

Técnicas y reglamentaciones para la manipulación segura de refrigerantes con A3 y A2L

Escrito por
Kay Rettich
Julia Setlak
Robert P. Scaringe, Ph.D., P.E.

Segunda edición

Febrero de 2017

© Copyright 2017

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

Mainstream Engineering Corporation, Rockledge, Florida

5015870

Excepto lo establecido en las Secciones 107 y 108 de la Ley de Derechos de Autor de los Estados Unidos de 1976, ninguna parte de esta publicación puede reproducirse 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 de los derechos de reproducción.

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 sabiendo 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.

Estas normas y códigos de práctica están actualizados al momento de su publicación. Debe verificar que sigan vigentes.

Índice

Prólogo	vii
Precauciones de seguridad.....	vii
Reglamentaciones de la EPA.....	vii
Responsabilidad	viii
Convenciones de documentos	ix
Capítulo 1. ¿Qué son los refrigerantes de hidrocarburos?	1
Propiedades físicas de los hidrocarburos.....	2
Tipos de refrigerante de HC	2
R-600a (isobutano).....	2
R-290 (propano).....	4
R-441a	5
R-1270	5
Otras mezclas de HC	5
Compatibilidad de materiales	5
Lubricantes.....	5
Secantes	7
Materiales.....	7
Capítulo 2. ¿Qué son los refrigerantes de hidrofluoroolefina?.....	9
Tipos de refrigerante de HFO.....	11
R-1234yf.....	11
R-1234zd.....	11
R-1234ze.....	12
R-449B.....	16
Compatibilidad de materiales	17
Lubricantes.....	17
Secantes	17
Materiales.....	17
Capítulo 3. Comparación de los aspectos medioambientales de los refrigerantes de HC, HFO y HFC	19
Potencial de calentamiento global.....	20
Potencial de destrucción de la capa de ozono	20
Deslizamiento de temperatura	21
Presión de temperatura: comportamiento de la temperatura de los refrigerantes de HC y HFO	22
Capítulo 4. ¿En qué consiste el programa SNAP de la EPA?	24

Antecedentes e historia del Programa SNAP	25
Norma de la EPA sobre refrigerantes.....	26
Usos finales cubiertos	27
Refrigeración doméstica	28
Refrigeradores y congeladores de alimentos de venta al por menor	28
Otras condiciones de uso	29
Limitaciones del tamaño de la carga	29
Mangueras y tuberías con codificación de calor	29
Etiquetado.....	31
Recipientes de refrigerante	31
Colores del recipiente de refrigerante.....	31
Accesorios únicos	32
Requisitos de capacitación.....	32
Equipo de recuperación y reciclado	33
Capítulo 5. ¿Cuáles son las clasificaciones de seguridad de los refrigerantes de HC y HFO?	34
Clasificaciones de seguridad de la ASHRAE.....	34
Toxicidad.....	34
Inflamabilidad	36
Límites de inflamabilidad de refrigerantes de hidrocarburo	37
Condiciones de uso.....	38
Asfixia	39
Capítulo 6. ¿Cuáles son las prácticas de manipulación segura de HC y HFO?	40
Limitaciones de la carga	40
Refrigeración doméstica.....	40
Refrigeración de alimentos de venta al por menor.....	41
Recuperación del refrigerante de HC y HFO	41
Técnicas de recuperación	41
Identificación del refrigerante.....	42
Requisitos de evacuación.....	44
Equipo de recuperación y reciclado adecuado	44
Prueba de detección de fugas con pérdida de presión	48
Triple evacuación	51
Procedimiento de la evacuación triple	52
Reparaciones de fugas	57
Soldadura	58
Conexiones de tubería	58
Carga.....	58
Carga líquida.....	58

Recarga del sistema con refrigerante recuperado	59
Venteo	59
Preocupaciones de electricidad estática	60
Manipulación.....	61
Restricción de ventas.....	62
Especificaciones de la válvula con cierre automático de MVAC.....	64
Envío.....	64
Reglamentos del Departamento de Transporte	64
Etiquetas para el despacho	64
Carga del cilindro	65
Almacenamiento	65
Evaluación de riesgos	65
Política principal de prevención de accidentes	66
Procedimientos de equipo dañado	66
Procedimientos de conservación de registros	67
Capítulo 7. Resumen	68
Uso final 1	68
Refrigerantes sustitutos.....	68
Condiciones de uso.....	68
Información de seguridad.....	68
Marcas permanentes.....	69
Uso final 2.....	71
Sustituto	71
Condiciones de uso.....	71
Marcas permanentes.....	71
Referencias de UL	71
Uso final 3.....	72
Refrigerantes sustitutos.....	72
Uso final 4.....	72
Uso final 5.....	73
Uso final 6.....	73
Capítulo 8. Acrónimos.....	74
Capítulo 9. Definiciones	77
Referencias.....	87
Índice	90

Prólogo

La información que se proporciona en este curso tiene un propósito meramente didáctico. Los procedimientos descritos en este manual son solo para uso de los técnicos del servicio de refrigeración y aire acondicionado calificados que ya cuenten con una certificación tipo II, tipo III o universal según la Sección 608 de la Ley de Aire Limpio de la EPA. **Este curso de capacitación no reemplaza el manual del operador del fabricante de ningún equipo.**

Precauciones de seguridad

Tome las precauciones de seguridad al usar equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC). La utilización inapropiada de equipos de HVAC puede provocar explosiones y lesiones personales graves.

Antes de poner en funcionamiento un equipo por primera vez, lea siempre el manual del usuario completo proporcionado por el fabricante. **Nunca encienda equipos si no comprende su funcionamiento. Si los procedimientos descritos en este manual son diferentes de los que indica el fabricante de un equipo en particular, siga las instrucciones del fabricante del equipo.**

Sea precavido cuando trabaje con refrigerantes de hidrocarburo, ya que las mangueras podrían contener refrigerante líquido inflamable bajo presión. Para el almacenamiento, utilice únicamente cilindros recargables autorizados. No llene los cilindros de almacenamiento por encima de su capacidad estimada.

Utilice siempre gafas de seguridad. Protéjase la piel contra congelaciones instantáneas.

No deje funcionando sin supervisión ninguna máquina de recuperación o de recuperación y reciclado de refrigerantes. Nunca use ningún equipo que no esté clasificado para manejar refrigerantes inflamables al trabajar con este tipo de refrigerantes. Solo los técnicos de refrigeración capacitados pueden operar los dispositivos de recuperación y reciclado de refrigerantes. El uso incorrecto de los dispositivos de recuperación y reciclado puede provocar explosiones y lesiones personales.

Reglamentaciones de la EPA

La información técnica y legal incluida en este libro se encuentra actualizada hasta la fecha de la última publicación del manual. Debido a que en el área de refrigerantes de hidrocarburos 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

la página de inicio de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en la siguiente dirección: <http://www.epa.gov>.

Responsabilidad

Mainstream Engineering Corporation no asume ninguna responsabilidad por el uso de la información presentada en la presente publicación. Esta información se presenta únicamente con fines didácticos.

A fin de operar de forma correcta cualquier equipo, debe consultar el manual del usuario proporcionado por el fabricante.

El contenido de este curso se limita a la información y las prácticas de servicio necesarias para contener, conservar y -reutilizar refrigerantes inflamables, así como para evitar que estos lleguen a la atmósfera.

Este manual no tiene por objeto enseñar sobre la instalación, seguridad, resolución de problemas o reparación de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Los técnicos en refrigeración deben ser expertos en estas áreas antes de hacer este curso.

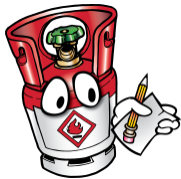
Convenciones de documentos

En todo este documento se proporciona la siguiente información útil:



Precaución

Las precauciones indican la posibilidad de daños físicos o daños al equipo.



Notas

Las notas contienen información relacionada.



Consejos

Los consejos están diseñados para proporcionar pistas o atajos.



Ejemplos

Los ejemplos proporcionan usos prácticos de un concepto.

Capítulo 1. ¿Qué son los refrigerantes de hidrocarburos?

Un hidrocarburo es un compuesto orgánico que consta únicamente de átomos de carbono e hidrógeno. Un halocarburo es un compuesto derivado de un hidrocarburo al reemplazar al menos un átomo de hidrógeno por un halógeno. En el caso de los refrigerantes de hidrofluorocarburo halocarburo (HFC), algunos átomos de hidrógeno se reemplazan por átomos de fluoruro.

Si bien los átomos de fluoruro disminuyen la inflamabilidad de los refrigerantes, el fluoruro es nocivo para el medioambiente. Por lo tanto, los refrigerantes de hidrocarburo son inflamables (dado que el átomo de hidrógeno no se ha reemplazado por un halógeno como el fluoruro).

Los refrigerantes de hidrocarburo (HC) están clasificados por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) como grupo de seguridad A3, lo que significa que tienen baja toxicidad (A) y son muy inflamables.

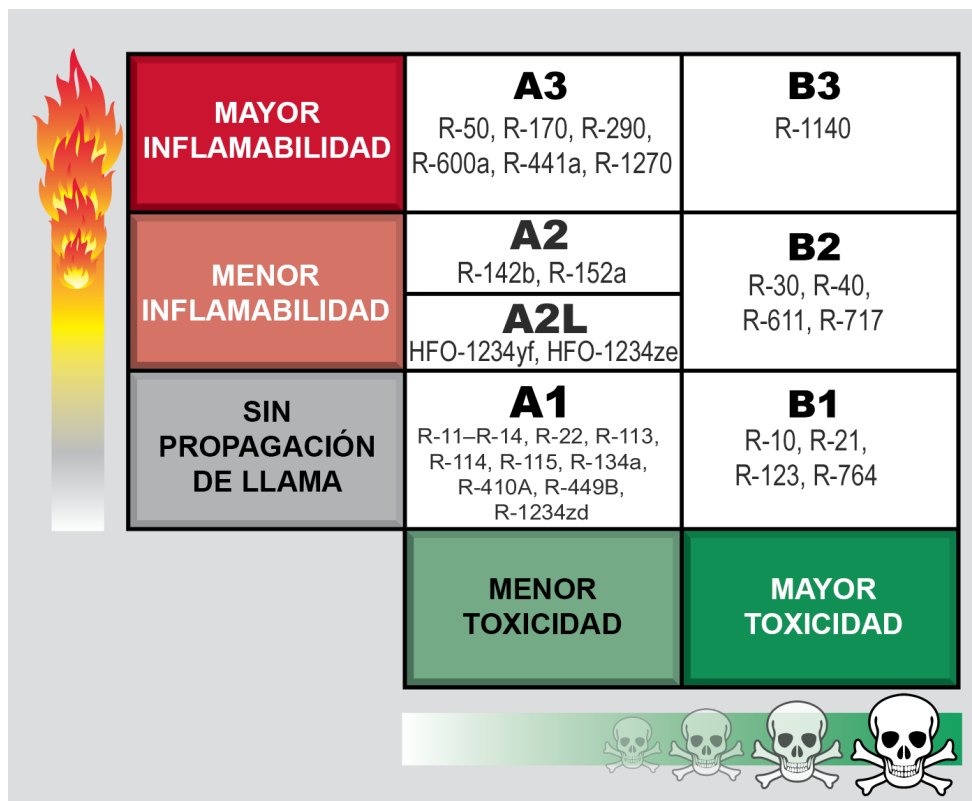


Figura 1. Clasificación del grupo de seguridad de refrigerantes

Propiedades físicas de los 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 muy inflamables. En la Tabla 1 se describen las propiedades físicas de los hidrocarburos [ACRIB, 2001].

Tabla 1. Propiedades físicas de los refrigerantes de HC

Número de la ASHRAE	Nombre químico	Fórmula molecular	Punto de hervor normal o puntos de burbuja/rocío (°F) a 1 atm	Temperatura crítica (°F)	Presión crítica (psig)
R-600a	Isobutano	C ₄ H ₁₀	10.9	274.4	513.2
R-601a	Isopentano	C ₅ H ₁₂	81.9	370.0	475.5
R-290	Propano	C ₃ H ₈	-43.7	206.1	601.7
CARE 30	Mezcla de propano/isobutano		-25.1/ -11.0	221.9	478.4
R-50	Metano	CH ₄	-263.2	-116.1	658.3
R-170	Etano	C ₂ H ₆	-127.8	90.0	684.5
R-441a	Mezcla de etano/propano/isobutano	3.1 ± 0.3% C ₂ H ₆ 54.8 ± 2% C ₃ H ₈ 42.1 ± 2.6% C ₄ H ₁₀	-43.4/ -4.7	243.1	
R-1150	Etileno	C ₂ H ₄	-154.8	48.56	716.6
R-1270	Propileno	C ₃ H ₆	-53.7	196.0	646.0

Tipos de refrigerante de HC

R-600a (isobutano)

El isobutano, también llamado 2-metilpropano, tiene cuatro átomos de carbono, la fórmula química es C₄H₁₀, y tiene una estructura ramificada. El isobutano suele escribirse como CH(CH₃)₂-CH₃ para distinguirlo del butano, que es un hidrocarburo de cadena lineal con la misma fórmula química.

El número de registro del Servicio de Resúmenes Químicos (CAS) del isobutano es 75-28-5. Como refrigerante, el isobutano está designado como R-600a según la Norma 34-2010 de la ASHRAE «Designación y clasificación de seguridad de

refrigerantes» [ASHRAE, 2010]. También se conoce al isobutano como HC-600a e iso-C₄H₁₀.

El refrigerante R-600a, que se utilizaba en refrigeradores residenciales hasta la década de 1940, se volvió a aceptar para uso en refrigeradores y congeladores domésticos en Europa, donde se fabrican la mayoría de los refrigeradores actuales que usan refrigerante R-600a. El isobutano R-600a es un refrigerante apto para aplicaciones domésticas, con buen rendimiento energético, pero en comparación con R-134a, tiene características muy diferentes, lo que quiere decir que no es un reemplazo directo del R-134a, en especial debido a que el R-600a es inflamable.

Una diferencia significativa entre el R-600a y el R-134a es la presión de funcionamiento normal, que es mucho menor en el R-600a. Por ejemplo, tal como se muestra en la Tabla 2, el R-600a a 20 °F se encuentra apenas por encima de la presión atmosférica. Además, el R-600a tiene casi la mitad de la capacidad volumétrica del R-134a, lo que significa que el volumen desprendido del compresor debe ser el doble de grande para mover la misma masa de refrigerante. Sin embargo, la capacidad de enfriamiento volumétrica, que es un valor que se calcula a partir de la densidad del gas de succión y el calor latente de la evaporación a la presión gaseosa de succión, solo es levemente inferior, por lo que se requiere menos flujo de masa refrigerante.

Tabla 2. Presión saturada: relación de temperatura de los refrigerantes de HC comunes

Temperatura (°F)	Presión (psig)					
	HC-600a	HC-601a	HC-290	HC-441a	HC-1150	HC-1270
0.0	6.4*	25.5*	23.7	204.5	373.42	33.194
5.0	3.6	24.8	27.6	221.7	401.45	37.951
10.0	0.5	24.1	31.8	239.7	430.94	43.055
15.0	1.4	23.2	36.3	258.8	461.96	48.52
20.0	3.2	22.3	41.1	278.9	494.56	54.362
25.0	5.1	21.3	46.3	300.0	528.84	60.597
30.0	7.2	20.2	51.8	322.3	564.88	67.241
35.0	9.4	18.9	57.7	345.6	602.79	74.309
40.0	11.9	17.6	63.9	370.2	642.72	81.819
45.0	14.5	16.1	70.6	395.9	684.89	89.787
50.0	17.3	14.5	77.6	422.9		98.229
55.0	20.3	12.7	85.1	451.2		107.16
60.0	23.5	10.7	93.0	480.9		116.61
65.0	27.0	8.6	101.4	512.1		126.57
70.0	30.6	6.3	110.2	544.7		137.09
75.0	34.5	3.9	119.5	578.9		148.16
80.0	38.7	1.2	129.3	614.8		159.81
85.0	43.1	0.8	139.7	652.7		172.06
90.0	47.8	2.4	150.5			184.93
95.0	52.7	4.0	161.9			198.43
100.0	57.9	5.8	173.9			212.59

Temperatura (°F)	Presión (psig)					
	HC-600a	HC-601a	HC-290	HC-441a	HC-1150	HC-1270
105.0	63.5	7.7	186.5			227.42
110.0	69.3	9.7	199.6			242.95
115.0	75.5	11.8	213.4			259.19
120.0	82.0	14.1	227.9			276.18
125.0	88.8	16.6	242.9			293.92
130.0	95.9	19.2	258.7			312.46

*El color rojo indica las pulgadas de mercurio

R-290 (propano)

El propano tiene tres átomos de carbono, su fórmula química es C_3H_8 y el número de CAS es 74-98-6. Como refrigerante, el propano tiene la designación R-290 de la ASHRAE. También se lo conoce como HC-290 y $CH_3CH_2CH_3$.

El refrigerante R-290 se utilizó en plantas de refrigeración en el pasado y se sigue usando en las plantas industriales de Europa. En el caso de las bombas de calor y los aires acondicionados residenciales, el R-290 se ha utilizado en Alemania y Suecia durante un tiempo.

La diferencia de presión entre el R-290 y el R-22 o R-404A es mínima. Los diseños de la evaporadora y condensadora son similares a R-22 o R-404A, pero se debe tener especial cuidado debido a la inflamabilidad de estos refrigerantes de HC.

El uso de R-290 puro como reemplazo de R-22 genera una capacidad de enfriamiento inferior del 7 al 10% aproximadamente. La disminución en la capacidad superior del 10% se asocia a mayores condiciones operativas. Sin embargo, el coeficiente de rendimiento de enfriamiento (COPc) es aproximadamente entre un 2 y 8% mayor al usar el R-290 para reemplazar el R-22. En este caso, el COPc superior del 8% se produce a las temperaturas operativas más bajas.

Además, la presión de descarga del compresor al usar R-290 es entre un 14 y 18% inferior que la presión de descarga de R-22. El uso de R-290 en lugar de R-22 también genera un consumo de potencia inferior de aproximadamente el 12 al 14% y menores descensos de presión en las bobinas del intercambiador de calor.

Si R-290 se cargara a un sistema de refrigeración sin cambios que se diseñó para R-22, la carga en términos de masa (peso) sería mucho más baja, pero la carga en términos de volumen sería prácticamente la misma. Debido a que el volumen líquido en la evaporadora y condensadora determinan la carga óptima (no la masa del refrigerante), la carga de R-290 sería un 40% de la carga por masa de un sistema R-22. La limitación del tamaño de la carga para los refrigerantes inflamables es de 57 g (0.13 lb) para refrigeradores domésticos y 150 g (0.35 lb) para refrigeradores de alimentos de tiendas minoristas, lo que equivale a una

carga de R-22 de unas 0.31 libras en el caso de los refrigeradores domésticos y de 0.83 libras en el caso de los refrigeradores de alimentos de tiendas minoristas.

R-441a

El R-441a, también conocido como HCR188C, fue el primer refrigerante de hidrocarburos aprobado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para su venta en los Estados Unidos. Este refrigerante es una mezcla de cuatro hidrocarburos y cuenta con la certificación de la ASHRAE como una sustancia atóxica. El R-441a fue diseñado para reemplazar al R-134.

La mezcla está compuesta de etano (3.1% por masa), propano (54.8% por masa), isobutano (6.0% por masa) y butano (36.1% por masa). El R-441a es un refrigerante de muy alta presión; por ejemplo, a 80 °F, la presión de saturación es de 614.8 psig (Tabla 2), que es 2.6 veces mayor que la presión de saturación de 235.8 psig del R-410A.

R-1270

El R-1270 también se conoce como propileno o propeno de grado refrigerante y se utiliza como reemplazo del R-22 y del R-502 en sistemas nuevos. El R-1270 no debe usarse para adaptar un sistema existente. La capacidad del R-1270 es similar a la del R-22 en todas las condiciones de temperatura operativa.

Otras mezclas de HC

Otro refrigerante alternativo al R-22 es una mezcla de HC del 20% por peso de R-290 y 80% por peso de R-1270 en vez de R-290 puro.

Se ha usado una mezcla de HC del 50% (por peso) de R-290 y del 50% de R-600a para reemplazar al R-134a en usos de refrigeración. Para este reemplazo, el consumo de energía desciende un 5% y la carga de refrigerante se reduce entre un 35 y 40%.

Compatibilidad de materiales

Lubricantes

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. Los refrigerantes de HC tienen buena solubilidad con aceites minerales, por lo que quizás deba usar un lubricante no mineral con menor solubilidad. Si usa un lubricante mineral, aumente la viscosidad para compensar la dilución del aceite, ya que el refrigerante de HC de alta solubilidad

disminuye la viscosidad del aceite mineral. Si no está seguro, consulte al proveedor de lubricantes las propiedades de la combinación específica de aceite y refrigerante.

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.

Nunca use ningún compuesto de sellado de fugas o de secado de la humedad con los refrigerantes de HC, ya que todos estos compuestos contienen silicatos.

En la Tabla 3 se describe la compatibilidad de los refrigerantes de HC y los lubricantes [Consejo de la Industria de Aires Acondicionados y Refrigeración, 2001].



Precaución

Si está por cambiar o seleccionar un lubricante para un refrigerante de hidrocarburo, consulte siempre con el fabricante del compresor para obtener recomendaciones.

Tabla 3. Compatibilidad de los lubricantes con los refrigerantes de HC

Tipo de lubricante	Compatibilidad
Mineral	Totalmente soluble con hidrocarburos. Solubilidad excesiva en condiciones de alta temperatura. Compensar con un aceite de alto grado de viscosidad.
Alquilbenceno	Totalmente soluble y grados de viscosidad típicos aplicables a todos los usos.
Semisintético	Una mezcla de alquilbenceno y aceites minerales que logran propiedades deseables para usar con hidrocarburos.
Poliéster (POE)	Por lo general presenta una solubilidad excesiva con los hidrocarburos. Es posible que requiera un grado de viscosidad más alto.
Polialquilenglicol (PAG)	Soluble y parcialmente soluble con hidrocarburos, según las condiciones. Grados normales y generalmente satisfactorio.
Polialfaolefina (PAO)	Soluble con hidrocarburos, pero se suele usar en condiciones de baja temperatura.

