos casos, el compuesto que reduce la capa de ozono no se usa como refrigerante. ¡Sin embargo, no podrá evitar la recuperación de refrigerante agregando nitrógeno a un sistema cargado!

Precaución



Antes de agregar el nitrógeno, DEBE evacuar el sistema al nivel requerido. De lo contrario, la mezcla de refrigerante y nitrógeno se considerará un refrigerante, y su emisión es una infracción al reglamento de la EPA y está sujeta a una multa.

Nunca use mezclas de refrigerante, aire u oxígeno para detectar fugas en un sistema. Si mezcla un refrigerante con otro refrigerante distinto, la mezcla se podría transformar en combustible bajo presión. Lo mismo podría ocurrir si mezcla un refrigerante con aire o con oxígeno.

La forma más segura de verificar si hay fugas en un sistema es usando gas nitrógeno seco u otros gases inertes que sepa que son secos y limpios. Nunca use aire comprimido debido al riesgo de explosión con algunos refrigerantes y

al riesgo de contaminación del sistema. El aire comprimido que se vende en los talleres es bastante húmedo y contiene cantidades mínimas de aceite mineral, que es incompatible con los aceites sintéticos más nuevos.

Con la prueba de detección de fugas con pérdida de presión, usted presuriza el sistema hasta la presión indicada en la placa de identificación del sistema, registrar la presión y observar si hay degradación de la presión durante un periodo de tiempo suficiente.

La pregunta es ¿cuánto tiempo es lo suficiente? En un aparato pequeño con una carga normal de cinco libras o menos, un tiempo suficiente podría ser la hora del almuerzo, pero en un sistema grande de 100 toneladas, es posible que la unidad deba reposar durante una semana para mostrar una caída mensurable de la presión.

Algunos cambios naturales en la presión ocurren debido a la temperatura, la que usted debe regular, salvo que se mantenga relativamente constante. El sistema tiene una fuga si la presión desciende y si este descenso es mayor que la precisión de los medidores o la variación por el cambio de temperatura.

Procedimiento para la prueba de detección de fugas con pérdida de presión

1. Si *no* desea usar un detector electrónico de fugas con esta prueba, prosiga con el Paso 2. Si va a usar un detector de fugas con refrigerante, coloque una pequeña cantidad detectable del refrigerante del sistema dentro del sistema (eleve la presión hasta aproximadamente 10 psig, mucho menos para un sistema de baja presión Tipo III). No use mezclas de nitrógeno ni ningún otro refrigerante como mezcla para la prueba de detección de fugas. Solo el refrigerante del sistema se puede usar como refrigerante de detección de fugas agregado a un sistema.
2. Use el nitrógeno para aumentar la presión a la presión de funcionamiento máximo del sistema, como se indica en la placa de identificación del fabricante. Para determinar cuál es una presión segura para las pruebas de detección de fugas, use el valor que se indica en la placa de datos de presión de prueba del lado de baja presión.
3. Aísle el sistema de la fuente de nitrógeno. Golpee levemente el medidor para asegurarse de que la aguja esté libre y registre la presión. Si la presión desciende con el tiempo, el sistema tiene una fuga. Cualquier caída de la presión después de compensar los cambios de temperatura indica una fuga. Si observa una caída de presión, recuerde que la fuga podría provenir del distribuidor manométrico y de las conexiones, no del sistema.

4. Verifique que no haya fugas mientras el sistema está presurizado, ya que las fugas así son más fáciles de detectar. Si se agregó refrigerante en el Paso 1 antes de que el sistema estuviera presurizado, puede usar un detector electrónico de fugas de refrigerante. De lo contrario, use burbujas de jabón o un detector ultrasónico.
5. Cuando esté convencido de que el sistema no tiene fugas, deshidrate el sistema usando el método de evacuación triple para asegurarse de que no haya aire, refrigerante ni agua retenida en el sistema. Evacúe a al menos 500 micrones.

Precaución



Nunca use nitrógeno líquido para presurizar un sistema; use únicamente nitrógeno seco, limpio y comprimido. Cuando conecte a un cilindro de nitrógeno, siempre un regulador de presión con una válvula de alivio de presión corriente abajo.

No presurice ningún sistema por encima de la presión de funcionamiento del sistema que está escrita en la placa de identificación del equipo.

Para determinar cuál es la presión máxima permitida que se debe usar cuando se buscan fugas en un sistema, verifique la presión designada que se indica en la placa de identificación del equipo. Si no hay placa de identificación, use la temperatura normal de funcionamiento del condensador y la tabla de presión/temperatura de saturación del refrigerante (consulte la Tabla C-5) para determinar la presión normal de funcionamiento del condensador y utilice esa presión.

Los sistemas de baja presión, por lo general, tienen una válvula de alivio de presión fijada en 15 psig y, por lo tanto, habitualmente se prueban con la presión de campo de solo 10 psig.

Ejemplo



Si tiene un sistema evacuado diseñado para usar con R-134a o R-410A y desea detectar fugas en el sistema que no tiene una placa de identificación en la que se especifique la presión de prueba, entonces debe usar la temperatura de funcionamiento normal del condensador para determinar cuál es la presión de funcionamiento normal. Por ejemplo, use nitrógeno seco presurizado con un conjunto regulador a una presión de no más de 125 psig para R-134a o 320 psig para R-410A.

Evacuación de deshidratación

Los sistemas de refrigeración están diseñados para funcionar solo con refrigerante y aceite circulando por ellos. Excepto para los sistemas de baja presión, la mayoría de los sistemas tienen presiones normales de funcionamiento que están por encima de la presión atmosférica. Aun si el sistema tiene una fuga, el aire y los no condensables normalmente no pueden ingresar al sistema, salvo que toda la carga se haya escapado o que la carga sea tan baja que el compresor esté haciendo descender la presión del lado de baja presión por debajo de la presión ambiente. Por lo tanto, la deshidratación de un sistema solo es necesaria si el sistema se abrió y se permitió el ingreso de aire al sistema. Para deshidratar un sistema, se necesita un vacío profundo de por lo menos 500 micrones.

Eliminación del agua retenida con una evacuación profunda

Se puede retirar el agua o el refrigerante retenido repitiendo el proceso de disminución de vacío profundo hasta que toda el agua o el refrigerante se haya evaporado y el sistema mantenga el vacío profundo.

El calentamiento del sistema ayuda a eliminar el agua retenida aumentando la presión de vapor del agua e impidiendo que el agua se congele. Si el agua se congela, la evacuación es mucho más lenta. Por este motivo, si usa una bomba de vacío que sea demasiado grande, el vacío del sistema podría descender demasiado rápido y podría provocar que el agua en evaporación se enfríe y se congele, lo que dificultaría mucho más la eliminación del agua. Incluso si el agua no se congela, la temperatura más baja del agua disminuye el punto de ebullición del refrigerante, y se hace necesario un vacío más profundo para evaporar el resto del agua que ahora está más fría.

Método de evacuación triple

Una evacuación triple es un método de evacuación en el que el sistema se evacua inicialmente al vacío más profundo posible, generalmente de por lo menos 2,000 micrones. Luego, se introduce una pequeña cantidad de nitrógeno seco en el sistema para aumentar la presión por encima de la presión ambiente, generalmente en aproximadamente 10 a 15 psig.

Luego se purga el nitrógeno o se ventea, generalmente por la bomba de vacío, y el sistema es evacuado nuevamente. No es necesaria la recuperación de nitrógeno. Este proceso de evacuación seguido por la presurización del nitrógeno se repite (típicamente por lo menos tres evacuaciones en total) y la última evacuación debe lograr un vacío mínimo de 500 micrones.

La evacuación triple es un método eficaz para deshidratar porque utiliza el nitrógeno seco para barrer dentro de las tuberías de refrigerante y quitar la

humedad residual. El aire tiene un 78% de nitrógeno, por lo que este proceso no daña el medioambiente.

Durante cada prueba de descenso del vacío, aísle el sistema de la bomba de vacío y espere para ver si la presión aumenta (el agua se está evaporando). Como la cantidad de gas retenido en el sistema esencialmente es cero, no es necesario compensar los cambios de temperatura.

Si observa un aumento de la presión, el sistema podría tener una fuga, pero esto es improbable porque ya pasó la prueba de detección de fugas con pérdida de presión en el sistema a una presión mucho mayor. Si la presión aumenta a un punto y luego se detiene en otro punto ya sea por encima o por debajo de 0 psig, esto indica que el agua (si está por debajo de 0 psig) o el refrigerante (si está por encima de 0 psig) todavía se está evaporando. Solo si el sistema tuviera una fuga, el aumento de presión se detendría en 0 psig (presión atmosférica).

Si la presión aumenta por encima de 0 psig, el refrigerante todavía está retenido en el sistema. El refrigerante podría quedar retenido en o bajo cualquier aceite en el sistema. El refrigerante retenido se sigue evaporando, lo que aumenta la presión de vapor por encima de la presión ambiente.

Si la presión aumenta desde el vacío profundo inicial pero se detiene en algún nivel de vacío por debajo de la presión ambiente, probablemente haya agua retenida en el sistema.

Cuando use nitrógeno seco de un cilindro portátil, debe usar un regulador de presión y, por razones de seguridad, siempre debe usar una válvula de alivio de presión (o disco de ruptura) que va insertada en la línea corriente abajo del un regulador de presión para evitar la presurización excesiva del sistema.

Herramientas necesarias

Las herramientas necesarias para realizar una evacuación triple son una bomba de vacío de doble efecto, un suministro de nitrógeno gaseoso (tanque de nitrógeno, regulador y dispositivo de alivio de presión corriente abajo) y un medidor de vacío en micrones.

Bomba de vacío

Una bomba de vacío elimina los líquidos como el aire, otros gases no condensables y el agua de un sistema, y hace bajar la presión del sistema por debajo de la presión atmosférica. Una bomba de vacío consiste en un diseño de efecto simple o doble, pero la bomba de vacío de doble efecto es necesaria para que los aparatos de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC/R) funcionen.

La bomba de vacío también puede tener una válvula de estrangulamiento del gas, lo que ayuda a impedir que la humedad que se está eliminando del sistema se condense en el aceite de la bomba de vacío y reduzca el nivel de vacío máximo alcanzable. Siempre que una bomba de vacío de dos fases no pueda alcanzar fácilmente un vacío profundo de al menos 500 micrones (cuando está aislado), el aceite de la bomba de vacío podría contaminarse con agua, por lo que el aceite debe cambiarse.

La Figura C-28 muestra una típica bomba de vacío de doble efecto y la ubicación de la válvula de estrangulamiento del gas (perilla de bronce).

La válvula de estrangulamiento del gas se utiliza para impedir que las impurezas (por ej., refrigerantes y humedad) se condensen y se mezclen con el aceite de la bomba de vacío. Si los refrigerantes o la humedad se condensan en el aceite de la bomba de vacío, la bomba de vacío no podrá lograr un vacío profundo. Durante las primeras etapas de la evacuación, los vapores del refrigerante o la humedad están más concentrados. La válvula de estrangulamiento del gas permite que haya un poco de aire ambiental en la bomba de vacío para diluir las impurezas y reducir la condensación del refrigerante y/o la humedad en el aceite de la bomba de vacío.

Procedimiento para usar una válvula de estrangulamiento del gas:

1. Mantenga la válvula de estrangulamiento del gas cerrada cuando la bomba de vacío no esté en uso.
2. Después de conectar la bomba de vacío y de comenzar la evacuación, *abra la válvula de estrangulamiento del gas (gírela 1/4 para abrirla totalmente)* durante la evacuación inicial.
3. Cuando la presión de vacío caiga a un vacío de por lo menos 20 a 25 pulgadas de mercurio, cierre la válvula de estrangulamiento del gas y continúe el procedimiento de evacuación para lograr el vacío final. Si se olvida de cerrar la válvula de estrangulamiento del gas, no se logrará un vacío profundo.



Figura C-15. Bomba de vacío de doble efecto con válvula de estrangulamiento del gas

Las bombas de vacío también se clasifican por el grado de vacío que pueden lograr en micrones. Una bomba de vacío de doble efecto es necesaria para extraer los vacíos profundos (por debajo de 500 micrones), lo que es necesario para la correcta evacuación profunda y eliminación del agua en los sistemas.

La extracción del aire y de los no condensables baja la presión dentro del sistema por debajo de la presión atmosférica, lo que provoca que cualquier agua líquida retenida se evapore y se escape por la bomba de vacío.

Medidor electrónico de vacío (medidor de micrones)

Un medidor electrónico de vacío o medidor de micrones muestra el nivel de vacío directamente en micrones y es el único método de campo preciso para determinar el nivel de evacuación de un vacío profundo. La Figura C-29 muestra un típico medidor electrónico en micrones. El medidor de micrones es mucho más preciso para medir vacíos profundos (presiones muy bajas) comparado con un distribuidor manométrico.



Figura C-16. Medidor electrónico de vacío en micrones

El manómetro compuesto del lado de baja presión (azul) en un conjunto de distribuidores mide los niveles de evacuación usando una escala inexacta basada en pulgadas de mercurio. Esta escala varía de 0 pulgadas de mercurio (sin vacío) a 30 pulgadas de mercurio (vacío total). Comparativamente, el medidor de micrones amplía esta escala en los niveles de vacío más profundos, lo que brinda una resolución de medición mayor.



Ejemplo

Hay 25,000 micrones entre 29 y 30 pulgadas de mercurio. La mayoría de los fabricantes recomiendan que la presión del sistema se reduzca a un nivel de vacío entre 300 y 500 micrones. Un distribuidor manométrico no brinda suficiente precisión para este tipo de medición.

Proceso de evacuación

Cuando evacua un sistema, necesita contar con lecturas precisas del medidor de micrones. Para obtener las lecturas más precisas, conecte su medidor de vacío cerca del sistema que desea evacuar (es ideal colocarlo directamente en una entrada de servicio) y lo más lejos posible de la bomba de vacío. Nunca conecte el medidor en la línea entre la bomba de vacío y el sistema. Mida siempre el vacío con la bomba de vacío apagada y aislada.

Cuando cierre una bomba de vacío, siga este procedimiento:

1. Aísle (cierre) la manera que está usando para evacuar el sistema, separando la bomba del sistema.
1. Interrumpa el vacío en la línea entre la bomba de vacío y el sistema.
2. Cierre la bomba de vacío. Si simplemente cierra la bomba de vacío sin aislarla o sin interrumpir el vacío en la manguera de conexión, el vacío del sistema o la manguera atrae aceite de la bomba de vacío hacia el sistema o la manguera, lo que contaminará el sistema o la manguera.
3. Mida el vacío final del sistema con el sistema aislado y la bomba de vacío apagada.
4. Después de aislar la bomba de vacío del sistema, espere de 10 a 15 minutos para verificar que el medidor de vacío no llegue a un nivel que supere los 500 micrones. Si la lectura del medidor no supera los 500 micrones durante el periodo de espera, sabrá que el sistema ha sido evacuado adecuadamente.

Consejo



Se dice que un sistema está deshidratado cuando el indicador de vacío muestra que ha logrado el vacío final necesario y que éste se mantiene.

Use líneas de vacío (mangueras) que sean iguales a o más grandes que la conexión de entrada de la bomba. La conexión de tubería a la bomba de vacío debe tener el diámetro más grande y la menor longitud posible.

El diámetro de las conexiones de las tuberías a la bomba de vacío deben ser lo más grande posible y de la longitud más corta posible. Elimine cualquier restricción en la manguera, por ej., los depresores innecesarios del núcleo de la válvula Schrader.

Una lectura del medidor de micrones de entre 1,000 y 5,000 micrones indica que queda algo de humedad en el sistema y que se requiere otra evacuación.

Una lectura del medidor de micrones que aumenta a más de 5,000 micrones durante el periodo de espera sugiere la probabilidad de una fuga en el sistema. Cuando existe una fuga, es necesario identificar y reparar la fuga del sistema.

La evacuación puede ser un proceso lento y tedioso. Si acelera el proceso solo provocará niveles de evacuación inadecuados. Como consecuencia, el equipo operará por debajo de la eficiencia máxima y presentará fallas prematuras en los componentes. No puede evacuar un sistema en exceso.

Ciertas técnicas pueden acelerar la evacuación. Los factores que afectan la velocidad de la evacuación incluyen el tamaño del equipo que se evacua, la temperatura ambiente y la cantidad de humedad en el sistema. La capacidad de una bomba de vacío y el tamaño de la línea de succión determinan la duración de la deshidratación. Durante la deshidratación de un sistema de refrigeración, puede calentar el sistema para reducir el tiempo de deshidratación.

Eliminación de gases no condensables

Si el aire entra al sistema de refrigeración o a un cilindro de recuperación, el sistema no funciona correctamente; incluso en las temperaturas más frías, el aire no se condensará en ningún sistema de compresión de vapor. Esto significa que el aire o cualquier otro vapor no condensable no se condensan en ninguna parte del sistema de compresión de vapor, lo que aumentará las presiones del sistema.

Si intenta recargar el sistema sin haber eliminado primero los gases no condensables, el sistema funciona con presiones de condensación superiores a lo normal debido al aire retenido en la parte superior del condensador. Este aire reduce eficazmente la capacidad del condensador para expulsar el calor y aumenta la temperatura y la presión general de descarga. Como resultado, no solo el sistema pierde eficacia, sino también los componentes del sistema, por ej., el compresor, tienen la probabilidad de fallar prematuramente debido a la carga extra.

Los gases no condensables también pueden provocar reacciones químicas que producen ácidos, reducen la lubricación de aceite y transportan humedad al sistema. El vapor de agua introducido inadvertidamente en el sistema junto con el aire que ingresa puede dañar el sistema porque la humedad acelera la formación de ácidos en el refrigerante y el aceite. Si el evaporador funciona por debajo del punto de congelamiento del agua, el vapor de agua en el refrigerante puede congelarse en el conducto pequeño del dispositivo de expansión, y hacer que el sistema deje de enfriar. Este modo de falla único sucede cuando el sistema deja de enfriar después de funcionar un tiempo (debido a la válvula de expansión obstruida con hielo). Pero entonces, después de permanecer inactivo, el sistema funciona normalmente de nuevo porque el atascamiento de hielo se derritió. El sistema funciona otra vez durante algún tiempo antes de que se forme hielo nuevamente en el dispositivo de expansión.

Para evitar daños en el aparato, debe asegurarse de que no haya gases no condensables en el sistema. Una forma de evitar la introducción de gases no condensables en el sistema es realizar una evacuación apropiada del sistema después de que se ha reparado y se ha probado que no haya fugas de presión y antes de cargar el sistema con refrigerante.

Nunca cargue un sistema de forma cruzada: si un sistema contiene un tipo de refrigerante, nunca lo llene con un refrigerante diferente.

Debe saber si existe aire u otros gases no condensables en exceso en el cilindro de recuperación porque no querrá colocar refrigerante contaminado con gases no condensables nuevamente en el aparato.

Como ya sabe el gas no condensable puede provocar el aumento de la presión, si supiera cuál debe ser la presión y si pudiera medir la presión real, podría saber si hay gases no condensables en el sistema. Un método simple de verificar que no haya gases no condensables es usar el cuadro de presión/temperatura (Tabla C-5) para el refrigerante.

Si conoce la temperatura ambiente donde se encuentra el aparato o el cilindro de recuperación (y esta temperatura es estable y representa la temperatura del sistema), puede averiguar cuál debería ser la presión si no había gases no condensables en el sistema. Luego puede comparar esa presión con la presión real. Si la presión real es mayor, podría haber presencia de no condensables.

Si mide una presión inferior a la presión indicada en el cuadro de presión-temperatura, una de las siguientes tres razones podría ser la causa:

1. Las lecturas de presión o de temperatura son incorrectas debido a las condiciones inestables o a los dispositivos de medición que no están calibrados. Permita que la temperatura del cilindro se estabilice a temperatura ambiente antes de tomar lecturas de presión.
2. El refrigerante está contaminado con otro refrigerante.
3. El refrigerante es una mezcla que se ha fraccionado y el componente más volátil se ha filtrado.

