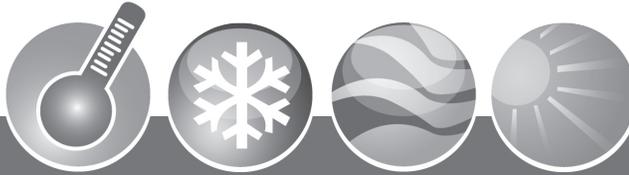


Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Climatización

2015



Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Climatización

Good practices in
refrigeration and air
conditioning systems

2015

NORMA CHILENA NCh 3241-2011
INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN INN-CHILE

Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y climatización
Good practices in refrigeration and air conditioning systems
Segunda edición: Junio, 2012

Corregida y reimpressa en Junio de 2012 con 6.000 ejemplares,
en Imprenta Grafhika

CIN 27.200; 97.040.30

Elaborada por: INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

Dirección: Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Web: www.inn.cl

Miembro de: ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)

Contenido	Página
Presentación	9
Preámbulo	11
1 Alcance y campo de aplicación	13
2 Referencias normativas	13
3 Términos, definiciones y términos abreviados	14
3.1 Para los propósitos de esta norma se aplican los términos y definiciones siguientes	14
3.2 Términos abreviados	16
4 Clasificación de los sistemas y equipos de refrigeración y climatización	16
4.1 Según su aplicación	16
4.2 Según el medio utilizado para la condensación	17
4.3 Según su temperatura de evaporación	17
5 Clasificación de los refrigerantes de acuerdo a su seguridad y su impacto ambiental	18
5.1 Generalidades	18
5.2 Clasificación	18
5.3 Transporte de refrigerantes	20
6 Seguridad de las instalaciones del sistema	21
6.1 Provisiones de servicio	21
6.2 Controladores de presión	21
6.3 Dispositivos de seguridad	22
6.4 Consideraciones generales	22
7 Instalación y operación de sistemas y equipos de refrigeración y climatización	24
7.1 Requisitos técnicos de los operadores, instaladores y	24
mantenedores de sistemas de refrigeración y climatización	
7.2 Calificación de los instaladores y mantenedores de sistemas y	24
equipos de refrigeración y climatización	
7.3 Conocimiento de una instalación	24
7.4 Mantenimiento, detección de fugas	25
7.5 Limpieza del circuito frigorífico contaminado	26
7.6 Inspección y mantenimiento preventivo	28
8 Prácticas de recuperación y reciclaje	30
8.1 Acciones a seguir	31
8.2 Acciones no permitidas	31
9 Procedimientos de reconversión	31
9.1 Reconversión a refrigerantes HCFC	32

	Página
9.2 Reconversión a refrigerantes HFC	33
9.3 Consideraciones generales	35
10 Almacenamiento y disposición final de los refrigerantes	36
10.1 Presentación del refrigerante	36
10.2 Manipulación y almacenamiento de refrigerantes	36
10.3 Disposición final de los refrigerantes	37
10.4 Acciones no permitidas	37
11 Rotulado	38
11.1 Identificación de la instalación	38
11.2 Rotulado de los componentes	38
11.3 Identificación de los dispositivos de regulación de la tubería	38
11.4 Rotulado por cambio de refrigerante	39
12 Registros del sistema de refrigeración y/o climatización	39
Anexos	
Anexo A (informativo) Características de seguridad y ambientales de los refrigerantes históricos, actuales y propuestos	40
Anexo B (informativo) Recomendaciones para el trabajo con equipos de refrigeración	45
B.1 Generalidades	45
B.2 Sistemas de refrigeración y climatización montados in situ	47
Anexo C (informativo) Bibliografía	50
Figuras	
Figura 1 Clasificación de los refrigerantes de acuerdo a su seguridad	19
Tablas	
Tabla A.1 Características físicas	40

El Protocolo de Montreal es un acuerdo internacional que, desde el año 1990, limita, controla y regula la producción, el consumo y el comercio de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO). Es, también, uno de los ejemplos de cooperación internacional más exitosos para abordar uno de los mayores problemas ambientales globales: el deterioro de la capa de ozono.

Este acuerdo debe su éxito a que es el primer instrumento internacional con responsabilidades comunes pero diferenciadas, donde los países desarrollados tienen cronogramas de reducción de consumo más restrictivos frente a los países en desarrollo y con economías en transición, a quienes además entregan apoyo financiero a través de agencias implementadoras.

Se estima que el éxito del Protocolo de Montreal ha permitido evitar casos de cáncer a la piel letal y no letal, y cataratas oculares, a decenas de millones de personas en todo el mundo. Los resultados de observaciones mundiales sostenidas han confirmado que los niveles de SAO en la atmósfera están disminuyendo y se estima que, si se siguen aplicando plenamente las disposiciones del Protocolo, la capa de ozono volvería a su estado óptimo a mediados de este siglo.

Teniendo en cuenta que los gases refrigerantes clorados utilizados en sistemas de refrigeración y climatización son SAO, es de vital importancia la aplicación de las buenas prácticas en refrigeración por parte de los técnicos y servicios técnicos de este sector, ya que es el eje central para cumplir con las metas de reducción del consumo de las SAO y en especial de los Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), controlados por el Protocolo de Montreal desde el año 2013.

En este sentido, ponemos a su disposición una nueva impresión de la Norma Chilena NCH 3241-2011 “Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Climatización”, que define —entre otras cosas— la clasificación de los sistemas y equipos de refrigeración y climatización, así como los distintos tipos de refrigerantes de acuerdo a su seguridad e impacto ambiental. Asimismo, describe las medidas generales de seguridad de los sistemas de refrigeración y climatización, las recomendaciones para la instalación y operación adecuada de los mismos y las prácticas de recuperación y reciclaje junto a los procedimientos de reconversión, entre otros.

Esta norma fue elaborada en el año 2011 por el Comité Técnico del Instituto Nacional de Normalización (INN), con el financiamiento del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal y del Gobierno de Canadá, a través de Environment Canada, período en el cual se contó con el valioso apoyo técnico de la Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A.G. y DITAR, tanto en la elaboración de esta norma como en las actividades de reducción del uso de SAO.

Tenemos la certeza que el involucramiento de todos y cada uno de ustedes es esencial para recuperar los niveles normales de la capa de ozono permitiendo cuidar el planeta, tanto para nuestra generación como las futuras.



Pablo Badenier Martínez
Ministro del Medio Ambiente

Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y climatización

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico Ventilación, para establecer los requisitos generales de buenas prácticas en sistemas de refrigeración y climatización.

Por no existir Norma Internacional esta norma está basada en el Borrador de proyecto de norma chilena de buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado, desarrollado y redactado por Equipo Consultor de la Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A.G. y Ditar Chile.

La Nota Explicativa incluida en un recuadro en cláusula 2 Referencias normativas, es un cambio editorial que se incluye con el propósito de informar la correspondencia con Norma Chilena de las Normas Internacionales y extranjeras citadas en esta norma.

La norma NCh3241 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto

Asesor independiente Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A.G.	Luis Faúndez S. Heinrich- Paul Stauffer Klaus Schmid S.
DIMEC - USACH Instituto Nacional de Normalización, INN	Víctor Andrade C. Manuel Jara M. Jorge Muñoz C.
Ministerio del Medio Ambiente	Johanna Arriagada D.
Whirlpool Chile Ltda.	Manuel Espejo G.

Nacional de Normalización, y en su estudio el Comité estuvo constituido por las organizaciones y personas naturales siguientes:

Los Anexos A, B y C no forman parte de la norma, se insertan sólo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 23 de junio de 2011.

Esta norma ha sido corregida y reimpressa en 2011, modificándose lo siguiente:

- cláusulas 2, 4 y 9.
- subcláusulas 3.1.5, 3.2, 4.1.4, 4.1.5, 4.1.6, 4.2.1, 4.2.2, 5.1, 5.2.3, 6.4.1, 6.4.2, 7.3, 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3, 7.5, 7.6.2, 9.1, 10.2; y
- Anexo C.

Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y climatización

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece los requisitos generales de buenas prácticas para el uso y manejo de los sistemas de refrigeración y climatización que usan fluidos refrigerantes, exceptuando los refrigerantes naturales.

1.2 Esta norma establece procedimientos de buenas prácticas para las operaciones de mantenimiento y reparación de equipos.

1.3 Esta norma establece procedimientos de buenas prácticas para la recuperación y reciclaje de refrigerantes.

1.4 Esta norma se aplica a los sistemas de refrigeración y climatización doméstico, comercial, industrial y de transporte, en sus distintas aplicaciones.

1.5 En la aplicación de esta norma se debe tener presente la optimización energética de los sistemas de refrigeración y su aplicación a la climatización.

2 Referencias normativas

Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

NCh382.0f2004	Sustancias peligrosas - Clasificación general.
NCh2190.0f2003	Transporte de sustancias peligrosas - Distintivos para identificación de riesgos.
NCh2245.0f2003	Sustancias químicas - Hojas de datos de seguridad - Requisitos.
ISO 11650:1999	Performance of Refrigerant Recovery and/or Recycling Equipment.
ANSI/ASHRAE 34:2007	Number Designation and Safety Classification of Refrigerants.

- ASME A 13.1:2007** Scheme for the identification of piping systems.
- ASME B 31.5:2010** Refrigeration Piping and Heat Transfer Components.
- ASTM E 681:2009** Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases).

NOTA EXPLICATIVA NACIONAL

La equivalencia de las Normas Internacionales y extranjeras señaladas anteriormente con Norma Chilena, y su grado de correspondencia es el siguiente:

Norma Internacional/ extranjera	Norma nacional	Grado de correspondencia
ISO 11650:1999	No hay	-
ANSI/ASHRAE 34:2007	No hay	-
ASME A 13.1:2007	No hay	-
ASME B 31.5:2010	No hay	-
ASTM E 681:2009	No hay	-

3 Términos, definiciones y términos abreviados

3.1 Para los propósitos de esta norma se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1.1 capacidad nominal de enfriamiento: potencia térmica declarada por el fabricante del equipo para condiciones específicas

3.1.2 índice Concentración Máxima Admisible - Promedio Temporal Ponderado; índice CMA-PTP: concentración promedio temporal ponderado para una jornada normal de 8 h de trabajo y una semana promedio de 40 h, a la que casi todos los trabajadores se pueden ver expuestos reiteradamente, día tras día, sin recibir efectos nocivos

NOTA - Esta definición está reimpressa con el permiso de American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

3.1.3 mezclas azeotrópicas¹⁾: mezcla de dos o más refrigerantes de diferente volatilidad, que cuando cambian de fase a presión constante, no cambian su composición volumétrica ni su temperatura de saturación. Su comportamiento es como el de un compuesto puro

NOTA - En ANSI/ASHRAE 34, se les designa con el número de serie R-500.

1) PNUMA-1994.

3.1.4 mezclas zeotrópicas (no azeotrópicas): mezcla de varios refrigerantes con diferentes características de volatilidad, que cuando cambian de fase a presión constante, cambian su composición volumétrica y sus temperaturas de saturación. Su comportamiento se desvía del que exhibe un compuesto puro

NOTA - En ANSI/ASHRAE 34 se les designa con el número de serie R-400.

