



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Progreso mediante la innovación



Manual especializado de buenas prácticas en el

Manejo de hidrocarburos para el sector refrigeración

Autor:

Gildardo Yañez, Especialista Internacional en Tecnologías de Refrigeración y Eficiencia Energética

Revisores:**Bolivia**

German Torres, Universidad Mayor de San Simón (UMSS)

Colombia

Antonio Ospino, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)

Jonathan Díaz, Experto en Refrigeración y Climatización

Ecuador

Hugo Zúñiga, Escuela Politécnica Nacional

Erick Coyago, Escuela Politécnica Nacional

Juan Astudillo, Indurama

Guatemala

Carlos Herrera, Fogel

México

Pedro Hernández, IMBERA- REPARÉ

Nicaragua

Osmel Escobar, Experto en Refrigeración

Venezuela

Edgar Oropeza, Experto en Refrigeración

Eligio Antonio Oropeza, Experto en Refrigeración

Jorge Puebla, Experto en Refrigeración

Reconocimiento ONUDI

Alois Mhlana, Jefe de la División de Innovación Climática

y Protocolo de Montreal

Rodrigo Serpa, Oficial de Desarrollo Industrial

Georgina Tapia, Asistente de proyecto

Angie Montenegro, Asistente de proyecto

Alan Bastida, Experto de la Enmienda de Kigali

Jhorel Guzmán, Experto nacional en gestión de proyectos - Bolivia

Luis Bedoya, Experto nacional en gestión de proyectos - Ecuador

Agradecimientos especiales

Agradecemos el apoyo técnico especializado de Araceli Sandín Pérez, ingeniería de aplicación

y capacitadora; Carlos Uriel Cabrera Facundo, capacitador; Pedro Hernández Mondragón,

Gerente técnico y director del Instituto de Capacitación en Refrigeración y Aire Acondicionado

ACR, y del ingeniero Heriberto Iturbide, Director General de la empresa Control, Enfriamiento

y Calor de México.

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal y con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

Este documento se ha elaborado sin la edición oficial de las Naciones Unidas. Las denominaciones empleadas y la presentación del material en este documento no implican la expresión de ninguna opinión en absoluto por parte de la ONUDI relativa a la condición jurídica de los países, territorios, ciudades o sus respectivas autoridades, concernientes a la delimitación de fronteras o límites territoriales, sistema económico o grado de desarrollo. Los términos referidos como “desarrollado”, “industrializado” y “en desarrollo” son empleados por conveniencia estadística y no expresan necesariamente un juicio sobre la etapa alcanzada por un país o área en particular en el proceso de desarrollo. La mención de nombres de empresas o productos comerciales no constituye un respaldo por parte de la ONUDI.

Manual especializado de buenas prácticas en el

Manejo de hidrocarburos para el sector refrigeración

CONTENIDO

Capítulo 1

Hidrocarburos en refrigeración: Introducción Esencial

- 1.1. Evolución de los refrigerantes 2
- 1.2. Beneficios ambientales y desafíos técnicos 3
- 1.3. Propiedades de los HC 6

Capítulo 2

Principios clave del ciclo de refrigeración: La ciencia detrás del enfriamiento

- 2.1. Principios básicos de refrigeración 11
- 2.2. Ciclo de refrigeración (por compresión de vapor) 23

Capítulo 3

Seguridad primero: Normas y protocolos para refrigerantes inflamables

- 3.1. Manejo de refrigerantes hidrocarburos 31
- 3.2. Inflamabilidad 32
- 3.3. Estándar 34 ASHRAE: Clasificación de refrigerantes según toxicidad e inflamabilidad 33
- 3.4. Protección contra fuego 34
- 3.5. Primeros auxilios 36

Capítulo 4

Buenas prácticas para el manejo seguro de cilindros de refrigerantes HC

- 4.1. Manejo apropiado de cilindros 39
- 4.2. Mejores prácticas en almacenamiento y transporte de cilindros 42

Capítulo 5

Cumplimiento seguro: Regulaciones y normas que importan

- 5.1. Marcas de seguridad de los productos 47
- 5.2. Normas Internacionales para equipos de refrigeración con HC 48

Capítulo 6

Refrigeración segura: Elevando estándares para HC

- 6.1. Atmosferas explosivas 51
- 6.2. Limitaciones del tamaño de carga 52

54

Capítulo 7	
Refrigerantes HC: Protocolos, equipos y herramientas esenciales	57
7.1. Herramientas y equipos de trabajo específicos para el uso de refrigerantes inflamables	58
7.2. Equipo de protección personal básico	65
Capítulo 8	
Soldadura segura y eficiente en refrigeración	69
8.1. Procedimientos y pasos por seguir en el proceso de soldadura fuerte	71
8.2. Herramientas para soldadura	75
8.3. Herramientas para unir tubería con acoplamientos	79
Capítulo 9	
Instalación y puesta en marcha de equipos con HC: Guía para profesionales	85
9.1. Recomendaciones antes de la instalación	85
9.2. Instalación y puesta en marcha	87
9.3. Medición del tiempo de descenso de temperatura	90
Capítulo 10	
Guía de mantenimiento HC: Prevención y soluciones	92
10.1. Proceso de reparación para un equipo de refrigeración doméstico	93
10.2. Recuperación de refrigerante HC	97
10.3. Tipos de mantenimiento necesarios para la inspección, diagnóstico y reparación de un equipo de refrigeración comercial con refrigerante HC	98
10.4. Reparación de un equipo de refrigeración comercial o doméstico con HC	99
10.5. Montaje del sistema de refrigeración	100
10.6. Inspección y prueba de fugas en las uniones de tuberías	101
10.7. Vacío del sistema de refrigeración	102
10.8. Carga de refrigerante HC en equipos de refrigeración comercial o doméstico	102
10.9. Verificación de fugas de refrigerante HC	103
10.10. Bitácora de servicio para equipos de refrigeración con HC	104
Capítulo 11	
Protección eléctrica: Seguridad para tus equipos	106
11.1. Clases de protección eléctrica	107
Anexo	109
Hojas de Seguridad	110
Glosario técnico	115
Referencias bibliográficas	118
Acrónimos y siglas	121

Capítulo

1



Capítulo 1

HIDROCARBUROS EN REFRIGERACIÓN: INTRODUCCIÓN ESENCIAL

La evolución de los refrigerantes en la industria de la refrigeración ha sido impulsada por la búsqueda de soluciones más sostenibles y eficientes, en línea con los acuerdos internacionales y la demanda de tecnologías ambientalmente responsables. Los hidrocarburos, como el propano (R-290) y el isobutano (R-600a), se han posicionado como alternativas viables gracias a su bajo potencial de calentamiento global (PCG) y su nulo potencial de agotamiento de la Capa de Ozono (PAO). Este capítulo explora el desarrollo de los refrigerantes, desde los primeros compuestos utilizados hasta las innovaciones actuales que han permitido la adopción segura y eficiente de hidrocarburos en diversos sistemas.