Cuando haya sospecha de contaminación, fraccionamiento o presencia de no condensables, no use el refrigerante. El refrigerante debe ser regenerado por un regenerador certificado o destruido por una empresa aprobada para encargarse de la disposición final. El refrigerante no se puede reciclar.



Consejo

Si tiene dudas, no use el refrigerante.

Lubricantes y procedimientos de evacuación

Los procedimientos de evacuación en la actualidad tienen que ser mucho mejores que antes debido a los nuevos lubricantes que se usan con los

refrigerantes HFC. En el pasado, los sistemas CFC y HCFC usaban aceite mineral, que tiene un límite de saturación de agua mucho menor que los nuevos aceites sintéticos, que absorben mayores concentraciones de (al menos 100 veces más). Ya que existe la posibilidad de que haya mucha más agua en el sistema, se debe evitar la entrada de humedad al sistema y se deben seguir rigurosamente los métodos de evacuación.

Antes de recargar un sistema de refrigeración, y después de agregar un nuevo filtro secador y verificar que el sistema no tenga fugas, evacúe el sistema a por lo menos 500 micrones para deshidratar el sistema (para eliminar el agua y/o el vapor de agua). Si está trabajando con refrigerantes inflamables, la unidad de recuperación, el cilindro de refrigerante y el sistema deben estar conectados a tierra para prevenir que una chispa eléctrica cause una explosión. La evacuación triple del sistema es el mejor método de deshidratación.

Si bien la EPA establece que la manera más efectiva de *detectar el área general* de una pequeña fuga es empleando un verificador electrónico o ultrasónico, *la mejor manera de verificar que un sistema no tenga fugas* es haciendo una verificación de fuga a presión a la presión máxima del sistema..

Seguridad general

Los problemas de seguridad generalmente relacionados con los refrigerantes son el desplazamiento del oxígeno en una habitación (asfixia), toxicidad, inflamabilidad, congelamiento y explosión (debido a la alta presión o combustión de refrigerantes inflamables). Todos los refrigerantes representan uno o más de estos problemas de seguridad pero solo si el refrigerante se escapa del contenedor o del sistema. Se pueden usar los refrigerantes en forma segura si cumple siempre con las pautas de seguridad, si usa el equipo apropiado y si sabe qué hacer en caso de que se escape el refrigerante.

Preocupaciones de seguridad

Asfixia

Cuando los refrigerantes se emiten al aire, desplazan el oxígeno en el área (asfixia) sin que se note. La mayoría de los refrigerantes son más pesados que el aire, inodoros, insípidos e invisibles. Antes de comenzar a trabajar con cualquier refrigerante, asegúrese de que el área tenga ventilación adecuada. El área debe tener por lo menos cuatro cambios de aire por hora.



Precaución

Evite la respiración prolongada de los vapores o de la niebla del refrigerante. La inhalación de refrigerante en altas concentraciones durante periodos prolongados es sumamente peligrosa y podría provocar irregularidades cardíacas o pérdida del conocimiento. Puede provocar la muerte sin advertencia.

En la mayoría de los accidentes con refrigerantes en los que una persona fallece, la causa principal es la privación de oxígeno porque el refrigerante desplaza al aire.

Los refrigerantes no tóxicos (por ej. el R-22) aun así pueden provocar asfixia porque, al igual que otros refrigerantes, son más pesados que el aire y lo desplazan.

Prevención de la asfixia

Si alguien se ve confinado en un espacio con oxígeno inadecuado debido a una alta concentración de refrigerante, traslade a la persona hacia un lugar donde haya aire fresco, busque atención médica y administre oxígeno si es necesario. Recuerde que, a diferencia del humo, el vapor de los refrigerantes generalmente es más pesado que el aire, por lo que, si la ventilación es deficiente, el vapor se concentrará en las áreas bajas.

Si hay una emisión grande de cualquier refrigerante en un área confinada, debe usar un aparato respirador autónomo (SCBA, por sus siglas en inglés) o desocupar y ventilar el área del derrame. Ventile los espacios cerrados antes de ingresar y evite las áreas bajas mientras sale.

Si ocurre una fuga grande de refrigerantes, por ejemplo de un cilindro lleno en un área cerrada, y no se dispone de un SCBA, evacue el área inmediatamente.

Toxicidad

La norma 34 de ASHRAE divide los compuestos refrigerantes en grupos de baja y alta toxicidad. El grupo de toxicidad se asigna dependiendo del límite de exposición permitido (LEP) del compuesto (consulte la Figura C-30).

- Los refrigerantes con toxicidad inferior tienen LEP de más de 400 partes por millón (ppm) y se clasifican como tipo A.
- Los refrigerantes con toxicidad más alta tienen LEP de menos de 400 ppm y se clasifican como tipo B.

Los refrigerantes más antiguos, como el CFC-11 y el HCFC-22, tienen límites de exposición muy seguros, igual que el refrigerante alternativo HFC-134a. Un refrigerante alternativo popular, el HCFC-123, tiene un límite de exposición permitido muy bajo (30 ppm) y está clasificado como de mayor toxicidad junto con el amoníaco y el dióxido de azufre. Aunque el R-245fa actualmente se clasifica como A1, esta clasificación es provisional y se revisará a medida que hay más datos disponibles.

El calor excesivo puede dar lugar a que el refrigerante se descomponga, potencialmente formando vapores tóxicos.

Inflamabilidad

La norma 34 de ASHRAE también clasifica a los refrigerantes según su inflamabilidad. Para indicar el nivel de inflamabilidad, se asigna un número del 1 al 3:

- El número 1 se asigna a los refrigerantes sin propagación de llama. Los refrigerantes Clase 1 no muestran propagación de la llama cuando se prueban en aire a 70 °F y a presión atmosférica (21 °C y 101 kPa).
- El número 2 se asigna a los refrigerantes con baja inflamabilidad. Los refrigerantes Clase 2 tienen un límite de inflamabilidad menor, por encima de 0.10 kg/m³ a 70 °F y una presión atmosférica y calor de combustión de menos de 19 kJ/kg.
- El número 3 se asigna a los refrigerantes con alta inflamabilidad. Los refrigerantes Clase 3 son altamente inflamables debido a lo definido por un límite de inflamabilidad inferior que es menor o equivalente a 0.10 kg/m³ a 70 °F y una presión atmosférica o calor de combustión mayor o equivalente a 19 kJ/kg.

El refrigerante más seguro sería aquel que cuente con una clasificación de seguridad de refrigerante bajo la ASHRAE de A-1, lo que quiere decir baja toxicidad (A) y no inflamable (1), como el R-134a. La Figura C-30 muestra la inflamabilidad contra a la toxicidad de los refrigerantes comunes.



Superior de inflamabilidad	A3 (R-50, R-170, R-290, R-600, R-1270)	B3 (R-1140)
Baja inflamabilidad	A2 (R-142b, R-152a)	B2 (R-30, R-40, R-611, R-717)
No propagación de la llama	A1 (R-11, R-12, R-13, R-14, R-22, R-113, R-114, R-115, R-134a, R-410A, R-245fa (provisional))	B1 (R-10, R-21, R-123, R-764)
	Baja toxicidad	Mayor toxicidad

Figura C-17. Clasificaciones según la ASHRAE con algunos refrigerantes de ejemplo

Refrigerantes de hidrocarburos

Los refrigerantes de hidrocarburos son componentes de petróleo y gas natural que se encuentran en la naturaleza. Si bien las propiedades ambientales, termodinámicas y termo-físicas de los refrigerantes de hidrocarburos son excelentes, estos refrigerantes son altamente inflamables. Algunos refrigerantes de hidrocarburos comunes son R-50 (metano), R 170 (etano), R-290 (propano), R-441a (3% de etano, 55% de propano, 42% de isobutano), R-600 (n-butano), R-600a (isobutano), R601a (isopentano), R 1150 (etileno, propileno).

Refrigerantes de hidrofluoroolefina

Los refrigerantes de HFO son HFC insaturados que, debido a su compatibilidad con el medio ambiente, se promocionan vigorosamente como ser la próxima generación de refrigerantes, aunque no son tan ecológicos como los refrigerantes de HC. Si bien la mayoría de los refrigerantes de HFO aún son inflamables, son menos inflamables que los refrigerantes de HC. Dado que los refrigerantes de HFO, al igual que los refrigerantes de HFC, contienen átomos de flúor, estos átomos de flúor reducen la inflamabilidad.

Los fabricantes de refrigerantes desarrollaron varias mezclas de HFO adaptadas a aplicaciones específicas. El desarrollo más avanzado es el de HFO-1234yf, HFO-1234ze, y HFO-1233zd. Los HFO-1234yf, HFO-1234ze están clasificados como A2L, lo que quiere decir que son “ligeramente”

inflamables (clasificados con la letra L, por ‘bajo’ en inglés) y los HFO-1233zd están clasificados como A1 (no inflamable).

Precauciones de seguridad de inflamabilidad

Para la EPA, los riesgos de inflamabilidad son una preocupación especial debido a que los aparatos de refrigeración en los Estados Unidos, a diferencia de los de Europa, tradicionalmente emplean refrigerantes que no son inflamables. Si no hay una capacitación adecuada, los riesgos que plantean los refrigerantes inflamables podrían ser mayores que los que plantean los refrigerantes no inflamables dado que las personas tal vez no son conscientes de que sus acciones podrían dar lugar a un incendio. Puede ver la Capacitación sobre refrigerantes inflamables visitando www.epatest.com.

Antes de que empiece a trabajar con cualquier equipo de refrigeración, debe verificar que no haya recipientes derramados o abiertos de líquido o vapor inflamable como gasolina y diluyentes en el área. No opere ningún sistema donde haya líquidos o vapores inflamables a menos que el sistema y las herramientas que use estén específicamente diseñadas para usarse en ubicaciones con vapor inflamable. Las chispas que puedan surgir de contactores, relés y motores del sistema o de las herramientas y el equipo podrían dar lugar a un incendio o una explosión.

Precaución



Nunca use lubricantes que contengan silicona o silicato, componentes que generalmente se usan como aditivos antiespumantes, ya que estos lubricantes no son compatibles con los refrigerantes de HC o de HFO.

Nunca use ningún compuesto de sellado de fugas o para secar humedad con los refrigerantes de HC o de HFO debido a que tales compuestos usualmente contienen silicatos.

Nunca use EPDM (etileno propileno dieno tipo M), cauchos naturales o cauchos de silicona en sistemas refrigerantes de HC o de HFO. Tales materiales no son compatibles.

Marcas para los sistemas que contienen refrigerantes inflamables

Los aparatos que contienen refrigerantes de hidrocarburos inflamables deben tener una marca roja en el lugar por donde se accederá al refrigerante. Es obligatorio que la marca roja aparezca en todos los puertos de servicio y donde se esperaría que ocurra perforación del servicio o la creación de una abertura desde el circuito de refrigerante a la atmósfera. El color rojo debe extenderse un mínimo de 1 pulgada en ambas direcciones desde dichas ubicaciones.

Este color es el mismo que se especifica en la Guía N-2008 de AHRI, Asignación de colores de contenedores de refrigerante, para identificar contenedores de refrigerante inflamables, tales como el propano, isobutano y R-441A. El propósito de la sección de tubos coloreada es notificar al técnico que lleva a cabo el servicio técnico que el sistema está cargado con un refrigerante inflamable de manera que pueda tomar precauciones adicionales (tales como minimizar el uso de equipos que hagan chispas) de una manera que sea adecuada para prevenir accidentes, y en especial si las etiquetas de refrigerante cargado ya no son legibles. Agregar el color rojo en el tubo dentro del dispositivo proporciona una caución adicional de que se sepa que hay un refrigerante inflamable presente.

Esto no quiere decir que toda la manguera o tubo de proceso debe ser de color rojo. Para los tubos de proceso, al menos una pulgada del tubo debe ser roja, extendiéndose desde el compresor como se muestra en la Figura C-31. Así, si el tubo de proceso se llegara a corta para llevar acabo el servicio técnico, la marca roja igualmente estaría presente cuando el tubo vuelva a soldarse.

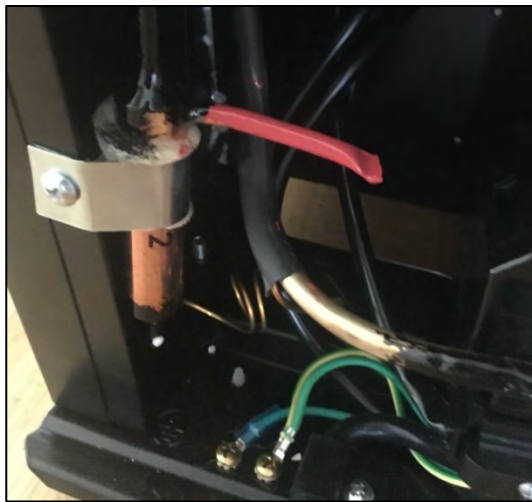


Figura C-18. Tubo rojo para informarle al técnico sobre la presencia de refrigerante inflamable

Si el servicio técnico adicional causaría que la porción coloreada del tubo de proceso sea inferior a 1 pulgada de largo, la marca roja debe extenderse por lo menos 1 pulgada. Si no hay suficiente espacio para extender la marca al menos 1 pulgada, se debe instalar un tubo de proceso nuevo que tenga una marca roja de al menos 1 pulgada. Para otros sitios, como si se agrega un puerto de servicio o una válvula de acceso al refrigerante del sistema, la marca roja debe ser de al menos 1 pulgada en ambas direcciones desde el puerto o la válvula.



Nota

Las normas de UL a las que se hace referencia bajo esta regla no permiten que se agreguen puertos de servicio en productos terminados que utilizan refrigerantes inflamables; no obstante, se pueden agregar puertos de servicio durante el servicio técnico y el requisito de las marcas rojas seguirá siendo aplicable.

El color rojo siempre debe estar presente (no se debe aplicar solamente inicialmente al momento de la instalación) incluso cuando se reemplazan o quitan los tubos.

Puede usar una manga de color siempre y cuando se cumplan los requisitos de la condición de uso (color rojo, sitio y dimensión). No obstante, para seguir cumpliendo con las condiciones de uso, si retira una manga durante el servicio técnico, debe reemplazar tal manga en el tubo que reciba servicio técnico con otra manga.

La notificación es necesaria para avisarles a los técnicos y al personal responsable de desechar o reciclar aparatos que hay un refrigerante que puede prenderse fuego si llegara a haber una fuente de chispas cerca. Las etiquetas advierten la presencia de un refrigerante inflamable. Debe haber etiquetas de Peligro y Precaución publicadas permanentemente en ubicaciones específicas en aparatos domésticos y de negocios que utilizan refrigerantes de hidrocarburos. El texto debe ser de ¼" (6.4 mm) para que sea más fácil para los técnicos, consumidores, dueños de negocios y personal de primeros auxilios de emergencia ver las etiquetas de advertencia (consulte la sección de Etiquetas para el despacho en la página 93).

Todos los contenedores de refrigerante que contienen un refrigerante inflamable o una mezcla de refrigerante que podría tornarse inflamable si llegara a haber una fuga, deben tener una banda roja en la parte del hombro o superior del contenedor.

No se permite el uso de puertos de servicio en los refrigeradores domésticos nuevos o en los refrigeradores de alimentos de negocios independientes que usan refrigerantes inflamables, pero las regulaciones de la Ley de Aire Limpio todavía indican que debe haber un tubo de proceso cuando no se utiliza un accesorio de servicio. Como mínimo, este tubo de proceso debe tener una marca roja de una pulgada de largo en el tubo para indicar la presencia de refrigerante inflamable, y si se llegara a eliminar o acortar esta marca, debe ser reemplazada por una marca roja nueva que sea de al menos una pulgada de largo.

Si se instala un puerto de servicio o una válvula de acceso después de la fabricación (instalar uno está permitido), la marca roja para indicar la presencia de material inflamable debe aplicarse al menos a una pulgada en ambas direcciones desde la válvula. Si se llegara a instalar tales accesorios, deben estar diseñados específicamente para refrigerantes inflamables.

Precaución

Siempre siga estas precauciones de seguridad al trabajar con refrigerantes inflamables:



- *Nunca ponga una llama abierta o vapor vivo a un cilindro de refrigerante.*
- *No corte ni suelde ninguna tubería de refrigerante cuando haya refrigerante en la unidad.*
- *Siempre vuelva a colocar la tapa de la válvula cuando no esté usando el cilindro.*
- *Asegúrese de que el cilindro de refrigeración, la unidad de recuperación y el sistema estén conectados a tierra antes de comenzar cualquier servicio técnico o recuperación de refrigerante para prevenir las chispas eléctricas estáticas.*
- *Asegúrese de que las líneas estén limpias y no tengan daños.*
- *Nunca use oxígeno o aire comprimido para purgar las tuberías o presurizar el sistema.*
- *Almacene y use cilindros en áreas secas y bien ventiladas, lejos de todos los riesgos de incendio.*
- *Mantenga los cilindros lejos de las fuentes de calor.*
- *No modifique los cilindros ni sus válvulas.*
- *Nunca ruede los cilindros sobre el piso.*
- *Pese el cilindro para asegurarse de que el cilindro esté vacío.*
- *Solamente use cilindros de recuperación específicos, diseñados y marcados (marca roja) específicamente para usar con refrigerantes inflamables.*
- *Nunca use EPDM (etileno propileno dieno tipo M), cauchos naturales o cauchos de silicona en sistemas refrigerantes de HC o de HFO. Tales materiales no son compatibles.*

Congelación

Podría sufrir quemaduras y congelación si el gas entra en contacto con su piel. Siempre use equipo de protección personal cuando trabaje con refrigerantes, los sistemas y los cilindros que los contienen para prevenir la congelación.

Explosión

Nunca use ningún equipo que no esté clasificado para manejar refrigerantes inflamables al trabajar con este tipo de refrigerantes. Solo use equipos de recuperación o reciclaje que hayan sido probados y certificados por la EPA para su uso con el refrigerante de HFO o HC inflamable específico que se está recuperando. Estas unidades de recuperación se han diseñado específicamente para que brinden protecciones adicionales para prevenir riesgos de explosión e incendio.

Si se manipulan incorrectamente, los refrigerantes inflamables podrían representar un mayor riesgo para la seguridad. Cuando la concentración de un refrigerante inflamable es tal que supera el límite inferior de inflamabilidad (LFL, por sus siglas en inglés) o está por debajo del límite superior de inflamabilidad (UFL, por sus siglas en inglés) en presencia de una fuente de ignición, podría ocurrir una explosión o incendio. El encendido podría ser causado por varias fuentes: una chispa eléctrica estática que resulta de cerrar una puerta, el uso de una antorcha durante el servicio técnico, una chispa que se produce al abrir el contactor, la operación cerca de un motor o interruptor que no es a prueba de explosión o un cortocircuito en el cableado que controla el motor de un compresor.

Si está trabajando con refrigerantes inflamables, debe conectar la unidad de recuperación, el tanque de refrigerante y el sistema a tierra para prevenir que una chispa eléctrica cause una posible explosión.

Nunca almacene los cilindros de refrigerante cerca de sustancias altamente inflamables ya que pueden explotar y/o descomponerse si llegara a haber un incendio. Nunca caliente un tanque de almacenamiento de refrigerante con una llama abierta ya que el calor puede presurizar el tanque de más, dando lugar a las fugas de refrigerante a la atmósfera o la explosión del tanque, que puede causar lesiones graves para las personas que se encuentren alrededor.

Hoja informativa sobre la seguridad

Los solventes, las sustancias químicas y los refrigerantes vienen con una hoja informativa sobre la seguridad (SDS, por sus siglas en inglés), que brinda información importante sobre las características físicas/químicas y los procedimientos de primeros auxilios. Revise siempre esta información antes de trabajar con un refrigerante.

Equipos adecuados

Equipo de protección personal

Dado el riesgo de un escape de refrigerantes durante un procedimiento, use siempre su equipo de protección personal cuando trabaje con refrigerantes, los sistemas y los cilindros que los contienen:

- Use gafas de seguridad a prueba de salpicaduras para evitar que el refrigerante líquido congele la humedad de los ojos y provoque una ceguera permanente. Si ingresa refrigerante a los ojos, enjuague la zona con agua durante por lo menos 15 minutos.
- Use guantes y calzado de protección contra el congelamiento. Si la piel entra en contacto con el refrigerante, enjuague la zona con agua durante por lo menos 15 minutos.
- Si le cae refrigerante sobre la ropa, quítesela y enjuague la piel durante por lo menos 15 minutos.