Secantes

Los secantes se usan en secadoras de filtro. La mayoría de los secantes que se usan con frecuencia son compatibles con los refrigerantes de HC. Los tipos aceptables son XH-5, XH-6 o equivalentes. Puede usar tipos de secantes de tamiz molecular, como XH5, XH6, XH7 y XH9, y la secadora de filtro universal MS 594.

Materiales

Casi todos los materiales de refrigeración de elastómero y plástico comunes que se utilizan como juntas tóricas, asientos de válvulas, sellos y juntas son compatibles con los refrigerantes de HC. Estos incluyen neopreno, Viton™, caucho de nitrilo, caucho de butadieno nitrilo hidrogenado (HNBR), politetrafluoroetileno (PTFE, también conocido como Teflon™) y nailon. El terpolímero etileno propileno dieno (EPDM), los cauchos naturales o los cauchos de silicona no son compatibles.



Precaución

No use EPDM, cauchos naturales ni cauchos de silicona en sistemas refrigerantes de HC. Estos materiales no son compatibles.



Consejos

Si bien varios materiales se han analizado con hidrocarburos, hay muchos grados diferentes en el mercado. Verifique siempre la compatibilidad con el fabricante o el proveedor del componente.

Una norma de la Política de Nuevas Alternativas Significantes (SNAP) de la EPA permite el uso de isobutano y propano con restricciones de límite de carga (hasta 57 g en el casos de los refrigeradores domésticos y hasta 150 g en los refrigeradores comerciales). Underwriters Laboratory (UL) ha aprobado el uso de propano en los aires acondicionados de ventana con límites de carga.

Según la norma de la SNAP de la EPA publicada en diciembre de 2016, se permite lo siguiente:

- Uso de R-600a (isobutano) y R-441A en refrigeración de alimentos de venta 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-R441A en aires acondicionados de habitaciones autónomos, aires acondicionados de terminales cubiertos, bombas de calor de terminales cubiertos, unidades de aire acondicionado de ventana y unidades de aire acondicionado portátiles diseñadas para su uso en una sola habitación.

Capítulo 2. ¿Qué son los refrigerantes de hidrofluoroolefina?

Los refrigerantes de hidrofluoroolefina (HFO) son hidrofluorocarbonos (HFC) insaturados que, debido a que son ecológicos, se promocionan mucho como la próxima generación de refrigerantes, aunque no son tan ecológicos como los refrigerantes de HC. Son menos inflamables, pero igualmente siguen siéndolo.

Los fabricantes de refrigerantes han desarrollado varias mezclas de HFO adaptadas a aplicaciones específicas. El desarrollo más avanzado es el de HFO-1234yf, HFO-1234ze y HFO-1234zd. Se clasifican como A2L, lo que significa que son «levemente» inflamables (L por bajo, en inglés), en comparación con los refrigerantes de HC, que son inflamables. (Consulte la Figura 1 en la página 1 para ver un diagrama de las clasificaciones de seguridad del refrigerante).

El rendimiento de HFO-1234yf coincide estrechamente con el de HFC-134a. El HFO-1234yf se está adoptando para los sistemas de aire acondicionado de vehículos automóviles (MVAC). El HFO-1234yf tiene capacidad 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 probablemente 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 se ha aprobado para utilizarse con enfriadores centrífugos, recíprocos y de tornillo. El R-1234yf es un reemplazo del R-134a, y el R-1234ze es un reemplazo para aplicaciones de aire acondicionado.

Los fabricantes de refrigerantes principales están desarrollando mezclas de HFO que son aptas para aplicaciones que tradicionalmente usarían HCFC-22, HFC-404A y HFC 410A. Sin embargo, el HFO-1234yf no es una alternativa viable para estos refrigerantes debido a su capacidad volumétrica considerablemente inferior.

Las mezclas de HFO que se están desarrollando están diseñadas para ofrecer mayores capacidades con compensaciones en el Potencial de calentamiento global (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 del GWP de los HFC a los que reemplazarían, pero son significativamente más altas que las de los refrigerantes de HC. Por lo tanto, se propone el uso de estas mezclas de HFO para reemplazar a los refrigerantes de HFC, pero son inflamables, y esto podría impedir la aceptación. Los HFO no tienen cloro, y tienen un potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP) cero.

Los refrigerantes de HFC, como R-134a, R-125, R-1434a y R-152a, y las mezclas de HFC, como R-407A, R-407B, R-410A y R-5078, están compuestos por hidrógeno, fluoruro y carbono, conectados por *uniones simples*. Si bien los HFO también están compuestos por hidrógeno, fluoruro y carbono, contienen al menos una *unión doble* entre los átomos de carbono.

Dado que los refrigerantes de HFO como los refrigerantes de HFC contienen átomos de fluoruro, estos átomos de fluoruro disminuyen la inflamabilidad, que es el motivo por el cual los refrigerantes de HFO se clasifican como levemente inflamables y los refrigerantes de HC (que, por definición, nunca contienen fluoruro) son inflamables. En la Tabla 4 se describen las propiedades físicas de los HFO.

Tabla 4. Propiedades físicas de los refrigerantes de HFO

Número de la ASHRAE	Clasificación de la ASHRAE	Fórmula molecular	Punto de hervor normal o puntos de burbuja/rocío (°F) a 1 atm	Temperatura crítica (°F)	Presión crítica (psig)
R-1234yf	A2L	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$	-14.8	215.6	602.7
R-1234zd	A1		65.0	330.1	518.2
R-1234ze(E)	A2L	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHF}$	-2.1	229.0	534.5
R-1336mzz(Z)	A1	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_3(\text{Z})$	59.2	309.2	531.2

Los fabricantes de refrigerantes también están desarrollando varias opciones de refrigerantes A2L de HFO adicionales para reemplazar al HFC-134a, HCFC-22 y HFC-404A. Estos refrigerantes en desarrollo tienen valores de GWP que oscilan entre 150 y 500.

El costo es una preocupación principal en cuanto a los HFO y las mezclas de HFO. Si bien los costos reales en las condiciones de producción a escala completa se desconocen, los refrigerantes actuales de HFO casi seguro tendrán un costo más alto que los refrigerantes a los que reemplazarían. Además, con los sistemas de HFO, la eficiencia tiende a disminuir a medida que el GWP del refrigerante disminuye. Por lo tanto, la implementación de HFO como reemplazo de los HFC requiere de una compensación entre el GWP y la eficiencia del sistema. Como regla de oro, la eficiencia de los refrigerantes de HC por lo general supera la eficiencia de los refrigerantes de HFO.

Tipos de refrigerante de HFO

R-1234yf

El R-1234yf, también llamado HFO-1234yf, tiene el nombre químico 2,3,3,3-tetrafluoropropeno y es un HFO con la fórmula $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$. La EPA ha indicado el R-1234yf para aires acondicionados de automóviles y el R-1234yf se está utilizando como reemplazo del R-134a como refrigerante [EPA, 2015]. R1234yf no debe usarse para adaptar un sistema existente, incluso sistemas de R-134a existentes.

El nuevo refrigerante está patentado y fabricado en una empresa conjunta entre Honeywell y DuPont. Otros fabricantes también han sido autorizados para producir el refrigerante. Honeywell comercializa el nuevo refrigerante bajo la marca registrada Solstice® YF [Honeywell, 2017]. DuPont y el fabricante europeo Chemours están vendiendo R1234yf bajo la marca registrada Opteon™ YF [Chemours, 2017]. En la tabla Figura 2 se muestra una foto del cilindro refrigerante R-1234yf.



Figura 2. Cilindro refrigerante R-1234yf

R-1234zd

El R-1234zd, también conocido como HFO-1234zd, es otro gas fluorinado de la familia de HFO con un GWP bajo y baja presión. Este refrigerante es apto para nuevos usos industriales de aire acondicionado y el enfriamiento de edificios donde el agua de refrigeración o los líquidos intermedios se utilizan en sistemas

grandes con compresores centrífugos (una o más etapas) y donde R-123 podría haberse usado en el pasado. Linde y Honeywell comercializan este refrigerante como Solstice® ZD y como reemplazo del R-123 en nuevos usos de enfriamiento [Honeywell, 2017].

Sin embargo, los compresores que usan este nuevo refrigerante requieren diámetros de propulsor más grandes para la misma capacidad de enfriamiento, debido a la capacidad volumétrica de enfriamiento sustancialmente inferior y la relación de compresión más alta requerida.

R-1234ze

El R-1234ze, también conocido como HFO-1234ze, tiene el nombre químico de trans-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-eno y es un HFO con la fórmula $CF_3CH=CHF$. El R-1234ze tiene dos isómeros, R-1234ze(Z) y R-1234ze(E) con diferentes propiedades. El R-1234ze(Z) tiene un punto de ebullición más alto (50.0 °F) asociado con una temperatura crítica más alta (308.7 °F) y una capacidad volumétrica casi un 50% inferior que R-1234ze(E).

R-1234ze(E) es el isómero que generalmente se vende para usar y se comercializa como Solstice ZE. Dado que actualmente el R-1234ze(Z) no se utiliza en HVAC/R, el R-1234ze que generalmente se vende es el isómero (E). Actualmente, el R-1234ze(E) se utiliza como reemplazo de R-22.



Precaución

No use el R-1234ze para adaptar un sistema existente, incluso sistemas R-22 existentes.

Al igual que el R-1234yf, el R-1234ze (E) está patentado y fabricado en una empresa conjunta entre Honeywell y DuPont. Otros fabricantes también han sido autorizados para producir el refrigerante. Linde y Honeywell comercializan este refrigerante como Solstice ZE. El R-1234ze(E) también se propone como reemplazo de R-410A.

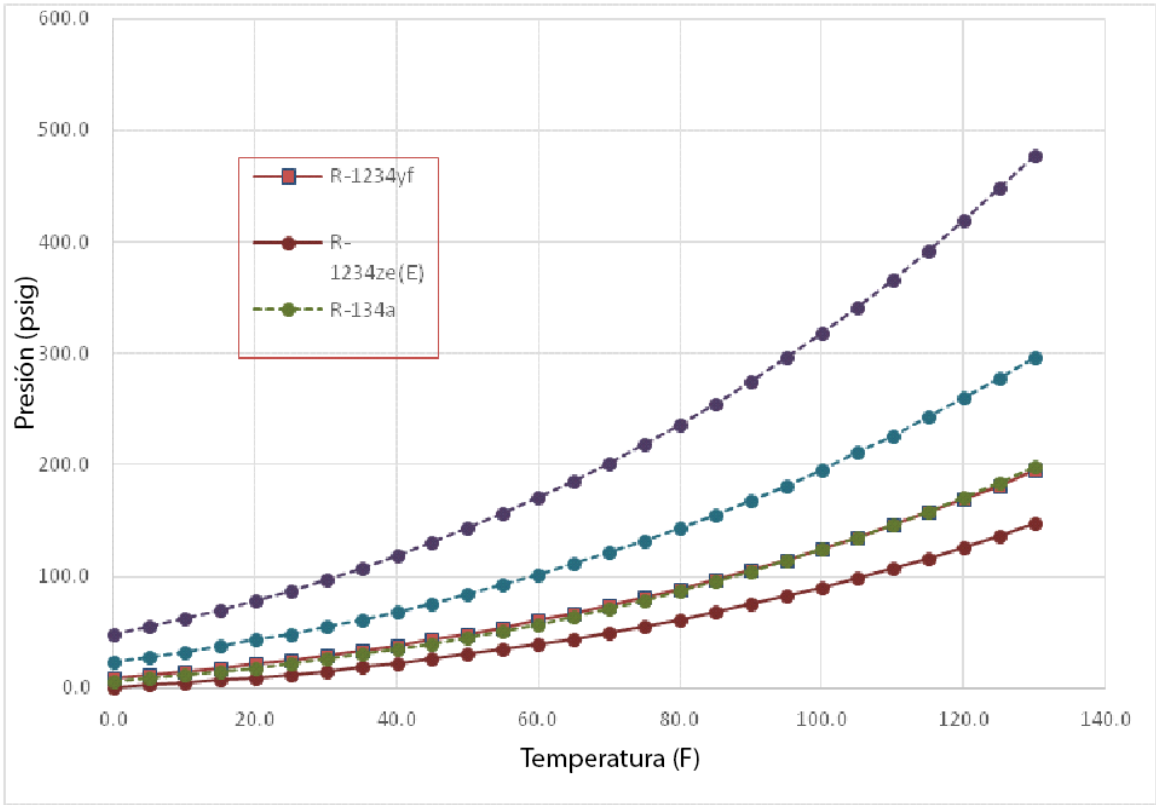


Figura 3. Diagramas de la temperatura y la presión de saturación del R-1234yf y del R-1234ze(E) en comparación con los refrigerantes de HFC comunes

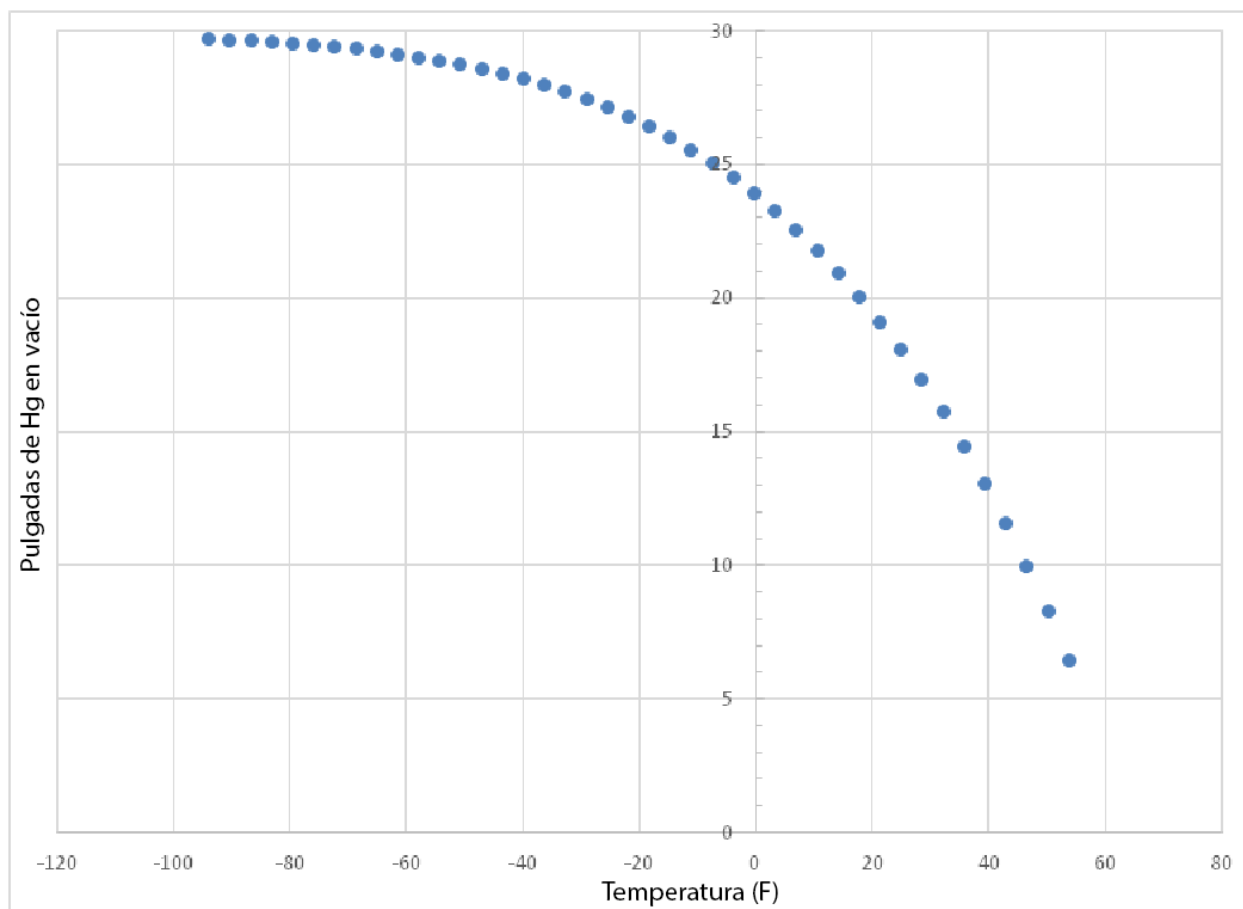


Figura 4. Diagramas de la temperatura y la presión de saturación del R-1234zd

Tabla 5. Relación entre la presión de saturación y la temperatura de los refrigerantes R-1234yf y R-1234ze

Temperatura (°F)	Presión (psig)	
	R-1234yf	R-1234ze (E)
0.0	9.2	0.9
5.0	12.0	2.8
10.0	14.9	4.9
15.0	18.2	7.2
20.0	21.6	9.8
25.0	25.5	12.5
30.0	29.4	15.5
35.0	33.8	18.8
40.0	38.4	22.3
45.0	43.5	26.2
50.0	48.8	30.1

Temperatura (°F)	Presión (psig)	
	R-1234yf	R-1234ze (E)
55.0	54.5	34.7
60.0	60.6	39.3
65.0	67.1	44.4
70.0	74.0	49.8
75.0	81.3	55.6
80.0	89.0	61.8
85.0	97.3	68.1
90.0	106.0	75.2
95.0	115.2	82.5
100.0	124.9	90.5
105.0	135.1	98.7
110.0	146.0	107.5
115.0	157.3	116.7
120.0	169.2	126.5
125.0	181.8	136.9
130.0	195.0	147.7

Tabla 6. Relación entre la presión de saturación y la temperatura del refrigerante R-1234zd

Temperatura (°F)	Vacío in-Hg
-94.0	29.7
-90.4	29.7
-86.8	29.7
-83.2	29.6
-79.6	29.6
-76.0	29.5
-72.4	29.4
-68.8	29.4
-65.2	29.3
-61.6	29.2
-58.0	29.0
-54.4	28.9
-50.8	28.8
-47.2	28.6
-43.6	28.4
-40.0	28.2

Temperatura (°F)	Vacío in-Hg
-36.4	28.0
-32.8	27.8
-29.2	27.5
-25.6	27.2
-22.0	26.8
-18.4	26.5
-14.8	26.0
-11.2	25.6
-7.6	25.1
-4.0	24.5
-0.4	23.9
3.2	23.3
6.8	22.6
10.4	21.8
14.0	21.0
17.6	20.1
21.2	19.1
24.8	18.1
28.4	17.0
32.0	15.8
35.6	14.5
39.2	13.1
42.8	11.6
46.4	10.0
50.0	8.3
53.6	6.5

R-449B

El R-449B es una mezcla de HFO y HFC clasificada por el ASHRAE como un refrigerante de clase A1 no inflamable y que no destruye la capa de ozono, con un GWP de 1296. Arkema, Inc. fabrica este nuevo refrigerante como Forane® 449B [Arkema, 2016]. La aprobación de la EPA permite que el refrigerante R-449B se instale en sistemas nuevos y adaptados de refrigeración comercial con R-22 y R-404A para supermercados, unidades de condensación remota, equipos independientes de baja temperatura, equipos de dispensación y procesamiento de alimentos refrigerados, máquinas de hielo comerciales y transportes refrigerados.

Compatibilidad de materiales

Lubricantes

Los HFO son miscibles (solubles) en aceites de POE (poliolester) pero no son miscibles (no son solubles) en aceites minerales o de AB (alquilbenceno). Por lo tanto, los aceites minerales y de AB no se pueden usar con refrigerantes de HFO.

El aceite de POE se recomienda para usar con el R-1234yf, el R-1234ze y el R-1234zd. Sin embargo, debido a una mayor miscibilidad de los refrigerantes R-1234 con los aceites, probablemente se requiera un lubricante de mayor viscosidad. Utilice los lubricantes recomendados por los fabricantes de compresores para evitar posibles problemas de menor viscosidad de la mezcla de refrigerante y lubricante.

Secantes

Los secantes se usan en secadoras de filtro. La mayoría de los secantes que se usan con frecuencia son compatibles con los refrigerantes de HFO. Los tipos aceptables son XH-5, XH-6 o equivalente.

Materiales

En general, los elastómeros de fluorocarbono y silicona tienen una inflamación considerable ante la presencia de refrigerantes de HFO. El EPDM y el neopreno muestran signos de uno o más componentes de elastómero que se separa de la formulación del material como consecuencia de la interacción con los refrigerantes de HFO, como así también como la reducción en el volumen de estos elastómeros, que es la consecuencia de esta separación. Queda claro que solo debe usar materiales específicamente aprobados para usar con refrigerantes de HFO.

Sin embargo, la interacción entre los refrigerantes que contienen R-1234ze(E) y los materiales con éster son peores que las interacciones entre R-1234yf y los materiales con éster.



Precaución

No use EPDM, neopreno, fluorocarbono o cauchos de silicona en sistemas refrigerantes de HFO. Estos materiales no son compatibles.



Ejemplos

La compatibilidad de los materiales con R-1234yf no garantiza la compatibilidad con R-1234ze o R-1234ze(E).



Consejos

Verifique siempre la compatibilidad con el fabricante o el proveedor del componente.

Capítulo 3. Comparación de los aspectos medioambientales de los refrigerantes de HC, HFO y HFC

Tanto los refrigerantes de hidrocarburos (HC) como de hidrofluoroolefina (HFO) tienen potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP) cero y potencial de calentamiento global (GWP) inferior en comparación con los refrigerantes de hidrofluorocarbono (HFC). Los refrigerantes de HC tienen GWP inferiores a los de los refrigerantes de HFO y son menos costosos, pero son más inflamables.

De acuerdo con los estudios de la EPA, el riesgo medioambiental general de los refrigerantes de HC es inferior al riesgo medioambiental de otros sustitutos, o similar a este. Si bien los refrigerantes de HC son compuestos orgánicos volátiles (VOC), cuando se usan de conformidad con las pautas de la EPA, las emisiones no afectarían considerablemente la calidad del aire local. Los riesgos medioambientales relacionados con el ODP, el GWP y los VOC de los tres hidrocarburos isobutano, propano y R-441A, y los tres HFOs R-1234yf, R-1234ze y R-1234zd son inferiores a otros sustitutos aceptables o similares a estos.