El uso de hidrocarburos (HC) en la refrigeración presenta importantes beneficios ambientales y de eficiencia energética, pero también conlleva desafíos técnicos debido a su naturaleza inflamable. Por ello, a continuación se abordan las propiedades físicas y termodinámicas de los hidrocarburos y las aplicaciones típicas de estos refrigerantes en la industria de la refrigeración. Además, se presentan las características técnicas de los principales hidrocarburos utilizados, como el R-290 y el R-600a, para comprender su potencial y sus limitaciones en la implementación de sistemas más sostenibles y seguros.

1.1. Evolución de los refrigerantes

El desarrollo de los refrigerantes en la industria de la refrigeración ha sido un proceso continuo, marcado por la necesidad de encontrar soluciones cada vez más eficientes y sostenibles. En los primeros años, refrigerantes como el amoníaco (NH_3) se utilizaron ampliamente debido a sus propiedades térmicas, pero a medida que la industria creció, los gases sintéticos, como el CFC-12 y el HCFC-22, se convirtieron en los refrigerantes más comunes debido a su estabilidad y no toxicidad. Sin embargo, el descubrimiento de su impacto negativo sobre la capa de ozono condujo a la firma del Protocolo de Montreal en 1987, el cual estableció la eliminación progresiva de estos compuestos y marcó un punto de inflexión en la industria.

Con la implementación del Protocolo de Montreal y posteriormente la Enmienda de Kigali en 2016, que amplió las metas para incluir la reducción de hidrofluorocarbonos (HFCs) debido a su alto potencial de calentamiento global (PCG), la industria se vio impulsada a innovar en la búsqueda de refrigerantes más ecológicos. En este contexto, los hidrocarburos destacan como una de las alternativas más prometedoras. Compuestos como el propano (R-290) y el isobutano (R-600a) han ganado popularidad gracias a sus propiedades favorables, que incluyen un PCG ultra bajo y un nulo PAO. Además, los hidrocarburos son altamente eficientes en términos energéticos, lo que los convierte en una opción atractiva para sistemas comerciales, domésticos e industriales.



Los hidrocarburos representan una apuesta hacia el futuro de la refrigeración sostenible

La innovación en la industria de la refrigeración se ha centrado en adaptar los sistemas y las tecnologías para integrar los hidrocarburos de manera segura y efectiva. Dado que estos refrigerantes son inflamables, se han desarrollado nuevas normativas y tecnologías de seguridad para garantizar su manejo apropiado. Esto incluye mejoras en las técnicas de instalación, monitoreo en tiempo real de fugas, y el uso de equipos de protección personal específicos para trabajar con hidrocarburos. Estas innovaciones no solo han permitido que los hidrocarburos se adopten de manera más amplia, sino que también han impulsado un cambio en las prácticas de la industria, enfocándose en la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental. Al final, la adopción de hidrocarburos no solo cumple con las exigencias del Protocolo de Montreal y la Enmienda de Kigali, sino que también representa una apuesta hacia el futuro de la refrigeración sostenible.

1.2. Beneficios ambientales y desafíos técnicos

Los hidrocarburos ofrecen numerosos beneficios ambientales como una alternativa sostenible a los refrigerantes sintéticos tradicionales (CFCs, HCFCs, HFCs y HFOs). Sin embargo, también presentan desafíos técnicos importantes que deben ser gestionados adecuadamente para garantizar su uso seguro y efectivo en la industria de la refrigeración.

Beneficios ambientales

- Bajo PCG: El R-290 y R-600a tienen un PCG extremadamente bajo en comparación con los HFCs. Esto significa que su contribución al calentamiento global

es mínima, lo que los convierte en una opción alineada con las metas del Protocolo de Montreal y la Enmienda de Kigali para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

- **Nulo PAO:** A diferencia de los CFCs y HCFCs, los hidrocarburos no contienen cloro, lo que garantiza que no contribuyan a la destrucción de la capa de ozono. Esto los convierte en una opción segura para el medio ambiente y cumplir con las regulaciones internacionales.
- **Alta eficiencia energética:** Los sistemas de refrigeración que utilizan hidrocarburos suelen ser más eficientes energéticamente en comparación con aquellos que emplean refrigerantes sintéticos. Esto se traduce en un menor consumo de energía, lo que a su vez reduce las emisiones de CO₂ asociadas con la generación de electricidad y disminuye los costos operativos.

Desafíos técnicos

- **Inflamabilidad:** Uno de los mayores desafíos de los hidrocarburos es su naturaleza inflamable. Este riesgo exige un manejo especializado y la implementación de medidas de seguridad rigurosas, tanto en la instalación como en el mantenimiento de los sistemas. Los técnicos deben recibir capacitación específica para minimizar riesgos, y los equipos deben estar diseñados para trabajar con este tipo de refrigerantes, además de contar con dispositivos de detección de fugas y ventilación adecuada.
- **Regulaciones y normativas:** La adopción de hidrocarburos como refrigerantes está sujeta a normativas internacionales que regulan su uso seguro. Por ejemplo, la ASHRAE 34 clasifica a los hidrocarburos en categorías de inflamabilidad, lo que impone límites de carga y requerimientos de diseño en los sistemas que los emplean. Los técnicos deben estar familiarizados con estas normativas para garantizar que los equipos cumplan con los estándares y operen de manera segura.
- **Adaptación de equipos y sistemas:** Aunque los hidrocarburos son compatibles con muchas tecnologías de refrigeración, la adaptación de equipos para su uso requiere modificaciones específicas. Los sistemas deben estar diseñados para manejar cargas más pequeñas y para operar en atmósferas seguras. Esto implica la necesidad de actualizar componentes, como compresores y ventiladores, que deben ser compatibles con la naturaleza inflamable de los hidrocarburos.
- **Capacitación y conciencia técnica:** El uso seguro y eficiente de hidrocarburos en la refrigeración requiere que los técnicos adquieran habilidades y conocimientos específicos. La capacitación debe cubrir desde la manipulación segura y las prácticas de mantenimiento, hasta la correcta instalación y configuración de estos sistemas.