3.1.5 reciclar: reducir los contaminantes en el uso de refrigerantes separando el aceite, removiendo no condensables y usando dispositivos tales como filtros secadores para reducir la humedad, acidez y partículas

[ISO 11650:1999]

3.1.6 reconversión: consiste en el cambio del tipo de refrigerante utilizado en un sistema o equipo de refrigeración o climatización. Incluye la extracción completa del refrigerante inicial desde el equipo, la modificación del sistema de refrigeración o climatización y la carga con un refrigerante equivalente

3.1.7 recuperación: consiste en la extracción del refrigerante desde el sistema o equipo de refrigeración o climatización hacia el cilindro de recuperación

3.1.8 refrigerante: todo fluido capaz de transferir energía calórica, a través del cambio de fase, absorbiendo calor a baja temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevada

3.1.9 regenerar: volver a procesar el refrigerante para alcanzar el estado de pureza mayor o igual que 95%

3.1.10 sistema de refrigeración por absorción: sistema en que la acción realizada por el refrigerante se procura por medios térmicos. Esto se logra habitualmente por un fluido absorbente que captura el refrigerante evaporado, reduciendo su volumen por cambio de fase, utilizando una bomba para elevar los fluidos combinados a la presión de condensación, destilando el refrigerante del fluido absorbente mediante el calor y enviando el vapor refrigerante fuera del condensador y haciendo volver el fluido absorbente al absorbedor

3.1.11 sistema de refrigeración por compresión: sistema en el que el gas o vapor refrigerante se comprime mediante un dispositivo mecánico

3.1.12 sobrecalentamiento: calor sensible absorbido por el refrigerante una vez que se ha evaporado y que se manifiesta en un aumento de su temperatura

3.1.13 subenfriamiento: calor sensible disipado por el refrigerante líquido y que se manifiesta en una disminución de su temperatura

3.1.14 termodeslizamiento: diferencia entre las temperaturas saturadas de los componentes refrigerantes en una mezcla zeotrópica

3.2 Términos abreviados

- ANSI:** American National Standard Institute.
- ASHRAE:** American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- CFC:** Clorofluorocarbonos.
- GWP:** Global Warming Potential (Potencial de calentamiento global, PCG).
- HCFC:** Hidroclorofluorocarbonos.
- HFC:** Hidrofluorocarbonos.
- PAO:** Potencial de agotamiento de la capa de ozono.
- PM:** Protocolo de Montreal.
- PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- R&R:** Recuperación y reciclaje.
- SAO:** Sustancias agotadoras de la capa de ozono.
- TEWI:** Total Equivalent Warming Impact (Impacto total equivalente de recalentamiento).
- TR:** Toneladas de refrigeración, unidad de potencia frigorífica equivalente a 3 024 kcal/h (3,5 kW)

4 Clasificación de los sistemas y equipos de refrigeración y climatización

Los sistemas y/o equipos que trabajan con refrigerantes por compresión de vapor, se pueden clasificar de acuerdo a diversos criterios, siendo algunos de ellos los siguientes.

4.1 Según su aplicación

4.1.1 Climatización doméstica y comercial

Climatización destinada a proporcionar confort humano en espacios tales como: viviendas, oficinas, cines, centros comerciales y otros.

4.1.2 Climatización industrial

Climatización destinada a crear condiciones climáticas específicas requeridas por un proceso, tales como: laboratorios, pabellón de cirugía, centro de datos, procesos industriales, salas eléctricas y/o de telecomunicaciones, y otros.

4.1.3 Climatización para transporte

Climatización destinada al confort humano en vehículos de transporte terrestre, marítimo y aéreo.

4.1.4 Refrigeración doméstica y comercial

Los sistemas y/o equipos de esta categoría se utilizan para mantener la temperatura de productos frescos y bebestibles, así como para almacenar productos congelados, tales como: refrigeradores, bebederos, vitrinas refrigeradas, heladeras, máquinas de hielo y otros.

4.1.5 Refrigeración industrial

Los sistemas y/o equipos de esta categoría están destinados a procesos industriales de alimentos, de la industria química e industria del plástico, del vino, y otros, y al bodegaje, mediante cámaras frigoríficas, plantas frigoríficas, procesadoras de alimentos, mataderos, entre otros.

4.1.6 Refrigeración para transportes

Los sistemas y/o equipos de esta categoría están destinados a preservar la cadena de frío y temperaturas de proceso y se utilizan en vehículos refrigerados, contenedores, transporte marítimo y otros.

4.2 Según el medio utilizado para la condensación

4.2.1 Condensados por aire

Equipos compactados y equipos divididos o splits donde la condensación del refrigerante se realiza a expensas del intercambio de calor con un flujo de aire de menor temperatura.

4.2.2 Condensados por agua

Equipos compactados y equipos divididos o splits donde la condensación del refrigerante se realiza a expensas del intercambio de calor con un flujo de agua de menor temperatura.

4.2.3 Condensados por otros medios

Equipos que utilizan otros medios para la condensación del refrigerante (geotérmica, solución glicolada, otros).

4.3 Según su temperatura de evaporación

4.3.1 Alta temperatura

Entre 0°C y +13°C.

4.3.2 Media temperatura

Entre -15°C y +0°C.

4.3.3 Baja temperatura

Menor que -15°C.

5 Clasificación de los refrigerantes de acuerdo a su seguridad y su impacto ambiental

5.1 Generalidades

Los peligros que presentan los refrigerantes derivan de sus características físicas y químicas, así como de la presión y temperatura existentes en los sistemas de refrigeración y climatización, las cuales pueden causar daños corporales o materiales debido a:

- ruptura de una pieza o una explosión que conlleve el riesgo de expulsar trozos de metal o derrumbamiento de la estructura;
- escape de refrigerante por rotura, fuga u operación incorrecta;
- incendio ocasionado o intensificado por la combustión o la deflagración de un aceite o de un refrigerante;
- refrigerantes más pesados que el aire en sitios poco ventilados, causando asfixia;
- efecto narcótico o la sensibilidad cardíaca de las personas a estos productos;
- efectos tóxicos de los vapores o productos de descomposición, resultado del contacto de los productos con llamas o superficies calientes;
- efectos corrosivos en los ojos, la piel y otros tejidos humanos;
- congelación de los tejidos humanos, por contacto con otro líquido.

En un sistema de refrigeración y climatización los refrigerantes se encontrarán en fase líquida y gaseosa, siendo de mayor riesgo su manipulación en estado líquido. En su transporte los refrigerantes se deben manipular como líquidos a alta presión.

5.2 Clasificación

Los refrigerantes se clasifican en grupos de acuerdo a su seguridad (ver ANSI/ASHRAE 34:2007), con dos caracteres alfanuméricos (por ejemplo A2, B1) siguiendo los criterios siguientes:

5.2.1 Según su toxicidad

Se clasifican en dos categorías, A o B, basadas en el grado de exposición permisible:

Clase A - Agrupa los refrigerantes que no tienen toxicidad en concentraciones menores o iguales que 400 ppm en volumen, según el índice CMA-PTP.

Clase B - Agrupa los refrigerantes para los cuales se han encontrado pruebas de toxicidad en concentraciones menores que 400 ppm en volumen, según el índice CMA-PTP.

5.2.2 Según su inflamabilidad

Sobre esta base los refrigerantes se pueden clasificar en tres categorías, 1, 2 ó 3, según las pruebas de clasificación realizadas de acuerdo a ASTM E 681:2009.

Clase 1 - Comprende los refrigerantes que no propagan la llama cuando se les somete a pruebas en aire, a 100°C y 101,3 kPa.

Clase 2 - Comprende los refrigerantes que presentan un Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) mayor que 0,1 kg/m³ cuando se les somete a pruebas en aire, a 100°C y 101,3 kPa, y un calor de combustión menor que 19 000 kJ/kg.

Clase 3 - Comprende los refrigerantes muy inflamables según se define por su LII menor o igual que 0,1 kg/m³ cuando se les somete a pruebas en aire a 100°C y 101,3 kPa, y un calor de combustión mayor o igual que 19 000 kJ/kg.

Diagrama matricial del sistema de clasificación según el grupo de seguridad



Figura 1 - Clasificación de los refrigerantes de acuerdo a su seguridad

NOTA - Para clasificación de refrigerantes, ver Anexo A.

5.2.3 Según su impacto a la capa de ozono

- **Refrigerante SAO:** refrigerante que tiene un Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO) mayor a cero.

- **Refrigerante no SAO:** refrigerante que tiene un nulo Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono.

NOTA - Ver en Anexo A el PAO para cada uno de los refrigerantes, el cual además, incluye el potencial de calentamiento global (PCG) para cada uno de ellos.

5.2.4 Según sus compuestos químicos

- **Clorofluorocarbonos (CFCs):** También denominados CFCs o freones, son refrigerantes derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y/o cloro.

NOTA - Están controlados por el Protocolo de Montreal y los más comunes son el R-11 (CFC-11) y R-12 (CFC-12).

- **Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs):** Son refrigerantes derivados de los CFCs, formados por hidrógeno, cloro, flúor y carbono.

NOTA - El Protocolo de Montreal los clasifica en Anexo C, Grupo 1 y los más comunes son el R-22 (HCFC-22) y el R-141b (HCFC-141b).

- **Mezclas de refrigerantes que contienen CFCs o HCFCs:** Algunos de ellos son el R-502 (R-22 y R-115); el R-406A (R-22, R-600a y R142b).

- **Hidrofluorocarbonos (HFCs) y mezclas de HFC:** Son sustancias químicas que contienen hidrocarburos en los que algunos de los átomos de hidrógeno, pero no todos, han sido reemplazados por flúor. Estas sustancias no tienen potencial agotador de la capa de ozono, sin embargo, sí presentan un potencial de calentamiento global. Algunos de ellos son R-134a (HFC-134a), R-404A (R-125, R-143a, R-134a); R-410A (R32, R-125), R-507A (R-125, R143a).

- **Refrigerantes sin halógenos:** Existen refrigerantes que no contienen átomos de flúor y/o cloro, que también se les denomina como refrigerantes naturales. Esos refrigerantes, no tienen potencial agotador de la capa de ozono, ni de calentamiento global. Algunos ejemplos de ellos son el amoníaco (R-717), isobutano (R-600a) y butano (R-600).

5.3 Transporte de refrigerantes

En el transporte terrestre de refrigerantes, se debe dar cumplimiento a lo establecido en NCh2190 y NCh2245, y las disposiciones establecidas por la Autoridad Competente.

La clase de riesgo asociada al transporte de refrigerantes se establece en NCh382.0f2004 como Clase 2 (2.1 Gases inflamables y 2.2 Gases no inflamables, no tóxicos).

6 Seguridad de las instalaciones del sistema

6.1 Provisiones de servicio

Todos los componentes del sistema de refrigeración o climatización que puedan requerir reparación o mantenimiento deben tener un acceso seguro.

Todo sistema de refrigeración o climatización debe tener dispositivos que permitan manejar sin riesgo para las personas y el medio ambiente, la carga de refrigerante en caso de reparación o mantenimiento. Para tal efecto se requieren válvulas de cierre correctamente ubicadas, válvulas que permitan transferir el líquido, tanques para almacenar el refrigerante y las conexiones de salida para su extracción.

Los sistemas que contengan más de 3 kg de refrigerante (excepto, si es del Grupo A1) y que empleen compresores volumétricos, deben tener válvulas instaladas en las ubicaciones siguientes:

- a) En el punto de succión de cada compresor o unidad condensadora.
- b) En el punto de descarga de cada compresor o unidad condensadora.
- c) En la salida de refrigerante en fase líquida.

Los sistemas que contengan más de 50 kg de refrigerante y que empleen compresores volumétricos o los sistemas provistos de un recipiente con bomba de salida para almacenar la carga de refrigerante, o los sistemas autónomos, deben tener válvulas instaladas en las ubicaciones siguientes:

- a) En el punto de succión de cada compresor o unidad condensadora.
- b) En el punto de descarga de cada compresor o unidad condensadora.
- c) En la entrada de todo recipiente que contenga líquido, excepto si se trata de un sistema autocontenido o individual o si el recipiente es parte integral del condensador o de la unidad de condensación.
- d) En el punto de salida de refrigerante en fase líquida.
- e) En el punto de entrada y salida de los condensadores, si el sistema emplea más de un condensador en paralelo.