Los efectos generales del clima por el uso de estos refrigerantes también depende del uso energético de las aplicaciones en las que se usan, porque los efectos climáticos indirectos asociados con el consumo de electricidad generalmente superan el efecto de los refrigerantes mismos sobre el ciclo de vida completo de los productos que contienen refrigerante [ORNL, 1997]. Cuando un aparato de hidrocarburo o HFO tiene más eficiencia energética que el aparato al que reemplaza, las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen más allá de aquellas atribuibles al refrigerante sustituto por sí solo. Por el contrario, los beneficios de los gases de efecto invernadero de un refrigerante sustituto en un aparato con hidrocarburo de reemplazo estaría contrarrestado si ese aparato tuviera una menor eficiencia energética que el aparato al que reemplazó.

La EPA no halló un análisis del ciclo de vida detallado que abordara las emisiones de gases del efecto invernadero asociadas con el reemplazo de refrigerantes tradicionales que reducen el ozono con hidrocarburos. La eficiencia energética de estos refrigerantes probablemente es similar o mayor que los refrigerantes que destruyen el ozono y que los refrigerantes de HFC que a veces se utilizan (por ejemplo, HFC-134a) [Ben & Jerry's, 2008; A.S. Trust & Holdings, 2007, 2009; GE, 2008].

Los hidrocarburos están regulados como VOC en virtud de los artículos de la Ley de Aire Limpio que aborda los planes para lograr y mantener las normas de calidad de aire para el ozono al nivel del suelo, que es un irritante respiratorio. En el documento de pantalla de riesgo de 1994 de la EPA (EPA, 1994) se describen las posibles emisiones de VOC de todos los sustitutos para todos los usos finales en el sector de refrigeración y aire acondicionado, que probablemente estén

relacionados de manera insignificante con los VOC de todas las demás fuentes (es decir, otros sectores, fuentes móviles y fuentes biogénicas).

De hecho, de acuerdo con los cálculos de la EPA, si todos los aparatos fabricados en los usos finales de refrigeración de alimentos de venta al por menor y refrigeración doméstica tuvieran pérdidas de toda su carga durante el transcurso de un año, el aumento resultante de las emisiones anuales de VOC debido al isobutano, el propano y R-441A como porcentaje de todas las emisiones anuales de VOC en los EE. UU. sería insignificante. Por lo tanto, el uso de estos hidrocarburos para refrigeración doméstica y de alimentos de venta al por menor es lo suficientemente pequeño que un cambio de una sustancia que destruye la capa de ozono (ODS) o de un refrigerante de HFC no tendría un efecto notable en la calidad del aire local.

Los expertos internacionales llegaron a una conclusión similar sobre la protección de la capa de ozono y el sistema climático global: Informe especial del panel intergubernamental sobre el cambio climático [IPCC/TEAP, 2005].

De manera similar, la EPA espera que las liberaciones adicionales de hidrocarburos al medioambiente por el uso como refrigerante tenga un efecto insignificante en los riesgos del ecosistema. Dado que los hidrocarburos son volátiles y se descomponen rápidamente en la atmósfera en compuestos que se producen de manera natural, como el dióxido de carbono, la EPA no espera una cantidad considerable de desechos que pudiera afectar de manera adversa los ecosistema acuáticos o terrestres [EPA, 2011].

Potencial de calentamiento global

El potencial de calentamiento global (GWP) de un gas de efecto invernadero cuantifica su potencial para liderar el calentamiento global en relación con el potencial de dióxido de carbono (CO₂) durante un tiempo específico. La EPA informa que los GWP integrados de 100 años del isobutano, el propano y el R-441A son considerablemente menores que los GWP integrados de 100 años de las sustancias que estos estarían reemplazando y son considerablemente menores que aquellos de otros refrigerantes aceptables en estos usos finales (por ejemplo, HFC-134a, R-404A y R-410A). Si bien los GWP de los HFO son menores que los refrigerantes de HFC a los que están reemplazando, no son tan inferiores como el GWP de los refrigerantes de HC.

Potencial de destrucción de la capa de ozono

El potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP) de un químico es la relación de su efecto sobre el ozono estratosférico comparado con el efecto de una masa idéntica de CFC-11. El ODP de CFC-11 es de 1.0. Otros CFC e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) tienen ODP que oscilan entre 0.01 y 1.0 [WMO,

2011]. El ODP de HCFC-22 es de 0.055 y el ODP de R-502 es de 0.334. Al igual que los refrigerantes de HFC que reemplazaron a los CFC y HCFC, los refrigerantes de HC y HFO tienen un ODP de cero.

Deslizamiento de temperatura

Las mezclas de refrigerante de la serie 400 se conocen como mezclas no azeotrópicas, lo que significa que experimentan un deslizamiento de temperatura durante la evaporación y condensación. Por el contrario, un refrigerante puro o una mezcla de refrigerante azeotrópico (serie 500) tiene una temperatura de punto de ebullición única (sin deslizamiento) a una presión dada. Tal como se muestra en la Tabla 7, el R-410A es un refrigerante azeotrópico cercano que se puede tratar como un refrigerante tipo azeotrópico.

¿Por qué es importante? Si el refrigerante tiene un deslizamiento de temperatura considerable y hay una fuga en el sistema, se fuga más cantidad del refrigerante más volátil (en comparación con otros refrigerantes de la mezcla). Este cambio en la relación de los componentes modifica las propiedades de la mezcla. Las propiedades de rendimiento podrían cambiar u otras propiedades como la inflamabilidad podrían cambiar. Las mezclas de refrigerantes se deben cargar como líquido para garantizar que la relación de los refrigerantes individuales en la mezcla permanezcan en las relaciones adecuadas.

La temperatura más elevada del deslizamiento de temperatura se conoce como punto de rocío. La temperatura de cualquier refrigerante mixto por encima del punto de rocío es sobrecalentada. La temperatura más baja del deslizamiento de temperatura se conoce como punto de burbuja. La temperatura de cualquier refrigerante mixto por debajo del punto de burbuja es subenfriado.

En la Tabla 7 se muestran algunos ejemplos de refrigerantes de HC y HFC con un deslizamiento de temperatura. Muchas de las mezclas de refrigerantes de HFC se han desarrollado específicamente para un deslizamiento de temperatura pequeño.

Tabla 7. Deslizamiento de temperatura de los refrigerantes de HC y HFC

Tipo de refrigerante	Nombre del refrigerante	Deslizamiento de temperatura (°F)
HC	CARE 30	14.0
HC	R-436a	14.6
HC	R-441a	38.7
HFC	R-404a	1.4
HFC	R-410a	0.2
HFC	R-437a	6.7

Presión de temperatura: comportamiento de la temperatura de los refrigerantes de HC y HFO

En la Figura 5 se muestra un diagrama del comportamiento de la temperatura/presión de los refrigerantes de HC y HFO con respecto a los refrigerantes comunes. En algunos casos, la conducta de temperatura/presión de saturación es similar; sin embargo, el calor latente de la evaporación, que es el efecto de enfriamiento evaporativo por volumen unitario, por lo general no es el mismo, independientemente de la similitud de la curva de temperatura/presión. Las diferencias en el calor latente por volumen dan lugar a diferencias en el desplazamiento volumétrico requerido del compresor y el tamaño de los intercambiadores de calor, como la evaporadora y condensadora.



Ejemplos

Un refrigerante con un calor de vaporización latente inferior por volumen unitario requiere de un desplazamiento de compresor mayor para proporcionar enfriamiento equivalente. De igual manera, un refrigerante con un calor latente inferior por volumen podría requerir un evaporador más grande. No hay un reemplazo directo para sistemas existentes.

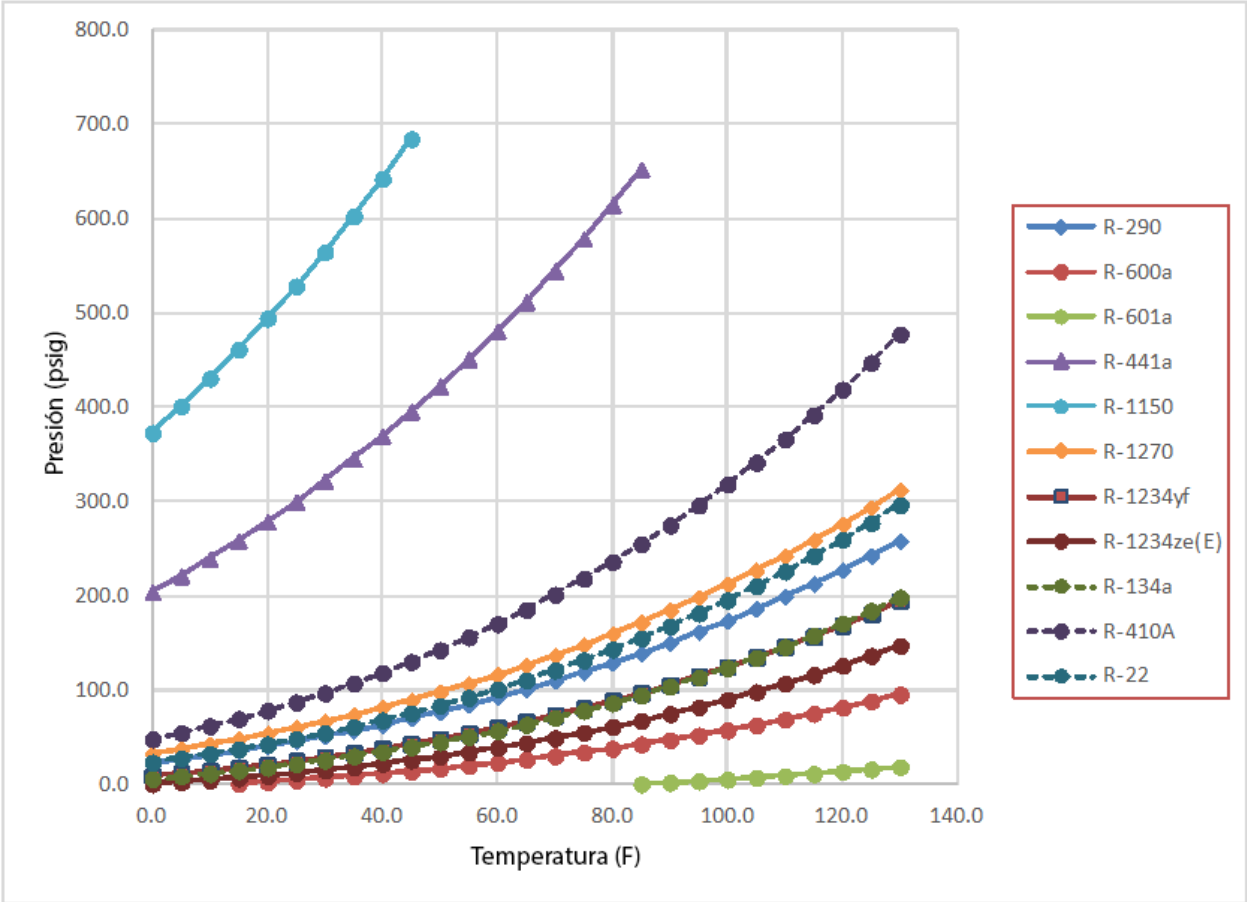


Figura 5. Comparación entre la presión de saturación y la temperatura de los refrigerantes nuevos y tradicionales

Capítulo 4. ¿En qué consiste el programa SNAP de la EPA?

El Programa de Política de Nuevas Alternativas Significativas (SNAP) es un programa de la EPA que evalúa y regula los sustitutos de las sustancias químicas que destruyen la capa de ozono y que están desapareciendo gracias a las disposiciones de protección del ozono estratosférico de la Ley del Aire Limpio (CAA). La lista de refrigerantes aprobados en virtud de la SNAP evoluciona a medida que la EPA toma decisiones en función de su comprensión general de los efectos de salud humana y ambiental de varios refrigerantes nuevos, como así también de su conocimiento actual acerca de sustitutos disponibles. El Artículo 612 le permite a la EPA prohibir el uso de un refrigerante sustituto cuando haya determinado que hay otros sustitutos disponibles que imponen menos riesgo general para la salud humana o ambiental.

El programa SNAP está diseñado para lograr lo siguiente:

- Identificar y evaluar sustitutos en usos finales que históricamente han utilizado sustancias que destruyen la capa de ozono (ODS).
- Evaluar el riesgo general para la salud humana y el entorno de los sustitutos nuevos y existentes.
- Publicar listas de sustitutos aceptables e inaceptables por uso final.
- Fomentar el uso de sustitutos aceptables.
- Proporcionarle al público información acerca de los posibles efectos en la salud ambiental y humana de los sustitutos.

Para evaluar la aceptabilidad de los sustitutos, la EPA analiza los riesgos para la salud humana y el medioambiente debido al uso de varios sustitutos en diferentes sectores industriales y de consumo. La EPA revisa las siguientes características al evaluar cada sustituto propuesto:

- Potencial de destrucción de la capa de ozono
- Potencial de calentamiento global
- Toxicidad
- Inflamabilidad
- Salud y seguridad ocupacional y del consumidor
- Calidad del aire local
- Efectos en el ecosistema

Antecedentes e historia del Programa SNAP

Los refrigerantes de hidrocarburos se han utilizado durante más de 15 años en países como Alemania, el Reino Unido, Australia y Japón en los usos finales que se abordan en la norma de la EPA. En Europa y Asia, los fabricantes de equipos han diseñado y analizado refrigeradores y congeladores domésticos y comerciales para justificar la inflamabilidad y las inquietudes de seguridad asociadas con los refrigerantes de hidrocarburos.

En el Informe de 2010 del Comité de Opciones Técnicas de Bombas de Calor, Aire Acondicionado y Refrigeración (RTOC) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) se calcula que aproximadamente se fabrican 100 millones de refrigeradores y congeladores domésticos por año en todo el mundo. Un tercio de estos ahora usan isobutano o una mezcla de isobutano y propano, y se espera que esta proporción aumente al 75% para 2020. En el sector minorista, el RTOC observa que los refrigerantes de hidrocarburo siguen ganando participación en el mercado en Europa y Japón [RTOC, 2010, pp. 50, 51, 64].

Dado que los refrigerantes de hidrocarburos tienen un ODP de cero y un GWP muy bajo en comparación con otros refrigerantes, muchas compañías están interesadas en usarlos también en los Estados Unidos.

El Programa SNAP designó al isobutano (R-600a) y al R-441A como sustitutos aceptables del clorofluorocarbono (CFC)-12 e hidroclorofluorocarbono (HCFC)-22 en refrigeradores y congeladores domésticos y en refrigeradores y congeladores combinados, sujeto a las condiciones de uso, como las limitaciones en la carga de refrigerante permitida.

Esta acción también designa al propano (R-290) como un sustituto aceptable de CFC-12, HCFC-22 y R-502 en refrigeradores y congeladores de alimentos de venta al por menor [EPA, 2011].

Una norma del Programa SNAP de la EPA con fecha de entrada en vigor de mayo de 2012 permite el uso de HFO-1234yf en sistemas de aire acondicionados de vehículos automóviles. Una norma del Programa SNAP de la EPA con fecha de entrada en vigor de agosto de 2012 permite el uso de HFO-1234ze en enfriadores de compresor centrífugo, de pistón y de tornillo, y el uso de HFO-1233zd en enfriadores centrífugos.

En la norma de la EPA con fecha de entrada en vigor de enero de 2017, se indicaron como aceptables sustitutos inflamables ecológicos adicionales, sujetos a las condiciones de uso, en equipos nuevos, para los siguientes usos finales:

- El etano en refrigeración a baja temperatura y en la transferencia de calor no mecánica

- El isobutano en refrigeración de alimentos de venta al por menor (refrigeradores y congeladores comerciales independientes) y en máquinas expendedoras
- El propano en refrigeradores, congeladores o en refrigeradores y congeladores combinados domésticos, en máquinas expendedoras y en unidades de aire acondicionado de habitaciones
- Mezcla de hidrocarburo R-441A en refrigeración de alimentos de venta al por menor (refrigeradores y congeladores comerciales independientes), en máquinas expendedoras y en unidades de aire acondicionado de habitaciones
- HFC-32 (difluorometano) en unidades de aire acondicionado de habitaciones

La norma del SNAP de la EPA con fecha de entrada en vigor de enero de 2017 también dio por finalizada la restricción propuesta de que los refrigerantes sustitutos no exentos solo pueden venderse a técnicos certificados en virtud de los artículos 608 o 609 de la CAA. En el caso de los refrigerantes de MVAC, la EPA eximió la venta de latas pequeñas de sustitutos sin ODS para permitir que la comunidad de autoservicio siga realizando el mantenimiento a sus vehículos personales. Al 1 de enero de 2018, las latas pequeñas de refrigerante sustituto no exento debían tener válvulas con cierre automático. Las ventas están permitidas si las latas sin válvulas de cierre automático se fabricaron o importaron antes de 2018.

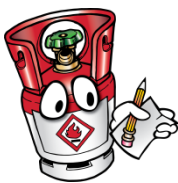
Los aparatos que contengan 50 o más libras de ODS o refrigerante sustituto que pierda más del 75% de la carga total del aparato en cada uno de dos períodos consecutivos de 12-meses tienen que retirarse o suspenderse. Los propietarios u operadores de aparatos que tienen una fuga del 125% de su carga total en un año natural deben presentar un informe a la EPA en el que se detallen sus intentos de reparación. El informe debe presentarse antes del 1 de marzo luego del año natural de la fuga del $\geq 125\%$ (consulte los Procedimientos de conservación de registros en la página 67).

Norma de la EPA sobre refrigerantes

La EPA descubrió que el uso de isobutano (R-600a) y R-441A (HCR-188C1) en la refrigeración doméstica es aceptable. El uso de propano (R-290) es aceptable en la refrigeración de alimentos de venta al por menor. El uso de etano es aceptable en refrigeración a muy baja temperatura y en transferencia de calor no mecánica. El uso de HFC-32 (difluorometano) es aceptable en las unidades de aire acondicionado de habitaciones. El uso de R-502, que es uno de los refrigerantes para el cual se indica el propano, es aceptable como sustituto en el uso final de refrigeración de alimentos de venta al por menor.

La EPA estableció las siguientes condiciones de uso de estos refrigerantes:

- Estos refrigerantes solo pueden usarse en equipos nuevos que se hayan diseñado específicamente y estén bien identificados para tal refrigerante. No puede usarse ninguno de estos sustitutos como refrigerante para la conversión o adaptación de equipos existentes diseñados para otros refrigerantes.
- Estos refrigerantes pueden usarse únicamente en refrigeradores o congeladores que cumplan los requisitos de la EPA relativos a la refrigeración doméstica o la refrigeración de alimentos de venta al por menor.
- Las limitaciones del tamaño de la carga para la refrigeración doméstica es de 57 g (0.0126 lb o 2.0 onzas de peso) y de 150 g para los usos finales de refrigeración de alimentos en negocios al por menor. Las limitaciones del tamaño de la carga se aplican a cada circuito refrigerante en un refrigerador o congelador, no necesariamente en 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 todos los lugares a través de los cuales se realiza el mantenimiento del refrigerante (como los tubos de proceso). Asimismo, el color rojo debe estar presente en todo momento y debe reemplazarse si se llegara a borrar.
- La EPA recomienda que se usen accesorios únicos en las aberturas de servicio.



Notas

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

Usos finales cubiertos

Tal como se indicó anteriormente, los dos usos finales que especifica la EPA son refrigeradores y congeladores de alimentos de venta al por menor (unidades independientes únicamente), y refrigeradores, congeladores y combinación de refrigeradores y congeladores domésticos. Los refrigerantes de HC solo pueden usarse en equipos nuevos que se hayan diseñado específicamente y estén bien identificados para el refrigerante de HC.



Precaución

No se puede adaptar los equipos existentes para el uso del refrigerante de HC.

La EPA no revisó los sustitutos isobutano o R-441A en el uso final de refrigeración de alimentos de venta al por menor. Dado que los perfiles de uso y las prácticas de manipulación de estos químicos en estos usos finales son similares a las combinaciones de sustitutos y usos finales que se aceptaron, el isobutano y el R-441A se pueden usar para la refrigeración de alimentos de venta al por menor y el propano se puede usar en refrigeración doméstica.

Refrigeración doméstica

La refrigeración doméstica consiste en aparatos que están destinados principalmente al uso residencial, aunque pueden encontrarse fuera del hogar. Los congeladores domésticos ofrecen espacio de almacenamiento solo a temperaturas de congelación. Los productos con refrigerador y congelador en una misma unidad son más frecuentes. La norma de la EPA indica una condición de uso que limita la carga de refrigerante en este uso final a 57 g (2.0 onzas por peso) o menos carga en cada sistema cerrado.

Refrigeradores y congeladores de alimentos de venta al por menor

La refrigeración de alimentos de venta al por menor incluye sistemas de refrigeración, como cajas de almacenamiento en frío que están diseñadas para enfriar los alimentos o mantenerlos a una temperatura fría para venta comercial. Esta norma aborda el uso de hidrocarburos en unidades independientes únicamente. Un aparato independiente es aquel que usa un compresor herméticamente sellado y para el cual todos los componentes que contienen refrigerante, incluso, sin limitación, al menos una compresora, condensadora y evaporadora, se ensamblan en una única pieza de equipo antes de entregarla al consumidor o usuario final. Dicho equipo no requiere la adición o remoción de refrigerante cuando se pone en funcionamiento inicial. El equipo independiente se utiliza para almacenar bebidas frías o productos congelados. Los ejemplos incluyen enfriadores de conservación de bebidas y gabinetes de helado independientes.

La refrigeración de alimentos de venta al por menor no aplica a sistemas de refrigeración grandes, como cámaras frigoríficas o los sistemas de refrigeración de expansión directa que generalmente se encuentran en tiendas de alimentos de venta al por menor. Tampoco aplica a máquinas expendedoras. La carga de refrigerante en este uso final se limita a 150 g (5.3 onzas por peso) o menos.