Tabla 1. Tipos de refrigerantes

Tipo de refrigerante	Refrigerante	PCG (Potencial de Calentamiento Global)	Comentarios
Fluorados (HFC)	R-134a	1,430	CAire acondicionado automotriz y refrigeración autocontenida (doméstica y comercial)
	R-404A	3,922	Usado en refrigeración comercial
	R-410A	2,088	Popular en sistemas de aire acondicionado residenciales
	R-32	675	Alternativa con menor PCG; usado en aires acondicionados nuevos
Naturales	CO ₂ (R-744)	1	No inflamable, pero requiere alta presión
	Amoníaco (R-717)	0	Eficiente y de bajo costo; tóxico y corrosivo
	Propano (R-290)	0	Alta eficiencia; inflamable
	Isobutano (R-600a)	0	Usado en refrigeradores domésticos; inflamable
HFOs (Hidrofluoroolefina)	R-1234yf	<1	Aire acondicionado automotriz
	R-1234ze	<1	Alternativa de bajo PCG para aplicaciones industriales
Blends (Mezclas)	R-448A	1,386	Mezcla para reemplazar R-404A en aplicaciones comerciales
	R-449A	1,397	Mezcla para reemplazar R-404A en aplicaciones comerciales
HCFCs (ya en eliminación)	R-22	1,810	Gradualmente eliminado por ser una sustancia agotadora de la capa de ozono

Nota: Los valores de PCG se basan en un horizonte temporal de 100 años. Algunos refrigerantes naturales, aunque tienen bajo o nulo PCG, pueden presentar desafíos como inflamabilidad o toxicidad.

*Fuente: AR6 del Panel Intergubernamental del Cambio Climático

Los HC se aplican principalmente en sistemas de refrigeración autocontenidos, circuitos secundarios y sistemas en cascada.

- Refrigeración en supermercados
- Enfriadores de líquido (chillers) aprobados
- Aparatos de refrigeración (refrigeradores domésticos y refrigeradores comerciales)
- Máquinas para hacer helado
- Máquinas para hacer hielo

1.3. Propiedades de los HC

Los hidrocarburos son sustancias orgánicas compuestas exclusivamente de hidrógeno y carbono. Debido a su estructura química, estos refrigerantes naturales tienen varias propiedades que los hacen especialmente adecuados para su uso en aplicaciones de refrigeración:

Alto Coeficiente de Rendimiento (COP): Los hidrocarburos, como el propano y el isobutano, ofrecen un coeficiente de rendimiento elevado, lo que les permite transferir calor de forma eficiente. Esto se traduce en una mayor eficiencia energética, lo que es beneficioso tanto para la reducción de costos operativos como para la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Compatibilidad con materiales y tecnología existente: Los hidrocarburos son compatibles con la mayoría de los materiales utilizados en los sistemas de refrigeración convencionales. Esto facilita su implementación en sistemas existentes sin la necesidad de realizar cambios significativos en los equipos.

Bajo PCG: Como ya se ha señalado, uno de los principales beneficios de los hidrocarburos es su nulo PCG. Por ejemplo, el PCG del R-290 (propano) es de 0, en comparación con el PCG de 1,430 del R-134a, un HFC comúnmente utilizado. Esto hace que los hidrocarburos sean una alternativa significativamente más amigable con el medio ambiente.

Los hidrocarburos han demostrado ser especialmente efectivos en una variedad de aplicaciones, su capacidad para operar a presiones similares a las de otros refrigerantes comunes facilita su integración en una amplia gama de sistemas.



Los hidrocarburos son sustancias orgánicas compuestas exclusivamente de hidrógeno y carbono



El isobutano (R-600a)

El isobutano (R-600a) se ha convertido en el refrigerante estándar en la mayoría de los refrigeradores domésticos en muchas partes del mundo. Su nulo PCG y su alta eficiencia energética lo hacen ideal para este tipo de aplicaciones, donde se requiere un rendimiento confiable y de bajo impacto ambiental.

Características técnicas principales:

- Fórmula química: C_4H_{10} (Isobutano)
- Nombre químico: 2-metilpropano
- Peso molecular: 58.12 g/mol
- Clasificación ASHRAE: A3 (Alta inflamabilidad, baja toxicidad)
- Temperatura crítica: 134.98°C (274.96°F)
- Presión crítica: 3.64 MPa (Psi) (36.4 bar)
- Temperatura de ebullición: -11.7°C (10.9°F) a presión atmosférica
- Calor latente de vaporización: Aproximadamente 364 kJ/kg a 0°C
- Densidad del vapor: 2.51 kg/m³ a 0° C
- Capacidad volumétrica de refrigeración: Menor que la de otros refrigerantes como el R134a, lo que requiere un volumen de carga relativamente pequeño.
- Compatibilidad con materiales: Compatible con aceites lubricantes a base de hidrocarburos y algunos aceites sintéticos. Es importante verificar la compatibilidad de sellos y juntas debido a la naturaleza del hidrocarburo.
- Potencial de agotamiento de ozono: 0
- Potencial de calentamiento global: 0
- Inflamabilidad: Es un gas inflamable, lo que requiere medidas de seguridad adicionales en su manejo y almacenamiento.
- Eficiencia energética: R600a es conocido por su alta eficiencia energética en aplicaciones de baja y media temperatura, lo que lo hace ideal para refrigeradores domésticos.
- Propiedades termodinámicas: Ofrece un rendimiento termodinámico eficiente y es adecuado para sistemas de baja capacidad con alta eficiencia energética.



El propano (R-290)

El propano (R-290) es ampliamente utilizado en vitrinas refrigeradas, dispensadores de bebidas y equipos similares en el sector comercial. Estos equipos, que a menudo operan en entornos de alta demanda, se benefician de la alta eficiencia y el bajo impacto ambiental del propano.