NOTAS

1) Compresores volumétricos o de desplazamiento positivo, son compresores en los cuales el aumento de presión se logra cambiando el volumen interno de la cámara de compresión.

2) Compresores no volumétricos o de desplazamiento no positivo, son compresores en los cuales el aumento de presión de vapor se logra sin cambiar el volumen interno de la cámara de compresión.

6.2 Controladores de presión

Los controladores de presión se deben instalar en todos los sistemas que funcionan a una presión superior a la atmosférica, excepto si se trata de un

sistema sellado de fábrica que contenga menos de 10 kg de refrigerante del Grupo A1, reconocido por un laboratorio homologado y debidamente rotulado.

6.3 Dispositivos de seguridad

Se definen como válvulas que abren, o piezas que se rompen automáticamente para aliviar la presión, cuando éstas han alcanzado un nivel excesivo por sobre la presión de diseño del circuito, independiente de su temperatura.

Todo sistema de refrigeración o climatización debe estar protegido por un dispositivo de seguridad o por otro mecanismo que permita reducir sin peligro la presión causada por el fuego o por cualquier otra situación inesperada.

Todos los recipientes presurizados deben cumplir los requisitos de la Sección VIII de ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

Cuando se requiera que un compresor volumétrico esté equipado con una válvula de cierre en la conexión de descarga, dicho compresor también debe estar equipado con un dispositivo de seguridad del tamaño y la graduación pertinente, según sea especificado por el fabricante, a fin de evitar la ruptura del compresor o de cualquier componente situado entre éste y la válvula de cierre del lado de descarga. El dispositivo de seguridad debe descargar en la sección de baja presión del sistema.

Las descargas de las válvulas de descompresión y los fusibles de todo sistema que contenga refrigerante de los Grupos A3 y B3, o más de 3 kg de refrigerante de los Grupos A2, B1 o B2, o más de 50 kg de refrigerante del Grupo A1, deben ser descargadas a la atmósfera en un sitio que esté a no menos de 4,5 m por sobre el terreno aledaño y a no menos de 6 m de cualquier ventana, abertura de ventilación o salida de un edificio.

6.4 Consideraciones generales

6.4.1 Acciones a seguir

El responsable de un sistema de refrigeración y/o climatización, debe asegurar la implementación de un diagrama de flujo o esquema, en el cual se indiquen las instrucciones de uso del sistema. Este diagrama de flujo debe estar en un lugar visible para el personal que opera la instalación.

Colocar en un panel visible, situado lo más cerca del compresor, el procedimiento de paro de emergencia, y específicamente, las precauciones que se deben considerar en caso de avería o fuga del refrigerante. Estas precauciones deben incluir:

- instrucciones de paro del sistema en caso de emergencia;
- nombre, dirección, números de teléfono de disponibilidad correspondiente de un técnico con competencia para resolver la emergencia;
- nombre, dirección y número de teléfono del servicio de bomberos competente, y las instrucciones que permitan informar, lo antes posible, al

mencionado servicio en caso de incendio;

- en las salas de máquinas, el procedimiento de paro de emergencia se tiene que colocar fuera del recinto, justo al lado de cada puerta;

- instalar, si aplica, al menos un aparato de respiración autónoma, fuera pero próxima a la sala de máquinas.

6.4.2 Acciones no permitidas

Sobrepasar la carga límite de los contenedores de refrigerante, tanques, tambores, unidades de recuperación, recipientes, otros.

Superar la presión recomendada por el fabricante o la que se aplica habitualmente en las pruebas de resistencia del sistema, para detectar posibles fugas.

Rellenar los cilindros desechables.

Utilizar una llama cerca de un sistema frigorífico cuyo refrigerante no se ha evacuado totalmente.

Intentar dar servicio a un equipo si se carece de la capacitación y de la implementación y herramientas y equipos pertinentes para manipular el refrigerante con seguridad.

Manipular refrigerantes en un sitio cerrado y sin ventilación.

Soplar tuberías con aire u oxígeno para retirar residuos de soldadura, limaduras y demás impurezas, ya que se puede contaminar el sistema o causar una explosión. Se debe utilizar únicamente nitrógeno seco.

Usar aire u oxígeno para aumentar la presión de un sistema de refrigeración o climatización, o sus tuberías. Se debe utilizar únicamente nitrógeno seco.

7 Instalación y operación de sistemas y equipos de refrigeración y climatización

7.1 Requisitos técnicos de los operadores, instaladores y mantenedores de sistemas de refrigeración y climatización

7.1.1 El operador de sistemas de refrigeración y climatización debe tener una capacitación formal básica de parte del instalador y mantenedor del equipo que va a operar.

7.1.2 El instalador y mantenedor de sistemas y equipos de refrigeración y climatización debe:

- Tener conocimientos técnicos de sistemas y equipos de refrigeración y climatización.
- Tener la experticia técnica y práctica que les permita reconocer la forma, funcionamiento, características de todos los componentes de una instalación y las fallas asociadas.
- Tener conocimientos de normas de almacenamiento, manipulación, transporte de refrigerantes y de seguridad.
- Tener dominio de funcionamiento o ajuste de controles automáticos de operación y seguridad, y de manejo de equipos de medición.
- Tener conocimientos de primeros auxilios.

7.2 Calificación de los instaladores y mantenedores de sistemas y equipos de refrigeración y climatización

A - Instaladores y/o mantenedores en sistemas y equipos de refrigeración doméstico y comercial hasta 50 kW (43 000 kcal/h - aprox. 14,2 TR).

B - Instaladores y/o mantenedores en sistemas y equipos de refrigeración industrial mayores que 50 kW (43 000 kcal/h - aprox. 14,2 TR).

C - Instaladores y/o mantenedores en sistemas y equipos de climatización doméstico y comercial hasta 100 kW (86 000 kcal/h - aprox. 28,4 TR).

D - Instaladores y/o mantenedores en sistemas y equipos de climatización industrial mayores que 100 kW (86 000 kcal/h - aprox. 28,4 TR).

7.3 Conocimiento de una instalación

Cuando el mantenedor de sistemas o equipos de refrigeración y climatización deba revisar o intervenir una instalación desconocida, debe estudiar previamente la distribución de cañerías, sus componentes, equipos y controles, de manera de interiorizarse cabalmente del sistema y el criterio con la que fue proyectada.

Para la revisión del estado de funcionamiento de una instalación se deben usar instrumentos de medición debidamente calibrados, de rango apropiado para el sistema a revisar. Entre otros se pueden mencionar manómetros, termómetros, voltímetros, amperímetros y balanzas.

La instalación debe contar con planos, catálogos de componentes, instrucciones

de operación y mantenimiento del sistema.

En toda inspección de una instalación se debe usar los elementos de protección personal pertinentes, las herramientas correctas para la aplicación y los procedimientos de seguridad correspondientes, para así evitar daños a las personas y a las instalaciones.

7.4 Mantenimiento, detección de fugas y fugas

7.4.1 Mantenimiento

Para toda operación de mantenimiento se debe contar con los instrumentos, herramientas y equipos necesarios para realizar una reparación correcta y segura, los cuales deben estar en buen estado de mantenimiento y operación.

Durante la operación o mantenimiento se deben emplear siempre medidas de seguridad y conservación de los refrigerantes.

Se debe realizar el corte de tuberías con corta tubos, evitando utilizar la sierra que contamina con material particulado.

Al intervenir un equipo o sistema que se presume contaminado, se debe recuperar el refrigerante, rotularlo como contaminado y recuperar el aceite.

Para la presurización de los sistemas y para la calibración previa de los dispositivos de control, se debe usar gas inerte seco, como el nitrógeno, no utilizar refrigerantes.

7.4.2 Detección de fugas

Para la detección de fugas de sistemas nuevos, se debe utilizar el procedimiento de presurización con nitrógeno y revisión con solución espumosa. No utilizar refrigerantes, pues éstos dañan el medioambiente.

Para la detección de fugas en sistemas en uso, se recomienda utilizar los procedimientos de acuerdo a la priorización siguiente:

- inspección visual de huella de aceite;
- uso de detector electrónico de fugas;
- uso de solución espumosa;
- presurización con nitrógeno seco y revisión con solución espumosa;
- incorporación de trazador en el aceite y búsqueda con luz ultravioleta.

7.4.3 Fugas

En el caso de fuga se debe recuperar el refrigerante, que resta en el sistema, en el depósito propio o en uno externo y luego eliminar la fuga.

Procurar que no se evacue refrigerante al medioambiente, para lo cual se debe cerrar inmediatamente todas las válvulas de servicio con las que cuenta el circuito de refrigeración, incluso antes de realizar el procedimiento de búsqueda de la fuga.

Una manera eficaz de evitar la eliminación del refrigerante del sistema al medioambiente, se logra mediante el equipo de recuperación que permite recuperar el refrigerante del sistema de cilindros de recuperación especialmente diseñados para ese efecto.

El refrigerante contaminado debe ser evacuado del sistema mediante un equipo de recuperación, rotulando claramente en los depósitos el tipo de refrigerante y su condición, para luego analizar su grado de contaminación y su posible recuperación mediante un sistema de reciclado y filtrado. Asimismo, el lubricante del circuito se debe evacuar y depositar en recipientes diseñados para tal fin, rotularlo como lubricante contaminado, todo ello para evitar su uso accidental. La disposición final de esos residuos, se debe realizar de acuerdo a la normativa vigente.

7.5 Limpieza del circuito frigorífico contaminado

El circuito de refrigeración contaminado se debe limpiar completamente, abordando aspectos como la limpieza del cárter del compresor, destapándolo para ello. También, se debe limpiar interiormente el estanque acumulador de aceite, el separador de aceite, el colector del evaporador y el acumulador de succión, así como también, cualquier otro sector de la instalación en el cual exista alguna trampa o sifón de acumulación de aceite en la línea de succión, para evitar que una nueva carga de refrigerante y aceite se puedan contaminar y degradar, producto de los residuos acumulados por una falla anterior. En el caso de los compresores semiherméticos y abiertos, es muy importante realizar una limpieza profunda al filtro malla de la bomba de aceite ubicada en el cárter, si el equipo está equipado con bomba de aceite.

Para los circuitos de refrigeración que usan compresores herméticos, a los que no se les puede hacer cambio de aceite, es necesario realizar un proceso de barrido del circuito mediante presión de nitrógeno con el objeto de extraer el lubricante contaminado.

Luego de la limpieza realizada se debe agregar en caso necesario un filtro de succión que capte el residual de acidez que pudiera haber quedado en el sistema, aspecto de gran importancia cuando se trata de sistemas motocompresores sellados y semiherméticos, pues la acidez ataca los barnices del embobinado, pudiendo ocasionar nuevas fallas en breve tiempo.

Proceder a rearmar con prolijidad el circuito de refrigeración, incorporando algunos accesorios que pudieran facilitar el posterior servicio (por ejemplo, válvulas de servicio) y verificar la hermeticidad del circuito mediante alta presión de nitrógeno.

Cargar con aceite el sistema, evitando el sobrellenado. Utilizar la indicación de nivel del visor, si el compresor lo tuviera o mediante el procedimiento de carga por volumen, según las especificaciones del fabricante. Este procedimiento

se debe realizar de manera rápida, especialmente si el lubricante es del tipo POE (poliolester), dado que los lubricantes de refrigeración son altamente higroscópicos, vale decir, absorben con mucha facilidad y rapidez la humedad del ambiente.

Realizar el vacío al circuito de refrigeración utilizando una bomba de vacío de doble etapa o con el procedimiento de triple vacío, logrando al menos 250 micras u otro valor de vacío de acuerdo a lo especificado por el fabricante del equipamiento.