Además de protegerse el cuerpo con equipo de protección, lea y siga todas las precauciones de seguridad para el equipo que usa. Lea siempre la Hoja informativa sobre seguridad de cualquier sustancia con la que trabaje, incluidos los refrigerantes, los lubricantes y cualquier solución de enjuague o limpieza.

Precaución



Siempre siga las siguientes precauciones de seguridad:

- ***Nunca ponga una llama abierta o vapor vivo a un cilindro de refrigerante.***
- ***No corte ni suelde ninguna tubería de refrigerante cuando haya refrigerante en la unidad.***
- ***Nunca use oxígeno o aire comprimido para purgar las tuberías o presurizar el sistema. Solamente use gas nitrógeno seco y siempre use un regulador de presión y un dispositivo de alivio de presión corriente abajo.***

Equipo de sistema

Antes de brindar mantenimiento o servicio técnico o de usar algún equipo de refrigeración, inspeccione el equipo en busca de señales de daños, oxidación, corrosión o deterioro. No use ningún equipo cuya integridad sea cuestionable ni ningún equipo que pueda estar defectuoso. Esto incluye el compresor; todos

los medidores, mangueras, accesorios y válvulas; todos los cilindros y tanques; y todas las herramientas.

Cilindros

Como aprendió en secciones anteriores de esta guía de estudio, los cilindros que se usan para despachar y almacenar refrigerantes deben estar aprobados por el Departamento de Transporte (DOT) y se deben manipular cuidadosamente para evitar que haya fugas de refrigerante o que se rompa el contenedor. Cada vez que use un cilindro debe inspeccionarlo cuidadosamente. Los cilindros de refrigerantes no deben estar oxidados ni dañados y deben tener una certificación de prueba hidrostática (presión) actual y deben estar seguros.

Los cilindros también están codificados por color para indicar el refrigerante que contienen. Por ejemplo, azul celeste se usa para el R-134a o rosado para el R-410A. Puede ver una lista completa de los códigos de color para cilindros de refrigerantes nuevos o regenerados en la Tabla C-6.

En junio de 2016, el AHRI declaró que para el año 2020, se eliminará la codificación por colores de los contenedores de refrigerante. Esto es infortunado ya que la codificación por colores no solamente ahorra tiempo, sino que también puede ayudar a prevenir el uso accidental del refrigerante erróneo.

Los cilindros de recuperación de refrigerante aprobados están codificados por color con el cuerpo gris y la parte superior amarilla para indicar que el cilindro está diseñado para contener refrigerante recuperado. Los cilindros también deben estar rotulados con el refrigerante que contienen. Antes de agregar refrigerante a un cilindro de recuperación, asegúrese de que el contenedor esté rotulado y, opcionalmente, también codificado por color para el refrigerante que agregue al cilindro.



Precaución

Nunca debe usar un cilindro desechable para recuperar refrigerante. Los contenedores desechables de refrigerante se usan solo para refrigerantes puros o regenerados y únicamente deben ser llenados por el fabricante o por un regenerador certificado por la EPA.

Cuando usa una unidad de recuperación, puede controlar el nivel de llenado del cilindro de recuperación usando un interruptor de flotador mecánico, un dispositivo de cierre electrónico o pesando el cilindro en una balanza.

Tabla C-6. Codificación de color para los tanques de refrigerantes

Color de tanque		Refrigerante
	Anaranjado	R-11
	Blanco	R-12
	Azul cielo	R-13
	Verde claro	R-22
	Celeste/Gris	R-23
	Púrpura oscura	R-113
	Azul marino	R-114
	El acorazado gris	R-116
	Celeste/Gris	R-123
	Verde oscuro	R-124
	Marrón claro	R-125

Color de tanque		Refrigerante
	Azul cielo	R-134a
	Coral	R-401A
	Mostaza	R-401B
	Anaranjado	R-404A
	Marrón	R-407C
	Marrón claro	R-409A
	Rosado	R-410A
	Amarillo	R-500
	Morado claro	R-502
	Aqua	R-503
	Verde azulado	R-507
	Cuerpo gris/ Parte superior amarilla	Cilindro de recuperación

Debido a que cualquier cilindro de refrigerante se podría enviar de un lugar a otro, el DOT tiene reglamentos (como se explica bajo la sección de Despacho comenzando en la página 93) que se deben seguir para todos los cilindros (incluidos los cilindros de recuperación).

Si recupera refrigerante, solo puede usar tanques recargables portátiles (cilindros o contenedores) que cumplan las normas del DOT y que sean designados como “recargables” por el DOT para transportar refrigerante presurizado y recuperado.

El DOT también exige que a cualquier recipiente de presión, incluidos los cilindros de refrigerantes que normalmente tienen una presión por encima de los 15 psig a temperatura ambiente, se les debe realizar una prueba hidrostática y se les debe colocar un sello con la fecha cada 5 años.

Cuando se calientan, los refrigerantes usados en los sistemas o almacenados en tanques pueden acumular presiones muy altas con la posibilidad de provocar lesiones graves.

Precaución



Nunca llene un cilindro de refrigerante recargable con más del 80% de su capacidad por peso a 77 °F (24 °C). Si llena un cilindro a más del 80% y luego coloca el cilindro en un área que se calienta, la presión interna del cilindro podría aumentar y ventear el refrigerante a través de la válvula de alivio de presión o romper el disco de ruptura. De cualquier forma, el refrigerante se pierde en el medioambiente.



Consejo

Si bien el R-410A es un refrigerante de alta presión, puede almacenarse en la parte trasera de su camioneta de servicio técnico, siempre y cuando la temperatura dentro del vehículo no supere los 125 °F. Esta es la misma pauta indicada para el R-22 y para otros refrigerantes comunes.

Si un cilindro de refrigerante se llena con refrigerante líquido de más, la válvula de alivio de presión no funciona correctamente y el cilindro podría romperse y provocar una explosión. Esto se debe a que el líquido se expande debido al aumento de temperatura, si no hay suficiente espacio para el vapor, el líquido en expansión no tiene espacio para expandirse, lo que provoca presiones excesivas que podrían hacer estallar el cilindro.

Del mismo modo, debe asegurarse de que nunca haya líquido retenido en ningún espacio que no esté protegido por una válvula de alivio de presión. Si el líquido se expande en un espacio confinado y sin protección, por ej., en mangueras de refrigerante, el líquido en expansión romperá el recipiente, lo que provocará una explosión del líquido en evaporación, el cual se expandirá rápidamente.

Estas explosiones de refrigerante de dos fases son más violentas que la explosión de un cilindro de aire, por ejemplo. A medida que la presión en el espacio disminuye debido a la ruptura, el refrigerante líquido comprimido se vaporiza casi instantáneamente (se evapora casi inmediatamente). Esto hace que la explosión sea mucho más violenta debido al mayor volumen ocupado por el vapor del refrigerante.

Despacho

Reglamentos del Departamento de Transporte

Los tanques y los contenedores de recuperación recargables y portátiles que se usan para almacenar o despachar refrigerantes, obtenidos con el equipo de recuperación, deben cumplir las normas del DOT para asegurarse de que sean seguros.

Si desea enviar cualquier refrigerante, debe seguir las normas del DOT al momento de preparar los cilindros para despacho:

- Llenar el cilindro solo hasta un 80% de su capacidad o menos, lo que equivale a la norma de EPA.
- Verificar la etiqueta de inspección de la prueba hidrostática que está en el cilindro y asegurarse de que el cilindro haya sido certificado en los últimos cinco años.
- Garantizar que el cilindro esté clasificado para el refrigerante que contiene y que esté correctamente rotulado y codificado por color.

Etiquetas para el despacho

Cuando se transportan cilindros que contienen refrigerante usado, debe adherir etiquetas de clasificación según el DOT. La Figura C-32 muestra un cilindro de refrigerante recuperado que tiene una etiqueta de clasificación según el DOT. Coloque la etiqueta del refrigerante directamente en el cilindro del refrigerante que se despachará. Las regulaciones del DOT requieren que se registre la cantidad de cilindros de refrigerante de cada refrigerante en los documentos de despacho.

La etiqueta de clasificación DOT y la documentación de despacho brindan información vital para los equipos de primeros auxilios después de un accidente al identificar el refrigerante involucrado para que se puedan tomar medidas de protección adecuadas.

El documento de despacho contiene el nombre de despacho apropiado del refrigerante, la clase de riesgo y el número de 4 dígitos de Identificación según las Naciones Unidas precedido por las letras UN. El documento de despacho también muestra un número de teléfono para repuesta ante emergencias que funciona las 24 horas.



Figura C-19. Foto de la etiqueta de clasificación según el DOT

También debe completar correctamente la documentación de despacho, como se muestra en la Figura C-33.

Cantidad reportable		Nombre propio del transporte		Clase de riesgo		Número de identificación	
Shipping Paper Page 1 of 1							
To:		Good Neighbor Reclamation 123 EPA Way Washington, D.C.		From:		Mainstream Engineering 200 Yellow Place Rockledge, FL	
Qty	HM	Description		Weight			
1 cyl	RQ	Refrigerant gas 134a, 2.2, UN3159		28 lbs			
This is to certify that the above named materials are properly classified, described, packaged, marked, and labeled and are in proper condition for transportation according to the applicable regulations of the Department of Transportation. Shipper: Mainstream Engr Per: Smith Date: 4/25/2010 Carrier: Next Day Truckers Per: Date: SPECIAL INSTRUCTIONS: 24 Emergency Contact, Bob Smith, 888-555-5555							

Figura C-20. Típica documentación de despacho

Carga del cilindro

Es un requisito legal que, al cargar los cilindros dentro del vehículo para su despacho, debe colocar los cilindros de refrigerante en posición vertical y se deben asegurar los cilindros para que no se puedan mover durante el transporte.

Manual de respuesta ante emergencias

El Departamento de Transporte (DOT) elabora un Manual de respuesta ante emergencias (ERG, por sus siglas en inglés) para los equipos de primeros auxilios en caso de accidentes con materiales peligrosos o riesgosos. La etiqueta de despacho adherida al cilindro de refrigerante indica a los equipos de primeros auxilios qué parte del ERG deben seguir en el caso de que ocurra un accidente.

En la etiqueta de despacho que se coloca en los cilindros se debe incluir un número de teléfono para respuesta ante emergencias que funcione las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Si es necesario, se debe incluir información sobre el refrigerante, por ej., la hoja de datos de seguridad.

Los equipos de primeros auxilios deben mantener alejadas a las personas no autorizadas por lo menos a 100 metros (330 pies) de los derrames y en dirección contraria al viento, si es posible.

Tipo I - Certificación para aparatos pequeños

Requisitos para técnicos Tipo I

Esta sección lo preparará para el examen en línea de Certificación Tipo I de la EPA destinado a técnicos que trabajan con aparatos pequeños.

Si realiza tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación en aparatos pequeños (incluyendo la recuperación de refrigerante), debe contar con la certificación apropiada de la EPA según la Sección 608 como técnico Tipo I o técnico universal. La venta de refrigerantes para reparar o instalar equipos de refrigeración y aire acondicionado se restringe a técnicos certificados por la EPA para la recuperación de refrigerantes.

Sin importar la carga del sistema, un aire acondicionado de vehículos de motor (MVAC) o un aire acondicionado similar a MVAC no cumple los requisitos para la certificación Tipo I bajo la Sección 608. Para trabajar con sistemas MVAC se requiere una certificación MVAC según la Sección 609 de la EPA (visite www.EPAtest.com para aprender sobre la capacitación y pruebas de la Sección 609). Para trabajar en sistemas de aire acondicionado similares a MVAC, se requiere una certificación MVAC según la Sección 609 de la EPA o certificación Tipo II (o Universal) bajo la Sección 608.

¿Qué es un aparato pequeño?

La EPA define como aparato pequeño a un producto que está completamente fabricado, cargado y herméticamente sellado en una fábrica y que tiene cinco libras o menos de refrigerante. La siguiente es una lista de aparatos pequeños comunes:

- Refrigeradores y congeladores diseñados para uso doméstico.
- Aparatos de aire acondicionado de uso doméstico (incluidos los aparatos de aire acondicionado de ventana y los aparatos de aire acondicionado compactos de pared [PTAC, por sus siglas en inglés]).
- Bombas de calor individuales compactas.
- Deshumidificadores.
- Equipos para fabricar hielo para montar debajo del mostrador.
- Máquinas expendedoras.

- Enfriadores de agua potable.

Más de 8 millones de refrigeradores, congeladores, aparatos de aire acondicionado, deshumidificadores y otros aparatos pequeños de compresión de vapor se desechan cada año en los Estados Unidos y se estima que emiten cuatro millones de libras de refrigerantes a la atmósfera anualmente. La EPA considera que estas emisiones contribuyen a una de las amenazas ambientales más grandes de la actualidad: la destrucción de la capa de ozono estratosférica.

Los refrigeradores domésticos y otros aparatos de enfriamiento pequeños que se combinan para formar la categoría de aparatos pequeños tienen cargas muy pequeñas y requieren servicio técnico con muy poca frecuencia. El costo relativamente bajo de estas unidades por lo general no justifica la reparación, y habitualmente el propietario del equipo directamente reemplaza el aparato. Cuando se desecha el equipo, por lo general ingresa a la corriente de desechos con la carga intacta. Se debe retirar la carga antes de desechar el aparato en forma definitiva.

La EPA tiene requisitos especiales para la disposición final segura de los aparatos pequeños, los cuales se han promulgado para garantizar que la última persona final en la cadena de desechos (por ej., un reciclador de chatarra) sea la responsable de recuperar adecuadamente el refrigerante antes de la disposición final del equipo. Cualquier persona de la cadena de desechos puede recuperar el refrigerante, pero la última persona de dicha cadena tiene la responsabilidad de garantizar que el refrigerante se haya recuperado adecuadamente.

Refrigerantes inflamables

Reglas de la EPA sobre los refrigerantes inflamables

Los refrigerantes de hidrocarburos son componentes de petróleo y gas natural que se encuentran en la naturaleza. Si bien las propiedades ambientales, termodinámicas y termo-físicas de los refrigerantes de hidrocarburos son excelentes, estos refrigerantes son altamente inflamables.

La EPA ha descubierto que el uso de R-600a (isobutano), R-290 (propano) y R-441A en la refrigeración para propósitos domésticos es aceptable. El uso de HFC-32 (difluorometano) es aceptable para las unidades de aire acondicionado para habitaciones.

R-450A es una mezcla azeotrópica de R-134a y HFO-1234ze que fue diseñada para actuar como una alternativa para el R-134a, siendo capaz de proporcionar un rendimiento similar, pero teniendo un potencial de

calentamiento global inferior, de solo 547 (una reducción de casi el 60% del GWP).

La EPA estableció las siguientes condiciones de uso para refrigerantes inflamables:

- Estos refrigerantes inflamables específicos únicamente pueden usarse en equipos nuevos que se hayan diseñado específicamente y estén claramente identificados para tal refrigerante. No puede usarse ninguno de estos sustitutos como refrigerante para conversión o reequipamiento para equipos existentes diseñados para otros refrigerantes.
- Estos refrigerantes pueden usarse únicamente en refrigeradores o congeladores que cumplan con los requisitos de la EPA para refrigeración doméstica o usos finales de refrigeración de alimentos en negocios al por menor.
- Las limitaciones del tamaño de la carga son de 57 g (2.0 onzas) para la refrigeración doméstica y de 150 g (5.3 onzas) para los usos finales de refrigeración de alimentos en negocios al por menor. La carga de refrigerante inflamable para máquinas expendedoras se limita a 150 g (5.3 onzas). La limitación de tamaño de carga es aplicable para cada circuito de refrigerante aislado individual en el aparato, no a la carga de todo el aparato.
- Deben etiquetarse claramente las unidades de refrigeración que usan refrigerantes de HC.
- Todas las tuberías, mangueras u otros aparatos mediante los cuales pasa el refrigerante y donde podría esperarse que se haga una perforación de servicio o se cree una abertura desde el circuito de refrigerante a la atmósfera deben tener marcas rojas para indicar que la carga del sistema es un refrigerante inflamable. Tal color debe estar presente en todas las ubicaciones mediante las cuales se lleva a cabo el mantenimiento del refrigerante (tales como los tubos de proceso). Asimismo, tal color rojo debe estar presente en todo momento y debe reemplazarse si se llegara a eliminar.
- La EPA recomienda que se usen accesorios únicos en las aberturas de servicio.



Nota

Las normas de UL a las que se hace referencia bajo esta regla no permiten que se agreguen puertos de servicio en productos terminados que utilizan refrigerantes inflamables; no obstante, se pueden agregar puertos de servicio durante el servicio técnico y el requisito de las marcas rojas seguirá siendo aplicable.

La EPA no prohíbe la venta de refrigerantes de hidrocarburos en contenedores diseñados para que contengan menos de 5 libras (2.3 kg) de refrigerante.

Odorización de refrigerantes inflamables

La odorización es una manera de alertar al personal de fabricación o servicio técnico sobre la presencia de un refrigerante de hidrocarburo. La regla final de la EPA no prohíbe la introducción de un odorante en los refrigerantes de isobutano, propano o R-441A, siempre y cuando el refrigerante se mantenga dentro de las especificaciones de pureza.

No obstante, según la EPA, las marcas rojas exteriores y el cumplimiento de las normas UL se han diseñado para alertar al personal de fabricación o servicio técnico y a los clientes sobre la presencia de un refrigerante inflamable sin tener que incluir un odorante.

Marcas de los tubos

Los aparatos que contienen refrigerantes de hidrocarburos inflamables deben tener una marca roja en el lugar por donde se accederá al refrigerante. Es obligatorio que la marca roja aparezca en todos los puertos de servicio y donde se esperaría que ocurra perforación del servicio o la creación de una abertura desde el circuito de refrigerante a la atmósfera. El color rojo debe extenderse un mínimo de 1 pulgada en ambas direcciones desde dichas ubicaciones.

El propósito de la sección de tubos coloreada es notificar al técnico que lleva a cabo el servicio técnico que el sistema está cargado con un refrigerante inflamable de manera que pueda tomar precauciones adicionales (tales como minimizar el uso de equipos que hagan chispas) de una manera que sea adecuada para prevenir accidentes, y en especial si las etiquetas de refrigerante cargado ya no son legibles. Agregar el color rojo en el tubo dentro del dispositivo proporciona una caución adicional de que se sepa que hay un refrigerante inflamable presente.

Esto no quiere decir que toda la manguera o tubo de proceso debe ser de color rojo. Para los tubos de proceso, al menos una pulgada del tubo debe ser roja, extendiéndose desde el compresor. Así, si el tubo de proceso se llegara a cortar para llevar a cabo el servicio técnico, la marca roja igualmente estaría presente cuando el tubo vuelva a soldarse.

Si el servicio técnico adicional causaría que la porción coloreada del tubo de proceso sea inferior a 1 pulgada de largo, la marca roja debe extenderse por lo menos 1 pulgada. Si no hay suficiente espacio para extender la marca al menos 1 pulgada, se debe instalar un tubo de proceso nuevo que tenga una marca roja de al menos 1 pulgada. Para otros sitios, como si se agrega un puerto de servicio o una válvula de acceso al refrigerante del sistema, la marca roja debe ser de al menos 1 pulgada en ambas direcciones desde el puerto o la válvula.

Las normas de UL a las que se hace referencia bajo esta regla no permiten que se agreguen puertos de servicio en productos terminados que utilizan refrigerantes inflamables; no obstante, se pueden agregar puertos de servicio durante el servicio técnico y el requisito de las marcas rojas seguirá siendo aplicable.

El color rojo siempre debe estar presente (no se debe aplicar solamente inicialmente al momento de la instalación) incluso cuando se reemplazan o quitan los tubos.

Puede usar una manga de color siempre y cuando se cumplan los requisitos de la condición de uso (color rojo, sitio y dimensión). No obstante, para seguir cumpliendo con las condiciones de uso, si retira una manga durante el servicio técnico, debe reemplazar la marca roja en el tubo que reciba servicio técnico con otra manga.