Características técnicas principales del Propano R-290:

- Fórmula química: C_3H_8 (Propano)
- Nombre químico: Propano
- Peso molecular: 44.10 g/mol
- Clasificación ASHRAE: A3 (Alta inflamabilidad, baja toxicidad)
- Temperatura crítica: 96.7°C (206.1°F)
- Presión crítica: 4.25 MPa (Psi) (42.5 bar)
- Temperatura de ebullición: -42.1° C (-43.8°F) a presión atmosférica
- Calor latente de vaporización: Aproximadamente 425 kJ/kg a -40°C
- Densidad del vapor: 1.87 kg/m³ a 0°C
- Capacidad volumétrica de refrigeración: Mayor que la de muchos otros refrigerantes, lo que permite una menor carga de refrigerante en los sistemas.
- Compatibilidad con materiales: Compatible con aceites lubricantes a base de hidrocarburos y algunos aceites sintéticos. Es importante verificar la compatibilidad de los materiales de sellado y las juntas, debido a la naturaleza del hidrocarburo.
- Potencial de agotamiento de ozono: 0
- Potencial de calentamiento global: 0
- Inflamabilidad: El R-290 es un gas altamente inflamable, lo que requiere estrictas medidas de seguridad durante su manipulación y almacenamiento.
- Eficiencia energética: Es altamente eficiente, lo que lo convierte en una excelente opción para aplicaciones que requieren alta eficiencia energética para refrigeración.
- Propiedades termodinámicas: Ofrece excelentes propiedades termodinámicas, con un rendimiento energético superior y una gran capacidad de refrigeración volumétrica, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones.

Tabla 2. Propiedades físicas de refrigerantes HC

Propiedades físicas	Isobutano (R-600a)	Propano (R-290)
Temperatura de evaporación en °C	-11.75	-42.11
Calor específico de líquido a 30°C (Kj/Kg-K)	1.150	2.777
Calor específico del vapor a 30°C(Kj/Kg-K)	1.835	2.088
Densidad del líquido a 30°C (Kg/m3)	544.3	484.4
Densidad del vapor a 30°C (Kg/m3)	0.09542	0.04264
Conductividad térmica del líquido a 30°C (mW/m-K)	87.5	91.4
Conductividad térmica del vapor a 30°C (mW/m-K)	17.37	19.72
Viscosidad del líquido a 30 °C μPA·s	87.5	92.2
Viscosidad del vapor a 30 °C μPA·s	7.63	8.46
Pureza mínima	99.5%	99.5%
Propiedades medioambientales	Isobutano (R-600a)	Propano (R-290)
PAO (R11=1)	0	0
PCG (CO ₂ =1)	0	0
Compatibilidad con lubricantes	Isobutano (R-600a)	Propano (R-290)
Lubricante mineral	Compatible	Compatible
Lubricante alquibenceno	Compatible	Compatible
Lubricante polioléster (POE)	Compatible	Compatible

Fuente: ASHRAE Handbook 2024 Fundamentals.

Capítulo

2



Capítulo 2

PRINCIPIOS CLAVE DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN: LA CIENCIA DETRÁS DEL ENFRIAMIENTO

2.1. Principios básicos de refrigeración

Generalmente confundimos la palabra refrigeración con frío y con enfriamiento; sin embargo, la ingeniería de refrigeración se centra en la transmisión de calor. Es uno de los conceptos fundamentales que deben ser comprendidos para entender la operación de un sistema de refrigeración.

Las definiciones que a continuación se describen constituyen una base teórica suficiente para comprender los procesos físicos y termodinámicos que sufre el refrigerante en un circuito de refrigeración.

Termodinámica

La termodinámica es una rama de la ciencia que trata sobre la acción mecánica del calor. La primera y más importante ley de la termodinámica dice:

«La energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede transformarse de un tipo de energía a otro».

Calor

El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía térmica; el calor es frecuentemente definido como energía en tránsito, porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos cálidos a los cuerpos fríos. Los términos “más caliente” o “más frío” son términos comparativos del cero absoluto, aún en cantidades extremadamente pequeñas. Cero absoluto es el término usado por los científicos para describir la temperatura más baja que teóricamente es posible lograr, en la cual no existe calor, y que es de -273°C , es decir, -460°F .

La temperatura más baja registrada en la Tierra es considerablemente más alta que ese valor.

Temperatura

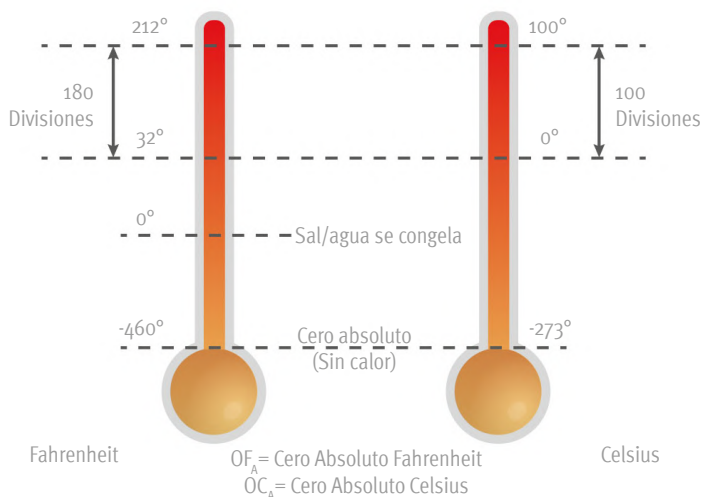
La temperatura es la escala usada para medir la intensidad de calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía térmica. También puede definirse como el grado de calor sensible (definido más adelante) que tiene un cuerpo en comparación con otro.



La ingeniería de refrigeración se centra en la transmisión de calor

La temperatura se mide en grados Fahrenheit y Celsius, ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el punto de ebullición del agua a nivel del mar.

Al nivel del mar el agua se congela a 0°C o a 32°F y el punto de ebullición es de 100°C , es decir, 212°F . En la escala Fahrenheit, la diferencia de temperatura entre estos dos puntos se divide en 180 incrementos de igual magnitud llamados grados Fahrenheit, mientras que en la escala de Celsius la diferencia de temperatura está dividida en 100 incrementos iguales.