Cargar el refrigerante del sistema hasta una presión ligeramente superior a la presión atmosférica, en este momento reemplazar el filtro secador del circuito, y luego continuar con el proceso de carga de refrigerante. En el caso de carga con refrigerantes de mezclas zeotrópicas (refrigerantes de la serie R-4XX), realizar siempre la carga en fase líquida.

Verificar el correcto funcionamiento del calefactor de cárter, si lo tuviera y precalentar durante algunas horas. Poner en marcha el sistema de refrigeración y/o climatización, y completar la carga de refrigerante del sistema mediante el procedimiento o la utilización de diagramas o tablas de presión y temperatura de saturación, con el árbol de carga y termómetros pertinentes, según el sistema o mediante el procedimiento de pesaje de la carga, si existen antecedentes concretos sobre la cantidad de refrigerante del circuito. También es factible realizar la carga de refrigerante del sistema, mediante el sistema verificación del nivel del visor de la línea de líquido, el cual debe estar lleno o con escasa burbuja. Es importante no sobrecargar un sistema de refrigeración y/o climatización, puesto que esto puede provocar el trabajo del mismo con presiones elevadas.

Logradas las temperaturas finales, es conveniente verificar los ajustes de los elementos de control de flujo, como válvulas de expansión y los ajustes de los dispositivos de control y protección, como presostatos, termostatos y protecciones de sobreconsumo eléctrico, realizando el registro de los parámetros finales de operación para un correcto control y seguimiento posterior.

Para los circuitos con compresores a los cuales se les puede realizar cambio de aceite, después de la puesta en marcha del sistema, se debe limpiar el circuito de refrigeración contaminado mediante cambios de aceite sucesivos después de algunas horas o días, hasta que el aceite que se extraiga del circuito sea transparente, incoloro y sin olor.

No se deben mezclar distintos tipos de aceite ni distintos tipos de refrigerante.

Adicionalmente es importante considerar la posibilidad de instalar un calefactor de cárter al compresor, reduciendo así, en la partida, la concentración de refrigerante disuelto en el aceite en el cárter del compresor, sobre todo en las detecciones prolongadas de los equipos o sistemas.

También es importante que, en el caso de tener sistema de deshielos, éstos

se efectúen de manera oportuna, a fin de evitar bloqueos que afecten la transferencia de calor y hagan bajar las presiones de trabajo por debajo de los niveles aceptados por los fabricantes de los compresores, afectando claramente la vida útil de ellos. Consecuentemente es muy importante revisar aspectos tales como, el correcto sellado del recinto a enfriar, con puertas que cierren herméticamente para evitar el ingreso de aire externo de mayor temperatura que contiene humedad ambiental.

7.6 Inspección y mantenimiento preventivo

La inspección preventiva repercute en la rentabilidad de las instalaciones más vulnerables, como el transporte refrigerado, y las instalaciones industriales y comerciales mayores, cuya interrupción, aunque breve, puede causar grandes pérdidas.

También es importante la revisión de los sistemas menores. El usuario mismo puede verificar los elementos sensibles para evitar problemas posteriores. La detección temprana de fallas o defectos menores resultará de gran beneficio y menor inversión a largo plazo.

7.6.1 Acciones a seguir

Establecer un calendario de mantenimiento preventivo y de verificación sistemática de fugas, que asegure la regularidad del examen y el servicio del sistema. Establecer un examen frecuente para evitar interrupciones inesperadas del funcionamiento habitual.

Seguir las instrucciones del fabricante sobre mantenimiento preventivo y consultarle directamente, si es posible y necesario.

Verificar los parámetros operativos y el rendimiento del sistema en uso, antes de comenzar el mantenimiento y una vez terminado, verificando al menos, temperaturas, presiones de evaporación y condensación, y consumos eléctricos.

Inspeccionar siempre fugas potenciales y otros daños frecuentes (carga de aceite y refrigerante, parámetros de operatividad, fallas mecánicas, deterioro por el tiempo, restos de aceite, otros), según lo que se indica en 7.4.

Observar posibles vibraciones anormales del sistema (fricción entre tuberías y soportes).

Comprobar regularmente las condiciones de funcionamiento y el rendimiento del sistema.

Conectar una vez por semana las bombas de aceite auxiliares para mantener lubricado el interior de los retenes mecánicos, los cojinetes y la prensaestopas, de modo que estén preparadas para una emergencia. En caso contrario, inspeccionar y lubricar cada elemento antes de conectar el

sistema.

Después del servicio, reponer y ajustar las tapas protectoras de todas las válvulas, incluidas las de los filtros y secadores, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Seguir el procedimiento estipulado de detección de fugas, tales como una prueba de succión corriente, sirviéndose siempre de herramientas y equipos diseñados para tal fin.

Utilizar el método de las burbujas con nitrógeno seco para las pruebas de fuga.

Instalar sistemas de detección permanente de fugas, situando los sensores en las zonas pertinentes.

Recopilar los resultados de las inspecciones, de manera que sirvan para tomar medidas preventivas, tal como programar las operaciones de mantenimiento más importantes.

Mantener un registro actualizado con los resultados de las inspecciones.

7.6.2 Acciones no permitidas

Proceder al mantenimiento de un sistema, sin antes comprobar el tipo de aceite y de refrigerante que contiene.

Añadir aceite lubricante a un sistema sin averiguar qué clase de lubricante usa y el grado de acidez del sistema.

Reponer repetidamente o puentear elementos de seguridad como presostatos, relés térmicos u otros.

NOTA - Al actuar un elemento de seguridad se debe investigar para detectar y subsanar el problema que lo causa.

Rellenar completamente un sistema con cualquier refrigerante sin comprobar antes posibles fugas o visualizar manchas de aceite.

Recargar un sistema de refrigeración y/o climatización, cuando existan dudas sobre su resistencia a las presiones de trabajo y reposo.

Abrir una sección del sistema donde exista refrigerante, si no es indispensable. En caso de efectuarlo, antes de abrir, aislar los componentes que requieren servicio y evacuar previamente los refrigerantes.

Usar cualquier refrigerante como gas de comprobación en una prueba de detección de fuga.

Poner en funcionamiento un equipo con alguna fuga, sin determinar y rectificar primero el origen del problema.

Enfriar cojinetes, partes de ensamblajes o enfriamiento de piezas o motores,

rociándolos directamente con un refrigerante.

Utilizar herramientas metálicas o punzantes para retirar el hielo del evaporador o de los compartimentos de congelación.

Usar el condensador como secador, ya que repercute en la correcta transferencia de calor.

Conectar el compresor inmediatamente después de un corte de corriente.

Intervenir el tablero de control y/o de fuerza en un equipo de refrigeración, sin antes cortar el suministro de energía.

Calentar con fuego directo cilindros o recipientes con refrigerante para aumentar su presión, bajo ninguna circunstancia.

8 Prácticas de recuperación y reciclaje

La retención del refrigerante durante las operaciones de servicio y reparación, y su posterior reutilización, reciclaje o regeneración, es un método muy eficaz para reducir al mínimo las emisiones y bajar la adquisición de cualquier refrigerante.

Al abordar un procedimiento de recuperación, reciclaje y regeneración, se debe contar con las herramientas y equipos necesarios para una manipulación adecuada y segura, además de los contenedores aprobados para tal operación.

Siempre se debe rotular correctamente el contenedor o recipiente de los refrigerantes, indicando claramente el tipo de refrigerante y su estado de contaminación o impureza, para evitar un uso accidental.

Para transferir el refrigerante de un contenedor a otro por diferencia de presión, es necesario que exista una diferencia de temperatura entre el sistema o depósito del cual se va extraer el refrigerante y el sistema o depósito al cual se va a transferir, debiendo tener este último una temperatura menor. El refrigerante residual del sistema o depósito de origen, se debe retirar mediante un equipo de recuperación, teniendo siempre presente evitar el sobrellenado del sistema o depósito receptor del refrigerante.

Para transferir el refrigerante a otro contenedor por medio de un equipo de recuperación y/o recuperación y reciclaje, se requiere de máxima precaución debido al riesgo de sobrellenado, por lo que el depósito receptor se debe pesar constantemente o debe contar con un interruptor de nivel. También es importante monitorear constantemente la presión del depósito receptor y su temperatura, ya que se trata de refrigerante sobrecalentado. En el caso de equipo de recuperación y reciclaje, se debe tener presente que estos equipos cuentan con un separador de aceite y de que dicho aceite se debe extraer y rotular como contaminado. (Ver cláusula 11).

8.1 Acciones a seguir

Si los cilindros se rellenan con una mezcla de refrigerante y aceite, evitar superar el límite volumétrico de seguridad, ya que la densidad de la mezcla es inferior a la del refrigerante solo.

Almacenar los cilindros en posición vertical y segura, en una zona bien ventilada, alejados de fuentes directas de calor o sustancias inflamables.

Inspeccionar los cilindros que almacenan refrigerantes para que no tengan fugas y asegurarse que las empaquetaduras de las tapas sean seguras.

Inspeccionar los contenedores de refrigerantes después de su uso, por si hubiera señales de corrosión; si provienen de terceros, recomendarles que lo verifiquen.

La manipulación, transporte y almacenamiento de refrigerantes nuevos, usados, contaminados y reciclados se debe realizar bajo condiciones seguras.

8.2 Acciones no permitidas

Liberar refrigerantes a la atmósfera.

Manipular los refrigerantes mediante métodos distintos a los establecidos para recuperación y reciclaje, regeneración, reutilización, almacenamiento o destrucción.

Exceder la presión máxima de operación o la capacidad indicada en el cilindro del refrigerante.

Mezclar refrigerantes de distinto tipo.

9 Procedimientos de reconversión

Se debe analizar la posibilidad de reconversión de los sistemas que contienen refrigerantes SAOs. En la medida que sea técnica y económicamente factible, se debe cambiar a un refrigerante con nulo PAO, bajo GWP y alta eficiencia energética. En los casos en que no exista una alternativa técnica y económicamente factible de implementar, se debe optar por las alternativas de reconversión de bajo potencial de agotamiento de la capa de ozono.

Es de suma importancia analizar las características de operación del sistema a reconvertir, analizando sus temperaturas de trabajo y las características técnicas de sus componentes, siendo relevante respetar los parámetros y rangos de operación definidos por los fabricantes para cada compresor, los cuales se deben mantener estrictamente para lograr una adecuada vida útil del compresor y una operación confiable y segura del sistema de refrigeración y/o climatización a reconvertir.

9.1 Reconversión a refrigerantes HCFC

Este tipo de reconversión es la menos compleja, pues el lubricante que se utiliza sigue siendo lubricante mineral, por lo que no es necesario realizar una limpieza profunda al interior del sistema.

Para realizar una reconversión de refrigerantes CFC a refrigerante HCFC se deben seguir al menos los pasos siguientes:

- Poner en marcha el sistema, verificar los parámetros operativos y el rendimiento del sistema en uso, antes de comenzar la reconversión.
- Emplear siempre medidas de seguridad y conservación de los refrigerantes.
- Contar con las herramientas y equipos necesarios para una adecuada y segura manipulación.
- Acumular el refrigerante CFC en su estanque acumulador de líquido.
- Evacuar refrigerante CFC del sistema utilizando los procedimientos de recuperación y reciclaje indicados en cláusula 8.
- Cambiar filtro deshidratador de la línea de líquido.
- Cambiar el aceite del compresor, limpiar el filtro de aspiración de la bomba de aceite y si el tipo de compresor lo permite, limpiar su cárter. Utilizar gas inerte seco, como nitrógeno, para la presurización de los sistemas y para la calibración previa de los dispositivos de control.
- Al cambiar de refrigerante, se debe seleccionar la válvula de expansión de acuerdo a las nuevas condiciones de trabajo.
- Si en la reconversión varían los rendimientos, probablemente sea necesario incorporar algún componente corrector de la condición de trabajo, tal como la válvula de arranque o reguladora de presión de cárter, con el fin de limitar la presión de alta. Estos y otros accesorios deben ser definidos antes del proceso de reconversión, de acuerdo a los catálogos de los fabricantes y, de ser necesario, deben ser instalados para garantizar una operación segura y confiable.
- Luego de intervenir el compresor y cambiar la válvula de expansión y la eventual incorporación de válvulas reguladoras de flujo adicionales, se debe proceder a rearmar con prolijidad el circuito de refrigeración, incorporando eventualmente algunos accesorios que pudieran facilitar el posterior servicio y probar la hermeticidad del circuito mediante alta presión de nitrógeno, verificando, si es posible, que la presión no varíe durante un período de 24 h.
- Cargar de aceite del sistema, evitando el sobrellenado. Para ello se debe utilizar la indicación de nivel del visor, si el compresor lo tiene, o mediante el procedimiento de carga por volumen según las especificaciones del

fabricante del compresor. Este procedimiento se debe realizar de manera rápida, ya que los lubricantes de refrigeración son altamente higroscópicos, esto es, absorben con mucha facilidad y rapidez la humedad ambiental.