Otras condiciones de uso

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) de los EE. UU. aborda el uso de sustancias inflamables en el lugar de trabajo a través de sus reglamentaciones en el Artículo 1910.106, Título 29, del Código de Regulaciones Federales (CFR). La EPA decidió que el fabricante es el más apto para determinar cómo abordar los riesgos de instalar un refrigerante de hidrocarburo teniendo en cuenta las características específicas de sus instalaciones de producción y el personal. Además de los requisitos de la OSHA, otras cuestiones tales como responsabilidad, costos de incendio y seguro por accidentes, y los intereses reputacionales también podrían dictar el comportamiento de una firma con respecto a la protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

Los fabricantes de equipos originales (OEM) deben instaurar precauciones de seguridad según sea necesario en sus instalaciones para abordar posibles riesgos en la fabricación de aparatos que usan refrigerantes de hidrocarburo. Las reglamentaciones de la OSHA están establecidas para abordar dichos riesgos.

La desodorización es una manera de alertar al personal de fabricación o servicio técnico sobre la presencia de un refrigerante de hidrocarburo. La norma final de la EPA no prohíbe la introducción de un desodorante en el isobutano, propano o R-441A, siempre que el refrigerante cumpla las especificaciones de pureza; sin embargo, según la EPA, las condiciones de uso, como marcas exteriores rojas y cumplimiento de las normas de la UL, proporcionan amplias protecciones para alertar a los fabricantes, al personal de servicio y a los consumidores de la presencia de un refrigerante inflamable.

Limitaciones del tamaño de la carga

El tamaño de la carga para la refrigeración doméstica es de 57 g y de 150 g para los usos finales de refrigeración de alimentos de venta al por menor. Las limitaciones del tamaño de la carga se aplican a cada circuito refrigerante en un refrigerador o congelador, no necesariamente en todo el aparato. A diferencia del límite de carga para el uso final de refrigeración doméstica, el límite de carga para el uso final de refrigeración de alimentos de venta al por menor *no* refleja una cantidad adicional de refrigerante que se asume que se solubiliza en aceite.

Mangueras y tuberías con codificación de calor

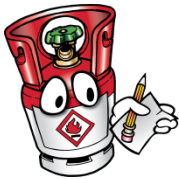
Los aparatos que contienen refrigerantes de hidrocarburos inflamables deben tener una marca en color rojo n.º 185 del Sistema de colores Pantone (PMS) en el lugar por donde se accederá al refrigerante. Es obligatorio que la marca roja aparezca en todos los puertos de servicio y donde se esperaría que se haga una perforación de mantenimiento o una abertura desde el circuito de refrigerante a la atmósfera. El color

rojo debe extenderse como mínimo 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 del recipiente de refrigerante, para identificar recipientes de refrigerantes inflamables, tales como el propano, el isobutano y el R-441A [AHRI, 2008]. En este caso, el propósito de las mangueras y los tubos de color es permitir al técnico que realiza el servicio técnico que identifique el uso de refrigerantes inflamables para que pueda tomar precauciones adicionales (tales como minimizar el uso de equipos que hagan chispas) de una manera que sea adecuada para evitar accidentes, sobre todo si las etiquetas ya no son legibles. Agregar color rojo en los tubos dentro del aparato proporciona una garantía adicional de que los técnicos sabrán que hay un refrigerante inflamable.

Esto no quiere decir que toda la manguera o el tubo de proceso deba ser de color rojo. En el caso de los tubos de proceso, al menos una pulgada del tubo debe tener la marca roja, y esta debe extenderse desde el compresor. De este modo, si el tubo de proceso se llegara a cortar para llevar a cabo el servicio técnico, la marca roja igualmente permanecerá cuando el tubo vuelva a soldarse.

Si el servicio técnico adicional provocara que la parte 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. En otros sitios, por ejemplo, si se agrega un puerto de servicio o una válvula de acceso al refrigerante al sistema, la marca roja debe extenderse al menos 1 pulgada en ambas direcciones desde el puerto o la válvula.



Notas

Las normas de UL a las que se hace referencia en esta norma 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 de líneas rojas seguirá siendo aplicable.

El color rojo siempre debe estar presente (no solo aplicarse al momento de la instalación), incluso cuando se reemplazan o quitan mangueras o tubos.

Se puede usar una manga o tapa de color siempre y cuando se cumplan los requisitos de la condición de uso (color rojo, sitio y tamaño). No obstante, para seguir cumpliendo las condiciones de uso, un técnico que retira una manga durante el servicio técnico debe reemplazar dicha manga del tubo que reciba servicio técnico por otra manga.

Etiquetado

La notificación es necesaria para alertar a los técnicos y al personal que desecha o recicla aparatos de que hay un refrigerante que puede prenderse fuego si llegara a haber una fuente de chispas cerca. Esto es particularmente cierto durante los años en los que estos productos se introducen por primera vez en el mercado, ya que la mayoría de los técnicos en los Estados Unidos, como así también aquellos implicados en la cadena de desechos, podrían aún no estar familiarizados con los refrigerantes inflamables.

Las etiquetas advierten sobre la presencia de un refrigerante inflamable. Debe haber etiquetas de Peligro y Precaución colocadas permanentemente en ubicaciones específicas de los aparatos domésticos y de venta al por menor que utilizan refrigerantes de hidrocarburos. El texto debe ser de 1/4" (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 Capítulo 7 para obtener más información).

Recipientes de refrigerante

La EPA *no ha* limitado la venta de refrigerantes de hidrocarburo en recipientes diseñados para conservar menos de cinco libras (2.3 kg).

Colores del recipiente de refrigerante

El *Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute* (AHRI) publicó una guía que establece los colores que se deben usar en los recipientes de refrigerantes. Dividieron los refrigerantes en cuatro clases:

- CLASE I Refrigerantes líquidos: punto de ebullición normal superior a 20 °C
- CLASE II Refrigerantes de baja presión: refrigerantes de gas comprimido con una presión de servicio de cilindro mínima que no supera los 3447 kPa de calibre
- CLASE III Refrigerantes de alta presión: refrigerantes de gas comprimido con una presión de servicio de cilindro mínima que supera los 3447 kPa de calibre
- CLASE IV Refrigerantes inflamables

Todos los recipientes de refrigerante deben estar pintados de color verde grisáceo claro. Si un refrigerante contiene compuestos inflamables o una mezcla de refrigerante que podría tornarse inflamable si llegara a haber una fuga, el recipiente también deberá tener una banda roja en la parte del hombro o superior del recipiente. Para ver los colores exactos requeridos para el recipiente de cada tipo de refrigerante,

consulte las Pautas para asignar colores al recipiente de refrigerante 2016 del AHRI [AHRI, 2016].

Accesorios únicos

Si bien la EPA no exige accesorios únicos, estos se recomiendan.

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

Únicamente los técnicos capacitados específicamente en el manejo de refrigerantes inflamables deben brindarle servicio técnico a los refrigeradores y congeladores que contienen tales refrigerantes. Los técnicos también deben comprender las técnicas y las prácticas de mantenimiento que deben usarse para minimizar el riesgo de incendio y cómo usar refrigerantes inflamables de manera segura. 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

En la norma con fecha de entrada en vigor de enero de 2017, la EPA exige que los técnicos estén certificados para manipular HCF y otros sustitutos no exentos. La EPA también dio por concluido el requisito para las organizaciones certificadoras de publicar listas o crear bases de datos en línea de técnicos certificados [EPA, 2016b].

La capacitación es una manera importante de que los técnicos aprendan sobre la manipulación segura de refrigerantes inflamables y obtengan 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 suele estar directamente ligada a productos o aplicaciones específicos, en vez de a múltiples tipos de productos de forma general.

Desde el inicio del programa SNAP y el programa de administración de refrigerantes de la Sección 608 la EPA ha seguido agregando a la lista diversos refrigerantes nuevos que se consideran aceptables. La EPA no ha exigido previamente que los técnicos certificados sean recertificados como resultado de la inclusión de los refrigerantes adicionales.

Además, el objetivo del programa de certificación para técnicos conforme a la Sección 608 refleja la necesidad de minimizar las emisiones durante el servicio técnico, el mantenimiento, la reparación y la eliminación. No reemplazan la capacitación correspondiente que normalmente se brinda mediante escuelas de oficios, pasantías u otros mecanismos de la industria. Dado el alcance de los conocimientos técnicos disponibles en la industria, esta se encuentra mejor equipada que la EPA para definir el contenido específico de dicha capacitación.

Si bien, según la EPA, no es obligatorio contar con capacitación como una condición para usar estos sustitutos, los técnicos deben estar certificados y recibir capacitación sobre la manipulación segura de refrigerantes de hidrocarburos a través de cursos como este para asegurar que los refrigerantes de hidrocarburo puedan usarse de forma segura como otros refrigerantes disponibles.

Equipo de recuperación y reciclado

Solo use equipos de recuperación o reciclado que hayan sido probados y certificados para su uso con el refrigerante de HFO o HC específico que se está recuperando. Estas unidades de recuperación se han diseñado específicamente para que brinden protecciones adicionales para evitar riesgos de explosión e incendio.

Capítulo 5. ¿Cuáles son las clasificaciones de seguridad de los refrigerantes de HC y HFO?

Clasificaciones de seguridad de la ASHRAE

La norma 34-1992 de la ASHRAE, “Designación numérica y clasificación de seguridad de los refrigerantes”, clasifica a los refrigerantes según su toxicidad e inflamabilidad (la norma completa se puede obtener directamente de la ASHRAE en el sitio web <http://www.ashrae.org/technology/page/1933>). Por lo general, cuanto mayor sea la toxicidad y la inflamabilidad, mayor será la posibilidad de riesgo y responsabilidad. ASHRAE asigna una letra para indicar la toxicidad del refrigerante.

Toxicidad

La norma 34 de la ASHRAE divide los compuestos refrigerantes en grupos de baja y de alta toxicidad. El grupo de toxicidad se asigna dependiendo del límite de exposición aceptable (AEL) del compuesto (consulte Figura 1 en la página 1).

Los refrigerantes con toxicidad inferior tienen un AEL de más de 400 partes por millón (ppm) y se clasifican como tipo A.

Los refrigerantes con toxicidad más alta tienen un AEL de menos de 400 ppm y se clasifican como tipo B.

Los refrigerantes más antiguos, como el CFC-11 y el HCFC-22, tenían 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.

La EPA evaluó los efectos de toxicidad de los refrigerantes de HC isobutano, propano y R-441A en trabajadores y consumidores para usos finales de refrigeración de alimentos de venta al por menor y refrigeración doméstica. La EPA calculó el promedio máximo de exposiciones ponderadas en el tiempo (TWA) de estos hidrocarburos en diferentes situaciones de exposición y las comparó con los límites de exposición relevantes de la industria y del gobierno.

Para evaluar la exposición ocupacional de los usos finales de refrigeración de alimentos de venta al por menor y refrigeración doméstica, la EPA calculó la cantidad de liberaciones de refrigerantes durante la fabricación y el desecho de aparatos, y las cantidades de refrigerante liberadas por evento. Para cada refrigerante, la EPA utilizó dichos estimativos para calcular la exposición TWA

de 8 horas máxima, que luego se comparó con el nivel de orientación en el lugar de trabajo (WGL). La EPA halló que las exposiciones ocupacionales a estos hidrocarburos no debe imponer una amenaza de toxicidad en los usos finales porque los TWA estuvieron por debajo de los límites de exposición de la industria y el gobierno.

Para evaluar la exposición del consumidor y el usuario final para el uso final de refrigeración doméstica, la EPA modeló TWA de 15 y 30 minutos para liberación de refrigerante catastrófica en la cocina de un consumidor bajo una situación razonable de peor caso. Incluso bajo las suposiciones de modelado muy conservadoras que se usaron, la EPA halló que las exposiciones a los tres hidrocarburos no impondría una amenaza de toxicidad para los usuarios finales en el uso final de refrigeración doméstica porque los TWA eran considerablemente inferiores que el nivel de efectos adversos no observado (NOAEL) o el nivel de orientación de exposición aguda (AEGL).

Asimismo, para evaluar la exposición del consumidor y el usuario final para el uso final de refrigeración de alimentos de venta al por menor, la EPA calculó TWA de 15 y 30 minutos como exposiciones de consumidor agudas o a corto plazo que fueron a causa de fugas catastróficas de refrigerante de refrigeradores de alimentos de venta al por menor y comparó los TWA con los límites de toxicidad estándar. Nuevamente, la EPA llegó a la conclusión de que ninguno de los tres hidrocarburos imponía una amenaza de toxicidad en el uso final de tienda minorista porque los TWA eran considerablemente inferiores que el NOAEL o el AEGL.

Por último, la EPA evaluó el riesgo de exposición con la población general para los tres hidrocarburos en sus respectivos usos finales. Para hacer esto, la EPA calculó las liberaciones de fábrica y en el sitio de cada hidrocarburo y las comparó con la concentración de referencia (RfC) de cada hidrocarburo. En todos los casos, las concentraciones de exposición modeladas fueron considerablemente inferiores que la RfC, lo que llevó a la EPA a la conclusión de que es poco probable que el isobutano, propano y R-441A impongan un riesgo para la población general. Estos riesgos de toxicidad son inferiores que aquellos impuestos por otros sustitutos aceptables en estos usos finales o son similares a estos. Los refrigerantes de HC analizados hasta la fecha se indican como no tóxicos, que es nivel de toxicidad A (consulte Tabla 4 en la página 10).

En términos de toxicidad de los refrigerantes de HFO, hay algo de desacuerdo. Si bien están oficialmente indicados como no tóxicos (nivel de toxicidad A), algunos científicos urgen una reevaluación después de que estudios demostraran que el reemplazo recomendado liberaba químicos tóxicos con la combustión.



Ejemplos

El R-1234yf está indicado como ligeramente inflamable y no tóxico; sin embargo, en un incendio, el refrigerante formaría fluoruro carbonilo altamente tóxico, como así también fluoruro de hidrógeno. «Se ha sabido desde hace un tiempo que la combustión de R-1234yf da lugar a la producción de fluoruro hidrógeno tóxico», dijo Andreas Kornath, profesor de química inorgánica en la Universidad de Múnich. «Nuestro análisis ahora ha demostrado que el 20% de los gases producidos por la combustión del compuesto consisten en fluoruro carbonilo químico incluso más tóxico» (Green Car Congress, 2014).

Sin embargo, una evaluación de riesgo llevada a cabo por la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotores) indicó que R-1234yf es seguro para usar en aire acondicionado de automóviles. Según su análisis, si bien aceptan que la combustión de R-1234yf sí crea fluoruro carbonilo, afirman que solo dura una fracción de segundo antes de reaccionar para formar otro compuesto más seguro y, por lo tanto, no se encuentra en el aire lo suficiente como para poner en peligro a transeúntes, pasajeros o socorristas. Además, dado que afirman que el fluoruro carbonilo también se forma durante la combustión de R-134a, R-1234yf no es peor que los refrigerantes existentes.

Inflamabilidad

La norma 34 de la 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 (o clase 1) se asigna a los refrigerantes sin propagación de llama.
- El número 2 (o clase 2) se asigna a los refrigerantes con baja inflamabilidad. (Los refrigerantes de HFO por lo general se clasifican como 2L para indicar inflamabilidad limitada; no se clasifican como clase 1).
- El número 3 (o clase 3) se asigna a los refrigerantes con alta inflamabilidad.

En la figura 1 (de la página 1) se ilustran estas clasificaciones del grupo de seguridad.

Los refrigerantes de clase 3 muestran propagación de incendios a 60 °C y 101.3 kPa, y tienen un límite de inflamabilidad inferior (LFL) mayor o igual que 0.10 kg/m³ o un calor de combustión mayor o igual que 19,000 kJ/kg.

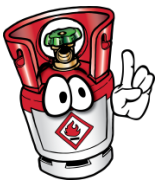
La norma 34-2010 de la ASHRAE clasifica al isobutano, propano y R-441A en el grupo inflamable (clase 3), lo que hace que la clasificación general sea A3.

La Norma 34-2010 de la ASHRAE clasifica al R-1234yf y R-1234ze(E) como 2 o 2L, donde la L se usa para indicar inflamabilidad limitada. R-1234zd es clasificación no inflamable 1. Por lo tanto, R- 1234yf y R-1234ze(E) se clasifican como A2L, y R-1234zd se clasifican como A1.

Límites de inflamabilidad de refrigerantes de hidrocarburo

Dado que son inflamables, el isobutano, el propano y R-441A podrían imponer un riesgo de seguridad importante para los trabajadores y consumidores si se manipulan incorrectamente. El isobutano, el propano y R-441a tienen límites de inflamabilidad inferiores (LFL) de 18,000 ppm, 21,000 ppm y 16,000 ppm, respectivamente. La ODS (sustancia reductora de ozono) para la que estos refrigerantes son sustitutos (CFC-12, HCFC-22 y R-502) y otros sustitutos disponibles en este uso final no son inflamables. Cuando la concentración de un refrigerante inflamable alcanza o supera su LFL ante la presencia de una fuente de ignición (por ejemplo, una chispa de electricidad estática a causa de una puerta que se cierra, el uso de una linterna durante el mantenimiento o un cortocircuito en el cableado que controla el motor de un compresor), podría ocurrir una explosión o un incendio.

Los riesgos de inflamabilidad son una preocupación especial debido a que los aparatos de refrigeración de alimentos de venta al por menor y de refrigeración doméstica en los Estados Unidos tradicionalmente emplean refrigerantes que no son inflamables. Sin mitigación, 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. La mitigación está diseñada especialmente para minimizar los riesgos de inflamabilidad.



Consejos

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

Las instalaciones de producción y otras instalaciones donde se almacenan grandes cantidades de refrigerante deben tener precauciones de seguridad adecuadas establecidas para minimizar el riesgo de explosión. La EPA recomienda que estas instalaciones estén equipadas con sistemas de ventilación adecuados para minimizar los riesgos de explosión y estar diseñados para reducir los riesgos de posibles fuentes de ignición.

Para determinar si los tres refrigerantes de hidrocarburo presentarían inquietudes de inflamabilidad para el personal de mantenimiento y fabricación o para los consumidores, la EPA revisó las evaluaciones detalladas de la probabilidad de eventos que podrían ocasionar un incendio, como así también los enfoques para evitar las chispas del equipo de refrigeración. La EPA también llevó a cabo detecciones de riesgo para evaluar situaciones razonables de peor caso para modelar los efectos de una liberación repentina de refrigerantes.

El análisis del peor caso para cada uno de los tres hidrocarburos reveló que, incluso si la carga completa de la unidad se emitiera en un minuto, la concentración no alcanzaría el LFL para ese hidrocarburo. Sin embargo, dado que los refrigerantes de hidrocarburo son inflamables y el personal de fabricación, el personal de mantenimiento y los consumidores en los Estados Unidos podrían no estar del todo familiarizados con los aparatos de refrigeración que contienen refrigerantes inflamables, se utiliza capacitación, certificación y uso restringido para proteger al personal, generar consciencia y garantizar la manipulación segura.

Condiciones de uso

Las condiciones de uso restringidas garantizan que los sustitutos inflamables presentan riesgos que son inferiores que los otros sustitutos que se encuentran actualmente disponibles o que pudieran estarlo, o que son similares a estos. La EPA recomendó ventilación adecuada y prácticas de almacenamiento, y el uso de herramientas apropiadas y equipo de recuperación para mitigar los riesgos de seguridad para el personal de fabricación y mantenimiento.

La interpretación que realiza la EPA del riesgo de fallas relacionadas con la ignición en refrigeradores residenciales para eventos de fuga interna se fundamenta en la información presentada en la Evaluación de riesgo de refrigerantes inflamables para usar en aparatos del hogar [A. D. Little, 1991].

Este informe de A. D. Little utilizó datos de tasas de fugas históricas proporcionados por tres fabricantes de refrigeradores para calcular las posibles tasas de fallas por fugas. Las situaciones de falla se fundamentaron en eventos independientes y aleatorios. Para que una fuga presente un posible riesgo de ignición, el refrigerante tuvo que haber estado presente en cantidades iguales o superiores al LFL.

Sin embargo, la capacidad de que un refrigerante se acumule y alcance su LFL es una función de la tasa a la que ocurre la fuga y el tamaño de los espacios cerrados que pueden atrapar el refrigerante y permitir que se acumule. A. D. Little distinguió fugas catastróficas (la pérdida de una parte importante de carga de refrigerante durante unos pocos minutos) a partir de fugas lentas, y observó que solo las fugas catastróficas o rápidas permitirían que el refrigerante se acumule a un nivel de inquietud. El informe continúa calculando el riesgo promedio de que

una fuga sea una fuga rápida como 0.1% y el peor riesgo de que una fuga sea una fuga rápida como 1%.

Las condiciones de uso exigen que los refrigeradores domésticos que usan isobutano deben estar específicamente diseñados para usarse con refrigerante inflamable de manera tal que cumpla con la Norma UL 250. El equipo que cumple con la UL 250 debe haber aprobado las pruebas de ignición o fuga apropiadas que garantizan que, si hay una fuga, las concentraciones de refrigerante no alcanzarían o superarían el 75% del LFL dentro de un compartimiento interno o externo para componentes eléctricos.

Incluso si un refrigerante se encuentra presente en cantidad suficiente (es decir, al LFL), el refrigerante no se encenderá si no hay una fuente de ignición. Dado que los riesgos son lo suficientemente menores, los refrigerantes de HC son aceptables para usar en los Estados Unidos, sujeto a las limitaciones de carga específicas que se han establecido para mitigar los posibles riesgos.

Asfixia

Al evaluar los posibles efectos en la salud humana del isobutano, propano y R-441A, la EPA consideró el riesgo de asfixia para los trabajadores (empleados y técnicos de tienda) y los consumidores. Por supuesto, la asfixia también es una inquietud que surge de los refrigerantes actuales.

La EPA calculó la carga máxima de cada refrigerante que daría lugar a la reducción de los niveles de oxígeno a un 12% en el aire, que es el nivel de efecto adverso no observable (NOAEL) para la hipoxia [ICF, 1997]. Específicamente, bajo estas condiciones de peor caso, la EPA calculó que los tamaños de carga necesarios para reducir el nivel de oxígeno en el aire al NOAEL del 12% en el uso final de refrigeración doméstica sería 625 gramos y 535 gramos (para isobutano y R-441A, respectivamente), que es mucho más grande que la limitación del tamaño de carga de 57 gramos requerido en las condiciones de uso en su norma [ICF, 2011a y 2011c].