**Ilustración 1.**

Termómetro comparativo de escalas de temperatura

La relación que existe entre las escalas Fahrenheit y Celsius se establece por las siguientes fórmulas:

$$100/180 = 5/9$$

$$\text{Celsius} = 5/9 (\text{Fahrenheit} - 32)$$

$$\text{Fahrenheit} = 9/5 (\text{Celsius} + 32)$$

Medida del calor

La unidad básica para medir el calor es el gramo-caloría, que equivale a 1 gramo-caloría para incrementar en 1 grado celsius la temperatura de 1 gramo de agua.

En el sistema inglés, la unidad de calor es el British Thermal Unit, comúnmente conocida como BTU, que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 libra de agua en 1 grado Fahrenheit.

Transmisión de calor

La segunda ley importante de la termodinámica es aquella según la cual el calor siempre viaja del cuerpo más cálido al cuerpo más frío. El grado de transmisión es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos.

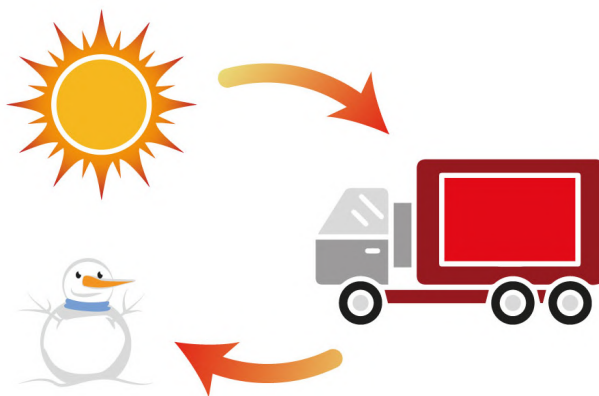


Ilustración 2.

El calor viaja a la parte más fría. Éste puede viajar en tres diferentes formas: radiación, conducción y convección

Radiación

Es la transmisión de calor por ondas similares a las de la luz y a las ondas de radio: un ejemplo de radiación es la transmisión de energía solar hacia la Tierra. La radiación no necesita un medio de contacto. Es el medio más común de transmisión de calor.



Ilustración 3.

Circulación atmosférica global

Conducción

Es el flujo de calor a través de una sustancia. Para que haya transmisión de calor entre dos cuerpos en esta forma, se requiere del contacto físico real. La conducción es una forma muy eficiente de transmitir calor.



Ilustración 4.
Transmisión
de calor
por conducción

Convección

Es el flujo del calor por medio de un fluido, que puede ser un gas o un líquido, generalmente agua o aire. El aire puede ser calentado en un horno y después descargado en el cuarto donde se encuentran los objetos que pueden ser calentados por convección.

La aplicación típica de refrigeración es una combinación de los tres procesos citados anteriormente. La transmisión de calor no puede tener lugar sin que exista una diferencia de temperatura. Los diferentes materiales varían en su capacidad para conducir calor; los metales son muy buenos conductores de calor, mientras que el asbesto tiene una gran resistencia al flujo del calor y puede ser usado como aislante.

Cambio de estado

La mayoría de las sustancias pueden existir en estado sólido, líquido o gaseoso, dependiendo de su temperatura y la presión a la que se encuentren expuestas. El calor puede cambiar la temperatura, el estado de las sustancias y también puede ser absorbido aun cuando no exista cambio de temperatura, como cuando un sólido cambia a líquido, o cuando el líquido se transforma en vapor. Cuando el vapor se condensa en líquido, o cuando el líquido vuelve a transformarse en sólido, se desprende o intercambia la misma cantidad de calor.

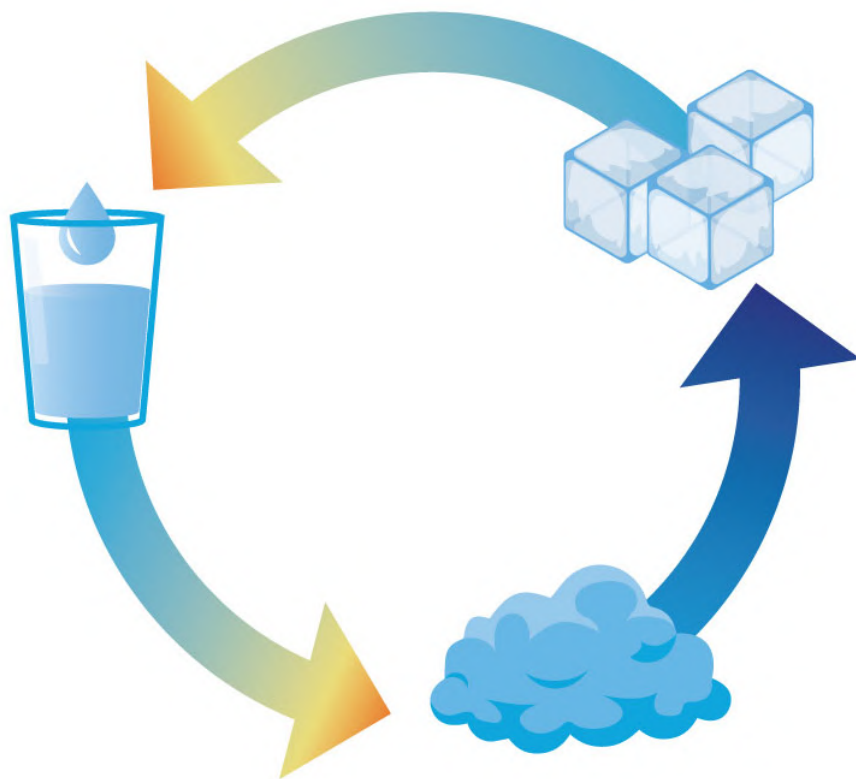


Ilustración 5.
Los tres estados
de la materia

El ejemplo más común de este proceso es el agua, que existe como líquido y que puede existir como sólido en forma de hielo y como gas cuando se convierte en vapor. Como el hielo, es una forma de refrigeración, absorbiendo calor mientras se derrite a una temperatura constante de $^{\circ}\text{F}$ o $^{\circ}\text{C}$. Si se coloca agua en un recipiente abierto y se pone fuego, su temperatura aumentará a temperatura de ebullición, es decir, 100°C / 212°F a nivel del mar. Sin importar la cantidad de calor aplicado, la temperatura no puede subir más de 100°C / 212°F , porque el agua se estaría evaporando constantemente. Si este vapor pudiera ser retenido en el recipiente evitando la ebullición y se continuara agregando calor, entonces la temperatura podría nuevamente aumentarse.