Etiquetado

Se necesita la notificación para alertar a los técnicos y al personal que desecha o recicla aparatos de que hay un refrigerante presente que puede prenderse fuego si llegara a haber una fuente de chispas cerca. Esto es particularmente verdad hasta que aquellas personas involucradas en la cadena de eliminación se familiaricen con los refrigerantes inflamables. Las etiquetas advierten sobre la presencia de un refrigerante inflamable.

Cualquier aparato pequeño que use un refrigerante inflamable debe contener etiquetas de **peligro** y **precaución** permanentes en sitios específicos (en o cerca de cualquier evaporador, cerca del compartimiento de la máquina, cerca de cualquier tubo de refrigerante expuesto y afuera del refrigerador). El texto debe ser de ¼" (6.4 mm) para que sea más fácil para los técnicos, consumidores, dueños de negocios y personal de primeros auxilios de emergencia ver las etiquetas de advertencia

La siguiente etiqueta debe ponerse en o cerca de todos los evaporadores con los que el consumidor pueda entrar en contacto.

PELIGRO Riesgo de incendio o explosión. Refrigerante inflamable en uso. No use aparatos mecánicos para descongelar el refrigerador. No perfore la tubería del refrigerante.

Las siguientes dos etiquetas deben ponerse cerca del compartimiento de la máquina.

PELIGRO Riesgo de incendio o explosión.

Refrigerante inflamable en uso.
Para ser reparado por personal de servicio técnico capacitado
únicamente.
No perfore la tubería del refrigerante.

PRECAUCIÓN
Riesgo de incendio o explosión.
Refrigerante inflamable en uso.
Consulte el Manual de reparación/Guía del propietario antes
de intentar brindarle servicio técnico a este producto.
Deben seguirse todas las precauciones de seguridad.

La siguiente etiqueta debe ponerse afuera del refrigerador.

PRECAUCIÓN
Riesgo de incendio o explosión.
Deseche adecuadamente de según las regulaciones
federales o locales.
Refrigerante inflamable en uso.

La siguiente etiqueta debe ponerse cerca del tubo de refrigerante expuesto.

PRECAUCIÓN
Riesgo de incendio o explosión si se perfora la tubería del
refrigerante;
Siga las instrucciones de manejo cuidadosamente.
Refrigerante inflamable en uso.

Contenedores de refrigerante

Todos los contenedores de refrigerante que contienen un refrigerante inflamable deben tener una banda roja en la parte del hombro o superior del contenedor. Según la EPA, no es necesario tener accesorios únicos en los cilindros de refrigerante. Por supuesto, los refrigerantes inflamables se usan únicamente en aparatos diseñados específicamente para refrigerantes inflamables, tal como se indicó anteriormente.



Precaución

Nunca deben usarse hidrocarburos de grado no refrigerante como refrigerantes porque las impurezas que contiene el grado inferior pueden dar lugar a problemas graves. Los contaminantes generalmente no se eliminan por el filtro secador

y pueden causar que el lubricante se espese, dando lugar a un mayor desgaste u obstrucción.

Requisitos de capacitación

Únicamente los técnicos capacitados específicamente en el manejo de refrigerantes inflamables pueden brindarle servicio técnico a los refrigeradores y congeladores que contienen tales refrigerantes. También debe entender las técnicas y prácticas de servicio que se utilizan para minimizar el riesgo de incendio y cómo usar los refrigerantes inflamables de manera segura para poder convertirse en un técnico certificado Tipo I.

La capacitación es una manera importante de aprender sobre el manejo seguro de refrigerantes inflamables y obtener la certificación. Otros países en los que los refrigerantes de hidrocarburos se utilizan ampliamente cuentan con programas de capacitación sobre refrigerantes inflamables de larga duración. El uso de refrigerantes de hidrocarburos y la capacitación para tal uso recién está comenzando en los Estados Unidos y generalmente está directamente ligada a productos o aplicaciones específicos, en vez de a múltiples tipos de productos de forma general.

La EPA ha seguido agregando a la lista de nuevos refrigerantes que se consideran aceptables desde el inicio del programa SNAP y el programa de administración de refrigerantes de la Sección 608. Bajo la EPA, no es obligatorio que los técnicos certificados sean recertificados como resultado de la inclusión de los refrigerantes adicionales. Asimismo, el objetivo del programa de certificación para técnico bajo la Sección 608 es minimizar las emisiones durante el servicio técnico, mantenimiento, reparación y eliminación.

La capacitación para la certificación bajo la EPA no reemplaza la capacitación adecuada que normalmente se brinda mediante escuelas de oficios, pasantías u otros mecanismos de la industria. Si bien este curso de capacitación de Mainstream sobre la EPA incluye una capacitación limitada sobre los refrigerantes inflamables, hay mucha información adicional disponible. La capacitación limitada en este curso pretende informarle sobre las regulaciones, no pretende brindarle un programa de capacitación completo sobre el uso seguro de refrigerantes inflamables.

Si bien no es obligatorio según la EPA contar con capacitación como una condición para usar estos sustitutos inflamables, también debe obtener capacitación sobre el manejo seguro de refrigerantes de hidrocarburos para asegurar que los refrigerantes inflamables puedan usarse de forma segura como otros refrigerantes disponibles. Puede encontrar la capacitación de certificación visitando www.EPAtest.com.

Requisitos de recuperación

Requisitos de evacuación para aparatos pequeños

Si abre aparatos pequeños para realizar mantenimiento, servicio técnico o reparación, la cantidad relativa de refrigerante que usted debe recuperar depende de si funciona el compresor del aparato o no. Debe llevar a cabo uno de los siguientes al abrir un aparato pequeño para llevar a cabo el mantenimiento, servicio técnico o reparación:

- Recuperar el 90% del refrigerante del aparato si el compresor del aparato funciona (90% de la carga indicada en la placa de identificación)
- Recuperar el 80% del refrigerante del aparato si el compresor del aparato no funciona (80% de la carga indicada en la placa de identificación).
- Evacuar el aparato pequeño hasta un vacío de 4 pulgadas de mercurio, independientemente de las condiciones de operación del compresor.

Debe cumplir con uno de estos requisitos de recuperación sin importar el tipo de máquina de recuperación (pasiva o activa) que use. Si el compresor del sistema funciona, puede usar el compresor para bombear el refrigerante del sistema y así cumplir con el requisito de evacuación del 90% o de cuatro pulgadas de vacío de mercurio.

Se puede usar una bolsa de recuperación en lugar de un tanque de recuperación. La bolsa de recuperación se infla a medida que se introduce el refrigerante, de modo que la presión no se acumula en la bolsa, lo que permite recuperar mayores cantidades de refrigerante en la bolsa, sin un aumento de presión.

Si el compresor del sistema está averiado, la cantidad de recuperación del refrigerante requerida es menor (sólo del 80%) porque solo está disponible la diferencia de presión entre el sistema y el recipiente de recuperación (generalmente una bolsa de recuperación o un tanque de recuperación evacuado) para expulsar el refrigerante del sistema. En este caso, tal vez sea necesario enfriar el recipiente de recuperación y calentar el sistema para eliminar la masa de recuperación necesaria.



Ejemplo

Está cambiando el compresor de un sistema que contiene tres libras de R-410 y el compresor del sistema que se está recuperando no funciona. Debe recuperar por lo menos el 80% de

la carga de refrigerante del sistema ($3 \times 0.8 = 2.4$ lbs.) o recuperar hasta un vacío de mercurio de 4 pulgadas.

Dispositivos de recuperación

Los equipos de reciclado y recuperación deben ser probados por un tercero aprobado por la EPA y estar equipados con accesorios de baja pérdida. Cuando se desconectan para prevenir la pérdida de refrigerante de las mangueras, los accesorios de baja pérdida pueden cerrarse manualmente o automáticamente. No es necesario que el equipo de recuperación tenga un separador de aceite o sea capaz de manejar más de un refrigerante. Como se indicó anteriormente en este manual, la norma AHRI 740 tiene dos clasificaciones de equipos: equipos dependientes del sistema y equipos autónomos.

Equipo dependiente del sistema

El equipo dependiente del sistema depende del funcionamiento de los componentes del sistema en donde se recupera el refrigerante y solo se puede usar en aparatos con 15 libras o menos de refrigerante. Puede usar un dispositivo de recuperación dependiente del sistema para la recuperación de refrigerante desde cualquier aparato pequeño porque los aparatos pequeños solo tienen una carga de cinco libras o menos. No puede usar un dispositivo de recuperación dependiente del sistema para los aparatos más grandes (más de 15 libras de carga), por ej., un aparato de aire acondicionado centrífugo, un enfriador de líquidos alternativo o una cámara frigorífica comercial grande, a menos que el equipo dependiente del sistema esté conectado permanentemente al aparato como unidad de bombeo.

Puede usar un aparato de recuperación pasiva para recuperar refrigerante de aparatos pequeños. Un aparato de recuperación pasiva es un subconjunto de un aparato de recuperación dependiente del sistema que captura el refrigerante en un contenedor que no está presurizado o en una bolsa de recuperación sin tener que usar el compresor del sistema para poder llevar a cabo la transferencia del refrigerante. Un aparato de recuperación pasiva puede emplear calor (para aumentar la presión en el sistema) o enfriar el tanque de recuperación (para minimizar la presión del tanque de recuperación).

Dado que los sistemas de recuperación pasiva no dependen del compresor del sistema, puede usar un aparato de recuperación pasiva en los sistemas cuyo compresor sea inoperativo. Debe conectar el lado alto como el bajo del sistema al tanque o a la bolsa de recuperación pasiva al utilizar un proceso de recuperación pasiva con un compresor inoperativo para lograr la recuperación de refrigerante máxima.

Consejos



Si está recuperando refrigerante en un recipiente no presurizado de un refrigerador doméstico que tiene un compresor inoperativo, puede facilitar el proceso calentando y golpeando el compresor con un mazo de goma. La vibración ayuda a quitar el refrigerante atrapado debajo del aceite en el cárter del compresor.

Si abre un aparato que contiene un refrigerante para llevar a cabo el mantenimiento, servicio técnico o reparación, debe tener al menos una máquina de recuperación autónoma disponible. Puede obviarse esta regla si está trabajando en aparatos pequeños o sistemas que tienen una carga de menos de 15 libras. Para estos sistemas, puede usar aparatos de recuperación dependientes del sistema.

Equipo autónomo

El equipo autónomo de recuperación o de reciclado no requiere la ayuda ni el funcionamiento de ningún componente del sistema del cual se recupera o se recicla el refrigerante.

Si tiene una certificación Tipo I, no es necesario tener ningún equipo de recuperación certificado. Puede contar con la recuperación dependiente del sistema, por ejemplo, usando el compresor del sistema si funciona, y bolsas de refrigerante, o un tanque de recuperación evacuado. Sin embargo, si tiene una certificación de la EPA que no sea la certificación Tipo I, debe tener por lo menos un equipo de reciclado o de recuperación autónoma certificada a disposición en su lugar de trabajo.



Consejo

Los dispositivos de recuperación active y autónomos recuperan el refrigerante más rápidamente y se pueden configurar para limpiar el refrigerante al mismo tiempo que se recupera el refrigerante. Por lo tanto, se podrían justificar económicamente.

Muchos técnicos usan una unidad de recuperación autónoma en lugar de perder el tiempo con las unidades de recuperación dependientes del sistema, por los siguientes motivos:

- Con la unidad de recuperación, no hay riesgos de dañar el compresor del sistema debido al sobrecalentamiento. Puede conectar la unidad y dejarla sin atender, lo que le permite hacer otras tareas sin correr riesgos de que se dañe el compresor durante la recuperación.

- La recuperación es más sencilla. Solo necesita una conexión de servicio, por lo que solo necesita instalar una válvula perforadora de acceso simple.
- La recuperación es más rápida.
- La recuperación es posible cuando el aparato tiene una fuga. Se recuperan hasta 4" Hg y con eso termina su trabajo. No es necesario tratar de lograr el 80% o el 90% de recuperación (de la carga indicada en la placa de identificación) cuando la carga ya está por debajo de ese valor debido a la fuga.



Ejemplo

Si se ha fugado 30% de la carga del sistema, sería imposible recuperar el 80% de la carga de la placa de identificación porque solamente queda 70% de la carga de la placa de identificación en el sistema.

Preocupaciones de electricidad estática

Como se muestra en la Figura I-1, cuando la concentración de un refrigerante inflamable es tal que supera el límite inferior de inflamabilidad (LFL, por sus siglas en inglés) o está por debajo del límite superior de inflamabilidad (UFL, por sus siglas en inglés) en presencia de una fuente de ignición, podría ocurrir una explosión o incendio. Esta fuente de ignición puede deberse a una chispa de electricidad estática.



Ejemplo

Para el refrigerante inflamable que se muestra en la Figura I-1, si la concentración está por debajo del nivel de inflamabilidad inferior de aproximadamente 2%, la concentración no es lo suficientemente alta para causar combustión. Si la concentración excede el nivel de inflamabilidad superior de aproximadamente 10%, la falta de oxígeno impide la combustión.

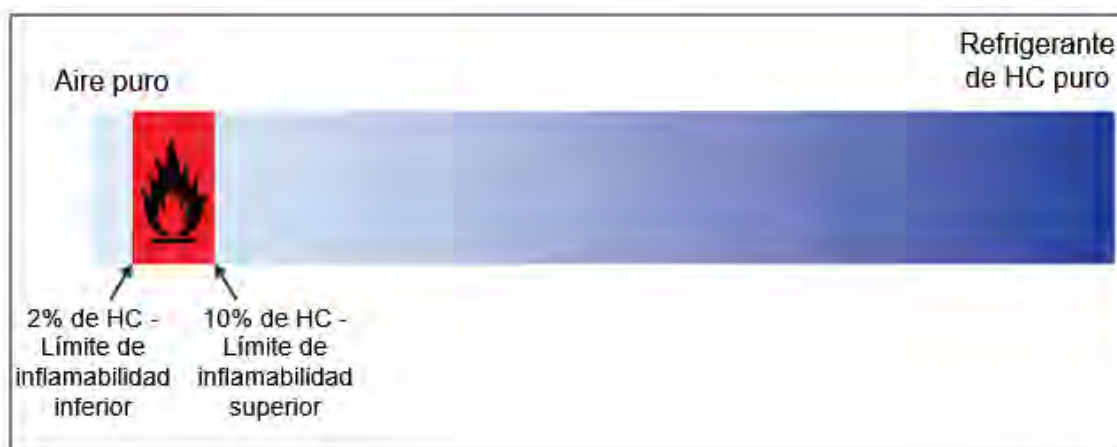


Figura I-1. Ejemplo de límites de inflamabilidad de un posible refrigerante de hidrocarburo



Precaución

Siempre asegúrese de que el sistema de refrigeración, la unidad de recuperación y el tanque de recuperación estén debidamente conectados a tierra al recuperar refrigerantes inflamables.

Nunca aplique una llama abierta a un sistema o a un cilindro cargado de refrigerante.

Consejo



Si siente un olor penetrante durante una recuperación y/o reparación del sistema, es probable que el refrigerante se haya vuelto ácido en el sistema y el compresor probablemente se ha quemado, por lo que necesitará un nuevo compresor. Es muy probable que este refrigerante sea muy ácido y no pueda reciclarse; es por eso que no debe reutilizar este refrigerante.

*Si el compresor se quemó, busque señales de contaminación en el aceite al recuperar el refrigerante. Si el aceite está contaminado y planea reparar el sistema, debe vaciar el sistema. Limpie los componentes restantes del sistema (a excepción del compresor o aparato de expansión) con una solución comercial de limpieza como Qwik **System Flush®**. Luego instale un nuevo filtro secador de tubería de líquido y un filtro secador de tubería de succión (para prevenir que los contaminantes lleguen al sumidero de aceite del nuevo compresor de reemplazo).*

Tabla I-1. Datos de saturación para posibles refrigerantes de aparatos pequeños

Temp (°F)	Presión (PSIG)						
	R-32	R-134a	R-290	R-404A	R-410A	R-441A	R-1234yf
0	49	6	24	34	48	20	9
5	56	9	28	39	55	24	12
10	63	12	32	44	62	27	15
15	71	15	36	50	70	31	18
20	80	18	41	57	79	35	22
25	89	22	46	63	88	39	25
30	99	26	52	71	97	44	29
35	110	30	58	79	108	49	34
40	121	35	64	87	119	54	38
45	133	40	71	96	131	60	43
50	146	45	78	105	143	65	49
55	160	51	85	115	157	71	54
60	174	57	93	126	171	78	61
65	189	64	101	137	186	85	67
70	206	71	110	149	202	92	74
75	223	79	120	162	219	99	81
80	241	87	129	174	238	107	89
85	261	95	140	190	255	116	97
90	281	104	151	204	275	124	106
95	303	114	162	220	296	134	115
100	326	124	174	237	319	143	125

Certificación del equipo

El equipo de recuperación o de reciclado que usa para las tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación de aparatos pequeños debe tener una etiqueta en la que se especifique que fue probado por un laboratorio de pruebas aprobada por la EPA con el fin de garantizar que el equipo pueda lograr los resultados necesarios.

Para los aparatos pequeños, el equipo debe estar certificado para poder realizar una de las siguientes acciones:

- Recuperar el 90% del refrigerante del sistema si el compresor del sistema está en funcionamiento o recuperar el 80% del refrigerante del sistema si el compresor no está en funcionamiento.
- Lograr un vacío de 4 pulgadas según la norma AHRI 740.

Refrigerantes no recuperados con los dispositivos de recuperación aprobados por la EPA

Algunos aparatos más antiguos usan refrigerantes como el R-717 (amoníaco), el R-764 (dióxido de azufre), el cloruro de metilo y el formato de metilo, que no se pueden recuperar con las máquinas de recuperación/reciclado reguladas por la EPA y que no se deben recuperar. Estas sustancias son tóxicas y/o posiblemente carcinógenas. Por lo tanto, debe usar tipos de equipo, procedimientos y precauciones de seguridad diferentes. También debe tomar las precauciones para evitar la inhalación de estas sustancias.

En cuanto a los refrigeradores, el proceso de enfriamiento termodinámico generalmente es la absorción impulsada por el calor si el refrigerante es amoníaco o dióxido de azufre, en vez de la compresión del vapor. Estos sistemas pueden ser abastecidos por calor, como por ejemplo usando gas natural y podrían ser tanto impulsados calor o electricidad (por medio de lo cual el combustible o la energía eléctrica se convierten en calor). Verifique la parte posterior de la unidad para ver si hay una conexión de gas natural.

Este manual no cubre la capacitación para trabajar con estos refrigerantes. Para obtener información y capacitación adicional, comuníquese con el fabricante del equipo específico.

Afortunadamente, quedan pocas de estas unidades en el sector. Si tiene que realizar el servicio técnico de una de estas unidades, lea la hoja informativa sobre seguridad (SDS) para conocer el líquido de trabajo y consulte al fabricante para conocer los métodos de recuperación, reparación o disposición final.

Para estos refrigerantes no es necesario usar el equipo regulado actualmente por los requisitos de certificación de equipos de la EPA, según la Sección 608.

El hidrógeno y el agua también pueden estar presentes como componentes de los refrigerantes usados en aparatos pequeños de camionetas camión o de otros vehículos recreativos. Tampoco es necesario recuperar estos refrigerantes y tampoco se pueden recuperar con los dispositivos de recuperación actuales aprobados por la EPA.

Precaución



El hidrógeno es muy explosivo, por lo que debe comunicarse con el fabricante del equipo para recibir capacitación y conocer los procedimientos específicos. No use bombas de vacío ni máquinas de recuperación en el equipo que contenga hidrógeno a menos que tenga una clasificación de equipo a prueba de explosiones y una clasificación para uso con hidrógeno. Nunca ventee el hidrógeno en un espacio cerrado.