Asimismo, el tamaño de carga necesario para alcanzar el NOAEL en el uso final de refrigeración de alimentos de venta al por menor sería 904 g para el propano, que es seis veces más grande que las limitaciones del tamaño de carga de 150 g en su norma [ICF, 2011b]. Este riesgo es inferior a aquel de otros sustitutos disponibles en estos usos finales, o similar a estos.

Capítulo 6. ¿Cuáles son las prácticas de manipulación segura de HC y HFO?

En este capítulo, aprenderá las mejores prácticas para manipular refrigerantes de HC (hidrocarburos) y HFO (hidrofluoroolefina) de manera segura.

Limitaciones de la carga

Refrigeración doméstica

La EPA estipuló que el tamaño de carga no superó los 57 g para la refrigeración doméstica. La EPA también asumió que 7 g de refrigerante se solubilizan en aceite (y asumió no vaporizar inmediatamente con el refrigerante en caso de fuga) y, por lo tanto, la EPA modeló una liberación de refrigerante máxima de 50 g [ICF, 2009a e ICF, 2011a].

Un refrigerador domésticos estadounidense típico que usa HFC-134A tiene una carga de casi 140 g y una carga de isobutano que proporciona enfriamiento similar sería entre el 40 y 50% de la carga de HFC-134a, o una carga de entre 56 y 70 g.

UL ha analizado los refrigeradores, congeladores y los refrigeradores y congeladores combinados domésticos para garantizar que fueran seguros, especialmente en cuanto a las inquietudes de inflamabilidad. UL desarrolló el límite de fuga permisible de 50-gramos como resultado de las pruebas durante el desarrollo de la norma UL 250 para refrigeradores y congeladores domésticos.

El límite de fuga permisible de 50 g para refrigeradores domésticos en UL 250 difiere del límite de fuga permisible de 150 g para refrigeradores y congeladores comerciales en UL 471 debido a que los factores tales como la diferencia en el tamaño de las habitaciones modeladas para aparatos domésticos frente a tiendas minoristas. Por lo tanto, construir sobre la concesión de UL del límite de fuga permisible de 50 g, la EPA llegó a la conclusión de que el tamaño de carga máximo debe ser 57 g para el uso final de refrigeración doméstica.

El límite del tamaño de carga de 57 g aplica a cada sistema sellado. Un aparato de refrigeración doméstica puede incorporar múltiples sistemas sellados. Tener múltiples sistemas sellados preocupa menos que tener un único sistema con la misma carga combinada, ya que la probabilidad de que dos sistemas sellados presenten fugas simultáneamente es muy baja. Además, es menos probable que los sistemas sellados herméticamente tengan fugas, lo que presenta menor probabilidad de incendio o explosión. Los sistemas herméticamente sellados proporcionan un mayor nivel de seguridad en uso normal.

Refrigeración de alimentos de venta al por menor

La EPA finalizó el límite de tamaño de la carga de 150 g para el uso final de refrigeración de alimentos de venta al por menor. Esta definición se aplica a los aparatos producidos o importados en los Estados Unidos, como así también los aparatos fabricados en los EE. UU. que se exportarán. De nuevo, la limitación del tamaño de la carga se aplica a cada sistema sellado en un aparato.

Recuperación del refrigerante de HC y HFO

Después de evaluar los refrigerantes de HC, la EPA llegó a la conclusión de que presentan riesgos de salud ambientales y humanos en general que son inferiores a otros sustitutos aceptables, o similares a estos, en los usos finales de refrigeración doméstica y refrigeración de alimentos de venta al por menor. Los riesgos pueden mitigarse para garantizar que los sustitutos puedan usarse de manera segura al igual que otros sustitutos disponibles.

La inflamabilidad podría suponer una inquietud para el mantenimiento y desecho de aparatos que contienen refrigerantes de HC y HFO. Los requisitos para etiquetar y colorear los tubos de color rojo en las ubicaciones de acceso sirven como notificación para el personal de mantenimiento o desecho de que el aparato contiene un refrigerante inflamable.



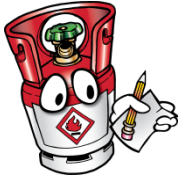
Precaución

Si el refrigerante es inflamable, debe usar el equipo de recuperación diseñado específicamente para refrigerantes inflamables.

Técnicas de recuperación

Las reglamentaciones de la EPA prohíben el venteo de refrigerantes, incluso refrigerantes de HC o HFO, durante el servicio, el mantenimiento, la reparación y el desecho. 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.

Identificación del refrigerante



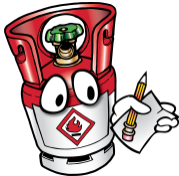
Notas

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. Debe consultar la placa de identificación del sistema para identificar cuál es el refrigerante utilizado, o bien, puede realizar una prueba de pureza ARI 700 para determinar el tipo de refrigerante. También puede utilizar las características de temperatura/presión de saturación del refrigerante para verificar el tipo de refrigerante. Sin embargo, el único método totalmente confiable para determinar con precisión el tipo de refrigerante es tomar una muestra de refrigerante y enviarla a un laboratorio de pruebas certificado para su análisis.

A veces, el refrigerante que se usa en un sistema se puede determinar por el tipo y la antigüedad del equipo. Tiene que garantizar el tipo químico, el uso y los componentes. Mezclar refrigerantes no solo es inseguro, sino que probablemente hará que sea imposible hacer reclamos.

Notas



Si usted utiliza refrigerante de reemplazo, la máquina de recuperación debe estar especialmente certificada para el refrigerante de reemplazo. El simple hecho de que la máquina de recuperación esté certificada para el refrigerante original no significa que usted pueda utilizar la máquina con cualquier refrigerante de reemplazo. De hecho, es muy probable que la máquina no sea apta para el reemplazo de refrigerante de HC o HFO.

Uso de la presión y la temperatura para identificar un refrigerante

Si falta la etiqueta que identifica al refrigerante o si usted sospecha que la unidad cuenta con un refrigerante diferente al de la etiqueta, usted podría utilizar el método de presión-temperatura para determinar el tipo de 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. Sin embargo, el método de presión-temperatura tiene varias fallas.

- La relación de presión-temperatura de saturación de algunos refrigerantes es similar y difícil de distinguir. En la Figura 5 (página 23) se muestra que muchos refrigerantes tienen curvas de saturación de presión-temperatura casi idénticas.



Ejemplos

R-134a y R-1234yf tiene una conducta de presión-temperatura de saturación casi idéntica y sería imposible distinguirlos. Asimismo, R-22 y R-1270 tienen una conducta similar. Solos los refrigerantes como R-410A, R-441a, R-1150 y R-601a son fáciles de distinguir en términos de conducta de temperatura-presión.

- Los gases no condensables del sistema aumentarán 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-601a y R-134a.
- Las mezclas no azeotrópicas, como R-441a, que son los refrigerantes de la serie 400, tienen características de presión-temperatura que pueden cambiar 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 muy diferente, lo que podría impedir la identificación del refrigerante.

Si usted no está seguro del tipo de refrigerante, pero sabe cuál es el refrigerante correcto con el cual recargar el sistema, la mejor práctica sería recuperar el refrigerante en un tanque de recuperación especializado y enviarlo a un centro de reciclado. Luego, podrá recargar el sistema con el refrigerante nuevo o regenerado. Nunca use un dispositivo de recuperación de refrigerante que no se ha diseñado específicamente para recuperar el refrigerante de HC o HFO que se está recuperando.

Por otra parte, si simplemente está intentando determinar el refrigerante que debería cargarse a 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, cómo se utiliza el aparato e incluso la fecha de fabricación de la unidad de recuperación afectan el nivel de recuperación requerido.

Actualmente, un sistema unitario sin fugas que utiliza un refrigerante de HC inflamable está limitado a cargas normales por debajo de 5 libras. Por lo tanto, las máquinas de recuperación certificadas fabricadas para la recuperación de estos refrigerantes de HC tienen que remover al menos el 90% de la carga normal del refrigerante cuando el compresor se encuentra en funcionamiento o el 80% si el compresor del sistema no está funcionando.

Si el sistema del refrigerante de HC tiene fugas, debe aislar los componentes de fuga de los componentes que no fugan cuando sea posible y evacuar los componentes sin fuga hasta los niveles especificados (80% o 90%, según el estado del compresor).

Los componentes de fuga aislados o todo el sistema, si los componentes de fuga no se pudieron aislar, se deben evacuar hasta al menos 0 psig para cumplir con las reglamentaciones de la EPA.

Equipo de recuperación y reciclado adecuado

Solo use equipo de recuperación y cilindros de recuperación que se hayan diseñado específicamente (y marcado) para alojar refrigerantes inflamables. Este hardware debe estar certificado para la recuperación y contención del refrigerante exacto que planea recuperar. Cuando compare las características de presión-temperatura de saturación para R1234yf en Figura 3 (página 13) con las características de presión-temperatura de saturación para R-1234zd en Figura 4 (página 14), si bien estos refrigerantes tienen nombres similares, sus presiones a una temperatura dada son diferentes. Por lo tanto, una máquina de recuperación y otro hardware calificado para un refrigerante no es apto para recuperación de otro refrigerante, a menos que se indique explícitamente.

Antes de utilizar un equipo de recuperación, inspecciónelo para determinar si hay signos de daño, fuga, conexiones eléctricas sueltas o defectuosas, óxido, corrosión o deterioro. No utilice equipos cuya integridad es cuestionable o que puedan tener fallas. Debe verificar 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 refrigerante de HC o HFO, necesita contar con los equipos apropiados:

- Unidad de recuperación aprobada por la EPA certificada para usar con el refrigerante que se recupera
- 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 del Departamento de Transporte (DOT) (cilindro de almacenamiento) clasificado para la presión del refrigerante a recuperar y marcado correctamente para usar con refrigerantes inflamables.

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.

Precaución



Al operar equipos de recuperación o reciclado de refrigerante, tenga en cuenta estas precauciones:

- *Aumente la ventilación de la zona.*
- *Use gafas de seguridad con protección lateral.*
- *Use guantes de protección.*
- *Use calzado protector.*

Cumpla con todas las precauciones de seguridad e instrucciones de usuario para el equipo.



Consejos

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. Luego, puede mantener el refrigerante hasta que pueda venderlo a un reciclador de refrigerantes. Use el segundo tanque de recuperación para el almacenamiento temporal de refrigerante recuperado mientras realiza mantenimiento de una unidad.

Unidad de recuperación

Dado que la carga de refrigerante inflamable está limitada por una reglamentación, las unidades de recuperación inflamables tienen muy poca carga para quitar y, por lo tanto, la recuperación de vapor es un método conveniente para quitar el refrigerante. El beneficio de la recuperación por vapor es que esencialmente solo el refrigerante se transfiere al tanque de recuperación, y se deja el lubricante en el sistema.

Cuando se recupera refrigerante en forma de vapor, la recuperación lleva más tiempo; sin embargo, usted puede acelerar la recuperación al asegurar que las mangueras y los puertos de la válvula no están restringidos. Siempre use las mangueras más cortas posibles, y quite las restricciones en las mangueras, como los depresores del núcleo de la válvula.

Calentar el sistema o enfriar el tanque de recuperación acelera la recuperación. Cuando la presión en el sistema aumenta al calentar el sistema, la recuperación es más rápida.



Precaución

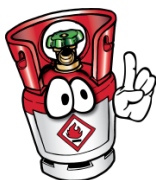
¡Nunca use una llama para calentar el sistema!

En la situación inversa, cuando la presión en el sistema se reduce, que posiblemente es a causa de la evaporación del refrigerante a medida que se quita del sistema, el vapor se vuelve menos denso y la recuperación es más lenta.

Durante la recuperación de vapor, el vapor se extrae del aparato hacia el sistema de recuperación. El vapor pasa por el compresor del sistema de recuperación y hacia el condensador de la unidad de recuperación, que enfría y condensa el vapor recuperado. Es por esto que la máquina de recuperación debe estar certificada para el refrigerante que se recupera y para usar con refrigerantes inflamables.

Enfriar el tanque de recuperación disminuye la presión en el tanque de recuperación; por ende, disminuye la presión de descarga en la máquina de recuperación y aumenta la tasa de recuperación.

Por otro lado, la recuperación durante las temperaturas ambiente bajas atrasará el proceso de recuperación. Si bien el tanque de recuperación está más frío, el sistema también lo está.



Consejos

La recuperación más rápida es con un sistema tibio y un tanque de recuperación frío.

Cuanto más caliente esté el sistema, más caliente y más denso es el vapor. Por lo tanto, el compresor de la unidad de recuperación es capaz de transferir más refrigerante por minuto. Por ende, los métodos para calentar el sistema (a través de lámparas de calor o calentadores de descongelamiento, o al aumentar la temperatura en la sala del equipo, etc.) y enfriar el tanque de recuperación acelera la recuperación. De nuevo, ¡nunca use una llama expuesta para calentar el sistema!



Precauciones

Al recuperar refrigerantes inflamables, asegúrese siempre de que el sistema de refrigeración, la unidad de recuperación y el tanque de recuperación estén correctamente conectados a tierra.

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

Cuando use un tanque de recuperación con doble válvula, podría configurar una máquina de recuperación para limpiar y filtrar el refrigerante. Combinar la unidad de recuperación, un tanque de recuperación de válvula doble, tres mangueras y un secador de filtro (con ajustes de llama de ¼") tal como se muestra esquemáticamente en Figura 6 le permite limpiar el refrigerante, pero no hace que la máquina de recuperación sea una máquina de reciclado certificada. La configuración se muestra con el hardware real en Figura 7.

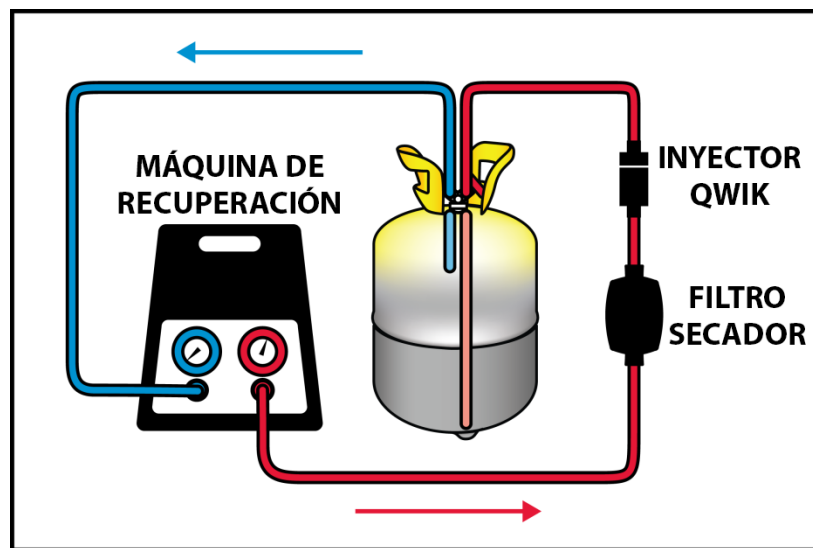


Figura 6. Limpiar y filtrar el refrigerante mientras se realiza mantenimiento de la unidad



Figura 7. Fotografía del refrigerante que se limpia y filtra

En esta configuración, un QwikInjector® de media onza de Mainstream también se ha conectado a la tubería para permitir que QwikShot® se introduzca en el refrigerante. Esto ayuda a quitar el ácido y el agua del sistema.

Si bien esta configuración limpia el refrigerante al usar múltiples pasadas a través de un nuevo secador de filtro (con ayuda de QwikShot®), el refrigerante no se puede llamar reciclado porque no se usó una máquina de recuperación aprobada. El refrigerante recuperado simplemente es más limpio.

Prueba de detección de fugas con pérdida de presión

En el caso de sistemas pequeños, uno de los mejores procedimientos 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. Este procedimiento es ideal para sistemas pequeños, ya que incluso una leve pérdida de refrigerante da lugar a una caída de presión fácilmente detectable, dado que el volumen general del sistema es muy pequeño.

Antes de evacuar un sistema, debe emplear una prueba de detección de fugas con pérdida de presión para verificar que no haya fugas. Cuando evacúe un sistema con una fuga, ingresa aire, humedad y otros contaminantes al sistema, lo que hace que la evacuación profunda posterior sea mucho más difícil.

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 va

a usar un detector electrónico de fugas, agregue una pequeña cantidad del refrigerante de HFC al sistema antes de presurizar con nitrógeno.

Las mezclas de nitrógeno y del refrigerante de HFC usadas como cargas de retención o como gases para pruebas de detección de fugas 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!



Consejos

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 inflamables 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, que es incompatible con el aceite del sistema.

Presurice el sistema hasta la presión indicada en la placa de identificación del sistema, registre la presión y observe si hay degradación de la presión durante un periodo de tiempo suficiente. Si no hay placa de identificación, use la temperatura normal de funcionamiento del condensador y la tabla de presión/temperatura de saturación del refrigerante para determinar la presión normal de funcionamiento del condensador y utilice esa presión.



Ejemplos

¿Cuánto tiempo es lo suficiente? En un aparato pequeño con una carga normal de 150 g (0.33 lb) o menos, un tiempo suficiente es de 15 minutos.

Algunos cambios naturales en la presión ocurren debido a la temperatura, la que se debe regular, salvo que se mantenga relativamente constante. Para ajustar el efecto de un cambio de temperatura en la presión, utilice la siguiente fórmula, donde la presión se encuentra en psia (no psig) y las temperaturas se encuentran en grados Rankine (no Fahrenheit). 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.

$$P_{\text{nuevo}} = P_{\text{original}} \times T_{\text{nuevo}} / T_{\text{original}}$$

donde

P_{nuevo} es la presión nueva en psia a la nueva temperatura T_{nuevo} en grados Rankine

P_{original} es la presión original en psia a la temperatura original T_{original} en grados Rankine



Consejos

Para convertir una temperatura de grados Fahrenheit a grados Rankine, agregue 460 a los grados Fahrenheit para obtener la temperatura en grados Rankine.

Para convertir una presión de psig a psia, agregue 14.7 a la presión en psig para obtener la presión en psia.

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 de refrigerante, coloque una pequeña cantidad de refrigerante HFC en el sistema y lleve la presión del sistema a unos 10 psig. *No use mezclas de nitrógeno ni ningún otro refrigerante, excepto refrigerantes de HFC, para la prueba de detección de fugas.* Descargar refrigerante CFC o HCFC de algún aparato, hardware o dispositivo es ilegal. Se asume que la liberación es un refrigerante y viola las reglamentaciones de la EPA y está sujeto a una multa.
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.
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. Cualquier caída de la presión después de compensar los cambios de temperatura indica una fuga. Si observa una caída de la presión, recuerde que la fuga podría encontrarse en el distribuidor manométrico y las conexiones, no en el 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 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.



Precaución

Siempre use un regulador de presión en el cilindro de nitrógeno. No presurice ningún sistema por encima de la presión de funcionamiento del sistema que está escrita en la placa de identificación del equipo.

Triple evacuación

Al usar el método de evacuación triple, la meta es obtener un vacío pronunciado final de por lo menos 500 micrones, 0.5 mmHg absoluto. El proceso es esencialmente lograr lo siguiente:

- Obtener un vacío pronunciado
- Ver si el vacío se puede mantener
- Volver a llenar el sistema con nitrógeno seco y repetir hasta que se logre y se mantenga un vacío profundo

Durante cada prueba de descenso del vacío, aisle 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 para un sistema de alta presión 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, 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 pronunciado inicial, pero se detiene a un nivel de vacío por debajo de la presión ambiente, el agua probablemente esté retenida en el sistema. Tabla 8 proporciona la tabla de presión/temperatura de saturación para el agua en diferentes niveles de evacuación.



Ejemplos

Consulte la siguiente tabla para ver este ejemplo. Si el aumento de presión se detiene en 22,000 micrones, (22 mmHg absoluto), el agua retenida se está evaporando a 75 °F. Esta evaporación enfriará aún más el agua restante y la presión cae para que el agua adicional se evapore también.

Tabla 8. Comportamiento temperatura/presión de saturación para el agua

Temperatura °F	Presión	
	(mmHg)	Micrones
35	5.	5,000
40	6.	6,000
45	8.	8,000
50	9.	9,000
55	11.	11,000
60	13.	13,000
65	16.	16,000
70	19.	19,000
75	22.	22,000
80	26.	26,000
85	31.	31,000
90	36.	36,000
95	42.	42,000
100	49.	49,000
105	57.	57,000
110	66.	66,000
115	76.	76,000
120	88.	88,000

Procedimiento de la evacuación triple

El procedimiento de evacuación triple es un método de evacuación en el que el sistema se evacúa inicialmente (baja) a un vacío de al menos 500 micrones a 2,000 micrones. Luego, una pequeña cantidad de nitrógeno seco ingresa al sistema para aumentar la presión por encima de la presión ambiente (generalmente entre 10 y 15 psig).

El nitrógeno se purga (ventila), generalmente mediante la bomba de vacío. No se requiere la recuperación del nitrógeno. Este proceso de evacuación seguido por la presurización del nitrógeno se repite (tres evacuaciones en total) y la tercer evacuación debe lograr un vacío de 500 micrones o menos.

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. El aire está compuesto por un 78% de nitrógeno, es por eso que este proceso no es dañino para el medio ambiente. 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 de 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 y regulador) 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, o 0 psig. Una bomba de vacío puede consistir de un diseño único o de dos etapas. La bomba de vacío de dos etapas es necesaria para aparatos de HVAC/R.

El tamaño de la bomba se clasifica de acuerdo con la capacidad de bombeo volumétrico, normalmente medido en pies cúbicos por minuto (cfm). Por lo general se usan bombas de tres a seis cfm en las aplicaciones residenciales.

La bomba de vacío también puede tener una válvula de estrangulamiento del gas, lo que ayuda a impedir que la humedad que se está evacuando del sistema se condense en el aceite de la bomba de vacío y reduzca el nivel de vacío que la bomba de vacío puede alcanzar.