Obviamente el proceso de evaporación o de ebullición estará absorbiendo calor y manteniendo la temperatura a 100°C / 212°F . Cuando el vapor se condensa nuevamente formando agua, desprende exactamente la misma cantidad de calor que absorbió al evaporarse. Si el agua se congela, debe aportar la misma cantidad de calor que perdió en el proceso de congelamiento por medio de algún proceso para causar la descongelación.

Calor específico

El calor específico de una sustancia es su capacidad relativa de absorber calor tomando como base la unidad de agua pura y se define como la cantidad de calor (expresada en unidades como BTU o kilocalorías) necesarias para aumentar la temperatura de 1 kilo (libra) de cualquier sustancia 1 °C (°F). Por definición, el calor específico del agua es 1.0, pero la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de otras sustancias varía.



Ilustración 6.

Calor específico

Calor sensible

Se define como el calor que provoca un cambio de temperatura en una sustancia sin cambiar su estado. En otras palabras, es como su nombre lo indica, el calor que puede percibirse por medio de los sentidos.

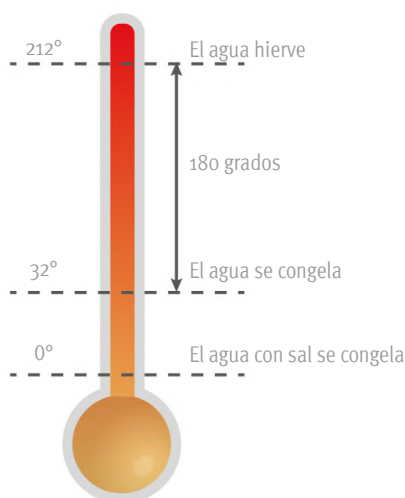


Ilustración 7.

Diferencia entre el punto de ebullición y el punto de congelación del agua

Calor latente

Es la cantidad de energía que una sustancia debe absorber o liberar para cambiar de estado físico (sólido, líquido o gaseoso) sin que se produzca una variación en su temperatura.

Calor latente de fusión

El cambio de una sustancia de sólido a líquido o de líquido a sólido requiere de calor latente de fusión. Este también puede llamarse calor latente de licuefacción o calor latente de congelación.

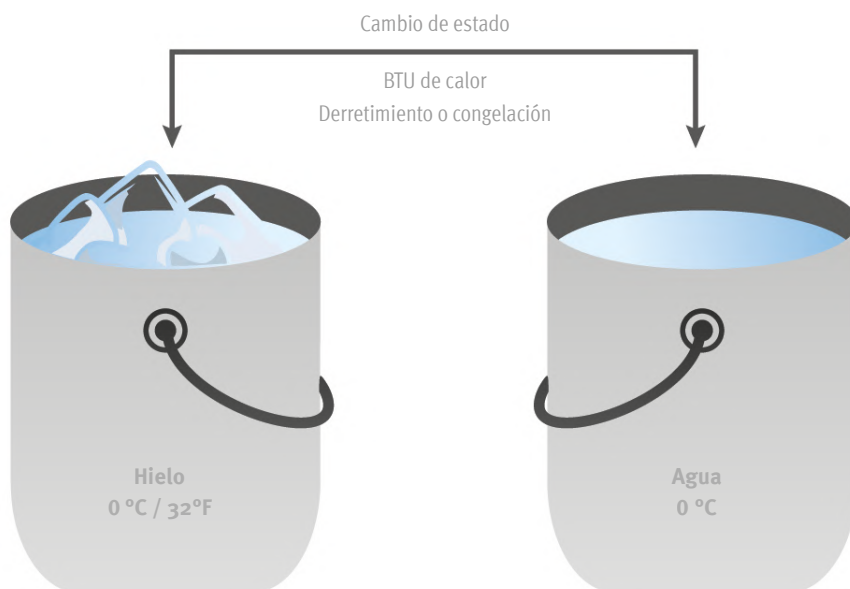
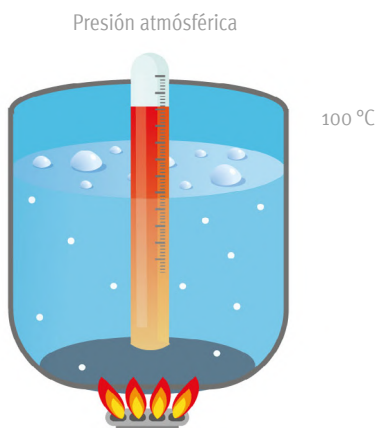


Ilustración 8.
Calor latente
de fusión

Calor latente de evaporación

Para cambiar una sustancia de líquido a vapor y de vapor a líquido se requiere calor latente de evaporación. Puesto que la ebullición es sólo un proceso acelerado de evaporación, este calor también se llama calor latente de ebullición, calor latente de evaporación, o para el proceso contrario, calor latente de condensación.

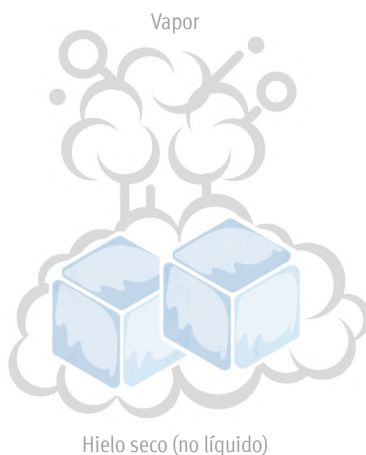
Debido a la gran cantidad de calor latente que interviene en la evaporación y la condensación, la transmisión de calor puede ser muy eficiente durante este proceso. Los mismos cambios de estado que afectan el agua se aplica también a cualquier líquido, aunque a diferentes presiones y temperaturas. La absorción de calor puede cambiar un líquido a vapor, y la substracción de este calor para condensar nuevamente el vapor es la clave para todo proceso de la refrigeración mecánica, y la transmisión de calor latente requerido es el instrumento básico de la refrigeración.

**Ilustración 9.**

El agua hierve a los 100 °C al nivel del mar

Calor latente de sublimación

El proceso de sublimación es el cambio directo de un sólido a vapor sin pasar por el estado líquido, que puede ocurrir en algunas sustancias. El ejemplo más común es el “hielo seco”, es decir, bióxido de carbono. El calor latente de sublimación es igual a la suma del calor latente de fusión y el calor latente de evaporación.