- Realizar el vacío al circuito de refrigeración utilizando una bomba de vacío de doble etapa o con el procedimiento de triple vacío, logrando al menos 250 micras u otro valor de vacío de acuerdo a lo especificado por el fabricante del equipamiento.

- Cargar el refrigerante HCFC al sistema hasta una presión ligeramente superior a la presión atmosférica, reemplazando en este momento el filtro secador del circuito y luego continuar con el proceso de carga de refrigerante.

- Verificar el correcto funcionamiento del calefactor de cárter, si lo tuviera. Poner en marcha el sistema de refrigeración y/o climatización, y completar la carga de refrigerante del sistema mediante el procedimiento o la utilización de diagramas o tablas de presión y temperatura de saturación, con el árbol de carga y termómetros pertinentes, según el sistema o mediante el procedimiento de pesaje de la carga, si existen antecedentes concretos sobre la cantidad de refrigerante del circuito. También es factible realizar la carga de refrigerante del sistema, mediante el sistema verificación del nivel del visor de la línea de líquido, el cual debe estar lleno o con escasa burbuja. Es importante no sobrecargar un sistema de refrigeración y/o climatización, puesto que esto puede provocar el trabajo con presiones elevadas.

- Ajustar todos los elementos de control y protección (presostatos, termostatos, protecciones eléctricas, otros) a la nueva condición de trabajo y dejar registrados los nuevos parámetros de funcionamiento del sistema.

- Rotular, indicando de manera clara y visible el nuevo refrigerante del sistema, para no inducir a errores a terceros que puedan intervenir a futuro este sistema.

NOTA - En los casos en que el aceite del refrigerante actual es compatible con el refrigerante de reemplazo, aplica el procedimiento que se establece en 9.1.

9.2 Reconversión a refrigerantes HFC

Este tipo de reconversión es la más compleja, ya que se debe eliminar sobre un 95% del lubricante mineral que se encuentra en todo el circuito de refrigeración, que debe ser reemplazado por el nuevo lubricante tipo polioléster (POE) apto para trabajar con refrigerantes HFC.

Para realizar una reconversión de refrigerante CFC a refrigerante HFC se deben seguir al menos los pasos siguientes:

- Poner en marcha el sistema, verificar los parámetros operativos y el rendimiento del sistema en uso, antes de comenzar la reconversión.

- Emplear siempre medidas de seguridad y conservación de los refrigerantes.

- Contar con las herramientas y equipos necesarios para una adecuada y segura manipulación.
- Acumular el refrigerante CFC en su estanque acumulador de líquido.
- Evacuar el refrigerante CFC del sistema utilizando los procedimientos de recuperación y reciclaje indicados en esta norma.
- Limpiar completamente el circuito de refrigeración, abordando aspectos como la limpieza del cárter del compresor, destapándolo para ello. También se debe limpiar interiormente el estanque acumulador de aceite, el separador de aceite, el colector del evaporador y el acumulador de succión, así como también cualquier otro sector de la instalación, en el cual exista alguna trampa o sifón de acumulación de aceite en la línea de succión, para evitar que una nueva carga de refrigerante y aceite se puedan contaminar y degradar, producto de los residuos acumulados por una falla anterior. En el caso de los compresores semiherméticos y abiertos, es muy importante realizar una limpieza profunda al filtro malla de la bomba de aceite ubicada en el cárter, si el equipo está equipado con bomba de aceite.
- Al cambiar de refrigerante, se debe seleccionar la válvula de expansión de acuerdo a las nuevas condiciones de trabajo.
- En una reconversión de refrigerantes, utilizando refrigerantes del mismo rango de presión y si no varían las condiciones de trabajo, generalmente no se deben incorporar componentes de corrección de la condición de trabajo.
- Cargar con aceite el sistema, evitando el sobrellenado. Para ello se debe utilizar la indicación de nivel del visor si el compresor lo tuviera o mediante el procedimiento de carga por volumen según las especificaciones del fabricante del compresor. Este procedimiento se debe realizar de manera rápida, ya que el lubricante tipo POE es muy higroscópico.
- Realizar el vacío al circuito de refrigeración utilizando una bomba de vacío de doble etapa o con el procedimiento de triple vacío, logrando al menos 250 micras u otro valor de vacío de acuerdo a lo especificado por el fabricante del equipamiento.
- Cargar el nuevo refrigerante tipo HFC al sistema hasta una presión ligeramente superior a la presión atmosférica, reemplazando en este momento el filtro secador del circuito y luego continuar con el proceso de carga de refrigerante. Esta carga, para el caso de refrigerantes de mezclas zeotrópicas (refrigerantes de la serie R-4XX), siempre se debe realizar en fase líquida.
- Verificar el correcto funcionamiento del calefactor de cárter, si lo tuviera. Poner en marcha el sistema de refrigeración y/o climatización, y completar la carga de refrigerante del sistema mediante el procedimiento o la utilización

de diagramas o tablas de presión y temperatura de saturación, con el árbol de carga y termómetros pertinentes, según el sistema o mediante el procedimiento de pesaje de la carga, si existen antecedentes concretos sobre la cantidad de refrigerante del circuito. También es factible realizar la carga de refrigerante del sistema, mediante el sistema verificación del nivel del visor de la línea de líquido, el cual debe estar lleno o con escasa burbuja. Es importante no sobrecargar un sistema de refrigeración y/o climatización, puesto que esto puede provocar el trabajo con presiones elevadas.

- Ajustar todos los elementos de control y protección (presostatos, termostatos, protecciones eléctricas, otros) a la nueva condición de trabajo y dejar registrados los nuevos parámetros de funcionamiento del sistema.
- Rotular, indicando de manera clara y visible el nuevo refrigerante del sistema, para no inducir a errores a terceros que puedan intervenir a futuro este sistema de refrigeración y/o climatización.
- Para minimizar aún más la concentración de aceite mineral residual en un sistema reconvertido, es conveniente realizar después de la puesta en marcha del sistema, al menos dos cambios de aceite transcurridas algunas horas y el cambio de filtros secadores transcurridos algunos días, verificando que el aceite que se extraiga del circuito sea desde el primer momento transparente, incoloro y sin olor.
- Realizar un análisis de laboratorio a la última muestra extraída, con el fin de verificar que su grado de pureza es mayor que 95%, única forma de garantizar la confiable y duradera operación del sistema reconvertido.

9.3 Consideraciones generales

9.3.1 Acciones a seguir

Además de los costos directos de reconversión, se debe considerar el coeficiente de consumo y rendimiento, y el costo operativo del sistema a reconvertir.

Tener en cuenta las propiedades del refrigerante alternativo: inflamabilidad, toxicidad y corrosión, ya que su uso podría exigir medidas de seguridad especiales.

Consultar con el fabricante del sistema de refrigeración y/o climatización por refrigerante o lubricante alternativo, así como los componentes del sistema (compresor, filtros, secadores, otros) que requieren ser cambiados para realizar la reconversión.

Consultar con el fabricante el procedimiento de reconversión más pertinente, ya que, generalmente, hay un método específico para cada equipo.

Antes de reconvertir, verificar los parámetros operativos y el rendimiento del

sistema en uso.

Renovar el marcado del sistema reconvertido y de sus componentes, especificando los cambios de refrigerante y lubricante, al igual que las condiciones de servicio futuras.

Insertar los detalles del proceso de reconversión en el libro de servicio.

Cuando no sea rentable o factible el reciclaje o la regeneración de refrigerantes contaminados o ya mezclados y no reutilizables, se debe disponer de ellos de forma adecuada, conforme a la normativa vigente.

9.3.2 Acciones no permitidas

Proceder a una reconversión sin haber analizado completamente cada uno de los componentes del circuito de refrigeración por su compatibilidad de trabajo con el nuevo refrigerante.

Proceder a una reconversión sin haber analizado completamente si el compresor puede trabajar con el nuevo refrigerante en el rango de trabajo que se desea operar.

Proceder a una reconversión sin haber verificado si las nuevas condiciones de rendimiento del compresor son equivalentes a los rendimientos de los evaporadores y condensadores existentes.

Proceder a una reconversión sin tener el tiempo y los medios pertinentes para asegurar una excelente limpieza interior del circuito de refrigeración cuando se trata de reconversión a refrigerantes HFC.

10 Almacenamiento y disposición final de los refrigerantes

10.1 Presentación del refrigerante

Los contenedores de refrigerantes nuevos se deben aceptar marcados en su envoltorio y recipiente, mediante una identificación fácil de su designación.

10.2 Manipulación y almacenamiento de refrigerantes

La manipulación de refrigerantes se debe realizar siempre en áreas abiertas y ventiladas.

Los cilindros de refrigerantes se deben almacenar en un lugar fresco, limpio y ventilado, de preferencia bajo techo.

Las áreas de almacenamiento de los cilindros de refrigerantes se deben delimitar, colocando la identificación de los mismos.

Las áreas de almacenamiento de los cilindros de refrigerantes deben contar con extintores Clases A, B, y C.

La manipulación de los cilindros de refrigerantes requiere de cuidado especial;

son recipientes a presión, fabricados expresamente a los efectos y están sujetos a condiciones de seguridad e inspecciones imperativas.

Si se trata de cilindros de refrigerantes mayores que 12 cm de diámetro y 30 cm de longitud, deben poseer válvula de seguridad o alivio.

Siempre que exista riesgo de exposición con refrigerantes, se debe usar equipo de protección personal que contenga, al menos, los elementos siguientes:

- Lentes de seguridad con protección lateral.
- Guantes de carnaza.
- Ropa de manga larga.
- Zapato con casquillo de acero (cuando se manejen cilindros grandes) - Casco (cuando el área de trabajo así lo requiera).

Los cilindros de 1,5 t se deben transportar con montacargas.

Los cilindros de 1,5 t se deben calzar cuando estén en el lugar diseñado para el almacenamiento.

Los cilindros de refrigerantes se deben transportar en estiba en la cantidad determinada y segura.

Los cilindros medianos de 57 kg, 60 kg y 66 kg se deben almacenar de manera vertical y amarrarse, colocando los protectores de válvulas respectivos (capuchones).

Los cilindros medianos de 57 kg, 60 kg y 66 kg se deben transportar en forma vertical y trasladar rodando sobre la base del cilindro.

Los cilindros de refrigerantes no se deben calentar por encima de 52°C (125°F), ni almacenarlos en lugares donde esta temperatura pueda ser mayor.

Los cilindros de refrigerantes no se deben rellenar con algún producto para el cual no haya sido diseñado.

Los cilindros desechables no se deben rellenar.

Cuando se realicen operaciones de carga o descarga de refrigerante, no debe haber presencia de algún tipo de llama.