En la Figura 8 se 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 pronunciado. 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.

Siga estos pasos al usar la 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 haya caído 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 pronunciado.



Figura 8. 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.

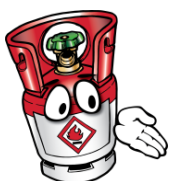
Medidor electrónico de vacío (medidor de micrones)

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 pronunciado. En la Figura 9 se muestra un medidor de micrones electrónico típico. El medidor de micrones es mucho más preciso para medir vacíos muy profundos (presiones muy bajas) comparado con un distribuidor manométrico.



Figura 9. 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 enormemente en los niveles de vacío más profundos, lo que brinda una resolución de medición mayor.



Ejemplos

Hay 25,000 micrones entre 29 pulgadas de mercurio 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.
2. Interrumpa el vacío en la línea entre la bomba de vacío y el sistema.
3. 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.
4. Mida el vacío final del sistema con el sistema aislado y la bomba de vacío apagada.
5. 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.

Precaución



En sistemas muy grandes en los que la bomba de vacío puede operar durante largos periodos sin ser vigilada, por ejemplo en la noche, debe tomar precauciones en caso de que haya cortes de energía durante el procedimiento. Acomode una válvula solenoide en la línea de la bomba de vacío que aislarán el sistema (normalmente cerradas) automáticamente e interrumpa el vacío (normalmente abierto) en la manguera de conexión. Por el contrario, un sistema grande que se deja desatendido durante una falla energética podría contaminarse con el aceite de la bomba de vacío.

Consejos



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.

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 desconectar el equipo de evacuación para 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 que causan que el equipo funcione por debajo de su eficiencia máxima y experimente fallas prematuras de los componentes. No puede evacuar un sistema en exceso.

Acelerar el proceso de evacuación

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.

Reparaciones de fugas

Nunca use ningún compuesto de sellado de fugas o para secar humedad con los refrigerantes de HC o HFO debido a que todos estos compuestos contienen silicatos. Siempre siga las técnicas de soldadura adecuadas para los refrigerantes inflamables.

Soldadura

Conexiones de tubería

Cuando suelde juntas en un sistema de HC o HFO, debe realizar la soldadura de las juntas en un área separada del sistema. Si esto no es posible, tiene que evacuar por completo el sistema antes de soldar.

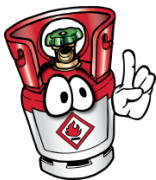
Realice lo siguiente antes de comenzar a trabajar en el sistema:

- Inspeccione el área alrededor del equipo para garantizar que no hay riesgos inflamables o riesgos de ignición.
- Muestre letreros que prohíban fumar.
- Asegúrese de que el sistema de refrigeración esté conectado a tierra.

Carga

Después de que se ha instalado o reparado un sistema, ya está listo para ser cargado con refrigerante solo después de completar las siguientes acciones:

- Asegúrese de que el sistema de refrigeración, el tanque de refrigeración y otros componentes metálicos en el circuito de flujo del refrigerante estén conectados a tierra eléctricamente antes de cargar el sistema con refrigerante.
- Instale un secador de filtro fresco antes de realizar pruebas de fuga.
- Complete con éxito una verificación de que no hay fugas con presión fija a la máxima presión del sistema.
- Evacúe hasta por lo menos 500 micrones (idealmente, 300 micrones) al usar un procedimiento de evacuación triple, si es necesario (consulte Triple evacuación en la página 51).



Consejos

La carga que se agrega a los sistemas inflamables es muy baja. Asegúrese de que la escala de carga tenga suficiente exactitud para medir la cantidad correcta de carga en el sistema.

Carga líquida

Al igual que otra mezcla, las mezclas de refrigerante de HFO y HC se deben cargar como líquido para mantener la composición correcta.



Consejos

Tenga cuidado de medir el refrigerante en el sistema lentamente para evitar que el compresor se golpee.

Recarga del sistema con refrigerante recuperado

Probablemente pueda cargar el refrigerante nuevamente en el sistema si este se ha recuperado del sistema y se ha conservado en un cilindro recargable donde la contaminación del refrigerante es poco probable. Sin embargo, la carga es pequeña, por lo que esta podría no ser la mejor opción debido a que el costo del refrigerante es mínimo.

Si tiene alguna duda sobre la calidad del refrigerante, el único método seguro de determinarla es reemplazar el refrigerante.



Precaución

Asegúrese de que el sistema de refrigeración esté conectado a tierra antes de cargar el sistema con refrigerante.

Venteo

Al igual que otros refrigerantes, cuando sea posible no debe ventear un refrigerante de HC o HFO. Legalmente, no puede ventear refrigerantes de HFO, como R-1234yf, R-1234zd y R-1234ze, durante el servicio, el mantenimiento, la reparación y el desecho.

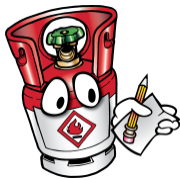
Sin embargo, se pueden ventear los siguientes sustitutos en los siguientes usos finales [EPA, 2016b]:

- Dióxido de carbono, nitrógeno y agua en cualquier uso
- El amoníaco en procesos comerciales o industriales de refrigeración o en unidades de absorción
- Cloro en procesos industriales de refrigeración (procesamiento de cloro y compuestos de cloro)
- Hidrocarburos en procesos industriales de refrigeración (procesamiento de hidrocarburos)
- Uso de etano (R-170) en equipos de refrigeración a muy baja temperatura y equipos para transferencia de calor no mecánica
- Propano (R-290) en refrigeradores y congeladores de alimentos de venta al por menor (solo unidades independientes); refrigeradores, congeladores y

refrigerados y congeladores combinados de uso doméstico, aires acondicionados de temperatura ambiente autónomos para aires acondicionados residenciales y comerciales livianos; bombas de calor; y máquinas expendedoras

- Isobutano (R-600a) en refrigeradores y congeladores de alimentos de venta al por menor (unidades independientes únicamente), y refrigeradores, congeladores y combinación de refrigeradores y congeladores domésticos, y máquinas expendedoras
- R-441A en refrigeradores y congeladores de alimentos de venta al por menor (solo unidades independientes); refrigeradores, congeladores y refrigerados y congeladores combinados de uso doméstico, aires acondicionados de temperatura ambiente autónomos para aires acondicionados residenciales y comerciales livianos; bombas de calor; y máquinas expendedoras.

Las liberaciones pequeñas asociadas con intentos de buena fe de reciclar o recuperar refrigerantes tampoco están sujetas a la prohibición de venteo. Las liberaciones de refrigerante son mínimas solo si se observan prácticas de recuperación y servicio correspondientes y si se realizan todos los esfuerzos razonables de retener el refrigerante y evitar liberaciones.



Notas

La liberación a sabiendas de un refrigerante de Clase I o Clase II o un refrigerante sustituto no exento después de su recuperación de un aparato viola la prohibición de venteo y está sujeto a multas.

Preocupaciones de electricidad estática

Cuando la concentración de un refrigerante inflamable es tal que supera el límite inferior de inflamabilidad (LFL) 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.

Tal como se muestra en la Figura 10, para respaldar una explosión o un incendio, la concentración del refrigerante inflamable en el aire debe encontrarse entre los niveles inflamables inferiores y superiores.



Ejemplos

Para el refrigerante inflamable que se muestra en la Figura 10, 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 10. Ejemplo de posibles límites de inflamabilidad de refrigerante de hidrocarburos

Manipulación

El refrigerante de HC se encuentra disponible en cilindros de 300 g (0.66 lb), 3.5 kg (7.7 lb), 12 kg (26.4 lb) y 46 kg (101.4 lb), y cilindros no recargables de -420 g (0.93 lb). Los refrigerantes de HFO con frecuencia se encuentran disponibles en cilindros no recargables de 4.5 kg (10 lb).

La válvula de alivio de presión se ajusta a los cilindros de refrigerante para evitar la acumulación de presión en exceso. Los cilindros también se ajustan con una válvula piloto de líquido que incorpora una válvula de no retorno (verificación) (para evitar el relleno de campo) y una conexión ACME de 1/4". Existe un accesorio para convertir los accesorios roscados estándar de la industria de refrigeración y se puede obtener del proveedor de refrigerantes.



Consejos

Para evitar una chispa eléctrica estática, asegúrese de que el cilindro de refrigeración esté conectado a tierra cuando no esté en uso y antes de conectarlo al sistema.

Existe una válvula de flujo en exceso automático dentro de la válvula de líquido. Esta válvula se activa para detener el suministro de refrigerante si el flujo de refrigerante fuera del cilindro es excesivo. El flujo excesivo podría ser a causa de fugas importantes en el sistema o una manguera de servicio que se desconectó. Para reiniciar la válvula de exceso automática, cierre la válvula de suministro y, luego, lentamente vuelva a abrir la válvula.

Precauciones

Siempre siga las siguientes precauciones de seguridad:



- *Nunca aplique una llama abierta o vapor vivo a un cilindro de refrigerante.*
- *No corte ni suelde ninguna línea de refrigerante si hay refrigerante en la unidad.*
- *Siempre vuelva a colocar la tapa de la válvula cuando no esté usando el cilindro.*
- *Para evitar una chispa eléctrica estática, asegúrese de que el cilindro de refrigeración esté conectado a tierra cuando no esté en uso y antes de conectarlo al sistema.*
- *Asegúrese de que las líneas estén limpias y no tengan daños.*
- *Conserve y use los cilindros en áreas secas y bien ventiladas, lejos de todos los riesgos de incendio.*
- *Para evitar el sobrecalentamiento, 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.*
- *Solo uso cilindros de recuperación dedicados específicamente diseñados para el refrigerante inflamable para la recuperación de refrigerantes de HFO y HC inflamables.*

Restricción de ventas

De acuerdo con la EPA [EPA, 2016b], nadie puede vender o distribuir sustancias de Clase I o Clase II o, a partir del 1 de enero de 2018, un sustituto no exento para usar como refrigerante, a menos que se cumpla una de las siguientes condiciones:

- El comprador ha sido certificado como técnico tipo I, tipo II, tipo III o universal.
- El comprador emplea al menos un técnico que es certificado como técnico tipo I, tipo II, tipo III o universal y proporciona un comprobante al vendedor.
- El comprado ha sido certificado por el Artículo 609 de MVAC y el refrigerante es aceptable para su uso en MVAC.

- El comprador emplea al menos una persona certificada por el Artículo 609 MVAC, proporciona comprobante de certificación al vendedor y el refrigerante es aceptable para su uso en MVAC.
- El refrigerante se vende únicamente para la reventa eventual a técnicos certificados o a fabricantes de aparatos (por ejemplo, vendido por un fabricante a un mayorista, vendido por un técnico a un regenerador).
- El refrigerante se vende a un fabricante de aparatos.
- El refrigerante se encuentra en un aparato (como parte de este) con un circuito refrigerante totalmente ensamblado.
- Un técnico certificado o un aprendiz supervisado cargan el refrigerante en un aparato durante el mantenimiento, el servicio o la reparación del aparato.
- El refrigerante sustituto no exento pretende usarse en un MVAC y se vende en un recipiente diseñado para contener dos libras o menos de refrigerante, tiene un accesorio único y tiene una válvula con cierre automático.

Las personas que venden o distribuyen un refrigerante de Clase I o Clase II o, a partir del 1 de enero de 2018, un refrigerante sustituto no exento, deben conservar las facturas que indican el nombre del comprador, la fecha de venta y la cantidad de refrigerante adquirido, a menos que estén vendiendo sustitutos exentos o latas pequeñas de refrigerante MVAC.

Todos los registros deben conservarse durante tres años. Los fabricantes de recipientes que conservan dos libras o menos de refrigerante sustituto no exento para usar en un MVAC deben conservar las copias electrónicas o en papel de todos los registros para verificar que las válvulas con cierre automático cumplen con los requisitos. Todos los registros deben conservarse durante tres años después de cada compra. (Consulte Procedimientos de conservación de registros en la página 67 para obtener más información).

Si se utiliza el refrigerante, ninguna persona puede vender o distribuir sustituto no exento o sustancias de Clase I o Clase II que consisten, en su totalidad o en parte, de refrigerante usado, a menos que el refrigerante cumpla con uno de los siguientes requisitos:

- El técnico certificado reclamó el refrigerante.
- El refrigerante ha sido reciclado y se usó únicamente en un aparato MVAC o tipo MVAC y se debe usar únicamente en un aparato MVAC o tipo MVAC.
- El refrigerante se encuentra en un aparato que se vende u ofrece para la venta junto con un circuito refrigerante totalmente ensamblado.
- El refrigerante se transfiere entre una compañía matriz y una o más de sus subsidiarias, o entre subsidiarias que tienen la misma compañía matriz.

- El refrigerante se transfiere entre una agencia o un departamento federal y una instalación o instalaciones propiedad de la misma agencia o departamento federal.

Especificaciones de la válvula con cierre automático de MVAC

A partir del 1 de enero de 2018, todos los recipientes que tengan dos libras o menos de refrigerante sustituto no exento para usar en un MVAC que se fabrican o importan en esa fecha o después de esta deben cumplir con los siguientes requisitos para válvulas con cierre automático:

- Cada recipiente que tiene dos libras o menos de refrigerante sustituto no exento para usar en un MVAC debe estar equipado con una válvula con cierre automático única que se cierra automáticamente y se sella cuando no dispensa refrigerante.
- La tasa de fuga de cada recipiente no debe superar los 3 g por año cuando la válvula con cierre automático esté cerrada. Esta tasa de fuga se aplica a recipientes nuevos y llenos, como así también a recipientes que podrán estar parcialmente llenos.
- Un laboratorio de pruebas independiente en los Estados Unidos que no sea propiedad del equipo o de productos certificadores solicitante, o que open con estos o estén afiliados a estos, debe poner a prueba el recipiente para detectar fugas.

Las ventas se permiten si las latas sin válvulas con cierre automático se fabricaron o importaron antes de 2018 [EPA, 2016b].

Envío

Reglamentos del Departamento de Transporte

Los tanques o recipientes de recuperación recargables portátiles usados para almacenar o enviar refrigerantes inflamables deben cumplir con las normas del DOT.

Etiquetas para el despacho

Cuando se transportan cilindros que contienen refrigerante usado, el DOT le exige que adjunte las etiquetas de clasificación según el DOT. Antes de despachar refrigerante usado en un cilindro, debe etiquetar adecuadamente el recipiente de refrigerante.

La documentación de envío proporciona lo siguiente:

- Información esencial para socorristas después de un accidente. Este documento identifica los materiales implicados, por lo que se pueden tomar acciones de protección para su propia segura y la del público.
- Nombre de envío adecuado del refrigerante
- Clase de riesgo
- Número de identificación de 4 dígitos de las Naciones Unidas precedido por las letras UN.
- Número de teléfono para llamadas de emergencia disponible las 24 horas

Carga del cilindro

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.

Almacenamiento

Al almacenar refrigerantes inflamables, debe tomar precauciones adicionales debido a su posible inflamabilidad. Los códigos de incendio locales suelen limitar el almacenamiento de materiales inflamables. Además, otras agencias regulatorias federales, estatales y locales pueden tener reglamentaciones relacionadas con refrigerantes inflamables. Verifique con estas autoridades para obtener más información.

Evaluación de riesgos

Antes de almacenar latas con refrigerantes de HC y HFO inflamables, tiene que evaluar los siguientes riesgos:

- Radiación térmica de un incendio en el almacén
- Riesgos de explosión
- Cantidades de material inflamable que se almacenan
- Naturaleza y ubicación de los materiales almacenados
- Áreas apartadas para el almacenamiento segregado de sustancias inflamables
- Sistemas de drenaje
- Presencia de vecinos con posible riesgo
- La cantidad máxima de personas en el sitio y sus posibles ubicaciones

- Cantidad total de sustancias peligrosas y las cantidades individuales máximas
- Tipo y características del empaque

Política principal de prevención de accidentes

Si decide almacenar refrigerantes de HC o HFO inflamables, tiene que asegurarse de que exista una política de prevención de accidentes redactada y que se cumpla. Este plan debe abarcar todos los posibles riesgos principales y desarrollarse para incluir las siguientes estrategias:

- Inspeccione los recipientes de almacenamiento para detectar signos de daño, óxido, corrosión o deterioro. Reemplace el equipo o los recipientes cuya integridad sea cuestionable o que pueda estar defectuoso.
- Verifique regularmente que no haya fugas de refrigerante en los recipientes.
- Instale y mantenga las alarmas contra incendios que se activan al romper un vidrio en ubicaciones estratégicas.
- Instale y mantenga un sistema de alarma que todos los empleados puedan escuchar y ver (luz estroboscópica).
- Muestre letreros que prohíban fumar.
- Establezca al menos dos áreas de ensamblaje para evacuación de emergencia.
- Ensaye los procedimientos de evacuación.
- Indique a los empleados que apaguen la alarma si se ha iniciado un incendio y, luego, evacúe el edificio.
- Prepare una sala de primeros auxilios bien equipada.
- Indique a los empleados que conozcan la ubicación de la información para bomberos, incluso la distribución del edificio, el tipo y la cantidad de materiales peligrosos, la ubicación y el tipo de equipo contra incendios y la persona a quien contactar en caso de emergencia.

Procedimientos de equipo dañado

Si un equipo o recipientes que contenían refrigerante inflamable sufren daños, como mínimo implemente los siguientes procedimientos:

- Lea los datos sobre los riesgos del refrigerante.
- Use equipo de protección personal apropiado, como gafas de seguridad y ropa protectora.
- Mantenga un extintor de incendios al alcance.

Mueva el equipo dañado o con fugas a un área designada lejos del área de almacenamiento principal, bien ventilada, equipada con las características de seguridad apropiadas y con áreas segregadas para garantizar el cumplimiento con las normas de sustancias peligrosas.

Procedimientos de conservación de registros

Con vigencia en enero 2018, tiene que conservar los registros integrales que rastrear los refrigerantes inflamables que se manipulan [EPA, 2016b]. Esta información debe incluir lo siguiente:

- Nombres químicos y nombres de marca de los refrigerantes
- Categoría de riesgo
- Ubicación del almacenamiento o todas las sustancias inflamables, no solo los refrigerantes
- Lista de otro equipo relevante utilizado para manipular refrigerantes inflamables
- Detalles de instalaciones eléctricas en la región donde los refrigerantes inflamables podrían estar presentes
- Todos los posibles riesgos para bomberos

Todos los registros deben conservarse durante tres años como mínimo en formato electrónico o en papel. Los técnicos también deben registrar la cantidad de sustancias que destruyen la capa de ozono (ODS) y el refrigerante sustituto no exento que se transfiere por regeneración por tipo de refrigerante.

La EPA exige que mantenga los registros de todos los refrigerantes recuperados durante el desecho de un aparato que contiene refrigerante. Debe registrar la cantidad total de refrigerante, por tipo, recuperado de los aparatos que desecha. Este requisito de conservación de registros se ha desarrollado para desanimar el venta ilícito de refrigerantes durante el desecho. La EPA le exige que mantenga registros cuando desecha un aparato con una carga normal que tenga más de 5 y menos de 50 libras. Estos registros deben incluir lo siguiente:

- Nombre de la compañía
- Ubicación del aparato
- Fecha de recuperación
- Tipo de refrigerante recuperado para cada aparato

Capítulo 7. Resumen

Este capítulo indica dos casos de uso final de HC y resume los refrigerantes sustitutos permisibles y las condiciones de uso. También se incluye información adicional que podría encontrar útil para cada uso final.

Uso final 1

El primer uso final de refrigerante de HC aprobado es refrigeradores, congeladores y refrigerados y congeladores combinados de uso doméstico (solo equipos nuevos).

Refrigerantes sustitutos

El isobutano (R-600a) y R-441A se pueden usar como sustitutos de CFC-12, HCFC-22 y R-134a.

Condiciones de uso

Estos refrigerantes se pueden usar únicamente en equipos nuevos diseñados específicamente e identificados claramente para el refrigerante (es decir, estos sustitutos no se pueden usar como un refrigerante de conversión o “adaptado” para equipos existentes diseñados para un refrigerante diferente).

Estos refrigerantes se pueden usar únicamente en un refrigerador o congelados, o refrigerados y congelados combinado, que cumpla con todos los requisitos indicados en el Suplemento SA de la décima edición de la norma de Underwriters Laboratories (UL) para refrigeradores y congeladores domésticos, UL 250, con fecha 1993, y actualizado en agosto 2000. En los casos en los que la norma final de la EPA incluye requisitos más estrictos que aquellos de la décima edición de UL 250, el aparato debe cumplir con los requisitos de la norma final en lugar de los requisitos de la norma de UL.

La cantidad de refrigerante sustituto (es decir, tamaño de carga normal) no debe superar los 57 g (2.0 onzas) en un refrigerador, congelador o refrigerados y congelados combinado para cada circuito.

Información de seguridad

Se deben cumplir los requisitos aplicables de la OSHA en la parte 1910 del CFR, incluso aquellos en el artículo 1910.106, Título 29, del CFR (líquidos inflamables y combustibles), 1910.110 (almacenamiento y manipulación de gases de petróleo licuados), 1910.157 (extintores contra incendios portátiles) y 1910.1000 (sustancias tóxicas y peligrosas).

Mantenga una ventilación adecuada en todo momento durante la fabricación y el almacenamiento de equipo que contenga refrigerantes de hidrocarburo a través del cumplimiento de las buenas prácticas de fabricación conforme al artículo 1910.106, Título 29, del CFR. Si los niveles de refrigerante en el aire que rodea al equipo se elevan por encima de un cuarto del límite inferior de inflamabilidad, evacúe el espacio. Solo permita el reingreso después de que el espacio se haya ventilado adecuadamente.

Use equipo de protección personal adecuado, incluso gafas químicas y guantes protectores, al manipular todos los refrigerantes.



Consejos

Tenga especial cuidado de evitar el contacto con la piel debido a que la rápida evaporación de refrigerantes puede causar quemaduras por congelamiento en la piel.

Mantenga un extintor de incendios tipo polvo seco de clase B cerca.

Solo use herramientas a prueba de chispas cuando trabaje en refrigerados y congeladores con refrigerantes de HC.