**Ilustración 10.**

Proceso de sublimación del hielo

Tonelada de refrigeración

En nuestro medio es muy frecuente hablar de toneladas de refrigeración (T.R.), la cual es realmente una unidad estadounidense basada en el efecto frigorífico de la fusión del hielo. La tonelada de refrigeración puede definirse como la cantidad de calor absorbida por la fusión de una tonelada de hielo sólido puro en 24 horas.

$$1 \text{ T.R.} = 12,000 \text{ Btu / HR}$$

$$1 \text{ T.R.} = 3,024 \text{ Kcal / HR}$$



Ilustración 11.

Representación del volumen de hielo que, al fundirse en 24 horas, define una tonelada de refrigeración

Condición de saturación

Una sustancia saturada es la que está a punto de cambiar de estado. Un líquido o vapor se satura cuando está en su punto de ebullición (para el nivel del mar, la temperatura de saturación del agua es de 100 °C). A presiones más altas, la temperatura de saturación aumenta, y disminuye a presiones más bajas.



Ilustración 12.

El vapor y el líquido existen simultáneamente

Temperatura de saturación

La temperatura de saturación es la temperatura a la cual una sustancia cambia de fase, como de líquido a vapor, a una presión específica. Por ejemplo, el agua hierve a 100 °C a una presión atmosférica estándar de 1,013.25 hPa.

Condición de sobrecalentado

Cuando un líquido cambia a vapor, cualquier cantidad adicional de calor aumentará su temperatura (calor sensible). Siempre y cuando la presión a la que se encuentre expuesto se mantenga constante. El término vapor sobrecalentado se emplea para denominar un gas cuya temperatura se encuentre arriba de su punto de ebullición o de saturación. El aire a nuestro alrededor contiene vapor sobrecalentado.

Condición de subenfriamiento

Cualquier líquido que tenga una temperatura inferior a la temperatura de saturación correspondiente a la presión existente se dice que se encuentra subenfriado. El agua a cualquier temperatura por debajo de su punto de ebullición está subenfriada.

Presión

La presión es el efecto de una fuerza aplicada normal o perpendicular a una superficie.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = \text{Fuerza aplicada sobre una superficie}$$

$$A = \text{Superficie sobre la que actúa la fuerza } F$$

Presión atmosférica

La atmósfera alrededor de la tierra, compuesta de gases como oxígeno y nitrógeno, se extiende muchos kilómetros sobre la superficie. El peso de esta atmósfera sobre la tierra crea la presión atmosférica. Con el objeto de estandarizar y como referencia básica para su comparación, la presión atmosférica al nivel del mar ha sido universalmente aceptada y establecida a 1.03 kilos por centímetro cuadrado (14.7 lb por pulgada cuadrada), lo cual es equivalente a la presión causada por una columna de mercurio de 760 mm (equivalente a 29.9", que se redondea a 30") de altura.

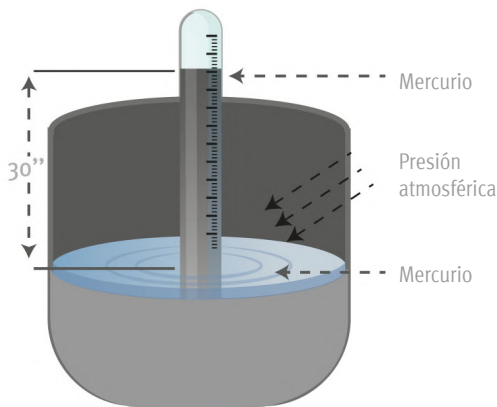


Ilustración 13.
Manómetro de mercurio

Presión manométrica

Un manómetro de presión está calibrado para leer o kilos por centímetro cuadrado (o libras por pulgada cuadrada) cuando no está conectado a algún recipiente con presión; por lo tanto, la presión absoluta de un sistema cerrado será siempre la presión manométrica más la presión atmosférica. Las presiones inferiores a 0 Kg. / cm^2 (PSIG) son realmente lecturas negativas en los manómetros y se llaman milímetros (o pulgadas) de vacío. Es importante recordar que la presión manométrica es siempre relativa a la presión absoluta.



Ilustración 14.
Manómetro compuesto

Presión absoluta

Generalmente la presión absoluta se expresa en términos de kg / cm^2 (lb / in^2) y se encuentra a partir del vacío perfecto en el cual no existe presión. Por lo tanto, en el aire a nuestro alrededor, la presión absoluta y la atmosférica son iguales.

Relación temperatura (líquidos)

La temperatura a la cual hierve un líquido depende de la presión sobre el líquido. La presión del vapor de un líquido, que es la presión causada por las pequeñas moléculas al tratar de escapar del líquido para convertirse en vapor, aumenta con la temperatura hasta llegar al punto donde la presión interna de vapor iguala la presión externa, dando lugar a la ebullición.

Al nivel del mar, el agua hierve a 100°C , pero a una altitud de 1,525 metros sobre el nivel del mar, hierve a 95°C debido a la menor presión atmosférica.

Puesto que todos los líquidos reaccionan de la misma forma, aunque a diferentes temperaturas y presiones, la presión es un medio para regular la temperatura de refrigeración. Manteniendo en un serpentín de enfriamiento una presión equivalente a la temperatura de saturación (punto de ebullición) del líquido con la temperatura de enfriamiento deseada, dicho líquido hervirá a esa temperatura mientras esté absorbiendo calor, consiguiéndose entonces la refrigeración.

Relación temperatura presión (gases)

Uno de los fundamentos de la termodinámica es la llamada “ley del gas perfecto”. Ésta describe las relaciones existentes entre los tres factores básicos que controlan el comportamiento de un gas (presión, volumen y temperatura). En la práctica, el aire y los gases refrigerantes altamente sobrecalentados pueden considerarse gases perfectos y su comportamiento sigue la relación:

$$\text{Presión 1} \times \text{volumen 1} = \text{Presión 2} \times \text{volumen 2}$$

Aunque la ley de los gases ideales no es completamente exacta, proporciona una base útil para aproximar los efectos que produce un gas al variar uno de los tres factores clave: presión, volumen o temperatura.