10.3 Disposición final de los refrigerantes

La disposición final de los refrigerantes no reutilizables, se debe realizar de acuerdo a la normativa vigente sobre residuos peligrosos.

10.4 Acciones no permitidas

Conectar los contenedores de refrigerantes a otros recipientes o sistemas con mayor presión, temperatura o altura. Esto podría provocar un reflujo capaz de desbordar los contenedores llenos de líquido y provocar una explosión.

Calentar con fuego directo cilindros o recipientes con refrigerante para aumentar su presión, bajo ninguna circunstancia.

Enfriar los cilindros receptores liberando el refrigerante a la atmósfera.

Evacuar el contenido de los conductos de carga a la atmósfera.

Utilizar refrigerante para la limpieza de utensilios, bobinas o maquinaria, ni como disolvente para limpiar los compresores.

Exponer al aire libre los residuos de refrigerante, tras el vaciado de cilindros, tanques, contenedores, otros.

Dejar caer los cilindros, ya que se podrían dañar las válvulas.

11 Rotulado

11.1 Identificación de la instalación

Todo sistema de refrigeración montado in situ debe tener rotulado en forma permanente, de manera legible y fija en un lugar de fácil acceso, la información siguiente:

- a) nombre y dirección del instalador;
- b) tipo y carga inicial de refrigerante; y
- c) presión que se debe aplicar para la prueba in situ.

11.2 Rotulado de los componentes

Cada sistema y cada unidad de condensación individual, compresor o unidad de compresión adquirida por separado, para montaje en su punto de destino en un sistema de refrigeración y climatización, deben tener una placa de identificación que contenga el nombre del fabricante o marca comercial, el número de identificación, las presiones de diseño y el refrigerante para el cual se ha diseñado. El refrigerante se debe identificar según la clasificación de seguridad de los refrigerantes que se establece en esta norma.

11.3 Identificación de los dispositivos de regulación de la tubería

Los sistemas que contengan más de 50 kg de refrigerante, deben tener una inscripción permanente, cuya letra no puede ser menor que 12,7 mm de altura, que indique:

- a) Las válvulas o interruptores que controlan el flujo de refrigerantes, la ventilación y el (los) compresor(es).
- b) El tipo de refrigerante que contiene la tubería cuyo recorrido es por fuera de la sala de maquinaria. La identificación de la tubería debe estar de acuerdo con ASME A 13.1 u otras directrices reconocidas por la industria. En los esquemas que indiquen la dirección de los flujos, la función, la temperatura

o la presión se deben aplicar las prácticas vigentes.

11.4 Rotulado por cambio de refrigerante

Siempre que se cambie el refrigerante, se debe colocar la información pertinente al cambio realizado, tanto el tipo de refrigerante como de aceite.

12 Registros del sistema de refrigeración y/o climatización

Se debe llevar un libro de registro de funcionamiento del equipo y/o instalación, que contenga la información sobre fallas, modificaciones y mantenimiento del sistema de refrigeración y/o climatización. Los datos que se deben incluir son los siguientes:

- fecha de inicio de funcionamiento de la instalación;
- fechas de mantenimiento preventivo y correctivo;
- temperaturas y presiones de trabajo;
- tipo y cantidad de refrigerante;
- tipo y cantidad de lubricante;
- tipo y orificio del dispositivo de expansión;
- tipo de filtro deshidratador;
- consumos eléctricos;
- ajuste del recalentamiento del dispositivo de expansión; y
- nombre prestador del servicio.

Si luego de operar el sistema de refrigeración y/o climatización se realiza una reconversión, se debe indicar:

- tipo y cantidad de refrigerante y del de reemplazo;
- tipo y cantidad de lubricante de reemplazo;
- ajuste o modificación al dispositivo de expansión;
- tipo de filtros de reemplazo;
- fecha de reconversión; y
- prestador del servicio de reconversión.

ANEXO A (Informativo)
Características físicas, de seguridad y ambientales de los refrigerantes históricos, actuales y propuestos.
 Tabla A.1 - Características físicas

N°	Número de refrigerante	Nombre Químico - Identificación de Mezclas	Datos físicos			Datos de seguridad			Datos ambientales			Controlado por
			Masa molecular	Punto de ebullición [°C]	Temperatura crítica [°C]	OMA-PPT [PPM]	Límite de inflamabilidad inferior [%]	Grupo de Seguridad según Ashrae 34	Vida atmosférica [años]	PAO	PCG 100 años	
1	CFC-11	Triclorofluorometano	137,37	23,7	198,0	C1000	ninguna	A1	45	1,000	4750	M
2	BCFC-12B1	Bromoclorodifluorometano	165,36	-4,0	154,0		ninguna		16	7,100	1890	M
3	CFC-12	Diclorodifluorometano	120,91	-29,8	112,0	1000	ninguna	A1	100	1,000	10890	M
4	BFC-13B1	Bromoclorotrifluorometano	148,91	-58,7	67,1	1000	ninguna	A1	65	16,000	7140	M
5	CFC-13	Clorotrifluorometano	104,46	-81,5	28,9	1000	ninguna	A1	640	1,000	14420	M
6	FC-1311	Trifluorodimetano	195,91	-21,9	123,3		ninguna		~0,01	~0,018	~1	
7	FC-14	Tetrafluro de carbono	88,00	-128,00	-45,6		ninguna	A1	50000	0,000	7390	K
8	HCFC-22	Clorodifluorometano	86,47	-40,8	96,1	1000	ninguna	A1	12	0,050	1810	M
9	HFC-23	trifluorometano	70,01	-82,0	26,1	1000	ninguna	A1	270	0,000	14760	K
10	HFC-32	Difluorometano	52,02	-51,7	78,1	1000	14,4	A2	4,9	0,000	675	K
11	CFC-113	Triclorotrifluoroetano	187,38	47,6	214,1	1000	ninguna	A1	85	1,000	6130	M
12	CFC-114	Diclorotetrafluoroetano	170,92	3,6	145,7	1000	ninguna	A1	300	1,000	10040	M
13	CFC-115	Cloropentafluoroetano	154,47	-38,9	80,0	1000	ninguna	A1	1700	0,440	7370	M
14	FC-116	perfluoroetano	138,01	-78,1	19,9	1000	ninguna	A1	10000	0,000	12200	K
15	HCFC-123	Diclorotrifluoroetano	152,93	27,8	183,7	50	ninguna	B1	1,3	0,020	77	M
16	HCFC-124	Clorotetrafluoroetano	136,48	-12,0	122,3	1000	ninguna	A1	5,8	0,020	609	M
17	HFC-125	Pentafluoroetano	120,02	-48,1	66,0	1000	ninguna	A1	29	0,000	3500	K
18	HFC-134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	102,03	-26,1	101,1	1000	ninguna	A1	14	0,000	1430	K
19	HCFC-142b	1-cloro-1,1-difluoroetano	100,50	-9,1	137,1	1000	6	A2	17,9	0,070	2310	M
20	HFC-143a	1,1,1-trifluoroetano	84,04	-47,2	72,7	1000	7	A2	52	0,000	4470	K

N°	Número de refrigerante	Nombre Químico - Identificación de Mezclas	Datos físicos			Datos de seguridad			Datos ambientales			Controlado por
			Masa molecular	Punto de ebullición [°C]	Temperatura crítica [°C]	CMA-PPT [PPM]	Límite de inflamabilidad inferior [%]	Grupo de Seguridad según Asrae 34	Vida atmosférica [años]	PAO	PCG 100 años	
21	HFC-152a	1,1-Difluoroetano	66,05	-24,0	113,3	1000	4,8	A2	1,4	0,000	124	K
22	HFC-161	Fluoruro de etilo	48,06	-37,6	102,2		3,8		0,21	0,000	12	K
23	HC-170	Etanol	30,07	-88,6	32,2	1000	3,1	A3	0,21	0,000	~20	
24	HE-E170		46,07	-24,8	127,2	1000	3,3	A3	0,015	0,000	1	
25	FC-218	Perfluoropropano	188,02	-36,8	71,9	1000	ninguna	A1	2600	0,000	8830	K
26	HFC-227ea		170,03	-16,4	102,8	1000	ninguna	A1	42	0,000	3220	K
27	HFC-236ea		152,04	6,2	139,3		ninguna		10,7	0,000	1370	K
28	HFC-236fa		152,04	-1,4	124,9	1000	ninguna	A1	240	0,000	9810	K
29	HFC-245fa		134,05	15,1	154,0	300	ninguna	B1	7,6	0,000	1030	K
30	HFE-E245cb1		150,05	5,9	133,7		flam		5,1	0,000	708	
31	HC-290	Propano	44,10	-42,1	96,7	2500	2,1	A3	0,041	0,000	~20	
32	FC-C318		200,03	-6,0	115,2	1000	ninguna	A1	3200	0,000	10250	K
33	R-400 (50/50)	R-12/114 (50,0/50,0)	141,63	-20,8	129,1	1000	ninguna	A1		1,000	10000	M
34	R-401A	R-22/152a/124 (53,0/13,0/34,0)	94,44	-32,9	107,3	1000	ninguna	A1		0,033	1200	M
35	R-401B	R-22/152a/124 (61,0/11,0/28,0)	92,84	-34,5	105,6	1000	ninguna	A1		0,036	1300	M
36	R-401C	R-22/152a/124 (35,0/15,0/52,0)	101,03	-28,3	111,7		ninguna	A1		0,027	930	M
37	R-402A	R-125/290/22 (60,0/2,0/38,0)	101,55	-48,9	75,9	1000	ninguna	A1		0,019	2800	M
38	R-402B	R-125/290/22 (38,0/2,0/60,0)	94,71	-47,0	82,9	1000	ninguna	A1		0,030	2400	M
39	R-403A	R-290/22/218 (5,0/75,0/20,0)	91,99	-47,7	87,0	1000	1,3	A1		0,038	3100	M
40	R-403B	R-290/22/218 (5,0/56,0/39,0)	103,26	-49,2	79,6	1000	ninguna	A1		0,028	4500	M
41	R-404A	R-125/143a/134a (44,0/52,0/4,0)	97,60	-46,2	72,0	1000	ninguna	A1		0,000	3900	K
42	R-405A	R-22/152a/142b/C318 (45,0/7,0/5,5/42,5)	111,91	-32,6	106,1	1000	ninguna	d		0,026	5300	M
43	R-406A	R-22/600a/142b (55,0/4,0/4,0)	89,86	-32,5	116,9	1000	8,2	A2		0,056	1900	M
44	R-407A	R-32/125/134a (20,0/40,0/40,0)	90,11	-45,0	81,8	1000	ninguna	A1		0,000	2100	K
45	R-407B	R-32/125/134a (10,0/70,0/20,0)	102,94	-46,5	74,3	1000	ninguna	A1		0,000	2800	K
46	R-407C	R-32/125/134a (23,0/25,0/52,0)	86,20	-43,6	85,8	1000	ninguna	A1		0,000	1800	K