Utilice equipo de recuperación diseñado para refrigerantes inflamables. Todo el equipo debe estar conectado a tierra, incluso los tanques de refrigerante, tanto durante el uso como durante el almacenamiento.

Únicamente los técnicos capacitados y certificados específicamente en el manejo de refrigerantes inflamables deben brindarle servicio técnico a los refrigeradores y congeladores que contienen refrigerantes de HFO y HC inflamables. Debe comprender la minimización del riesgo de incendio y los pasos para usar refrigerantes inflamables de manera segura.

Marcas permanentes

Tal como se indica en las cláusulas SA6.1.1 y SA6.1.2 de la norma 250 de UL , las siguientes marcas permanentes deben unirse a las unidades.

En los evaporadores tocados por el consumidor o cerca de estos

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

Cerca del compartimiento del equipo

PELIGRO

**Riesgo de incendio o explosión.
Refrigerante inflamable en uso.
Para ser reparado por personal de servicio técnico capacitado únicamente.
No perforo la tubería del refrigerante.**

Cerca del compartimiento del equipo

PRECAUCIÓN

**Riesgo de incendio o explosión.
Refrigerante inflamable en uso.
Consulte el Manual de reparación/Guía del propietario antes de intentar brindarle servicio a este producto.
Se deben seguir todas las precauciones de seguridad.**

Parte externa del refrigerador

PRECAUCIÓN

**Riesgo de incendio o explosión.
Deseche de acuerdo con todas las regulaciones federales o locales.
Refrigerante inflamable en uso.**

Cerca de las tuberías de refrigerante expuestas

PRECAUCIÓN

**Riesgo de incendio o explosión si se perfora la tubería del refrigerante;
Siga cuidadosamente las Instrucciones de manipulación.
Refrigerante inflamable en uso.**

Las letras para estar marcas deben tener como mínimo una altura de ¼ pulgadas. El refrigerador, el congelador o el refrigerador y congelador combinado deben tener tuberías, mangueras u otros dispositivos mediante los cuales se proporciona refrigerante (generalmente conocido como el puerto de servicio) marcado en rojo (PMS n.º 185) para indicar el uso de un refrigerante inflamable.

Este color rojo debe estar presente en todos los puertos de servicio y donde se podría esperar que ocurra perforación del servicio o la creación de una abertura desde el circuito de refrigerante a la atmósfera (por ejemplo, tubos de proceso). La marca de color debe extenderse 1 pulgada, como mínimo, desde cualquier posible puerto de servicio de refrigerante o tubo de proceso y debe reemplazarse si se quita.

Uso final 2

El segundo uso final de refrigerante de HC aprobado es refrigerados y congeladores de alimentos comerciales (venta al por menor) (unidades independientes y equipo nuevo únicamente).

Sustituto

El propano (R-290) puede usarse como sustituto de CFC-12, HCFC-22 y R-502.

Condiciones de uso

Al igual que con el uso final 1, estos refrigerantes se pueden usar únicamente en equipos nuevos diseñados específicamente e identificados claramente para el refrigerante (es decir, estos sustitutos no se pueden usar como un refrigerante de conversión o “adaptado” para equipos existentes diseñados para otro refrigerante).

Estos sustitutos solo pueden usarse en equipos que cumplan con todos los requisitos del Suplemento SB de la décima edición de la norma de Underwriters Laboratories (UL) para refrigeradores y congeladores comerciales, UL 471, con fecha noviembre 2010. En los casos en los que la norma final incluye requisitos más estrictos que aquellos de la décima edición de UL 471, el aparato debe cumplir con los requisitos de la norma final en lugar de los requisitos de la norma de UL.

El tamaño de la carga para el refrigerador o congelador de alimentos de venta al por menor no debe superar los 150 g (5.3 onzas) en cada circuito.

Marcas permanentes

Las marcas permanentes para este caso de uso son las mismas que el caso de uso 1.

Referencias de UL

Estas condiciones de uso contienen referencias a ciertas normas de Underwriters Laboratories, Inc. (UL). Las normas se incorporan a modo de referencia, y las secciones a las cuales se hace referencia son parte de las reglamentaciones en la parte 82:

- UL 250: Refrigeradores y congeladores domésticos. Décima edición. Suplemento SA: Requisitos para refrigeradores y congeladores que usan refrigerante inflamable en el sistema de refrigeración. Underwriters Laboratories, Inc. 25 de agosto de 2000.

- UL 471. Refrigeradores y congeladores comerciales. Décima edición. Suplemento SB: Requisitos para refrigeradores y congeladores que usan refrigerante inflamable en el sistema de refrigeración. Underwriters Laboratories, Inc. 24 de noviembre de 2010.

Para obtener información acerca de la disponibilidad de este material en NARA, llame al (202) 741-6030, o diríjase a http://www.archives.gov/federal_register/code_of_federal_regulations/ibr_locations.html.

Uso final 3

Si bien HFO-1234yf aún no se usa en sistemas estacionarios de HVAC/R, Cadillac XTS, Chrysler (200C, 200S, 300, 300C), Dodge (Challenger, Charger, Dart, Ram 1500), Fiat 500 y Jeep (Cherokee, Renegade) han cambiado al uso del refrigerante R-1234yf en sus sistemas de aire acondicionado de vehículos.

Refrigerantes sustitutos

Si bien no es una caída en el reemplazo, el R-1234yf se utiliza como un sustituto de CFC-12, HCFC-22 y R-134a. El rendimiento de HFO-1234yf coincide estrechamente con el de HFC-134a.

Junto con ser adoptado para los sistemas de aire acondicionado de vehículos motorizados (MVAC), HFO-1234yf también tiene potencial para enfriadores y usos de refrigeración comercial que actualmente usan HCFC-134a.

Uso final 4

R-1234zd es apto para nuevos usos industriales de aire acondicionado y el enfriamiento de edificios donde el agua de refrigeración o los fluidos intermedios se utilizan en sistemas grandes con compresores centrífugos (una o más etapas) y donde R-123 podría haberse usado en el pasado. Linde y Honeywell comercializan este refrigerante como Solstice® ZD y como reemplazo de R-123 en nuevos usos de enfriamiento [Honeywell, 2017].

Sin embargo, los compresores que usan este nuevo refrigerante requieren de diámetros de propulsor más grandes para la misma capacidad de enfriamiento, debido a la capacidad volumétrica de enfriamiento sustancialmente inferior y la relación de compresión más alta requerida.

Uso final 5

R-1234ze tiene dos isómeros, R-1234ze(Z) y R-1234ze(E) con diferentes propiedades. El R-1234ze(Z) tiene un punto de ebullición más alto (50.0 °F) asociado con una temperatura crítica más alta (308.7 °F) y una capacidad volumétrica casi un 50% inferior que R-1234ze(E). R-1234ze(E) es el isómero que generalmente se vende para usar y se comercializa como Solstice ZE. Dado que actualmente el R-1234ze(Z) no se utiliza en HVAC/R, el R-1234ze que generalmente se vende es el isómero (E). Actualmente, el R-1234ze(E) se utiliza como reemplazo de R-22.

Uso final 6

HFO-1336mzz es otro refrigerante que se considera como reemplazo para R-123 en enfriadores centrífugos y como líquido de trabajo en bombas de calor de alta temperatura.

Capítulo 8. Acrónimos

AEGL: nivel de orientación de exposición aguda

AEL: nivel de exposición aceptable

AHRI: Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración

ASHRAE: Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado

CAA: Ley del Aire Limpio

CAS: servicio de resúmenes químicos

CFC: clorofluorocarbono

CFR: Código de Reglamentaciones Federales

CO₂: dióxido de carbono

DIY: hágalo usted mismo

DOT: Departamento de Transporte

EPA: Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos

EPDM: terpolímero etileno propileno dieno

FR: Registro Federal

g: gramo

GWP: potencial de calentamiento global

HC: hidrocarburo

HCFC: hidroclofluorocarbono

HFC: hidrofluorocarbono

HFO: hidrofluoroolefina

HNBR: caucho de butadieno nitrilo hidrogenado

ICF: ICF International, Inc.

IPR: refrigeración de proceso industrial

kg: kilogramo

kJ: kilojoule

kPa: kilopascal

LFL: límite inferior de inflamabilidad

NARA: Archivos Nacionales y Administración de Registros

NOAEL: nivel de efecto adverso no observable

OEM: fabricante de equipo original

ODP: potencial de destrucción de la capa de ozono

ODS: sustancia reductora de ozono

OSHA: Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos

PAG: lubricante de polialquilenglicol

PAO: lubricante de polialfaolefina

PMS: sistema de colores Pantone®

ppm: partes por millón

psia: libras por pulgada cuadrada absoluta

psig: libras por pulgada cuadrada de calibre

PTFE: politetrafluoroetileno

RfC: concentración de referencia

RTOC: Comité de Opciones Técnicas de Refrigeración, Aire Acondicionado y Bombas de Calor

SAE: Sociedad de Ingenieros Automotores

SNAP: Política de Nuevas Alternativas Significantes

TEAP: Panel de evaluación tecnológica y económica

TLV: valor del límite umbral

TWA: promedio sopesado por el tiempo

UL: Underwriters Laboratories, Inc.

UNEP: Programa Medioambiental de las Naciones Unidas

VOC: compuesto orgánico volátil

WGL: nivel de orientación en el lugar de trabajo

WMO: Organización Meteorológica Mundial

Capítulo 9. Definiciones

Accesorio de baja pérdida. Un dispositivo que pretende establecer una conexión entre las mangueras, los aparatos o las máquinas de recuperación o reciclado, y que está diseñado para cerrar automática o ser cerrado manualmente cuando se desconecta para minimizar la liberación de refrigerante de las mangueras, los aparatos y las máquinas de recuperación o reciclado.

Adaptación. Convertir un aparato de un refrigerante a otro refrigerante. La adaptación incluye la conversión del aparato para alcanzar la compatibilidad del sistema con el nuevo refrigerante y puede incluir, sin limitación, cambios en los lubricantes, juntas, filtros, secadoras, válvulas, anillos con forma de O o componentes del aparato.

Aire acondicionado de vehículo automotor (MVAC). Equipo de refrigeración de compresión a vapor mecánica que se usa para enfriar el compartimiento del conductor o pasajero de un vehículo automotor. Los técnicos que reparan o dan mantenimiento a los sistemas de MVAC por contraprestación (por ejemplo, pago o regateo) deben estar capacitados y certificados en virtud del Artículo 609 por un programa de capacitación y certificación técnica aprobado por la EPA, como Mainstream (www.epatest.com). La certificación del Artículo 609 es obligatoria para dar mantenimiento a un sistema MVAC por contraprestación (por ejemplo, pago o regateo), independientemente de qué refrigerante se usa en el sistema.

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. Por ende, un refrigerador, congelados o refrigerados y congelados combinado, por ejemplo, podría consistir de dos aparatos, siempre que el refrigerante en el primer aparato (es decir, el primer compresor, condensador, evaporador y dispositivo de medición) no se mezcle con el refrigerante en el segundo aparato (por ejemplo, el segundo compresor, condensador, evaporados y dispositivo de medición).

Aparato de alta presión. Un aparato que utiliza un refrigerante con una presión de saturación de fase líquida entre 170 psia y 355 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, aparatos que usan 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. Un aparato que usa un refrigerante con una presión de saturación en fase líquida inferior a 45 psia a 104°F. Esta definición incluye, entre otros, los aparatos que utilizan R-11, R-123, R-113 y R-245fa.

Aparato de media presión. Un aparato que utiliza un refrigerante con una presión de saturación de fase líquida entre 45 psia y 170 psia a 104 °F. Esta definición incluye, entre otros, los aparatos que utilizan R-114, R-124, R-12, R-134a y R-500.

Aparato pequeño. Un aparato que está totalmente fabricado, cargado y herméticamente sellado en una fábrica con cinco libras o menos de refrigerante, incluso, 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, aires acondicionados portátiles 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.

Apertura de un aparato. Mantenimiento, servicio, reparación o desecho de un aparato que liberaría refrigerante del aparato a la atmósfera. Conectar y desconectar mangueras y medidores para medir presiones, agregar refrigerante o recuperar refrigerante del aparato no se considera abrir un aparato.

Asfixia. El desplazamiento del oxígeno en una habitación mediante un refrigerante más denso.

Azeotropo. Una mezcla de dos o más componentes cuyas composiciones de fase de vapor de equilibrio y fase líquida son las mismas a una presión dada. Esto significa que no hay deslizamiento de temperatura. Estos refrigerantes reciben una designación de la serie 500 de la ASHRAE y se comportan como refrigerantes únicos, con un punto de burbuja y de rocío a la misma temperatura. Los azeotropos se pueden cargar como líquido o vapor.

Bomba de vacío. Dispositivo utilizado 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 que provoca que cualquier agua líquida retenida se evapore y se escape por la bomba de vacío. Las bombas de vacío de etapa única y dos etapas se usan con frecuencia en la industria de HVAC/R. 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 el agua en los sistemas. Tanto las bombas de vacío de etapa única y de dos etapas se clasifican por su capacidad volumétrica, especialmente expresada en pies cúbicos por minuto (cfm). Por lo general se usan bombas de tres a seis cfm en las aplicaciones residenciales.

Características y condiciones normales de funcionamiento. Temperaturas, presiones, flujos de líquido, velocidad y otras características operativas del aparato, incluso la carga completa del aparato, que se esperarían para una carga de proceso dado y condiciones ambientales durante el funcionamiento normal. Las características y condiciones operativas normales se marcan por la ausencia de condiciones atípicas que afectan el funcionamiento del aparato.

Carga completa o carga normal. Cantidad de refrigerante en el aparato o componente del aparato cuando este funciona con una carga completa de refrigerante.

Carga completa o carga normal. Cantidad de refrigerante requerido para características y condiciones operativas normales del aparato según lo determinado al usar uno de los siguientes métodos o una combinación de estos:

- Uso de la determinación del fabricante del equipo de la carga normal
- Uso de cálculos apropiados en función de los tamaños de los componentes, la densidad del refrigerante, el volumen de la tubería y otras consideraciones relevantes
- Uso de mediciones reales de la cantidad de refrigerante agregado o que se evacúa del aparato, incluso variaciones estacionales
- Uso de un rango establecido en función de los mejores datos disponibles con respecto a las características operativas normales y las condiciones del aparato, donde el punto medio del rango sirve como carga normal o completa

Circuito refrigerante. Piezas de un aparato que normalmente están conectadas entre sí (o están separadas solo por válvulas internas) y que están diseñadas para contener refrigerante.

Componente crítico. Componente sin el cual el equipo o aparato no funcionaría, sería inseguro en su entorno previsto o estaría sujeto a fallas que causarían que el equipo o aparato sean inseguros.

Compuesto. Sustancia formada por la unión de dos o más elementos en una proporción definida por peso.

Deshidratar. Eliminar agua del sistema.

Deslizamiento de temperatura. Diferencia entre el punto de rocío y el punto burbuja.

Disposición. Proceso que da lugar a lo siguiente e incluye lo siguiente:

- La descarga, el depósito, el vertido o la colocación de un aparato descartado en la tierra o el agua.
- El desmontaje de un aparato para la descarga, el depósito, el vertido o la colocación de sus partes componentes en la tierra o el agua.
- El desmontaje de un aparato para reutilizar sus partes componentes.

Eficiencia de recuperación. El porcentaje de refrigerante en un aparato que se recupera (relativo a la carga total).

Equipo de recuperación autónomo. Equipo de recuperación o reciclado que pueda eliminar el refrigerante de un aparato sin la ayuda de los componentes incluidos en el aparato.

Equipo de recuperación dependiente del sistema. Equipo de recuperación de refrigerante que requiere la asistencia de componentes que se encuentran en un aparato para eliminar el refrigerante de este.

Equipo de refrigerante. Equipo usado para proporcionar refrigeración, congelamiento o enfriamiento.

Evacuación. El proceso de extracción de aire, gases no condensables o agua del sistema y que, por ende, reduce la presión a algún valor inferior a 0 psig.

EXV. La abreviatura para una válvula de expansión electrónica, un dispositivo de expansión ubicado proceso arriba del evaporador, que controla de manera activa la caída de presión (a través de retroalimentación eléctrica de un sensor de temperatura) para mantener un supercalor recomendado a la salida del evaporador.

Fraccionamiento. La separación de una mezcla líquida en piezas separadas por la evaporación preferencial del componente más volátil.

Grados Celsius. Escala de temperatura, abreviada como °C, donde el agua hierve a 100 °C y se congela a 0 °C. Para convertir de grados Celsius a grados Fahrenheit, multiplique la temperatura en grados Celsius por 1.8 y sume 32.

Grados Fahrenheit. Escala de temperatura, abreviada como °F, donde el agua hierve a 212 °F y se congela a 32 °F. Para convertir grados Fahrenheit a grados Celsius, reste 32 de la temperatura en grados Fahrenheit y, luego, divida entre 1.8. Para convertir de grados Fahrenheit a grados Rankine, sume 460.

Grados Kelvin. Escala de temperatura absoluta, abreviada como K, donde el agua hierve a 373 K y se congela a 273 K. Para convertir de grados Rankine a Celsius, reste 273.

Grados Rankine. Escala de temperatura absoluta, abreviada como °R, donde el agua hierve a 672 °R y se congela a 492 °R. Para convertir de grados Rankine a Fahrenheit, reste 460.

Halocarbono. Hidrocarbano halogenado que contiene uno o más de tres halógenos: fluoruro, cloro y bromo. El hidrógeno puede o no estar presente.

Hidrocarburo. Compuesto que contiene únicamente los elementos hidrógeno y carbono.

Inspección de fugas. Examen de un aparato para *determinar la ubicación de fugas de refrigerante*. Los posibles métodos incluyen, entre otros, pruebas

ultrasónicas, cámaras de imagen de gas, pruebas de burbuja o el uso de un dispositivo de detección de fugas operado y mantenido de acuerdo con las pautas del fabricante. Los métodos que determinan si el aparato tiene fugas de refrigerante, pero no la ubicación de la fuga, como pruebas de caída de presión fija, verificaciones de vidrio a la vista, ver los niveles de recepción, verificaciones de presión y gráficos de carga, se deben usar junto con métodos que puedan determinar la ubicación de la fuga.

Isómero. Una sustancia de un grupo de sustancias que tiene la misma combinación de elementos, pero que se organiza en el espacio de diferentes maneras.

LFL. Límite de llama inferior. La concentración mínima en el aire a la que ocurre la propagación de la llama.

Mantenimiento, servicio técnico o reparación importantes. Un servicio o reparación que implica la eliminación del compresor, el condensador, la evaporadora o la bobina del intercambiador de calor auxiliar.

Medidor electrónico de vacío o medidor de micrones. Un medidor electrónico de vacío 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.

Mezcla. Mezcla de dos o más componentes que no tienen una proporción fija entre sí y que, sin importar qué tan bien estén mezclados, siguen existiendo por separado (aceite y agua, por ejemplo).

Micrón. Una milésima (1/1,000) de un milímetro de vacío de mercurio. La presión atmosférica es de 760 mm de mercurio o 760,000 micrones.

Mitigación de refrigerante. Movimiento del refrigerante a la parte más fría del sistema cuando se cierra un sistema operativo.

No condensables. Gases que no se condensan en ningún sitio en el sistema de compresión de vapor y que generalmente se acumulan en el condensador.

Prueba de verificación de seguimiento. Prueba que implica la verificación de reparaciones en un plazo de 30 días desde que el aparato regresa a sus características y condiciones operativas normales. Pruebas de verificación de seguimiento para aparatos para los cuales la carga de refrigerante se ha evacuado se refiere a una prueba llevada a cabo después de que el aparato o parte de este haya reanudado su funcionamiento a características y condiciones operativas normales de temperatura y presión, excepto en los casos donde el juicio profesional sólido indica que estas pruebas serían más relevantes si se realizaran antes de regresar a las características y condiciones operativas normales. Una prueba de verificación de seguimiento con respecto a reparaciones llevadas a cabo sin evacuación de la carga de refrigerante se refiere a una prueba de re-verificación llevada a cabo después de la prueba de verificación inicial y, generalmente en un plazo de 30

días desde las condiciones operativas normales. Cuando un aparato no se evacúa, solo necesita concluir cambios requeridos en la presión, la temperatura y otras condiciones para regresar el aparato a sus características y condiciones operativas normales.

Prueba de verificación inicial. Pruebas para detectar fugas que se llevan a cabo después de que finaliza la reparación para verificar que una fuga o fugas se hayan reparado antes de que el refrigerante se agregue de nuevo al aparato.

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 presión atmosférica de 0 psig (libras por pulgada cuadrada de calibre).

psig. Presión de calibre en libras por pulgada cuadrada, donde 0 psig corresponde a la presión atmosférica (14.7 psia). Un valor de psig positivo indica la presión en libras por pulgada cuadrada por encima de la presión ambiental.

Punto de burbuja. La temperatura a la que el refrigerante comienza a evaporarse (hervir). La diferencia entre la temperatura del punto de rocío y el punto de burbuja es el deslizamiento de temperatura de una mezcla no azeotrópica. Las mezclas de azeotropo o refrigerantes puros no tienen deslizamiento de temperatura: la temperatura del punto de rocío y la temperatura del punto de burbuja son las mismas.

Punto de rocío. Temperatura a la que un líquido comienza a condensarse. La diferencia entre la temperatura del punto de rocío y el punto de burbuja es el deslizamiento de temperatura de una mezcla no azeotrópica. Las mezclas de azeotropo o refrigerantes puros no tienen deslizamiento de temperatura: la temperatura del punto de rocío y la temperatura del punto de burbuja son las mismas.

Reciclado. Extraer refrigerante de un aparato y limpiarlo para volver a usarlo sin cumplir con todos los requisitos de regeneración. En general, el refrigerante reciclado es refrigerante que se limpia mediante separación de aceite y pasadas únicas o múltiples a través de dispositivos, como secadoras de filtro de núcleo reemplazable, que reduce la humedad, la acidez y la materia particulada. Sin embargo, no se requiere realiza una prueba para verificar que el refrigerante realmente se limpió de alguna manera.

Recuperación. Eliminar refrigerante en cualquier condición de un aparato y almacenarlo en un recipiente externo sin necesariamente probarlo, limpiarlo, filtrarlo o procesarlo de manera alguna.