Equipo para aparatos pequeños

Accesorios, conexiones y entradas

Los reglamentos de la EPA exigen que todo equipo de aire acondicionado y refrigeración, que contenga más de una libra de refrigerante, cuente con una apertura de servicio para retirar con facilidad el refrigerante cuando se realiza el servicio técnico de la unidad o cuando se desecha. Para los aparatos pequeños, esta entrada de servicio generalmente es un pedazo recto de tubo sellado en el extremo y que se conoce como tubo o manguito de proceso, como se muestra en la Figura I-2.

No está permitido tener puertos de servicio en los refrigeradores domésticos nuevos o en los refrigeradores de alimentos independientes de venta al por menor que usan refrigerantes inflamables, pero según las regulaciones de la Ley de Aire Limpio, se debe tener un tubo de proceso porque no se está utilizando un accesorio de servicio.

Este tubo de proceso debe contar con al menos una marca roja de una pulgada de largo para indicar la presencia de refrigerante inflamable, y si se llegara a eliminar o acortar esta marca, debe reemplazarse con una marca roja nueva que sea de al menos una pulgada de largo. Si se instala un puerto de servicio o una válvula de acceso después de la fabricación, lo que está permitido, la marca roja para indicar la presencia de material inflamable debe aplicarse al menos a una pulgada en ambas direcciones desde la válvula. Si se llegara a instalar tales accesorios, deben estar diseñados específicamente para refrigerantes inflamables.



Figura I-2. Manguito de proceso en un aparato pequeño con refrigerante inflamable

El manguito de proceso está perforado con una válvula de acceso (o soporte) de tipo perforadora que se conecta temporalmente y facilita la recuperación y la recarga de refrigerante. La válvula de acceso que se muestra en la Figura I-3 esencialmente se sujeta al tubo del manguito de proceso (lo más cerca posible al extremo del tubo para permitir conexiones posteriores). La válvula usa un sello con superficie en forma de anillo contra el tubo para evitar las fugas.



Figura I-3. Válvula de acceso de tipo perforadora en un aparato pequeño con refrigerante no inflamable

Cuando está conectada, el núcleo de la válvula perfora un pequeño orificio en el tubo para permitir el acceso al refrigerante. Es posible que piense en dejar la válvula de acceso instalada para usarla en el futuro, pero esto sería un error porque la válvula no es un sello perfecto. Con el tiempo, todo el refrigerante se fugaría del sistema. El procedimiento correcto es obstruir el tubo de proceso hacia arriba de la válvula esencialmente para sellar el tubo. Luego retire la válvula de acceso y suelde el tubo obstruido y cerrado para asegurarse de tener un sello a prueba de fugas.

Cilindros de carga graduados

Un cilindro de carga graduado está diseñado para llenarlo con refrigerante y usarlo para cargar correctamente un sistema con refrigerante. En la actualidad, la mayoría de los técnicos usa una balanza portátil y el tanque de refrigerante para determinar qué cantidad de refrigerante se ha agregado al sistema. Sin embargo, otro método preciso es usar un cilindro de carga. Los cilindros de carga graduados tienen la capacidad de contener solo una cantidad relativamente pequeña de refrigerante, por lo que generalmente solo se usan con aplicaciones de aparatos pequeños.

Los cilindros de carga graduados tienen una columna de vidrio transparente que va desde la punta al fondo del cilindro para que se pueda ver el refrigerante que está adentro, como se muestra en la Figura I-4. También tienen un manómetro en la parte superior del cilindro.

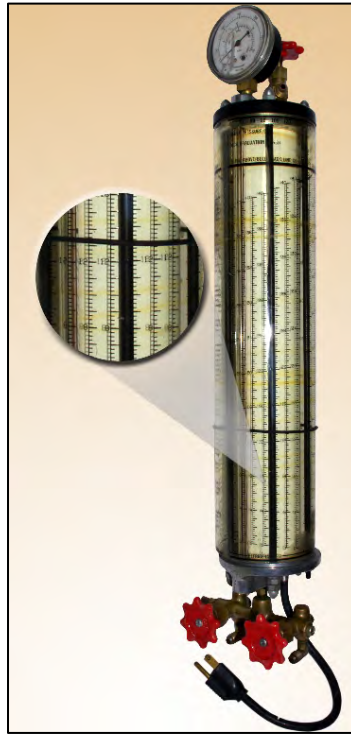


Figura I-4. Cilindro graduado con carga

Se puede observar el volumen del líquido refrigerante en el cilindro a través de la columna de vidrio. Mediante el uso de la presión de saturación que se muestra en el manómetro, puede usar la temperatura de saturación y la densidad del refrigerante para convertir el volumen de refrigerante a la masa de refrigerante del cilindro. Para facilitar esta tarea, hay diversas escalas en la columna de vidrio transparente. Cuando se llena hasta la carga deseada, se puede usar el calentador eléctrico en el cilindro graduado para presurizar el refrigerante y así forzarlo a que entre al sistema que se está cargando.

Como los cilindros de carga están diseñados para ser recargados, puede usarlos para almacenar el refrigerante recuperado temporalmente durante una visita de servicio técnico y luego recargar el refrigerante en el sistema.



Precaución

No deje el refrigerante en un cilindro de carga durante periodos prolongados.

Nunca transporte refrigerante en un cilindro de carga.

Consejo



Dado que los aparatos pequeños tienen cargas de refrigerante muy pequeñas, se puede usar el cilindro de carga para almacenar refrigerante durante el servicio técnico o mantenimiento hasta que se vuelva a introducir el refrigerante al sistema después de hacer el trabajo necesario.

Si va a usar un cilindro graduado, asegúrese de que éste sea lo suficientemente grande para la tarea en cuestión. Recuerde también que cuando llena un cilindro de carga graduado, debe recuperar el refrigerante que se ventea por la parte superior del cilindro.

Métodos de recuperación para aparatos pequeños

Ya inspeccionó sus herramientas y su equipo y tiene el equipo de protección necesario para mantenerse seguro. Ahora ya está listo para comenzar a recuperar el refrigerante del aparato pequeño. Estos son los pasos que debe seguir:

1. Identificar el refrigerante del aparato.
2. Extraer el refrigerante, almacenarlo en un cilindro de recuperación aprobado por el Departamento de Transporte (DOT), este cilindro tiene el cuerpo gris y la parte superior amarilla. (Los términos “cilindro de recuperación” y “tanque de recuperación” se usan intercambiablemente). Si se desea regresar el refrigerante directamente al sistema después del servicio técnico, puede usar un cilindro de carga graduado.
3. Devolver el refrigerante reciclado o recuperado al aparato o recargar el sistema con un refrigerante nuevo o uno regenerado certificado (que cumpla con las normas de pureza AHRI 700).
4. Terminar el trabajo verificando que todas las válvulas estén cerradas y tapadas o quitadas y que el sistema esté sellado nuevamente.

Estos pasos se explican con más detalles en la sección siguiente.

Identificación del refrigerante

Podría usar una prueba de pureza AHRI 700 para determinar el tipo de refrigerante. Sin embargo, como esta prueba es cara, no es práctica ni rentable para un aparato pequeño. Podría usar las características de presión/temperatura de saturación del refrigerante o la placa de identificación

del sistema para verificar el refrigerante (consulte la Tabla I-1). Para los aparatos pequeños, la carga también es pequeña. Si no está seguro sobre la contaminación o la carga cruzada del refrigerante, cambie la carga.

Para determinar el tipo de refrigerante usado en un aparato, vea primero la etiqueta de identificación adherida a la unidad. La Figura I-5 muestra la placa de identificación de un enfriador de agua (aparato pequeño). La ubicación de la placa de identificación varía dependiendo del fabricante y del aparato. Fíjese en la placa de identificación que está en la parte trasera de la unidad dentro del compartimiento refrigerado, en el lado de la puerta, en la unidad del compresor, o debajo de una placa delantera o de un panel externo.

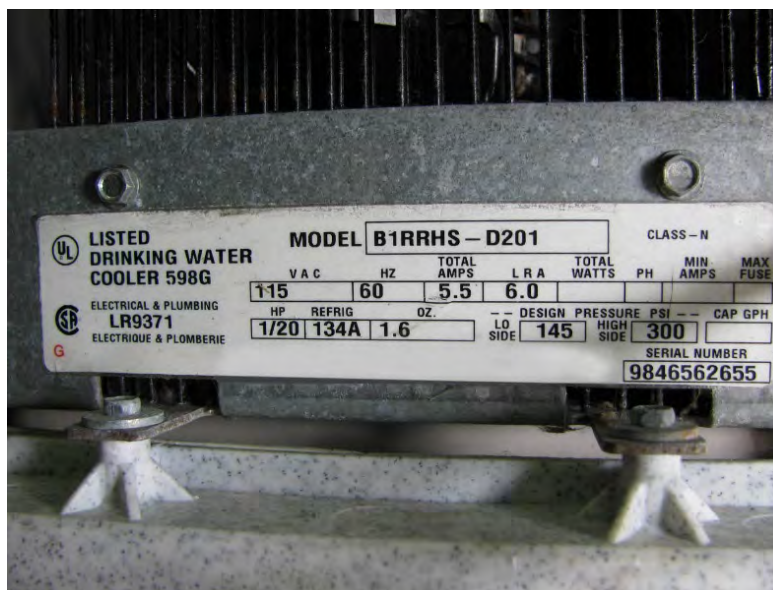


Figura I-5. Placa de identificación de un enfriador de agua

Como se indicó anteriormente, para los refrigeradores, si el refrigerante es amoníaco o dióxido de azufre, el proceso de enfriamiento termodinámico por lo general es la absorción por calor, no la compresión de vapor. Estos sistemas pueden ser alimentados por calor, por ejemplo, con gas natural, y podrían ser térmicos o eléctricos (en los que el combustible o la energía eléctrica se convierten en calor).

Fíjese en la parte trasera de la unidad para ver la conexión del gas natural. No es necesario recuperar los refrigerantes con amoníaco o dióxido de azufre porque no tienen el potencial de reducción del ozono. Sin embargo, estos líquidos de trabajo son tóxicos, por lo que debe usar tipos diferentes de equipos, procedimientos y precauciones de seguridad. La capacitación para trabajar con estos refrigerantes está fuera del alcance de este manual. Consulte al fabricante del equipo específico para obtener información adicional y capacitación.

Extracción del refrigerante (recuperación del refrigerante)

Antes de empezar un procedimiento de recuperación de refrigerante, debe saber qué tipo de refrigerante contiene el sistema. Después de que haya identificado el tipo de refrigerante, puede seleccionar la máquina de recuperación y el cilindro de recuperación apropiados y aprobados por el DOT para dicho refrigerante. Seleccione un cilindro nuevo que se haya evacuado adecuadamente o un cilindro de recuperación que actualmente tenga el tipo de refrigerante que está en el aparato que está recuperando. Asegúrese de que el cilindro de recuperación esté correctamente rotulado para indicar el refrigerante que contiene. También puede usar un cilindro de recarga graduado si está regresando el refrigerante directamente al sistema después de realizar el servicio técnico.

Nota



Si mezcla un tipo de refrigerante con otro tipo de refrigerante, no podrá reutilizar el refrigerante. Jamás deben mezclarse los refrigerantes. La separación de refrigerantes solo es posible en un centro de regeneración de refrigerantes certificado, y muchas veces la separación no es posible o no es económicamente viable. Si los refrigerantes no se pueden separar, la mezcla se debe enviar a un centro aprobado por la EPA para su destrucción, que, como ya mencionamos, es muy costosa.

Necesita tener las siguientes herramientas básicas para recuperar refrigerantes de aparatos pequeños:

- Válvula perforadora de acceso si no hay válvulas de servicio en el sistema.
- Unidad de recuperación autónoma certificada por la EPA (certificada para el refrigerante que se va a recuperar) o un método de recuperación dependiente del sistema.
- Distribuidores manométricos con mangueras.
- Cilindro de recuperación certificado por el DOT, clasificado para las presiones del refrigerante que se va a recuperar o algún otro medio para almacenar el refrigerante, por ej., una bolsa de refrigerante.



Ejemplo

Los cilindros etiquetados como DOT-4BA o DOT 4BW se pueden usar para los refrigerantes R-134a, R-12, R-22, R-404A, R-407C.

Los cilindros etiquetados como DOT-4BA400 o DOT 4BW400 se pueden usar para el refrigerante R-410A y para otros refrigerantes de baja presión, como R-134a, R-12, R-22, R-404A y R-407C.



Consejo

Si la válvula perforadora no tiene soldadura, úsela temporalmente en una tubería de cobre o de aluminio. Cuando haya terminado el servicio técnico en el sistema, retire la válvula y selle el tubo para evitar fugas después de la reparación. Si va a desechar el refrigerante, puede colocar válvulas perforadoras del tipo tenazas de sujeción en el tubo, como se muestra en la Figura I-6 en forma temporal mientras se recupera el refrigerante.



Figura I-6. Válvula perforadora de acceso del tipo tenaza de sujeción

Como aprendimos en secciones anteriores de esta guía de estudio, la unidad de recuperación es dependiente del sistema o autónoma. La recuperación dependiente del sistema se puede usar solo en aparatos que contienen 15 libras o menos de refrigerante y, por definición, necesita la ayuda de los componentes internos del aparato pequeño para poder evacuar el refrigerante (por lo general el compresor, si funciona, o la presión en el sistema).

Las unidades autónomas retiran el refrigerante sin ayuda del aparato.

Los siguientes pasos describen el proceso general para recuperar el refrigerante. Si estas instrucciones difieren de las proporcionadas por el fabricante del equipo, siga siempre las del fabricante para su unidad de recuperación. Cuando lea esta sección, consulte la Figura I-7 y la Figura I-8 para ver los componentes básicos de un sistema de refrigeración y cómo el refrigerante fluye por el sistema.

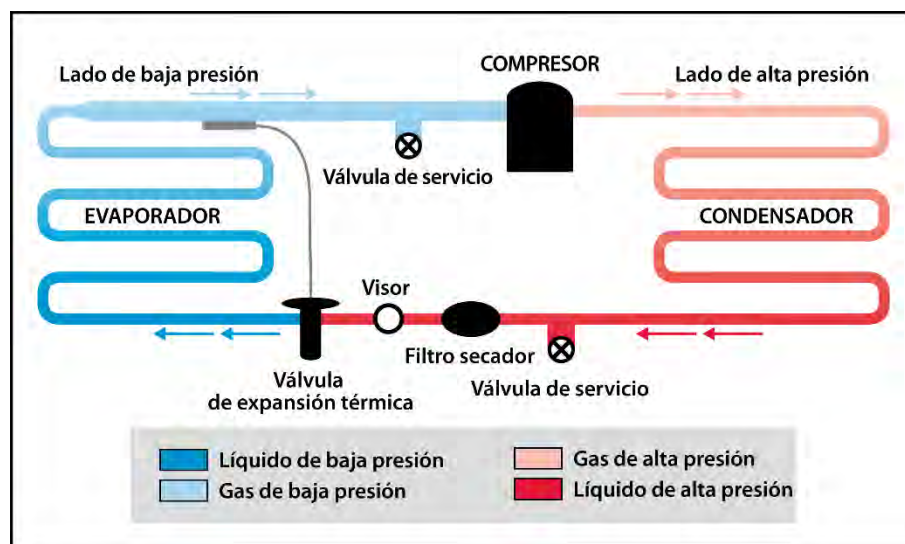


Figura I-7. Diagrama de refrigeración básico con dos entradas de servicio

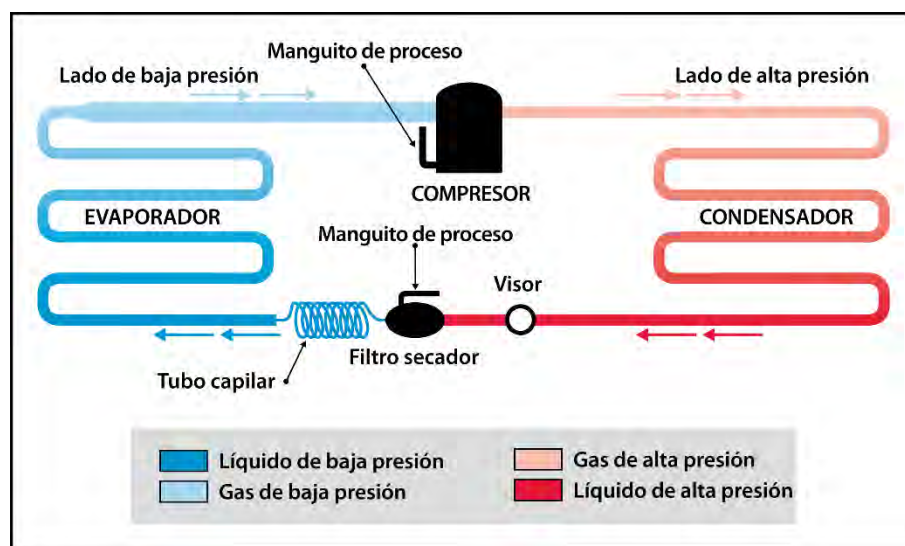


Figura I-8. Diagrama de un sistema de refrigeración con manguitos de proceso

La Figura I-9 muestra un aparato pequeño con un tubo de proceso. El manguito de proceso del lado de baja presión está conectado al tambor del compresor, lo que es común.

Este sistema también tiene un manguito de proceso del lado de alta presión conectado al filtro secador. El manguito de proceso del lado de alta presión es menos frecuente, pero, si existe, por lo general está ubicado en el filtro secador, tal como se muestra. Algunos filtros secadores usan una entrada de servicio del tipo válvula Schrader.



Figura I-9. Manguitos de proceso en un aparato pequeño con refrigerante no inflamable

Conexión de las mangueras de servicio

Lo primero que debe hacer para extraer el refrigerante es decidir dónde conectar las mangueras de servicio. Es necesario que los extremos de las mangueras de conjunto de distribuidores cuenten con válvulas manuales o de autosellado para minimizar cualquier fuga de refrigerante.



Precaución

Asegúrese de no atrapar refrigerante líquido en las mangueras de servicio. Si el refrigerante líquido queda atrapado en la manguera de servicio, el refrigerante líquido se fuga sin tener un lugar a donde ir a medida que la tubería se calienta. La presión en la manguera puede llegar a ser demasiado alta y dañar o reventar la manguera.

Uso de dos puertos de servicio

Si el aparato pequeño tiene entrada de servicio, en el lado de baja y de alta presión, como se muestra en la Figura I-6, es mejor hacer la conexión en ambas entradas. No solo porque la recuperación será más rápida, sino porque como sabe se recuperará todo el refrigerante. Si solo conecta a un solo lado, la recuperación del refrigerante depende de la capacidad que tiene el refrigerante

para ser aspirado por el dispositivo de estrangulamiento (dispositivo de expansión térmica) y/o por el compresor, por lo que la recuperación puede ser mucho más lenta

En lugar de tener válvulas de servicio, muchos aparatos pequeños tienen un manguito de proceso, como se muestra en la Figura I-8. Para realizar el servicio técnico de este tipo de aparatos pequeños, se debe conectar una válvula perforadora al manguito de proceso. Es posible que el tiempo de recuperación ahorrado (al usar dos válvulas de acceso) no se compense con el tiempo adicional necesario para instalar una segunda válvula de acceso porque los aparatos pequeños tienen una carga pequeña.

Si va a desechar el sistema, las válvulas perforadoras de acceso del tipo tenazas de sujeción, como se muestra en la Figura I-6, son rápidas de conectar. Es una buena idea tener dos de estas herramientas para poder conectar el lado de baja y de alta presión con el fin de acelerar la recuperación antes de desechar la unidad.

En los sistemas más grandes, siempre se usan dos puntos de acceso de servicio debido a la carga de refrigerante más grande y al tiempo de recuperación más rápido. Por supuesto que tener dos válvulas de servicio tiene otros beneficios a la hora de diagnosticar problemas del sistema, por ej., la capacidad para determinar el subenfriamiento y el supercalentamiento, dado que las presiones del lado de baja presión y del lado de alta presión se pueden monitorear durante el funcionamiento.