N°	Número de refrigerante	Nombre Químico - Identificación de Mezclas	Datos físicos			Datos de seguridad			Datos ambientales			
			Masa molecular	Punto de ebullición [°C]	Temperatura crítica [°C]	CMA-PPT [PPM]	Límite de inflamabilidad inferior [%]	Grupo de Seguridad Ashrae 34	Vida atmosférica [años]	PAO	PCG 100 años	Controlado por
47	R-407D	R-32/125/134a (15.0/15.0/70.0)	90,96	-39,2	91,2	1000	ninguna	A1	1,4	0,000	1600	K
48	R-407E	R-32/125/134a (25.0/15.0/60.0)	83,78	-42,7	88,3	1000	ninguna	A1	0,21	0,000	1600	K
49	R-408A	R-125/143a/22 (7.0/46.0/47.0)	87,01	-44,6	83,1	1000	ninguna	A1	0,21	0,024	3200	M
50	R-409A	R-22/124/142b (60.0/25.0/15.0)	97,43	-34,4	109,3	1000	ninguna	A1	0,015	0,046	1600	M
51	R-409B	R-22/124/142b (65.0/25.0/10.0)	96,67	-35,6	106,9	1000	ninguna	A1	2600	0,045	1600	M
52	R-410A	R-32/125 (50.0/50.0)	72,58	-51,4	70,5	1000	ninguna	A1	42	0,000	2100	K
53	R-411A	R-1270/22/152a (1.5/87.5/11.0)	82,36	-39,5	99,1	1000	5,5	A2	10,7	0,044	1600	M
54	R-411B	R-1270/22/152a (3.0/94.0/3.0)	83,07	-41,6	96,0	1000	7	A2	240	0,047	1700	M
55	R-412A	R-22/18/142b (70.0/5.0/25.0)	92,17	-38,0	107,2	1000	8,7	A2	7,6	0,053	2300	M
56	R-413A	R-218/134a/600a (9.0/88.0/3.0)	103,95	-33,4	96,6	1000	8,8	A2	5,1	0,000	2100	K
57	R-414A	R-22/124/600a/142b (51.0/28.5/4.0/16.5)	96,93	-33,0	112,7	1000	ninguna	A1	0,041	0,043	1500	K
58	R-414B	R-22/124/600a/142b (50.0/39.0/11.5/9.5)	101,59	-32,9	111,0	1000	ninguna	A1	3200	0,039	1400	M
59	R-415A	R-22/152a (82.0/18.0)	81,91	-37,2	102,0	1000	5,6	A2	0,041	0,041	1500	M
60	R-415B	R-22/152a (25.0/75.0)	70,19	-26,9	111,4	1000	WCF	A2		0,013	550	M
61	R-416A	R-134a/124/600 (59.0/39.5/1.5)	111,92	-24,0	107,0	1000	ninguna	A1		0,008	1100	M
62	R-417A	R-125/134a/600 (46.6/50.0/3.4)	106,75	-39,1	87,3	1000	ninguna	A1		0,000	2300	K
63	R-418A	R-290/22/152a (1.5/96.0/2.5)	84,60	-41,7	96,2	1000	8,9	A2		0,048	1700	M
64	R-419A	R-125/134a/E170 (77.0/19.0/4.0)	109,34	-42,6	79,3	1000	ninguna	A2		0,000	3000	K
65	R-420A	R-134a/142b (88.0/12.0)	101,84	-24,9	104,8	1000	ninguna	A1		0,008	1500	M
66	R-421A	R-125/134a (58.0/42.0)	111,75	-40,7	82,9	1000	ninguna	A1		0,000	2600	K
67	R-421B	R-125/134a (85.0/15.0)	116,93	-46,6	72,5	1000	ninguna	A1		0,000	3200	K
68	R-422A	R-125/134a/600a (85.1/11.5/3.4)	113,60	-45,5	71,8	1000	ninguna	A1		0,000	3100	K
69	R-422B	R-125/134a/600a (55.0/42.0/3.0)	108,52	-41,3	83,4	1000	ninguna	A1		0,000	2500	K
70	R-422C	R-125/134a/600a (82.0/15.0/3.0)	113,40	-45,9	73,2	1000	ninguna	A1		0,000	3100	K
71	R-422D	R-125/134a/600a (65.1/31.5/3.4)	109,93	-43,2	79,8	1000	ninguna	A1		0,000	2700	K
72	R-423A	R-134a/227ea (62.5/47.5)	125,96	-24,1	99,5	1000	ninguna	A1		0,000	2300	K

N°	Número de refrigerante	Nombre Químico - Identificación de Mezclas	Datos físicos			Datos de seguridad			Datos ambientales			
			Masa molecular	Punto de ebullición [°C]	Temperatura crítica [°C]	CMA-PPT [PPM]	Límite de inflamabilidad inferior [%]	Grupo de Seguridad Ashrae 34	Vida atmosférica [años]	PAO	PCG 100 años	Controlado por
73	R-424A	R-125/134a/600a/600/601a (50.5/47.0/0.9/1.0/0.6)	108,41	-39,7	86,3	1000	ninguna	A1		0,000	2400	K
74	R-425A	R-32/134a/227ea (18.5/69.5/12.0)	90,31	-38,1	93,9	1000	ninguna	A1		0,000	1500	K
75	R-426A	R-125/134a/600/601a (5.1/93.0/1.3/0.6)	101,56	-29,5	100,2	990	ninguna	A1 r		0,000	1500	K
76	R-427A	R-32/125/143a/134a (15.0/25.0/10.0/50.0)	90,44	-43,0	85,1	1000	ninguna	A1 r		0,000	2100	K
77	R-428A	R-125/143a/290/600a (77.5/20.0/0.6/1.9)	107,53	-48,4	68,9	1000	ninguna	A1 r		0,000	3600	K
78	R-500	R-12/152a (73.8/26.2)	99,30	-33,6	102,1	1000	ninguna	A1		0,738	8100	M
79	R-502	R-22/115 (48.8/51.2)	111,63	-45,2	80,2	1000	ninguna	A1		0,250	4700	M
80	R-503	R-23/13 (40.1/59.9)	87,25	-87,8	18,4	1000	ninguna			0,599	15000	M
81	R-507A	R-125/143a (50.0/50.0)	98,86	-46,7	70,5	1000	ninguna	A1		0,000	4000	K
82	R-508A	R-23/116 (39.0/61.0)	100,10	-87,6	10,2	1000	ninguna	A1		0,000	13000	K
83	R-508B	R-23/116 (46.0/54.0)	95,39	-87,6	11,2	1000	ninguna	A1		0,000	13000	K
84	R-509A	R-22/218 (44.0/56.0)	123,96	-49,7	68,4	1000	ninguna	A1		0,022	5700	M
85	R-600	Butano	58,12	-0,5	152,0	800	1,5	A3		0,018	~20	
86	R-600a	Isobutano	58,12	-11,7	134,7	800	1,7	A3		0,019	~20	
87	R-601	Pentano	72,15	36,1	196,6	600	1,4			0,01	~20	
88	R-601a	Isopentano	72,15	27,8	187,2	600	1	A3		0,01	~20	
89	R-702	Hidrógeno	2,02	-252,9	-240,0		4	A3		0,000		
90	R-704	Helio	4,00	-268,9	-268,0		ninguna	A1		0,000		
91	R-717	Amoniaco	17,03	-33,3	132,3	25	15	B2		0,01	<1	
92	R-718	Agua	18,02	100,0	373,9		ninguna	A1		0,000	<1	
93	R-729	Aire [78% N2, 21% O2, 1% Air+]	28,97	-194,2	-140,4		ninguna			0,000	0	
94	R-744	Dioxido de carbono	44,01	-78,4	31,0	5000	ninguna	A1		0,000	1	
95	R-764	Dioxido de azufre	64,06	-10,0	157,5	2	ninguna	B1		0,000	300	
96	HC-1150	Etileno	28,05	-103,8	9,2	1000	2,7	A3		0,004		
97	HC-1270	Propileno	42,08	-47,7	92,4	660	2,0	A3		0,001	~20	

N°	Número de refrigerante	Nombre Químico - Identificación de Mezclas	Datos físicos			Datos de seguridad			Datos ambientales		
			Mesa molecular [°C]	Punto de ebullición crítica [°C]	Temperatura crítica [°C]	CMA-PPT [PPM]	Límite de inflamabilidad inferior [%]	Grupo de Seguridad Ashrae 34	Vida atmosférica [años]	PAO	PCG 100 años
<p> Sujios en la clasificación de grupo de seguridad según Norma Ashrae 34, indican cambios que no han sido definidos aún ("o" para eliminarlo o "r" para revisión o adición) o "p" asignado para clasificaciones provisinales ; "d" indica que una clasificación previa fue suprimida.</p> <p>Fuente de datos está identificada en la hoja de datos de los refrigerantes, ante de usar los datos verifique los datos y limitaciones en las hojas de seguridad.</p> <p>The data presented, from left to right in the table are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • refrigerant number, if assigned, in accordance with ASHRAE Standard 34 /ASH04a, ASH06a, ASH06b, and ASH06c: An international standard is in preparation, but not yet final, as the primary document for designation and safety criteria /ISO06/, but the proposed designation systems are essentially consistent. • chemical formula, in accordance with the IUPAC convention /IUP79/ or, for blends, the blend composition in accordance with ASHRAE Standard 34 /ASH04a, ASH06a, ASH06b, and ASH06c/ • molecular mass calculated /Cal07/ based on the updated IUPAC atomic weights /Los03 and IUP05/ • normal boiling point (NBP) or, for blends, the bubble point temperature at 101.325 kPa • critical temperature (Tc) in °C or, for blends, the calculated pseudo-critical temperature • Threshold Limit Value - Time Weighted Average (TLV-TWA) in ppm v/v assigned by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) or a consistent occupational exposure limit lower flammability limit (LFL) in % concentration ambient air, determined in accordance with ASHRAE Standard 34 /ASH04a, ASH06a, ASH06b, and ASH06c/. • safety classification, if assigned, in accordance with ASHRAE Standard 34 /ASH04a, ASH06a, ASH06b, and ASH06c/: The proposed ISO 817 draft /ISO06/ further splits flammability group 2 ("lower flammability") into "2" and "2L", even though not shown in Table 2-1. Some of the classifications are followed or replaced by lower case letters that indicate: d indicates that a prior classification was deleted and that the refrigerant no longer has a safety classification p indicates a classification assigned on a provisional basis r signifies that SSPC 34 has recommended revision or addition of the classification as shown, but final approval and/or publication is still pending Future changes to some classifications are possible with development of the international standard /ISO06/ mentioned above. • atmospheric lifetime (atm) in years: Note that atm normally is not indicated for blends since it is ambiguous whether the time indicated pertains to the blend as formulated, a modified formulation as some components decompose more rapidly than others, or the most enduring component. • ozone depletion potential (ODP) relative to CFC-11 based on the semi-empirical values adopted in the Scientific Assessment /WMO06/ or, for blends, the mass-weighted averages /Cal07/ based on the IUPAC atomic weights /Los03 and IUP05/ of the component ODPs. The ODP indicates the relative ability of refrigerants (and other chemicals) to destroy stratospheric ozone. • global warming potential (GWP) relative to CO2 for 100-year integration based on the values adopted in the IPCC-TEAP special report /PCC05/ and the Scientific Assessment /WMO06/ or, for blends, the mass-weighted average based on the IUPAC atomic weights /Los03 and IUP05/ of the component GWPs. The values shown are direct GWPs; indirect and net GWPs are discussed in references IPCC05 and WMO06. The GWP values shown as "-20" in Table 1 for hydrocarbons reflect uncertainty in calculation, for which there is no scientific consensus at this time. The approximation shown lies in the range of uncertainty. Further study is needed using three-dimensional (3D) models for a range of release scenarios to determine representative GWPs for chemicals with very short atmospheric lifetimes /PCC05/, including most saturated and unsaturated hydrocarbons. • status: Refrigerants restricted (production limitations, phase-out, or measures to reduce releases) for environmental reasons are noted as follows: M controlled (or for blends one or more components is controlled) under the Montreal Protocol K controlled (or for blends one or more components is controlled) under the Kyoto Protocol. 											

Anexo B (Informativo)

Recomendaciones para el trabajo con equipos de refrigeración

B.1 Generalidades

Los técnicos e instaladores de equipos de refrigeración y climatización deben conocer las características y desempeños de las tecnologías aplicadas en refrigeración.