Refrigeración comercial. Aparatos de refrigeración usados en sectores de almacenamiento fríos y de alimentos de venta al público. Los alimentos de venta al por menor incluyen equipo de refrigeración que se halla en supermercados, almacenes, restaurantes y otros establecimientos con servicios alimenticios. El

almacenamiento frío incluye equipo usado para almacenar carne, productos agrícolas, productos lácteos y otros bienes perecederos.

Refrigerante. El líquido que se usa para transferencia de calor en un sistema de refrigeración, que absorbe el calor durante la evaporación a temperatura y presión bajas, y que libera calor durante la condensación a una temperatura y presión más altas. Un refrigerante es una sustancia de Clase I o II o su sustituto que se utiliza para enfriamiento o refrigeración.

Refrigerante de Clase I. Refrigerantes que tienen un potencial de reducción de ozono (ODP) superior a 0.2. Todos los clorofluorocarbonos (CFC) son refrigerantes de Clase I. El uso de refrigerantes de Clase I se ha eliminado por completo.

Refrigerante de Clase II. Refrigerantes que tienen un potencial de reducción de ozono (ODP) inferior a 0.2 y compuestos que contienen átomos de hidrógeno, fluoruro, cloro y carbono. Si bien son sustancias que destruyen la capa de ozono, son menos potentes en la destrucción del ozono estratosférico que los clorofluorocarbonos (CFC).

Refrigerante no azeotrópico. Sinónimo de zeotrópico, que es el término preferido, aunque se usa con menos frecuencia como descriptor. No azeotrópico o zeotrópico se refiere a mezclas de refrigerantes que comprenden múltiples componentes de diferentes volatilidades que, cuando se usan en ciclos de refrigeración, cambian la composición volumétrica y las temperaturas de saturación (exhiben deslizamiento de temperatura) a medida que se evaporan (hierven) o condensan a presión constante. Estos refrigerantes tienen una designación ASHRAE de la serie 400.

Regeneración. Volver a procesar refrigerante recuperado a todas las especificaciones en la Norma 700-2016 de AHRI, Especificaciones para refrigerantes que se aplican a dicho refrigerante y para verificar que el refrigerante cumple con estas especificaciones mediante el uso de la metodología analítica descrita en la norma.

Retiro. Cuando se hace referencia a un aparato, la eliminación de refrigerante y el desmontaje o mal funcionamiento del circuito refrigerante, como que el aparato como un todo deja de ser utilizable por una persona en el futuro.

RfC. Nivel de concentración del refrigerante. El RfC seguro es la concentración de refrigerante que se considera un nivel seguro para proteger a la población general contra efectos de salud sistémicos adversos (es decir, no cancerígenos).

Sistema sellado. Sistema de refrigeración operado de manera independiente, que incluye un compresor, evaporador, condensador, dispositivo de medición y refrigerante. Por ejemplo, un refrigerador-congelador podría emplear un sistema sellado para enfriar alimentos en la sección del refrigerador y un segundo sistema

sellado para mantener los alimentos congelados en el compartimiento del congelador.

Suspender. Evacuar el refrigerante de un aparato, o la sección o componente aislado afectado de un aparato, como mínimo a la presión atmosférica, y se apaga el aparato temporalmente.

Suspensión del sistema. Cierre intencional de un aparato de refrigeración durante un plazo prolongado por parte de los propietarios u operadores de dicha instalación, donde el refrigerante se ha evacuado del aparato o de la sección aislada afectada del aparato, al menos hasta la presión atmosférica.

Sustituto. Un sustituto químico o de producto, ya sea existente o nuevo, que se usa como refrigerante para reemplazar una sustancia reductora de ozono Clase I o II. Los ejemplos incluyen, entre otros, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hidrofluoroolefinas, hidrofluoroéteros, hidrocarburos, amoníaco, dióxido de carbono y mezclas de estos.

Tasa de fuga. La tasa a la que un aparato pierde refrigerante, medida entre las cargas de refrigerante y proyectada durante los próximos 12 meses. La tasa de fuga se expresa en términos de porcentaje de la carga total del aparato que se perdería en los próximos 12 meses si la tasa actual de pérdida continuara durante ese período. Utilice los siguientes tres pasos para determinar la tasa de fuga:

Paso 1. Determine el *refrigerante agregado*, que es la cantidad de refrigerante que se fuga como la suma de las libras de refrigerante agregado al aparato durante un período de días (*D*) que han transcurrido desde la última vez en que la unidad se cargó apropiadamente. Si *D* es mayor que 365, use 365 en su lugar.

Paso 2. Determina la *carga total* o normal.

Paso 3. Use la siguiente fórmula para determinar la tasa de fuga como porcentaje.

$$\frac{\text{Refrigerante agregado}}{\text{Carga total}} \times 365 \text{ días del año} \times 100$$

D

D = el menor número de días desde la última vez que se agregó refrigerante o 365 días

Técnico. Una persona de la cual se podría esperar razonablemente durante el transcurso del mantenimiento, servicio o reparación de un aparato (excepto MVAC) que viole la integridad del circuito refrigerante y, por lo tanto, libere refrigerantes al medio ambiente. Técnico también se refiere a una persona de la cual se podría esperar razonablemente durante el transcurso del mantenimiento, servicio o reparación de un aparato (excepto aparatos pequeños, MVAC y aparatos tipo MVAC) que viole la integridad del circuito refrigerante y, por lo

tanto, libere refrigerantes al medio ambiente. Las actividades que se espera razonablemente que violen la integridad del circuito refrigerante incluyen, entre otras, las siguientes: conectar o desconectar mangueras y medidores al aparato; agregar o quitar refrigerante; agregar o quitar componentes; y cortar la tubería del refrigerante. No se espera razonablemente que actividades como pintar el aparato, volver a cablear un circuito eléctrico externo, reemplazar el aislamiento en la longitud de una tubería o ajustar las arandelas y los pernos violen la integridad del circuito refrigerante. No se espera razonablemente que actividades llevadas a cabo en aparatos que se han evacuado apropiadamente libere refrigerantes, a menos que la actividad incluya agregar refrigerante al aparato. Los técnicos incluyen, entre otros, a instaladores, empleados del contratista, personal de servicio técnico interno y a propietarios u operadores de aparatos.

Triple evacuación. Método de evacuación en el que el sistema se evacúa (baja-) inicialmente a un vacío de al menos 500 a 2,000 micrones. Luego, una pequeña cantidad de nitrógeno seco ingresa al sistema para aumentar la presión por encima de la presión ambiente (generalmente unos 15 psig). El objetivo del nitrógeno es absorber la humedad del sistema. Luego, el nitrógeno se purga (ventea). No se requiere la recuperación del nitrógeno. Este proceso se repite dos veces adicionales (o más, si es necesario) hasta que se logre una evacuación final de 500 micrones.

Tubo capilar. Un dispositivo de expansión pasiva que comprende un tubo largo de diámetro pequeño ubicado proceso arriba del evaporador que hace caer la presión en el sistema, lo que causa que el refrigerante se proyecte en una mezcla de dos fases. No controla de manera activa la caída de presión para mantener un supercalor recomendado a la salida del evaporador.

Tubo de proceso. Longitud de la tubería que proporciona acceso al refrigerante dentro de un aparato pequeño o aire acondicionado de una sala que se puede volver a sellar una vez finalizada la reparación o el mantenimiento. Después de que el refrigerante se agrega o quita, el manguito de proceso generalmente se perfora para detener el flujo de refrigerante y, luego, se suelda para proporcionar un sello duradero. El tubo se utiliza únicamente como punto de acceso al refrigerante para técnicos de mantenimiento y debe contener una tira roja de al menos 1 pulgada cuando el sistema contiene refrigerante inflamable.

TXV. Válvula de expansión térmica, que es un dispositivo de expansión ubicado corriente arriba del evaporador que controla activamente la caída de presión (a través del efecto de la presión desarrollada en un bulbo sensor que actúa sobre la válvula dosificadora) para mantener un supercalentamiento prescrito a la salida del evaporador.

Vacío de recuperación. Se usa para recuperar refrigerante en el sistema y evitar que se escape a la atmósfera. Esta evacuación, en la que se utiliza una máquina de recuperación o reciclado aprobada por la EPA, se realiza en un sistema de refrigeración cargado antes de que el sistema se abra para su reparación. Al igual

que otro vacío, nunca se usa para determinar si el sistema tiene fugas. Antes de que se realice una evacuación de recuperación, el nivel de evacuación requerido debe determinarse en función de la cantidad y el tipo de carga, y la fecha de fabricación del equipo de recuperación. Si el sistema tiene una fuga, solo necesita recuperar la presión atmosférica para evitar la toma de aire en el refrigerante recuperado.

Vacío pronunciado. Evacuación de un sistema hasta un vacío bajo, generalmente por debajo de 500 micrones, con el objetivo de eliminar los gases no condensables, así como de evaporar y eliminar el agua del sistema. Todos los sistemas deben evacuarse hasta al menos 500 micrones, idealmente 300 micrones.

Válvula rey. Combinación de válvula de cierre y válvula de servicio generalmente usada en la entrada y salida de un compresor, y en la entrada y salida de unidades condensadores empaquetadas.

Ventilación adecuada. Según las reglamentaciones de la OSHA en el artículo 1910.110, Título 29, del CFR, la ventilación es adecuada cuando la concentración de gas en una mezcla de gas y aire no supera el 25% del límite inferior de inflamabilidad o está sujeto a disposiciones de seguridad alternativas.

Referencias

- ACRIB (Consejo de la Industria de Aires Acondicionados y Refrigeración). 2001. *Pautas para el uso de refrigerantes de hidrocarburo en refrigeración estática y sistemas de aire acondicionado*, Carshalton, Surrey SM5 2JR, acrib@acrib.org.uk.
- Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración. 2016. *Pautas para las asignación de colores de recipientes de refrigerante, Pauta N con Apéndice 1*. http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/Guidelines/AHRI_Guideline_N_2016.pdf. Último acceso 24 de febrero de 2017.
- Arkema. 2016. La EPA estadounidense aprueba el refrigerante 449B Forane® de Arkema para aplicaciones en virtud del programa SNAP. <http://www.arkema-americas.com/en/media/news-overview/news/U.S.-EPA-approves-Arkemas-Forane-449B-refrigerant-for-applications-under-SNAP-program/>. Último acceso 29 de enero de 2017.
- A. S. Trust & Holdings, Inc. 2007. Presentación del programa de Política de Nuevas Alternativas Significantes a la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos. Junio 2007.
- A. S. Trust & Holdings, Inc. 2009. Nueva composición de HCR-188C. Seguimiento al HCR-188C Presentación del programa de Política de Nuevas Alternativas Significantes a la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos. Agosto 2009.
- Ben and Jerry's. 2008. Ben and Jerry's/Unilever, Presentación del programa de Política de Nuevas Alternativas Significantes a la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos, octubre 2008.
- Bolaji, B. O., and Z. Huan. 2012. Comparative analysis of the performance of hydrocarbon refrigerants with R22 in a sub-cooling heat exchanger refrigeration system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 226 (7), 882–891.
- Chemours. Opteon™ YF cools like HFC-134a in automotive air conditioning systems. <https://www.chemours.com/businesses-and-products/fluoroproducts/opteon-yf/>. Último acceso 21 de enero de 2017.
- EPA. 2016a. Protection of Stratospheric Ozone: New Listings of Substitutes; Changes of Listing Status; and Reinterpretation of Unacceptability for Closed Cell Foam Products Under the Significant New Alternatives Policy Program; and Revision of Clean Air Act Section 608 Venting Prohibition for Propane. Registro Federal, Vol. 81, n.º 231, 1 de diciembre de 2016.

- EPA. 2016b. Protection of Stratospheric Ozone: Update to the Refrigerant Management Requirements under the Clean Air Act. 40 CFR Part 82 [EPA-HQ-OAR-2015-0453; FRL-9950-20-OAR] RIN: 2060-AS51.
- EPA, 2015. Protection of Stratospheric Ozone: Change of Listing Status for Certain Substitutes Under the Significant New Alternatives Policy Program; Final Rule. Registro Federal, vol. 80, n.º 138. 20 de julio de 2015.
- EPA, 2015. Protection of Stratospheric Ozone: Listing of Substitutes for Refrigeration and Air Conditioning and Revision of the Venting Prohibition for Certain Refrigerant Substitutes. Normal final. Registro Federal, Vol. 80, n.º 69, 10 de abril de 2015.
- EPA, 2011. Protection of Stratospheric Ozone: Listing of Substitutes for Ozone-Depleting Substances—Hydrocarbon Refrigerants. Normal final. Registro Federal, vol.76, n.º 244, 20 de diciembre de 2011, Normas y reglamentaciones.
- EPA, 1994. Significant New Alternatives Policy Technical Background Document: Risk Screen on the Use of Substitutes for Class I Ozone-Depleting Substances: Refrigeration and Air Conditioning. Stratospheric Protection Division. Marzo 1994.
- GE, 2008. General Electric. Presentación del programa de Política de Nuevas Alternativas Significantes a la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos, octubre 2008.
- Green Car Congress. 2014. LMU study finds 20% of gases from combustion of R1234yf MAC refrigerant consist of highly toxic carbonyl fluoride. <http://www.greencarcongress.com/2014/04/20140411-lmu.html>. Último acceso 27 de enero de 2017.
- Honeywell. Solstice® yf Refrigerant. <https://www.honeywell-refrigerants.com/americas/product/solstice-yf-refrigerant/>. Último acceso 25 de enero de 2017.
- ICF, 2009a. ICF Consulting. “Significant New Alternatives Policy Program—Refrigeration and Air Conditioning Sector—Risk Screen on Substitutes for CFC-12 in Household Refrigerators and Household Freezers—Substitute: Isobutane.” 22 de mayo de 2009.
- ICF, 2011a. ICF Consulting. “Significant New Alternatives Policy Program Refrigeration and Air Conditioning Sector—Risk Screen on Substitutes for CFC-12 and HCFC-22 in Household Refrigerators and Household Freezers—Substitute: Isobutane.” Junio 2011.
- IPCC/TEAP, 2005. Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Editado por Bert Metz, Lambert Kuijpers, Susan Solomon, Stephen O. Andersen, Ogunlade Davidson, Jose Pons, David de Jager, Tahl Kestin, Martin Manning y Leo Meyer. Cambridge University Press. 2005. Disponible en línea en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc_full.pdf.

Little, A.D., 1991. Risk Assessment of Flammable Refrigerants for Use in Home Appliances (informe borrador). Arthur D. Little, Inc., para la EPA, División de Cambio Global. 10 de septiembre de 1991. Punto del archivo EPA-HQ-OAR-2009-0286-0023.

ORNL, 1997. J. Sand, S. Fischer y V. Baxter, “Energy and Global Warming Impacts of HFC Refrigerants and Emerging Technologies,” 1997, Oak Ridge National Lab.

RTOC, 2010. The 2010 Report of the United Nations Environment Programme (UNEP)’s Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee (RTOC). Disponible en línea en http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/RTOC/RTOC-Assessment-report-2010.pdf.

Sciince, Fred. 2013. The Transition from HFC-134a to a Low-GWP Refrigerant in Mobile Air Conditioners HFO-1234yf. Centro de política pública de General Motors, 29 de octubre. Descargado de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-09/documents/sciince.pdf>.

Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_refrigerants. Último acceso 21 de enero de 2017.

Organización Meteorológica Mundial (WMO), 2011. Evaluación científica de reducción de ozono de la WMO: 2010. Disponible en línea en http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2010/index.shtml.

Índice

Aceite	49, 51, 53, 56, 82, 83	Compatibilidad de los materiales con los refrigerantes de HC	7
Aceites sintéticos	49	Compatibilidad de los materiales con los refrigerantes de HFO	17
Aire comprimido	49	Compatibilidad de lubricantes con los refrigerantes de HC	5
<i>Aparato pequeño</i>	49	Compatibilidad de lubricantes con los refrigerantes de HFO	17
Aparato pequeño	83	Compatibilidad de secantes con los refrigerantes de HC	7
Aparatos	44, 53, 78, 80, 81	Compatibilidad de secantes con los refrigerantes de HFO	17
ARI	42	Compuesto	49, 55, 80
ARI 700	42	Compuesto orgánico volátil (voc)	19
ASHRAE	77, 82	Condiciones de uso	68, 71
Bomba de vacío	51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 86	Conexión a tierra	47
Bromo	80	Conservación de registros	67
Calentador de descongelamiento	47	Contaminado	56
Calidad del refrigerante	59	Corriente de desechos	41
Calor	47, 81, 84	Deshidratación	53, 57
Cámara frigorífica	78	Deslizamiento de temperatura	21, 82
Carbono	80	Detector de fugas	49, 50, 51
Carga	58	Disposición	41
Carga de mantenimiento	49	Distribuidor	50, 55, 56
<i>Carga normal</i>	49	Efectos climáticos	19
Certificación	45, 69	Enfriador	77
Cilindro de recuperación	44	EPA	41, 49, 50, 83
Cilindro de recuperación	45	Equipo	41, 42, 43
Clasificaciones del grupo de seguridad	1		
Cloro	80		

Equipo	44, 45, 47, 51, 57, 78, 82, 83, 84	Inflamabilidad	36
Equipo de recuperación	44	Inflamabilidad de los refrigerantes de HC .	10, 60
Etano	7	Inflamabilidad de los refrigerantes de HFO	10
Extracción.....	55, 86	Inflamabilidad del isobutano	37
Falla.....	56, 57	Inflamabilidad del propano.....	37
Fase líquida.....	77, 80, 81	Inflamabilidad del R-441A.....	37
Filtro	47, 48, 58, 83	Isobutano	
Fluoruro	80	riesgo de toxicidad.....	35
Fuga	43, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 81, 83	Isobutano	2, 7
Fugas	44	Isobutano como sustituto de CFC-12	25
Gafas de seguridad.....	45	Laboratorio de pruebas.....	42
Golpe.....	58	Ley del Aire Limpio	41
Golpe.....	61, 69	Limitaciones del tamaño de la carga	27
Grupos de toxicidad	34	Límite de fuga	40
HC sin grado refrigerante.....	32	Llama	47
HCFC	49, 50	Mangueras	45, 46, 47, 56, 81
HCFC-22	49, 50	Máquinas de recuperación	44
HFC	49, 50	Marcas permanentes	69
HFO-1234yf en sistemas MVAC	25	Marcas rojas	27, 30
HFO-1234zd en enfriadores.....	25	Materia particulada	83
HFO-1234ze en enfriadores.....	25	Mezcla.....	49, 50, 77, 79
Hidrocarburo (HC).....	80	Mezclas de HC.....	5
Hidrocarburo (HC).....	1, 2	Micrón.....	53, 55, 56, 57
Hidrofluorolefina (HFO).....	9	Multa	49, 50
mezclas	9	Múltiples pasadas	48, 83
Hidrógeno.....	80	MVAC.....	82
Humedad.....	48, 53, 57, 83	Naciones Unidas.....	65
Humedad.....	86	Nitrógeno seco.....	49, 51, 52, 53, 85

No azeotrópico	77, 78	PSIG	83
No condensable	53, 55, 78, 79, 86	Puerto de servicio	56
Núcleo	44, 57, 83	R-1234yf	
Núcleo de la válvula	44, 46	Inflamabilidad	37
ODP.....	77	Riesgo de toxicidad	36
Oxígeno.....	49	R-1234zd	
Oxígeno.....	77	Inflamabilidad	37
Ozono.....	49, 77	R-1234ze	
Persona	85	Inflamabilidad	37
Placa de identificación	43	R-1270	5
Potencia	56	R-441a	5
Potencial de calentamiento global.....	19, 20	R-441A.....	7
Potencial de destrucción de la capa de ozono.....	19, 20	Riesgo de toxicidad	35
Presión de descarga	46	R-441A como sustituto de CFC-12.....	25
Presión del vapor	51	R-600a	7
Presión operativa normal de los refrigerantes de HC.....	3, 4	Reciclado	41, 43
Presurizar	48, 49, 51	Reciclado	45, 81, 83, 84
Prevención de accidentes	66	Recuperación.....	41, 42, 43
Programa SNAP.....	24, 25	Recuperación...44, 45, 46, 47, 48, 64, 81, 83, 84	
Prohibición de venteo.....	49	Recuperación de refrigerante	42, 45
Propano		Recuperación de refrigerante	45
Riesgo de toxicidad	35	Recuperación de vapor.....	46
Propano.....	4, 7	Referencias de UL	71
Propano como sustituto de CFC-12.....	25, 71	Refrigerante	45
Propiedades físicas de los refrigerantes de HFO	10	Retenido	51, 55, 57
Prueba de presión fija	48	Refrigerante	43, 49, 51, 64, 81
PSIA	83	<i>Refrigerante de reemplazo</i>	42
		Refrigerante retenido	51
		Refrigerantes de HC	
		Cilindros.....	61
		Refrigerantes de HC	
		Fórmula presión/temperatura	49, 50

Relación entre presión y temperatura	3	Seguridad.....	vii
Refrigerantes de HFO		Soldadura.....	57
Aceite de POE	17	Tamaño de la carga	41
Fórmula presión/temperatura	49, 50	Tubería.....	83
HFO-1336mzz.....	73	TXV	86
R-1234yf	9, 11, 72	Vacío.....	51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 78, 79, 82
R-1234zd	11, 72	Vacío.....	83, 85, 86
R-1234ze	9, 12, 73	Vacío pronunciado.....	51, 53, 54, 55, 79, 86
R-449B.....	16	Válvula de alivio	45, 53
Refrigerantes sustitutos	68, 72	Válvula de alivio de presión	61
Regeneración.....	83	Válvula Schrader.....	44, 57
Regenerados.....	43	Vehículo automotor.....	82
Regulador de presión.....	51, 53	Velocidad de evacuación.....	57
Relación entre presión y temperatura de los refrigerantes de HC	22	Venteo.....	41, 49
Relación entre presión y temperatura de los refrigerantes de HFO	12, 14, 22	Ventilación	69
Reutilizar	79, 83	Verificación de fugas	48
Riesgo	65		
Riesgo ambiental.....	19		