Uso de un puerto de servicio

Para decidir si debe conectar solo a un lado, piense en los siguientes puntos:

- Si el compresor no funciona al conectarse a la entrada de servicio del lado de baja presión, las válvulas del compresor impedirán que el refrigerante fluya de regreso a través del compresor, y deberá recuperar el refrigerante de alta presión a medida que fluye por la válvula de estrangulamiento (expansión térmica). Sin embargo, después de terminar la recuperación, la entrada de acceso del lado de baja presión es más apta para recargar el refrigerante.
- El lado de alta presión funciona a una temperatura elevada y a una presión relativa al tanque de recuperación. Si desea poder cargar el refrigerante a presión y a temperatura ambiente nuevamente en un sistema en funcionamiento solo a través de una conexión de servicio del lado de alta presión, debe hacer una de las siguientes acciones:
 - Cargar el refrigerante nuevamente en el sistema usando la presión de descarga adicional desarrollada por la máquina de recuperación.

- Usar un cilindro de carga graduado y calentado.
- Calentar el contenedor de almacenamiento del refrigerante (nunca usar una antorcha expuesta).

Como se puede ver en la Figura I-7, el lado de alta presión del sistema se refiere a cualquier parte del sistema de plomería ubicado entre la descarga del compresor (salida) y la entrada del dispositivo de estrangulamiento (expansión) (se muestra como una válvula de expansión térmica en la Figura I-7, pero también podría ser un tubo capilar o una placa de orificio).

La Figura I-8 muestra un esquema del sistema, en el cual el tubo capilar se usa en lugar de una válvula de expansión térmica, la Figura I-9 además muestra una configuración típica donde el dispositivo de expansión del tubo capilar está conectado directamente al secador de metal enrollado corriente arriba.

El lado de baja presión del sistema es cualquier parte del sistema de plomería ubicado entre la salida del dispositivo de estrangulamiento (expansión) y la entrada del compresor.

- Si usa un proceso de recuperación (pasivo) dependiente del sistema y el compresor *sí* funciona, recupere el refrigerante del lado de alta presión porque el compresor bombeará el refrigerante hacia allí (consulte el siguiente aviso de Precaución).
- Si usa un dispositivo de recuperación pasivo y el compresor *no* funciona, debe acceder a los lados de alta y de baja presión del sistema para la recuperación del refrigerante



Precaución

Tenga cuidado al operar el compresor de un sistema con presiones del lado de la succión que estén por debajo de 0 psig. Recuerde que solo necesita recuperar el 90% de la carga o recuperar hasta un vacío de 4" Hg, no ambos. Nunca opere el compresor del sistema con una presión del lado de succión por debajo de un vacío de 4" Hg para no quemar el compresor.

Los compresores herméticos, que se usan comúnmente en aparatos pequeños, dependen del flujo de refrigerante que pasa por el compresor para enfriar el bobinado del motor del compresor. Por lo tanto, *nunca* debe operar el compresor del sistema cuando use una máquina de recuperación autónoma.

Cuando use un método de recuperación dependiente del sistema, si el compresor del sistema se usa para evacuar el sistema, debe tener cuidado de no dañar el compresor por sobrecalentamiento. El enfriamiento del compresor

se reduce porque también se reduce la presión del lado de baja presión. Por lo tanto, el flujo de refrigerante también se reduce. Si el compresor del sistema extrae un vacío demasiado profundo, el compresor se quemará en cuestión de minutos.

Si trabaja en un sistema sellado con un compresor en funcionamiento que tiene un tubo capilar totalmente restringido y planea usar solo la válvula perforadora de acceso, esta válvula se debe ubicar en el lado de alta presión del sistema para que se pueda extraer el refrigerante del lado de baja presión a través del compresor.

Si usa un dispositivo de recuperación autónomo que no tiene capacidad para recibir refrigerante líquido, debe restringir el flujo inicial de refrigerante (por lo general, esto se hace cerrando parcialmente una válvula en la línea de suministro) para que el refrigerante se vaporice en el tubo que va hasta el compresor de recuperación y no obstruya el compresor. Cuando la presión del sistema ha caído por debajo de la presión de saturación, puede eliminar la restricción (abra la válvula totalmente).

Instalación de una válvula de acceso

Si decide acceder al sistema a través del manguito de proceso, instale una válvula de acceso de tipo perforadora en el manguito de proceso, que generalmente se encuentra en el lado de succión del compresor. A veces hay un manguito de proceso en el lado de baja y de alta presión.

Instale la válvula de acceso cerca del extremo sellado del manguito de proceso para dejar espacio para las conexiones adicionales de la válvula de acceso después de que la válvula de acceso inicial está obstruida y sellada.



Precaución

Cuando instale cualquier tipo de accesorio de acceso en un sistema sellado, debe realizar la prueba de detección de fugas en el accesorio antes de proceder con la recuperación.

Recuperación del refrigerante

En los siguientes pasos se describe cómo recuperar el refrigerante:

1. Conecte la(s) manguera(s) de recuperación a la unidad de recuperación si todavía no está(n) conectada(s). Si la unidad de recuperación tiene un manómetro en el lado de succión, conecte la(s) manguera(s) de recuperación directamente a la unidad de recuperación sin conectarlas a través del distribuidor manométrico para reducir la caída de presión general y reducir el tiempo de recuperación.

2. Si todavía no está conectado, conecte un cilindro de recuperación evacuado (o un cilindro de recuperación que contenga el mismo refrigerante) a la salida de la máquina de recuperación usando una manguera de cierre automático.
3. Conecte la(s) manguera(s) de recuperación a la conexión de servicio usando mangueras de cierre automático.

Precaución



Después de conectar al sistema (instalar y abrir una válvula perforadora de acceso o conectar a una válvula de servicio existente), si la presión del sistema es 0 psig, no comience ningún procedimiento de recuperación ya que el sistema tiene una fuga y todo el refrigerante se ha escapado. Lo más probable es que el aire y posiblemente la humedad se hayan filtrado al sistema, por lo que la recuperación del refrigerante será imposible (hay poco o nada de refrigerante por recuperar). Si recupera el aire y la humedad del sistema, contaminaría cualquier otro refrigerante en el tanque de recuperación.

4. Abra la conexión de la válvula de servicio para permitir que el refrigerante fluya naturalmente hacia el tanque de recuperación.
5. Cuando el flujo natural impulsado por la presión haya disminuido o se haya detenido, encienda la máquina de recuperación. Si usa una unidad de recuperación dependiente del sistema y el compresor del aparato no funciona, la única forma de recuperar la cantidad requerida de refrigerante (80% de la carga de la placa de identificación) es usar un contenedor no presurizado, por ejemplo, una bolsa de recuperación de refrigerante o un cilindro de recuperación enfriado y/o evacuado (además de posiblemente calentar el sistema). Alternativamente, si está usando una unidad de recuperación dependiente del sistema y el compresor del aparato no funciona, la única manera de recuperar a 4 pulgadas de vacío de mercurio es mediante el uso de un cilindro de recuperación junto con el sistema de calefacción y refrigeración del cilindro de recuperación.
6. Evacúe el sistema hasta el nivel requerido. Recupere el refrigerante de acuerdo con las pautas de la EPA. Recuerde que si usa una máquina de recuperación autónoma, puede recuperar el sistema hasta 4" Hg en lugar del requisito del 80% o del 90%. Esta puede ser la única opción si la carga del refrigerante está baja. Debe recuperar el 80% o el 90% de la carga que está indicada en la placa de identificación del aparato pequeño. Si una parte del refrigerante se ha escapado, es posible que quede menos del 80% de la carga en el

sistema, lo que imposibilitará la recuperación del 80 o del 90%. En este caso, la única alternativa es recuperar hasta 4 "Hg.

7. Cierre la máquina de recuperación y desconecte todas las mangueras.
8. Después de que termine de realizar las reparaciones y cuando haya instalado un nuevo filtro secador, verifique que no haya fugas en el sistema (usando una prueba con pérdida de presión estática).
9. Cuando el sistema esté sellado a prueba de fugas, use una bomba de vacío para lograr un vacío profundo final de por lo menos 500 micrones (idealmente 300 micrones). Para alcanzar este nivel de evacuación, tal vez sea necesario que use una fuente de nitrógeno seco para realizar una evacuación triple y así.
10. Recargue el sistema con el refrigerante recuperado o reciclado de este sistema o de un sistema que posea la misma persona (si sabe que el refrigerante está limpio). Alternativamente, puede usar un refrigerante nuevo o regenerado.



Precaución

Nunca use un refrigerante recuperado o reciclado del sistema si es que se le quemó el compresor o si ingresó agua, aire u otro contaminante al refrigerante. Nunca trate de volver a usar o reciclar un refrigerante o aceite altamente ácido o lleno de humedad.

11. Después de recuperar el refrigerante adecuadamente, envíelo a un reciclador aprobado o a un centro de desechos de refrigerantes, si es necesario. Nunca mezcle refrigerantes.



Consejo

Una bomba de vacío estándar diseñada específicamente para la evacuación y la deshidratación jamás se puede usar como dispositivo de recuperación, junto con un contenedor presurizado.

Cuando no funciona un compresor

A veces el compresor no funciona durante la recuperación porque está usando una máquina de recuperación autónoma o porque está realizando una recuperación pasiva y el compresor del sistema está averiado. Cuando el compresor no funciona, debe ayudar a liberar el refrigerante retenido en el aceite del compresor del sistema.

Una forma de retirar cualquier refrigerante que pudiera quedar retenido es activando el calentador del cárter que tiene el compresor (si está disponible) para calentar el compresor y ayuda a retirar cualquier refrigerante disuelto en el aceite del compresor. Otra forma, (además de activar el calentador del cárter, si existe) es golpear el compresor varias veces con un mazo de goma para ayudar a desalojar el refrigerante que podría estar retenido debajo del aceite en el sumidero de aceite del compresor.

Para acelerar el proceso de recuperación y garantizar que se haya retirado todo el refrigerante de un refrigerador sin escarcha, encienda el termo descongelador para aumentar la presión de vapor en el sistema.

Al usar un aparato de recuperación pasiva

Al usar aparatos de recuperación pasiva para alcanzar la cantidad de recuperación de refrigerante necesaria (80 por ciento de la carga de la placa de identificación cuando el compresor no está en funcionamiento), debe ayudar a que se libere el refrigerante que está atrapado debido al aceite del compresor.

Nota



Si la válvula de entrada del tanque de recuperación (que está conectada a la descarga de la máquina de recuperación) no se ha abierto o si hay aire excesivo en el tanque de recuperación, las condiciones de presión excesiva afectarán el lado de alta presión del dispositivo de recuperación. Como consecuencia, se podría apagar la unidad de recuperación activándose el interruptor de seguridad de alta presión o el tanque de recuperación podría ventear su contenido (en el caso de que haya aire en el tanque) para evitar la presurización excesiva y el riesgo de explosión.

Gases no condensables

Los aparatos están diseñados para que puedan operarse únicamente con refrigerante y aceite circulando dentro de ellos. Si llegara a entrar aire en el sistema de refrigeración o en un cilindro de recuperación, el sistema no funcionará correctamente porque el aire no se condensará. Esto quiere decir que el aire o cualquier otro vapor no condensable desplazan el refrigerante, dando lugar al aumento de la presión del sistema y potencialmente atrapando estos elementos no condensables dentro del condensador, lo que minimiza el área de trabajo efectiva del condensador para propósitos de transferencia de calor.

Para los aparatos pequeños, dado que su carga es menor, el efecto negativo de un volumen de aire pequeño es peor. Si trata de recargar el sistema sin primero deshacerse de los gases no condensables, el sistema estaría operando a una presión de condensación mayor que la normal. Además de minimizar la

capacidad del condensador para rechazar el calor, los elementos no condensables aumentan la temperatura y la presión general de descarga. De este modo, el sistema no solamente pierde eficiencia, sino que los componentes del sistema, como el compresor, también pueden fallar prematuramente debido a la carga adicional.

Los gases no condensables también pueden producir reacciones químicas que causan ácidos, minimizan la lubricidad del aceite y en general transportan humedad al sistema. El vapor de agua que se introduce inadvertidamente al sistema con el aire que entra al sistema daña el sistema debido a que la humedad apresura la formación de ácidos en el refrigerante y el aceite.

Si la operación del evaporador se está llevando a cabo por debajo del punto de congelación del agua, el vapor de agua en el refrigerante se puede congelar en el pequeño pasaje del aparato de expansión, lo que causa que el sistema se deje de enfriar. Es fácil de identificar este tipo de falla si el sistema deja de enfriarse después de estar operando por un tiempo (debido a que la válvula de expansión está tapada por hielo) y si el sistema funciona de forma normal por un tiempo nuevamente después de estar inactiva, antes de que el hielo vuelva a formarse en el aparato de expansión.

Prevención de gases no condensables

Para prevenir que su aparato sufra daños, debe asegurarse de que el sistema no tenga gases no condensables. Una manera de prevenir la introducción de gases no condensables en el sistema es llevando a cabo una evacuación adecuada del sistema después de que el sistema haya sido reparado y que se haya verificado si hay fugas de presión y antes de cargar el sistema con refrigerante.

Asimismo, necesita saber si hay una cantidad excesiva de aire u otro gas no condensable en el cilindro de recuperación, ya que no querrá volver a introducir refrigerante con gas no condensable en el aparato.

Como ya sabe, el gas no condensable causa que la presión aumente, así que si supiera cuál tendría que ser la presión y si mide la presión real, podría determinar si el sistema o el cilindro de recuperación contienen gases no condensables.

Si sabe cuál es la temperatura ambiente de donde se encuentra el aparato o el cilindro de recuperación (y esta temperatura es estable y representa la temperatura del sistema), puede averiguar cuál tendría que ser la presión si el sistema no tuviera elementos no condensables. De esta manera, puede comparar esa presión con la presión real. Si la presión real es más alta, el posible que haya materiales no condensaciones presentes.

Si el refrigerante es una mezcla, el fraccionamiento de la mezcla podría cambiar la presión del sistema, pero en general, el fraccionamiento conduce a presiones más bajas. Dado que el refrigerante más volátil (alta presión) tiende

a filtrarse más, la presión disminuye en vez de aumentar, al igual que lo harían los materiales no condensables en el refrigerante.

Verificar si hay gases no condensables

Al verificar si un sistema o cilindro de recuperación contiene aire u otros contaminantes no condensables, antes de tomar lecturas de temperatura y presión debe permitir que la temperatura del sistema o del cilindro se estabilice a una temperatura ambiente. La comparación con una tabla de presión-temperatura solamente es válida si tanto la presión y la temperatura del refrigerante son estables y se saben cuáles son.

No use el refrigerante si tiene alguna duda. Si sospecha que el refrigerante en un cilindro de recuperación está contaminado, abra el refrigerante para recuperarlo. No obstante, si se recibe un tanque de refrigerante mixto en una instalación de recuperación, podría negarse a aceptar el refrigerante o cobrar una tarifa adicional por el procesamiento.



Consejo

Verifique que el equipo de recuperación no tenga fugas de refrigerante como parte del mantenimiento regular de su equipo de recuperación. Dependiendo de la ubicación de la fuga, la unidad podría perder refrigerante o agregar aire al cilindro de recuperación.

Refrigerantes de reemplazo

Según la EPA, no existen los reemplazos de servicio técnico “equitativo” para ningún refrigerante. El término reemplazo equitativo quiere decir que el refrigerante es capaz de brindar exactamente la misma refrigeración, eficiencia, relación de presión y otros factores de rendimiento que el refrigerante original, sin ningún cambio para los equipos existentes. Sin importar lo que afirman algunos materiales de venta, se requiere algún cambio en el sistema para cada reemplazo de refrigerante. No obstante, algunos cambios son solamente pequeños, y las diferencias de rendimiento pueden ser ínfimas.

Se estaba planeando prohibir el uso del R-404A en nuevos refrigeradores domésticos a partir del 1 de enero de 2021; no obstante, el dictamen del tribunal federal de los EE.UU. indica que la autorización de la Ley de Aire Limpio otorgada a la EPA se limita a la prohibición de sustancias que agotan la capa de ozono. Dado que el ODP de los HFC como el R-404A es de cero, la EPA no tiene jurisdicción para prohibir los HFC. Es por eso que, en este momento, sin tener una nueva legislación del Congreso, no existe plan alguno para prohibir los HFC. Manténgase actualizado sobre este tema en evolución leyendo el sitio web de Mainstream www.EPAtest.com.

El uso de R-22 en equipos nuevos está prohibido y en el 2020, su producción o importación para su uso en cualquier sistema existente se prohibirá. De más está decir que el refrigerante regenerado y recuperado se puede seguir utilizando.

Colocación del refrigerante nuevamente en el aparato

Si sabe que el refrigerante recuperado está limpio, puede colocarlo nuevamente en el aparato del cual lo retiró o en otro aparato que posea la misma persona.

Antes de cargar el sistema, siga estas pautas:

- Cambie siempre el filtro secador al reemplazar la carga del refrigerante.
- Verifique siempre que el sistema no tenga fugas (bajo presión positiva).
- Evacue siempre el sistema (evacuación profunda de por lo menos 500 micrones) usando una evacuación triple antes de cargar el sistema.

Reemplazos de refrigerante

Si el refrigerante que retiró es un refrigerante que reduce la capa de ozono, el cual se eliminó gradualmente (es decir, ya no está más disponible para la compra como refrigerante nuevo) y no puede reutilizar el refrigerante que retiró, tiene solo dos opciones.

- Comprar refrigerante regenerado para usar en el sistema.
- Modificar el sistema para que se adapte a un refrigerante de reemplazo.

El refrigerante 134a se ha utilizado por años como reemplazo del R-12 en refrigeradores de uso doméstico nuevos. El R-134a no reduce la capa de ozono y sus características de presión-temperatura son muy similares al del R-12. Pero el GWP de R-134a ya es demasiado alto y podría eliminarse en el futuro si el Congreso llegara a decretar una nueva legislación para prohibir los HFC y la misma se convierte en ley.

Cómo retirar una válvula de acceso

Si ha instalado una válvula de perforación de tipo sin soldadura, debe retirar la válvula de acceso después de cargar el sistema para prevenir un posible problema de fugas a largo plazo. Para retirar la válvula perforadora, obstruya

el manguito de proceso hacia arriba de la válvula, retire la válvula de acceso y suelde para cerrar el tubo del manguito de proceso.

Nota



Cuando el compresor de un aparato pequeño (como un refrigerador de uso doméstico) no funciona y se usa una recuperación dependiente del sistema (y pasiva), debe instalar válvulas de acceso en el lado de alta y baja presión para recuperar el refrigerante del sistema. De este modo, no solo la recuperación será más rápida, sino que podrían ser necesarias ambas conexiones de servicio para lograr la eficiencia de recuperación requerida, es decir, retirar el 80% de la carga total o lograr un vacío de 4 pulgadas de mercurio.

Reparaciones de fugas

Debe verificar si hay fugas cuando un sistema de refrigeración tiene poco refrigerante (se congela la bobina del evaporador) o el sistema sufre recalentamiento excesivo. Si bien no es obligatorio reparar las fugas en los aparatos pequeños, es recomendable que lo haga siempre que sea posible. Dado que la carga es tan pequeña, la tolerancia a una fuga es mucho menor, y dado que el tamaño del sistema es menor, es incluso mucho más fácil encontrar una fuga pequeña.



Nota

Después de recuperar el refrigerante de un sistema sellado, si usa nitrógeno para presurizar el sistema para propósitos de buscar fugas o expulsar restos del sistema, puede ventilar el nitrógeno al ambiente.

Almacenamiento del refrigerante

Si la máquina de recuperación tiene un tanque de almacenamiento interno o si recuperó el refrigerante en un cilindro de carga graduado y no planea regresarlo al sistema, transfiera el refrigerante a un cilindro de recuperación de refrigerante aprobado por el DOT. Nunca llene el cilindro de recuperación de forma que supere el 80 por ciento de su capacidad. Use un interruptor flotador mecánico dentro del cilindro, un aparato de apagado electrónico dentro del cilindro o pese el cilindro en una balanza para poder determinar el nivel de llenado del 80 por ciento.

Debe verificar la clasificación de presión del cilindro para ver si es compatible con el refrigerante que planea recuperar, antes de agregar refrigerante a un

cilindro de recuperación. Por ejemplo, R-410A requiere tanques de recuperación que tengan una capacidad de al menos 400 psig. El DOT debe haber aprobado todos los cilindros de recuperación y los mismos deben tener una fecha de prueba hidrostática actual estampada si se planea usarlos para contener un refrigerante con una presión que sea mayor a 15 psig a temperatura ambiente.