En este anexo se recomiendan los criterios que se deben aplicar en el trabajo con sistemas de refrigeración por compresión de gas refrigerante, entendiéndose que la operación de un refrigerador o aire acondicionado doméstico, tiene el mismo principio que las grandes instalaciones de refrigeración o climatización comercial o industrial.

B.1.1 Tipo de refrigerante

Los equipos trabajan con tres tipos de refrigerantes; CFC denominados de término, HCFC denominados de transición, HFC denominados de largo término. Las tres categorías se denominan sustancias sintéticas puras. Ya que estos carburos halogenados se pueden mezclar entre sí, de estos tres tipos se elaboran las mezclas de refrigerantes azeotrópicos, las cuales se comportan como una sustancia sintética pura, es decir, que con los continuos cambios de estado en el interior del sistema de refrigeración y/o climatización, como la condensación y la evaporación, no se alteran sus comportamientos termodinámicos. Por otro lado, se encuentran las mezclas zeotrópicos, sustancias que debido a cambios de estado en el sistema de refrigeración y climatización, sí sufren alteraciones termodinámicas, como por ejemplo, tener una temperatura de saturación variable a una presión constante, o tener diferencias en los porcentajes tanto en estado líquido y vapor, de acuerdo a los refrigerantes con los cuales se fabricó esta sustancia.

Se debe tener en cuenta que la mayoría de estos refrigerantes y los de transición son del tipo zeotrópico, y los técnicos se deben familiarizar con su comportamiento y evaluar su trabajo en los gráficos de presión-entalpía.

B.1.2 Tipo de lubricante

Los lubricantes que se utilizan en los sistemas de refrigeración y climatización por compresión de vapor refrigerante, sólo se requieren para la lubricación del motocompresor, sin embargo, no existe dispositivo que evite totalmente que este lubricante recorra el interior del sistema de refrigeración y climatización. El problema es que el lubricante necesita retornar al compresor y la única manera de lograrlo es siendo miscible con el refrigerante. La mayoría de los refrigerantes CFC y HCFC son miscibles con lubricantes nafténicos o

minerales, sin embargo, los refrigerantes del tipo HFC sólo son miscibles con lubricantes sintéticos.

Los lubricantes sintéticos son en promedio 10 veces más higroscópicos que los lubricantes minerales, motivo por el cual, su utilización se debe hacer con prolija severidad, ya que esta situación puede desencadenar una reacción hidrolítica que puede contaminar con ácidos todo el sistema, deteriorando el lubricante y el refrigerante.

B.1.3 Tipo de bomba de vacío

La importancia del vacío en el interior del sistema de refrigeración y climatización por compresión de gas refrigerante, radica en que si se realiza bien este procedimiento, se logra reducir la totalidad de los gases no condensables en el interior del sistema de refrigeración y/o climatización y toda la humedad en estado de vapor; la condensada en el interior y la adherida al lubricante. Para lograr este objetivo es necesario contar con una bomba de vacío de doble etapa o vacío profundo y un vacuómetro por termistor o electrónico. La recomendación de los fabricantes de equipos de refrigeración y climatización, es obtener lecturas de vacío de 250 micras de columna de mercurio. Con este valor se asegura la eliminación total de humedad y de gases no condensables. Además, al permanecer en vacío por un tiempo mínimo de 15 min se asegura la hermeticidad total del sistema.

B.1.4 Tipo de dispositivo de expansión, deshidratador y filtros

Los equipos de refrigeración y climatización, como un todo, generalmente integran el dispositivo de expansión de fábrica, ya sea en el caso de un refrigerador o climatizador, sin embargo, en la categoría de los equipos split (divididos), el instalador debe seleccionar el dispositivo de expansión, deshidratador y filtros de líneas. Generalmente, para la categoría de refrigerantes CFC y HCFC los elementos citados son muy similares, pero en el caso de utilizar refrigerantes sin cloro, el dispositivo de expansión debe tener un orificio más pequeño, que evite una gran inundación con refrigerante líquido en el evaporador, lo cual daña por migración de líquido al motocompresor.

En el caso de los filtros de líneas y del filtro deshidratador para refrigerantes CFC y HCFC, éstos deben retener partículas más pequeñas. Para los refrigerantes sin cloro, se recomienda que el elemento deshidratador sea de esferas compactadas, el cual logra capturar la humedad de mejor forma que un filtro deshidratador con esferas de sílica, el cual logra retener gran parte de la humedad en los sistemas de refrigeración.

B.1.5 Procedimiento de carga del refrigerante

Las instalaciones se deben cargar considerando la masa de refrigerante que debe utilizar el sistema de refrigeración y/o climatización. Generalmente, la

mayoría de los equipos traen su carga de refrigerante y especifican también la cantidad utilizada de fábrica, sin embargo, en muchos casos esta carga se debe completar o incorporarla por completo, utilizando los métodos de carga por el lado de baja o alta presión. Estos métodos deben estar siempre actualizados de acuerdo al tipo de refrigerantes a cargar, específicamente con los refrigerantes del tipo mezcla zeotrópica, los cuales siempre deben salir del cilindro de almacenaje en estado líquido, debiéndose tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar dañar el motocompresor.

B.2 Sistemas de refrigeración y climatización montados in situ

Para la selección del sistema se debe tener en consideración lo que se establece en ANSI/ASHRAE 15:2007, Tabla 2, respecto de la cantidad de refrigerante por espacio ocupado según su aplicación, la clasificación de los refrigerantes de acuerdo a su seguridad según se establece en cláusula 5 de esta norma y los requisitos para la instalación y operación de sistemas y equipos de refrigeración y climatización que se establece en cláusula 7 de esta norma.

En los sistemas de refrigeración montados en in situ se deben aplicar las recomendaciones siguientes:

B.2.1 Refrigerantes

En Figura 1 de esta norma se establece la clasificación de los refrigerantes de acuerdo a su seguridad, en ANSI/ASHRAE 15:2007, Tabla 2, se indica la cantidad de refrigerante para un espacio determinado, más allá de la cual se requiere de una sala de maquinaria. En Anexo A de esta última, se indica los elementos que permiten determinar las concentraciones permitidas. Con excepción del amoníaco (R-717), todos los demás refrigerantes comúnmente utilizados, son más pesados que el aire. Conviene evitar que se formen bolsas de vapor de los refrigerantes pesados, colocando correctamente las aberturas de entrada y salida de ventilación. En adelante las salas de maquinarias deben poseer ventilación mecánica y una alarma que indique un déficit de oxígeno o un exceso de vapor refrigerante.

NOTA - Para información sobre materiales, diseño e instalación de sistemas frigoríficos con amoníaco, ver ANSI/IIAR-2.

B.2.2 Materiales

Todos los materiales utilizados en los sistemas de refrigeración y climatización, deben ser los diseñados para el tipo de refrigerante que se utilice. El material no se debe deteriorar por efecto del refrigerante, el lubricante o una combinación de ellos, en presencia de aire o humedad, hasta el punto de representar un peligro para la salud. Por ejemplo, el cobre y sus aleaciones no se pueden utilizar en contacto con el amoníaco.

B.2.3 Presión de diseño (alta presión)

La presión de diseño no puede ser menor a la presión que se produce en las condiciones máximas de funcionamiento, reposo o transporte del sistema de refrigeración o climatización. Al seleccionar la presión de diseño, se debe dejar un margen pertinente para colocar los dispositivos de limitación o de descompresión, a fin de evitar que el mecanismo se detenga y se pierda refrigerante.

B.2.4 Recipientes presurizados para el refrigerante

Los recipientes de dimensiones interiores menores o iguales que 152 mm (6 pulgadas) y de cualquier longitud, deben cumplir con los requisitos de diseño, fabricación y ensayos según Código ASME. Además deben estar protegidos por un dispositivo de seguridad o un fusible.

Los recipientes de dimensiones interiores mayores que 152 mm (6 pulgadas) deben cumplir con los requisitos de diseño, fabricación, inspección y comprobación durante la construcción de recipientes no sometidos a fuego, según Código ASME.

Los recipientes de líquido, cuando se usan, o las piezas de un sistema diseñado para recibir la carga de refrigerante durante una operación de vaciado, han de tener la capacidad suficiente para recibir dicha carga. El líquido no puede ocupar más del 90% del volumen bajo la temperatura ambiental más alta.

NOTA - Esto no significa que el volumen del receptor tenga que contener la carga total del sistema, sino sólo la cantidad que se transfiere.

B.2.5 Almacenamiento del refrigerante

El refrigerante almacenado en una sala de máquinas, no puede pesar más que 150 kg de la carga que contenga el sistema, y se debe almacenar en un depósito fijo permanente y únicamente en contenedores de almacenamiento homologados. Dichos contenedores deben estar rotulados de acuerdo a su contenido.

Los contenedores de refrigerantes nuevos se deben aceptar marcados en su envoltorio y recipiente, mediante una identificación fácil de su designación.

B.2.6 Tuberías, válvulas, uniones y otras piezas en contacto con refrigerante Deben cumplir con ASME B31.5.

Utilizar válvulas de seguridad, para evitar que el exceso de presión dañe el equipo.

Utilizar dispositivos duales de descompresión con piezas de recambio, para facilitar la reparación o el cambio de las válvulas de presión, sin afectar la seguridad de la planta.

Asegurarse de que no se puede exceder la presión máxima de funcionamiento cuando se combina la acción del disco de seguridad con la de una válvula de escape, para evitar la pérdida de refrigerante. El diseño ha de prevenir cualquier restricción a la entrada de la válvula de seguridad, incluso en caso de ruptura del disco de seguridad.

Evitar que el refrigerante líquido se pueda estancar entre dos puntos de un sistema donde no exista un dispositivo de escape de presión, como una válvula aliviadora de derivación, que desvíe el líquido a una zona de baja presión del sistema.

Instalar sistemas de alarma para detectar el exceso de presión en la maquinaria, durante la operación y/o detención del equipo.

Los medidores de nivel de líquido mediante columna de vidrio han de tener válvulas de corte con cierre automático, y dichas columnas tienen que estar protegidas.

Respetar las normas de seguridad para sistemas readaptados con refrigerantes alternativos, inflamables o tóxicos, como hidrocarburos o amoníaco.

B.2.7 Graduación de los manómetros

Es conveniente verificar la precisión de los manómetros antes de una prueba e inmediatamente después de cada subida de presión anormal que implique lecturas de alto rango. Esta verificación se puede hacer, ya sea, comparando con manómetros patrones o de referencia o mediante un ajuste de agujas con un medidor de manómetros de presión cero, debidamente calibrados.

Anexo C

(Informativo)

Bibliografía

- [1] ANSI/ASHRAE 15:2007 Safety standard for refrigeration Systems.
- [2] PNUMA, TM 2S, 2001 Training manual for good practices in refrigeration.
- [3] PNUMA, GB 8, 1999 Recovery and recycling systems: Guidelines - Phasing out ODS in developing countries.
- [4] PNUMA, Principios para el uso responsable de HFC.
- [5] PNUMA, Manual de capacitación de oficiales de aduana en los países en desarrollo.
- [6] Protocolo de Montreal, 1999 Eliminación de SAO en los países en desarrollo en el sector de la refrigeración. (Guía para la aplicación de los códigos de buenos procedimientos).
- [7] Protocolo de Montreal, 1999 Environmental code of practice for elimination of fluorocarbon emissions from refrigeration and air conditioning system.
- [8] Protocolo de Montreal, 1999 National training of good practices in refrigeration.
- [9] DuPont Refrigerants, 2010 Características de los refrigerantes.
- [10] Instituto de Refrigeración y Climatización de EE.UU. Editorial Prentice Hall. 3ª edición Manual enciclopedia de refrigeración y climatización.
- [11] Juan Antonio Ramírez. Editorial CEAC. 3ª edición Enciclopedia de la Climatización. Tomo Refrigeración.