Disposición final de aparatos pequeños

No es necesario ser un técnico certificado para retirar el refrigerante de los aparatos pequeños al prepararlos para su disposición final. Sin embargo, el equipo usado para recuperar el refrigerante de los aparatos antes de su disposición final debe cumplir las mismas normas de rendimiento que el equipo de recuperación usado antes del servicio técnico.

Si usted mismo realiza la disposición final de los aparatos, debe certificar en su Oficina Regional de la EPA que ha obtenido y que puede usar correctamente el equipo de recuperación de refrigerante certificado por la EPA.

Seguridad

En esta sección se brinda información para que usted esté seguro y proteja su equipo. La forma más importante de estar seguro es contar con el equipo apropiado para la tarea, saber cómo usar el equipo correctamente, saber cuándo necesita usar el equipo de protección y asimismo, saber qué refrigerante está recuperando. Debido a que los distintos refrigerantes tienen distintas presiones, debe asegurarse de usar el equipo diseñado para soportar el tipo de refrigerante y la presión del refrigerante que recuperará.

- Cuando trabaja con cualquier gas comprimido, necesita un par de gafas de seguridad con protección lateral ventilada para que no se empañen y para refrescarlo.
- Si el refrigerante líquido entra en contacto con la piel, puede provocar congelamiento. Use un par de guantes de butilo y botas de cuero de trabajo con el fin de evitar el congelamiento al conectar y desconectar las mangueras.
- Asegúrese de que el equipo de recuperación que utiliza esté aprobado por la EPA y clasificado para el refrigerante con el que trabajará.
- Asegúrese de que el conjunto de distribuidores manométricos y las mangueras de servicio cuenten con clasificación para la presión del refrigerante con el que está trabajando.
- Nunca caliente ningún componente que contenga refrigerante usando una llama. R-12 y R-22 pueden descomponerse y formar ácidos hidroclicóricos y fluorhídricos venenosos y gas fosgeno a altas

temperaturas (tales como a llamas abiertas, superficies metálicas ardientes).

- Al utilizar nitrógeno, solamente use vapor de nitrógeno y siempre use un regulador de presión con una válvula de alivio insertada en la tubería corriente abajo del regulador de presión. Utilizar nitrógeno presurizado de un cilindro de nitrógeno sin regulador de presión es muy peligroso porque la presión que se encuentra dentro de los cilindros está muy por encima de las 2,000 psig. Aplicar esta presión dentro de un sistema de refrigeración podría hacer explotar el sistema.
- Si hay una liberación de refrigerante muy grande en un área contenida, debe usar un aparato respirador autónomo (SCBA) o desalojar y ventilar el área donde ocurrió el derrame. Dado que los refrigerantes son más pesados que el aire y pueden desplazar el oxígeno, la liberación de refrigerantes en grandes cantidades puede causar asfixia. Al salir, evite las áreas bajas y ventile los espacios cerrados antes entrar nuevamente.
- Nunca recupere refrigerantes inflamables en máquinas de recuperación o reciclaje que no hayan sido expresamente certificadas para utilizar con ese refrigerante.
- Únicamente use cilindros de recuperación que estén marcados específicamente para uso con refrigerantes inflamables cuando deba trabajar con los mismos, incluyendo que tengan la banda roja en el hombro o en la parte superior del contenedor.
- Nunca quite la marca roja de manera que sea menor a una pulgada de largo en el tubo para indicar la presencia de refrigerante inflamable. Si se llegara a eliminar o acortar esta marca, debe reemplazarla con una marca roja nueva que sea de al menos una pulgada de largo.
- Si un sistema está cargado con un refrigerante inflamable y se instala un puerto de servicio o una válvula de acceso después de la fabricación, debe aplicarse la marca roja inflamable requerida al menos una pulgada en ambas direcciones desde el puerto de servicio. Si va a instalar accesorios, asegúrese de que estén diseñados específicamente para refrigerantes inflamables.
- Siempre asegúrese de que el sistema de refrigeración, la unidad de recuperación y el cilindro de recuperación estén debidamente conectados a tierra al recuperar refrigerantes inflamables.



Consejo

Para usar los refrigerantes inflamables de manera segura, minimice la presencia de posibles fuentes de ignición. Asimismo, debe reducir la probabilidad de que los niveles de estos

refrigerantes alcancen sus límites de inflamabilidad inferiores (LFLs).

Apéndice 1: Factores de conversión

La Tabla 1 del Apéndice muestra las fórmulas para la conversión.

Tabla 1 del Apéndice. Fórmulas de conversión

De	A	Formula
PSIG	PSIA	Sume 14.7 a la lectura de PSIG
PSIA	PSIG	Reste 14.7 a la lectura de PSIG
Pulgadas de mercurio	Milímetros de mercurio absoluto	Multiplique las pulgadas de mercurio por 25.4 y reste el resultado a 760
Milímetros de mercurio absoluto	Pulgadas de mercurio	Reste el vacío en mmHg absoluto a 760 y divida el resultado por 25.4

La siguiente tabla muestra ejemplos para convertir unidades de vacío.

Tabla 2 del Apéndice. Ejemplos de conversión de unidades de vacío

Lectura en PSIA	Lectura en pulgadas de mercurio [pulg. Hg]	Lectura en milímetros de mercurio absoluto [mmHg absoluto]	Micrones
14.7 PSIA	0 "Hg	760 mmHg absoluto	760,000 micrones
12.2 PSIA	5 "Hg	633 mmHg absoluto	633,000 micrones
9.8 PSIA	10 "Hg	506 mmHg absoluto	506,000 micrones
7.3 PSIA	15 "Hg	379 mmHg absoluto	379,000 micrones
4.8 PSIA	20 "Hg	252 mmHg absoluto	252,000 micrones
2.4 PSIA	25 "Hg	125 mmHg absoluto	125,000 micrones
0.5 PSIA	28.9 "Hg	25 mmHg absoluto	25,000 micrones
0.0 PSIA	29.9 "Hg	0 mmHg absoluto	0 micrones

Apéndice 2: Certificaciones para HVAC/R adicionales

Esta sección describe la capacitación adicional que Mainstream ofrece. No obstante, debe estar familiarizado con los métodos y procedimientos descritos en el Programa de capacitación de la Sección 608 de la EPA ofrecido por Mainstream para todos estos programas de capacitación adicionales. El propósito de esta capacitación adicional no es enseñar cómo llevar a cabo la instalación, solución de problemas o reparación de sistemas de aire acondicionado o refrigeración.

El técnico debe contar con una certificación de la Sección 608 de la EPA de una agencia de certificación aprobada por la EPA, tal como Mainstream, antes de obtener cualquiera de las certificaciones adicionales que Mainstream ofrece (excepto por la capacitación de la Sección 609).

Certificación para HC/HFO

Si bien no es necesario contar con la certificación de la EPA para trabajar con refrigerantes de hidrocarburos (HC) o hidrofluoroolefinas (HFO), la certificación para HC/HFO de Mainstream cubre las técnicas y los reglamentos para manipular refrigerantes inflamables de hidrocarburos e hidrofluoroolefinas de manera segura. Puede obtener una versión gratuita del Manual de Certificación para HC/HFO de Mainstream visitando www.epatest.com/hc-hfo/.

Certificación para R-410A

Tampoco no es necesario contar con la certificación de la EPA para trabajar con R-410A. La capacitación de la Sección 608 proporcionada por Mainstream incluye capacitación para todos los refrigerantes, incluyendo el R-410A. No obstante, debido a la naturaleza de mayor presión del R-410A, la mayoría de los fabricantes están de acuerdo en que es una buena elección recibir capacitación adicional específica para el R-410A.

Para lograr este objetivo, Mainstream desarrolló un programa de capacitación para R-410A para técnicos certificados bajo la Sección 608 de la EPA. Puede leer una versión gratuita del Manual de Certificación para R-410A de Mainstream visitando www.epatest.com/R410A/.

Certificación ecológica

La Certificación ecológica de Mainstream le brinda herramientas nuevas relevantes que puede agregar a sus habilidades profesionales. Esta certificación es capaz de otorgarle los conceptos básicos de las opciones actuales de equipos de ahorro de energía, auditoría de energía, efectos de la infraestructura de construcción con respecto a la eficiencia y el mantenimiento preventivo de ahorro de energía.

La Certificación ecológica no es una certificación obligatoria según la EPA. No obstante, en los Estados Unidos, se está convirtiendo en una de las preocupaciones más significativas para los dueños de edificios, dueños de hogares y profesionales de la industria. Si tiene la Certificación ecológica para HVAC/R, puede demostrarles a los clientes, compañeros y empleadores potenciales que usted está familiarizado con y tiene una comprensión básica de los principios relacionados con la conservación de energía y sus efectos para la industria de calefacción y refrigeración.

Puede leer una versión gratuita del Manual de Certificación Verde para HVAC/R de Mainstream visitando www.epatest.com/Green/.

Sección 609 de la EPA para MVAC

Debe tener la Certificación de la Sección 609, aprobada por la EPA, para poder brindarle servicio técnico a los aires acondicionados de vehículos motorizados y para comprar refrigerante en contenedores grandes en tiendas de suministros automotrices. Puede leer una versión gratuita del Manual de Certificación de la Sección 609 de la EPA de Mainstream visitando www.epatest.com/609/.

Técnicos de mantenimiento preventivo y calidad del aire interior

El mantenimiento preventivo y la calidad del aire en interiores son áreas del servicio técnico que se está haciendo imprescindible para la industria de calefacción, ventilación y aire acondicionado/refrigeración. Estas certificaciones se describen en esta sección.

Debe contar con una certificación de la Sección 608 de la EPA de una agencia certificadora aprobada por la EPA, tal como Mainstream antes de obtener cualquiera de las certificaciones del técnico de mantenimiento preventivo (PM Tech, por sus siglas en inglés) o de calidad del aire interior (IAQ, por sus siglas en inglés) de Mainstream.

Únicamente, los técnicos que cuenten con la certificación de la Sección 608 pueden obtener una Certificación de PM Tech o IAQ.

Técnico en mantenimiento preventivo

La certificación en PM Tech de Mainstream es gratuita y abarca todos los aspectos de la detección de ácido y humedad, la eliminación de ácido, la eliminación de agua, el mantenimiento del compresor, el mantenimiento de la bobina, las técnicas adecuadas de carga de refrigeración, el diagnóstico avanzado y los procedimientos de prueba de detección de fugas. El examen comprende 25 preguntas relacionadas con el mantenimiento preventivo y el uso adecuado de productos QwikProducts para las tareas de servicio técnico, reparación y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado, refrigeración y bombas de calor.

Técnico en calidad del aire en interiores

Mainstream también ofrece certificación en IAQ en línea para técnicos certificados según la sección 608, en un formato similar al de la certificación en PM Tech. La certificación en IAQ abarca aspectos como ventilación, detección/prevencción/solución de problemas de moho, detección de radón, filtración de aire, contaminación biológica, limpieza de conductos, control de humedad, solución de daños provocados por el agua y más.

Niveles de certificación en PM Tech o IAQ:

En esta sección se describen los tres niveles de certificación de PM Tech o IAQ.

Certificación de aprendiz

La certificación de aprendiz requiere certificación según la sección 608 de la EPA de Mainstream u otra organización de pruebas aprobada por la EPA. Debe completar satisfactoriamente el examen en línea, con un puntaje del 84% o más. Si recibe la certificación de la EPA de cualquier organización que no sea Mainstream, debe enviarle documentación válida a Mainstream. Para los técnicos con certificación según la sección 608 de Mainstream, Mainstream verifica su certificación según la sección 608 automáticamente.

Certificación de trabajador calificado

La certificación de trabajador calificado incluye todos los requisitos de aprendiz, más al menos 5 años de experiencia verificable en los oficios de calefacción, ventilación y aire acondicionado/refrigeración. Se requiere documentación para corroborar la experiencia.

Certificación de experto

La certificación de experto incluye todos los requisitos de aprendiz, más al menos 10 años de experiencia verificable en los oficios de calefacción, ventilación y aire acondicionado/refrigeración. Se requiere documentación para corroborar la experiencia.

Información adicional

Capacitación

Puede encontrar más información sobre todas las Certificaciones y Capacitación de QwikProduct ofrecidas por Mainstream visitando www.EPATest.com. Nuestra capacitación se centra en mejorar sus habilidades al igual que su imagen técnica y en mantenerlo en cumplimiento y seguro.

QwikProducts

Mainstream es un fabricante de control térmico y conversión de energía basado en investigación y desarrollo enfocado en la transición de su tecnología militar estadounidense avanzada hacia productos de alta calidad y asequibles, los denominados QwikProducts, fabricados en los Estados Unidos. Somos ingenieros y técnicos de servicio intensamente involucrados en el gremio de HVAC/R, y todos nuestros QwikProducts fueron diseñados para que pueda ahorrar tiempo y dinero.

Mantenimiento de registros requerido

La EPA ha impuesto un requisito de mantenimiento de registros exhaustivo y que consume tiempo para los profesionales de HVAC/R. En este manual se han descrito estos requisitos.

El equipo de QwikProducts ofrece un servicio seguro y **gratuito** de mantenimiento de registros en la nube que cumple con todos los requisitos de la EPA para facilitar este requisito para los proveedores de servicio de HVAC/R. Por motivos de seguridad, nuestra comunidad de QwikProducts de HVAC/R protegida por contraseña únicamente está disponible para contratistas de servicio de HVAC/R que cuentan con la certificación de la Sección 608. Puede encontrar más información sobre la comunidad visitando www.qwik.com.

Siglas y definiciones

Abrir un aparato: cualquier servicio técnico, mantenimiento o reparación de un aparato que razonablemente podría esperarse que libere refrigerante a la atmósfera a menos que el refrigerante haya sido previamente recuperado del aparato.

Accesorio de baja pérdida: cualquier dispositivo que tenga la intención de establecer una conexión entre mangueras, aparatos o máquinas de recuperación/reciclaje, y que está diseñado para cerrarse automáticamente o para ser cerrado manualmente cuando se desconecta para minimizar la liberación de refrigerante de las mangueras, aparatos y máquinas de recuperación o reciclaje.

AHRI: Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado. Organización profesional que mantiene normas técnicas, certifica productos, comparte datos y lleva a cabo investigaciones.

AKB: Alquibenceno. Un lubricante de refrigeración sintético que, a comparación con el aceite mineral tradicional, mejora la estabilidad térmica. Se puede usar en sistemas diseñados para CFC y HCFC.

Aparato: cualquier dispositivo que contenga y use un refrigerante para uso doméstico o comercial, incluidos los aparatos de aire acondicionado, los refrigeradores, los enfriadores o los congeladores. La EPA interpreta que esta definición incluye todos los equipos de aire acondicionado y refrigeración, excepto las unidades que están diseñadas y se utilizan exclusivamente para fines militares.

Aparato de aire acondicionado para vehículos de motor (MVAC): Aparato mecánico de compresión de vapor que se utiliza para enfriar el compartimiento del conductor o del pasajero de un vehículo que no usa un refrigerante de alta presión (como R-22, R-407C o R-410A) y que cuenta con una carga de refrigerante de menos de 20 libras. Se debe tener la certificación de la Sección 609 para trabajar con sistemas MVAC, mientras que también se requiere la certificación de la Sección 608 Tipo II o de la Sección 609 para los sistemas de aire acondicionado similares a MVAC (por ejemplo, equipos agrícolas y otros vehículos no de carretera). Esta definición excluye todos los aparatos que necesiten un refrigerante de alta presión, a excepción del dióxido de carbono. Si bien el dióxido de carbono también es un refrigerante de alta presión, es un refrigerante exento, por lo tanto está exento de los requisitos de certificación.

Aparato de alta presión: aparato que usa un refrigerante con una presión de saturación de fase líquida de entre 170 psia y 355 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, a los aparatos que usan refrigerantes de alta presión como R-

401A, R-409A, R-401B, R-411A, R-22, R-411B, R-502, R-402B, R-408A, R-410A y R-402A.

Aparato de baja presión: aparato que usa un refrigerante con una presión de saturación de fase líquida por debajo de 45 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, a los aparatos que usan refrigerantes de baja presión como R-11, R-123 y R-113.

Aparato de muy alta presión: aparato que usa un refrigerante con una temperatura crítica por debajo de 104 °F o con una presión de saturación de fase líquida por encima de 355 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, a los aparatos que usan R-13 o R-503. Entre los refrigerantes se incluyen a R-13, R-23 y R-503.

Aparato de presión media: aparato que usa un refrigerante con una presión de saturación de fase líquida de entre 45 psia y 170 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, a los aparatos que usan R-114, R-124, R-12, R-401C, R-406A y R-500.

Aparato pequeño: cualquiera aparato de refrigeración o enfriamiento que sea unitario, completamente fabricados, cargados y herméticamente sellados en una fábrica y que tienen cinco libras o menos de refrigerante. Esto incluye, pero no se limita a: refrigeradores y congeladores diseñados para uso doméstico, aparatos de aire acondicionado de uso doméstico (incluidos los aparatos de aire acondicionado de ventana y los aparatos de aire acondicionado compactos de pared), bombas de calor individuales compactas, deshumidificadores, equipos para fabricar hielo para montar debajo del mostrador, máquinas expendedoras y enfriadores de agua potable.

Aparatos similares a MVAC: Aparato mecánico de compresión de vapor que se utiliza para enfriar el compartimiento del conductor o del pasajero de un vehículo no de carretera (incluyendo los vehículos agrícolas y de construcción) que no usa un refrigerante de alta presión (como R-22, R-407C o R-410A) y que cuenta con una carga de refrigerante de menos de 20 libras. Se debe tener la certificación de la Sección 608 Tipo II o de la Sección 609 Tipo II o de la Sección 609 para los sistemas de aire acondicionado similares a MVAC. Esta definición excluye todos los aparatos que necesiten un refrigerante de alta presión, a excepción del dióxido de carbono. Si bien el dióxido de carbono también es un refrigerante de alta presión, es un refrigerante exento, por lo tanto está exento de los requisitos de certificación.

Una diferencia clave entre los MVAC y los aparatos similares a MVAC es que las personas que hacen servicio técnico a los MVAC están sujetas a los requisitos de la certificación para técnicos y equipos según la Sección 609 únicamente si realizan “servicio por contraprestación”, mientras que las personas que hacen servicio técnico a los aparatos similares a MVAC están sujetas a los requisitos definidos para la certificación para equipos y técnicos establecidos en los

reglamentos de la Sección 608 y 609, independientemente de que reciban una compensación por su trabajo.

Otra diferencia es que las personas que hacen servicio técnico a los aparatos similares a MVAC tienen la opción de obtener la certificación como técnicos Tipo II según la Sección 608 en lugar de obtener la certificación como técnicos de MVAC según la Sección 609 y según la subparte B. Las personas que hacen servicio técnico a MVAC no tienen esta opción. Deben estar certificados como técnicos de MVAC según la Sección 609 si realizan servicio técnico de aparatos de aire acondicionado por una compensación.

Asfixia: desplazamiento del oxígeno en una sala por un refrigerante más denso.

ASHRAE: Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. Publica normas técnicas para mejorar el ámbito de HVAC/R.

Azeótropo: mezcla de dos o más componentes cuyas composiciones equilibradas de la fase de vapor y la fase líquida son iguales a una presión dada. Estos refrigerantes reciben la designación serie 500 de ASHRAE y se comportan como un solo refrigerante. Se pueden cargar como líquido o como vapor.

Bomba de calor: Sistema de enfriamiento por compresión del vapor con una válvula de reversa que sirve para que el sistema logre un enfriamiento interior en temperaturas ambiente calurosas y una calefacción interior en temperaturas ambiente frías.

Bomba de vacío: dispositivo que se usa para bombear el aire, la humedad y otros no condensables fuera de un sistema y, por ende, evacuar el sistema. La extracción del aire y de los no condensables baja la presión dentro del sistema (por debajo de la presión atmosférica), lo cual causa que el agua líquida atrapada se evapore y se extraiga mediante la bomba de vacío. Las bombas de vacío de simple y doble efecto se usan generalmente en la industria de HVAC/R (calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración). Una bomba de vacío de doble efecto se necesita para extraer el vacío profundo (por debajo de 500 micrones), lo que es necesario para evacuar y eliminar de manera apropiada el agua de los sistemas. Ambos tipos de bomba de vacío, de simple y doble efecto, están clasificadas por su capacidad volumétrica, que generalmente se expresa en pies cúbicos por minuto (cfm). Las bombas de tres a seis cfm se usan generalmente en aplicaciones residenciales.

Carga normal: cantidad de refrigerante dentro del aparato o componente del aparato cuando el aparato está funcionando con una carga completa de refrigerante.

CFC: Clorofluorocarbono. Una familia de refrigerantes que contiene los elementos cloro, flúor y carbono. Debido a sus características, los CFC son más propensos a alcanzar la estratosfera que la mayoría de los demás

compuestos que contienen cloro. Los refrigerantes que contienen cloro pero que no contienen hidrógeno son tan estables que no se descomponen en la atmósfera inferior después de ser liberados.

cfm: Pies cúbicos por minuto. Unidad de medida que generalmente se usa para medir la capacidad volumétrica de las bombas de vacío.

CIO: Monóxido de cloro.

Compresor: Componente del sistema de refrigeración que cambia un vapor de baja presión a un vapor de alta presión. Los tipos comunes de compresores herméticos son los compresores de espiral, de pistón y rotatorios. Los tipos de compresores más grandes incluyen compresores centrífugos y de tornillo.

Compuesto: sustancia formada mediante la unión de dos o más elementos en una proporción definida por el peso.

Condensador: Componente del sistema de refrigeración que cambia un vapor de alta presión a un líquido de alta presión al rechazar el calor del refrigerante que causa que el refrigerante se condense.

Deshidratar: eliminación de agua del sistema.

Deslizamiento de temperatura: diferencia entre el punto de condensación y el punto de burbuja.

Disposición final: proceso que da como resultado e incluye cualquiera de las siguientes acciones:

- La descarga, el depósito, el vertido o la colocación de cualquier aparato descartado en o sobre la tierra o el agua.
- El desarmado de cualquier aparato para la descarga, el depósito, el vertido o la colocación de las piezas descartadas que lo componen en o sobre la tierra o el agua.
- El desarmado de cualquier aparato para reusar las piezas que lo componen.

Dispositivo de estrangulamiento: Componente del sistema de refrigeración que reduce la presión para minimizar la temperatura de saturación y permite que el refrigerante se evapore o hierva en el evaporador, absorbiendo calor hacia el refrigerante. También se denomina dispositivo de expansión o válvula de estrangulamiento.

Equipo de enfriamiento para comodidad: Todo equipo de aire acondicionado utilizado para controlar la temperatura y/o la humedad en instalaciones ocupadas, incluyendo, pero sin limitarse a, edificios residenciales, de oficinas y comerciales.

Usualmente, los enfriadores se consideran aparatos de refrigeración para comodidad.

Eficiencia de recuperación: porcentaje de refrigerante en un aparato que se recupera mediante un equipo de reciclado o recuperación.

Enfriador: Sistema de compresión de vapor que enfría o refrigera el agua en vez de enfriar directamente el aire en el edificio. Esta agua enfriada se bombea a unidades de ventiladores que tienen espirales (intercambiadores de calor de agua a aire con un ventilador) que acondicionan el aire en las secciones adecuadas del edificio.

EPA: Agencia de protección ambiental. Agencia gubernamental que se formó en 1970 con propósito principal de llevar a cabo las leyes de la Ley de Aire Limpio.

EPDM: Etileno propileno dieno tipo monómero. Material similar al caucho que no es compatible en los sistemas de refrigerante de HC o HFO.

- **Equipo refrigerante:** equipo que se usa para refrigerar, congelar o enfriar.

ERG: Guía de respuesta de emergencia. Libro preparado por el Departamento de Transporte para el personal de servicios de emergencias que acude a accidentes que involucran materiales peligrosos o nocivos.

Evacuación: Proceso de extraer aire, gases no condensables o agua del sistema, y por ende reducir la presión a algún valor por debajo de 0 psig.

Evacuación triple: método de evacuación donde el sistema se evacúa (reduce) inicialmente hasta obtener un vacío de al menos 500 hasta 2,000 micrones. Luego, una pequeña cantidad de nitrógeno seco se introduce en el sistema para aumentar la presión por encima de la presión ambiental (generalmente hasta cerca de 15 psig). El propósito del nitrógeno es absorber la humedad del sistema. Luego, el nitrógeno se purga (ventila) y se vuelve a evacuar el sistema. No se requiere recuperar el nitrógeno. Este proceso se repite con la evacuación final, bajando hasta al menos 500 micrones.

Evaporador: Componente del sistema de refrigeración que cambia (hierve) la mezcla de dos fases de baja presión de líquido y refrigerante de vapor a un flujo de refrigerante completamente de vapor absorbiendo calor al refrigerante (y así brindar refrigeración) durante la evaporación.

EXV: sigla para abreviar “válvula de expansión electrónica”, un dispositivo de estrangulamiento ubicado hacia arriba en el evaporador, que controla activamente la caída de presión (por medio de la retroalimentación eléctrica de un sensor de temperatura) para mantener el supercalentamiento que se recomienda a la salida del evaporador.

Fraccionamiento: separación de una mezcla líquida en partes separadas mediante la evaporación preferencial del componente más volátil.

Gas no condensable: gases que no se condensan en ningún lugar del sistema de compresión del vapor y que generalmente se acumulan en el condensador.

GWP: Potencial de calentamiento global. Medida de la cantidad de energía que absorberán las emisiones de 1 tonelada de gas por un plazo dado, en relación con las emisiones de 1 tonelada de dióxido de carbono (CO₂). El GWP se desarrolló para permitir hacer comparaciones de los impactos del calentamiento global de diferentes gases. El GWP de dióxido de carbono es 1.

Halocarbono: hidrocarburo halogenado que contiene uno o más de los tres halógenos: flúor, cloro y bromo. El hidrógeno puede o no estar presente.

HC: Hidrocarburo. Compuesto que contiene sólo los elementos hidrógeno y carbono. Los refrigerantes de HC son refrigerantes exentos, naturales y no tóxicos que no tienen propiedades que agotan la capa de ozono y su potencial de calentamiento global es absolutamente mínimo. No obstante, todos son altamente inflamables. La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) los ha definido como parte del grupo de seguridad A3, que quiere decir que tienen baja toxicidad (A) y son altamente inflamables (3).

HCFC: Hidroclorofluorocarbono. Una familia de refrigerantes que contienen hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Dado que el hidrógeno reduce la estabilidad del compuesto, el potencial de deterioro antes de llegar a la de estratosfera estos refrigerantes es mayor, lo que quiere decir que los HCFC tienen un bajo ODP, pero su ODP no es de cero.

HFC: Hidrofluorocarbono. Una familia de refrigerantes que contienen hidrógeno, flúor y carbono, pero no contienen cloro. Los refrigerantes de HFC no son dañinos para el ozono estratosférico; el ODP de todos ellos es de cero. No obstante, su GWP es muy alto, usualmente de miles.

HFO: Hidrofluoroolefina. Una familia de refrigerantes que contienen hidrógeno, flúor y carbono, pero que son más reactivos que los HFC dada la reactividad del enlace carbono-carbono. Esta mayor reactividad quiere decir que sus GWP son más bajos y sus vidas atmosféricas son más cortas. La EPA promueve los HFO como la próxima generación de refrigerantes debido a su compatibilidad con el medio ambiente, aunque no son tan ecológicos como los refrigerantes de HC. La mayoría de los HFO son inflamables, pero son menos inflamables que los refrigerantes de HC.

Higroscópico: con afinidad al agua; por eso, los aceites higroscópicos son aceites que rápidamente absorben la humedad.

HVAC: Calefacción, ventilación y aire acondicionado.

Isómero: grupo de sustancias que tienen la misma combinación de elementos, pero están dispuestos espacialmente en diferentes formas.

Juego de tuberías: tubería que se utiliza para conectar la unidad exterior (que generalmente se denomina unidad de condensación) con la unidad interior (que a veces se denomina unidad de serpentín y ventilador). Está formado por dos tuberías; la tubería más pequeña del refrigerante líquido de alta presión (que trae el refrigerante condensado hasta el evaporador) y la tubería más grande aislada de baja presión (que trae el vapor refrigerante más frío de vuelta al compresor).

LFL: Límite inferior de inflamabilidad, que se refiere a la concentración mínima en el aire en la que se produce la propagación de la llama.

Manguito de proceso: tramo de tubería que permite acceder al refrigerante que está dentro de un aparato pequeño o aparato de aire acondicionado de uso doméstico que puede ser resellado al finalizar la reparación o el servicio técnico.

Mantenimiento, servicio técnico o reparación mayor: servicio técnico o reparación que implica retirar el compresor, condensador, evaporador o un serpentín del intercambiador de calor auxiliar.

Medidor electrónico de vacío o medidor de micrones: medidor electrónico de vacío que muestra el nivel de vacío directamente en micrones y que es el único método de campo preciso para determinar el nivel de evacuación de un vacío profundo.

Mezcla: combinación de dos o más componentes que no tienen una proporción fija entre sí y que, aunque estén bien combinados, retienen una existencia por separado (aceite y agua, por ejemplo).

Micrón: una milésima (1/1,000) de un milímetro de vacío de mercurio.

Migración de refrigerante: movimiento del refrigerante hasta la parte más fría del sistema cuando se cierra un sistema en funcionamiento.

NASA: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.

O₂: Oxígeno.

O₃: Ozono.

ODP: Potencial de agotamiento de ozono. Cantidad relativa de degradación de la capa de ozono que un refrigerante puede causar.

ODS: Sustancia que agota el ozono. Cualquier sustancia que agota la capa de ozono.

PAG: Aceite de polialquilenglicol. Tipo de aceite sintético que se usa principalmente en sistemas de aire acondicionado automotriz.

PEL: Límite de exposición permitido. La cantidad o concentración máxima de un refrigerante a la que un trabajador puede estar expuesto según los reglamentos de OSHA.

Persona: cualquier individuo o entidad legal, incluidas una corporación individual, una sociedad, una asociación, un estado, un municipio, una subdivisión política de un estado, una tribu indígena y cualquier agencia, departamento o dependencia de los Estados Unidos, y cualquier funcionario, agente o empleado de las mismas.

Placa de orificio: dispositivo de estrangulamiento pasivo compuesto por un pequeño orificio que está ubicado hacia arriba en el evaporador, que deja caer la presión en el sistema, provocando que el refrigerante cambie rápidamente a una mezcla de dos fases. La placa de orificio no controla activamente la caída de la presión para mantener el supercalentamiento recomendado a la salida del evaporador.

POE: Aceite poliolester. También conocida como aceite de éster, un lubricante sintético que comúnmente se usa con refrigerantes de HFC y mezclas de HFC.

ppm: Partes por millón. Unidad de medida.

Punto de burbuja: temperatura a la cual la mezcla no azeotrópica comienza por primera vez a evaporarse (hervir).

Punto de condensación: temperatura a la cual la mezcla no azeotrópica comienza por primera vez a condensarse.

PSIA: presión absoluta en libras por pulgada cuadrada, donde 0 PSIA corresponde a 29.9 pulgadas de vacío de mercurio, y 14.7 PSIA corresponde a 0 PSIG (libras por pulgada cuadrada manométrica).

PSIG: presión manométrica en libras por pulgada cuadrada, donde 0 PSIG corresponde a la presión atmosférica (14.7 PSIA). Un valor PSIG positivo indica la presión en libras por pulgada cuadrada por encima de la presión ambiental.

PTAC: Aire acondicionado de paquete terminal.

PVE: Aceite de polivinil éster. Aceite que comúnmente se usa en sistemas de MVAC más nuevos.

Reciclado: proceso para extraer refrigerante de un aparato y limpiar el refrigerante para reusarlo sin cumplir con todos los requisitos de la regeneración. En general, el refrigerante reciclado es un refrigerante que se limpia mediante la separación del aceite y una o múltiples pasadas a través de dispositivos tales como filtros secadores con núcleo reemplazable, lo que reduce la humedad, la acidez y las partículas.

Recuperación: eliminación de refrigerante en cualquier condición de un aparato y almacenarlo en un recipiente externo sin necesidad de someterlo a pruebas o procesarlo.

Recuperación autónoma: equipo de recuperación o reciclado que es capaz de retirar un refrigerante de un aparato sin la ayuda de los componentes que contiene el aparato.

Recuperación dependiente del sistema: recuperación que requiere la ayuda de componentes que contiene un aparato para retirar el refrigerante del aparato.

Refrigeración comercial: aparatos de refrigeración que se utilizan en los sectores de almacenamiento de alimentos de venta al público y de cámara frigorífica. “Alimentos de venta al público” incluye el equipo de refrigeración de supermercados, tiendas de conveniencia, restaurantes y otros establecimientos de alimentos. “Cámara frigorífica” incluye el equipo que se utiliza para almacenar carne, frutas y verduras, lácteos y otros alimentos perecederos. Todos los equipos de este tipo contienen grandes cargas de refrigerante, generalmente de más de 75 libras.

Refrigeración de proceso industrial: aparatos complejos y personalizados que se usan en las industrias química, farmacéutica y petroquímica, y en la fabricación. Este sector incluye máquinas industriales de hielo y pistas de hielo.

Refrigerante: cualquier sustancia de clase I o clase II que se utiliza para transferir calor, o cualquier sustancia que un usuario utilice como sustituto de dichas sustancias en un uso final determinado, excepto los siguientes sustitutos en los siguientes usos finales:

- *Amoníaco*, en refrigeración de proceso comercial o industrial o en unidades de absorción
- *Hidrocarburos*, en refrigeración de proceso industrial (procesamiento de hidrocarburos)
- *Cloro*, en refrigeración de proceso industrial (procesamiento de cloro y compuestos de cloro)
- *Dióxido de carbono*, en cualquier aplicación
- *Nitrógeno*, en cualquier aplicación
- *Agua*, en cualquier aplicación

Refrigerante de Clase I: Aquellos refrigerantes que tiene un potencial de reducción del ozono (ODP) mayor a 0.2. todos los clorofluorocarbonos (CFC) son refrigerantes de Clase I.

Refrigerante de Clase II: aquel que tiene un potencial de reducción del ozono (ODP) menor a 0.2 y que está compuesto completamente de hidroc fluorocarbonos (HCFC). Los HCFC se desarrollaron como sustitutos

transitorios de las sustancias de Clase I y están sujetos a un programa de eliminación gradual posterior a las sustancias de Clase I. Aunque actualmente existen 34 HCFC controlados, generalmente sólo se usan unos pocos. Los HCFC-22, HCFC-141b (un agente soplador de espuma y solvente) y HCFC-142b (un agente soplador de espuma y componente de las mezclas refrigerantes) han sido los más usados.

Refrigerante no azeotrópico: Sinónimo de zeotrópico, que es el término preferido aunque menos usado como descriptor. Ver zeotrópico.

Refrigerantes exentos: Refrigerante que tiene un potencial de agotamiento de la capa de ozono de (0 ODP, por sus siglas en inglés) y un potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) equivalente o inferior al dióxido de carbono, lo que representa un GWP de 1 o menos. Algunos refrigerantes exentos incluyen al dióxido de carbono, refrigerantes de hidrocarburos, nitrógeno o agua. El amoníaco, que se usa en la refrigeración de procesos comerciales o industriales o en unidades de absorción, también está exento dado que no se usa en una aplicación de compresión de vapor.

Regeneración: reproceso del refrigerante para regresarlo a las especificaciones de un producto nuevo o al menos para obtener la pureza especificada en la norma AHRI 700, Especificaciones para refrigerantes de fluorocarbono, y para verificar esta pureza utilizando los procedimientos de pruebas analíticas que se describen en la norma.

SCBA: Aparato respirador autónomo.

SDS: Hoja de datos de seguridad. Brinda información importante sobre las características físicas/químicas y los procedimientos de primeros auxilios para solventes, sustancias químicas y refrigerantes.

SNAP: Política de nuevas alternativas significativas. El programa de la EPA para evaluar y regular la *seguridad* de los sustitutos de las sustancias químicas que agotan el ozono que se están eliminando gradualmente según las disposiciones de protección contra el ozono estratosférico de la Ley de Aire Limpio.

Supercalentamiento: Cantidad de grados en que el vapor se calienta por encima de la temperatura de saturación (a la misma presión).

Sustituto: cualquier sustituto de producto o sustancia química, ya sea existente o nuevo, que utilice cualquier persona como un reemplazo de un compuesto de clase I o II en un determinado uso final.

Tasa de fuga: Método aprobado por la EPA para determinar la tasa a la que un aparato pierde refrigerante, proyectado sobre la fuga medida en los próximos 12 meses. La tasa de fuga se expresa en términos del porcentaje de la carga completa (placa de identificación) del aparato que se perdería en los siguientes 12 meses si

la tasa actual de fuga continuara durante ese periodo. La tasa se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\frac{\frac{\text{Refrigerante añadido}}{\text{Carga total}} \times 365 \text{ días por año}}{D} \times 100$$

D = la cantidad de días desde que el refrigerante fue añadido por última vez o 365 días, el que fuese menor

Técnico: cualquier persona que realice tareas de mantenimiento, servicio técnico o reparación que razonablemente podrían liberar refrigerante a la atmósfera, incluidos, entre otros, los instaladores, los empleados de contratistas, el personal de servicio técnico interno y, en algunos casos, los propietarios. Técnico también significa cualquier persona que desecha aparatos, excepto los aparatos pequeños.

TOMS: Estación de monitoreo total del ozono.

Tubo capilar: dispositivo de estrangulamiento pasivo compuesto por un tubo largo de diámetro muy pequeño que está ubicado hacia arriba en el evaporador y que deja caer la presión en el sistema, provocando que el refrigerante cambie rápidamente a una mezcla de dos fases. No controla activamente la caída de la presión para mantener el supercalentamiento recomendado a la salida del evaporador.

TXV: Válvula de expansión térmica. Dispositivo de estrangulamiento (válvula de regulación) ubicado hacia arriba en el evaporador que controla activamente la caída de la presión (por medio del efecto de la presión desarrollada en un bulbo sensor que actúa sobre una válvula de medición) para mantener el supercalentamiento recomendado a la salida del evaporador.

UFL: Límite superior de inflamabilidad. Concentración máxima en el aire en el que se produce la propagación de la llama. Las concentraciones de refrigerante inflamable que superan el UFL no tienen suficiente oxígeno en el aire para propagar la llama.

UV-B: Rayos ultravioletas del sol nocivo.

Vacío de recuperación: proceso que se usa para recuperar refrigerante en el sistema y evitar que se escape a la atmósfera. Esta evacuación, que usa una máquina aprobada por la EPA de recuperación o reciclado, se realiza en un sistema de refrigeración cargado antes de que se abra el sistema para repararlo. Al igual que cualquier otro vacío, nunca se usa para determinar si el sistema tiene fugas. Antes de realizar una evacuación de recuperación, la EPA dice que debe

determinarse el nivel de evacuación sobre la base de la cantidad y el tipo de carga. Si el sistema tiene una fuga, sólo se deberá recuperar la presión atmosférica para evitar introducir aire en el refrigerante recuperado.

Vacío profundo: la evacuación de un sistema a un vacío bajo, generalmente por debajo de los 500 micrones, con el objetivo de eliminar los gases no condensables, así como también evaporar y eliminar el agua del sistema.

Válvula King: combinación de válvula de servicio y cierre que generalmente se usa en la entrada y en la salida de un compresor, y en la entrada y en la salida de las unidades de condensación compactas.

Zeotrópico: También se denomina non azeotrópico. Se refiere a las mezclas que comprenden múltiples componentes de diferentes volatilidades que, cuando se usan en ciclos de refrigeración, cambian de composición volumétrica y de temperaturas de saturación (exhiben deslizamiento de temperatura) mientras se evaporan (hierven) o se condensan a temperatura constante. Estos refrigerantes reciben la designación serie 400 de ASHRAE.