En esta relación, tanto la presión como la temperatura deben expresarse en valores absolutos. Es decir, la presión debe medirse en PSIA (presión absoluta), y la temperatura, en grados absolutos: $^{\circ}\text{C} + 273$ ($^{\circ}\text{F} + 460$). Aun cuando la ley del gas perfecto no se usa en la práctica de refrigeración, es valiosa para cálculos científicos y ayuda a comprender el comportamiento de un gas.

Uno de los problemas de refrigeración es deshacerse del calor que ha sido absorbido durante el proceso de enfriamiento, y una solución práctica consiste en aumentar la presión del gas para que la temperatura del agente enfriante (aire o agua) sea suficiente mayor que la temperatura de saturación para asegurar de este modo un intercambio de calor eficiente.

Cuando el gas a baja presión (baja temperatura de saturación) es succionado hacia el cilindro de un compresor, el volumen del gas es reducido por la carrera del pistón, condensándose rápidamente debido a su alta temperatura de saturación.

Volumen específico

El volumen específico se define como el volumen que ocupa la unidad de masa de refrigerante determinado. A menor volumen específico, menos espacio ocupa esa sustancia por unidad de masa y por consiguiente, es más densa y viceversa.

Siguiendo la ley del gas perfecto, el volumen de un gas varía tanto con la temperatura como con la presión. El volumen de un líquido varía con la temperatura, pero dentro de los límites de la refrigeración práctica, puede ser tomado como incompresible. Es el volumen que ocupa la unidad de masa de una sustancia determinada. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es en m^3/kg . Si se dice, por ejemplo, que una sustancia tiene un volumen específico de $5 \text{ m}^3/\text{kg}$, se dará a entender que 1 kg de dicha sustancia ocupa un volumen de 5 m^3 .

Densidad

La densidad se define como el grado de compactación de la masa o materia en una unidad de volumen. Sirve para determinar la masa de la sustancia por unidad de volumen. Sus unidades comunes son $\text{gramos}/\text{cms}^3$, kgs/mts^3 .



Aumentar la presión del gas es una solución práctica para deshacerse del calor que ha sido absorbido durante el proceso de enfriamiento en refrigeración

Como la densidad está directamente relacionada con el volumen específico, puede verse afectada significativamente por los cambios en la presión y la temperatura. A pesar de estas variaciones, el gas sigue siendo imperceptible a simple vista.

En el SI, la densidad se expresa en kilogramos-fuerza por metro cúbico (kgf/m^3). Por ejemplo, si una sustancia tiene una densidad de 12 kgf/m^3 , significa que un metro cúbico de esa sustancia pesa 12 kilogramos-fuerza.

2.2. Ciclo de refrigeración (por compresión de vapor)

Evaporación del refrigerante

Supongamos que el refrigerante en un sistema tiene su temperatura equilibrada con la exterior. Si en vez de cambiar la temperatura exterior, se disminuye la presión del sistema, se reducirá el punto de saturación, por lo que la temperatura del refrigerante líquido se encontrará por encima de su punto de ebullición y comenzará a hervir violentamente absorbiendo calor del proceso y gasificándose conforme se produce el cambio de estado.

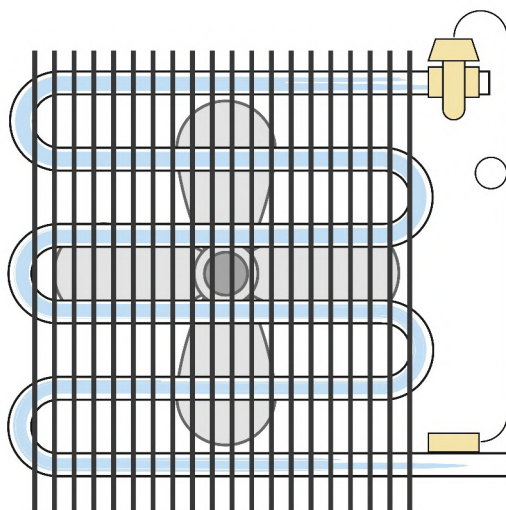


Ilustración 15.
El evaporador tiene como función principal absorber el calor y transferirlo al refrigerante que circula por el sistema

Ahora fluirá el calor del exterior del sistema debido a la baja temperatura del refrigerante, y la ebullición continuará hasta que la temperatura exterior se reduzca a la temperatura de saturación del refrigerante, o hasta que la presión del sistema aumente nuevamente a la presión de saturación equivalente a la temperatura exterior.

Si existe un medio, como un compresor para extraer el vapor del refrigerante para que no aumente la presión mientras que el refrigerante está siendo inyectado en el sistema, podrá haber una refrigeración continua.

Condensación del refrigerante

Uno de los principales componentes de cualquier sistema de refrigeración es el condensador. Como su nombre indica, el condensador condensa vapor de refrigerante enviado desde el compresor. Sin embargo, el condensador también realiza otras funciones importantes. El condensador tiene tres funciones principales:

- de-sobrecalentamiento (*desuperheating*, en inglés)
- condensación
- subenfriamiento

En el primer tercio de su longitud, el condensador reduce la temperatura del vapor refrigerante sobrecalentado de la línea de descarga proveniente del compresor. Recuerde, este gas muy sobrecalentado debe perder todo su recalentamiento antes de llegar a la temperatura de condensación para una determinada presión de condensación. Una vez que los pasos iniciales del condensador han rechazado suficiente energía calorífica y se ha alcanzado la temperatura de condensación, los gases se conocen como vapores saturados. Se dice entonces que el refrigerante ha llegado al punto de vapor saturado al 100 por ciento.

La condensación es dependiente del sistema y por lo general se lleva a cabo en los dos tercios inferiores del condensador. Una vez que se alcanza la saturación o la temperatura de condensación en el condensador y el gas refrigerante ha alcanzado el 100 por ciento de vapor saturado, la condensación puede tener lugar si se elimina otro calor. Como se toma más calor de vapor saturado 100 por ciento, forzará el vapor a convertirse en un líquido (condensar).

Cuando ocurre la condensación, el vapor va cambiando de fase hasta el 100 % de líquido. Este cambio de fase es un ejemplo de un proceso de rechazo de calor latente, ya que el calor eliminado es el calor latente, no calor sensible. Este cambio de fase va a pasar a una temperatura constante, a pesar de que el calor se va a quitar.

Nota: Una excepción a esto es una mezcla casi azeotrópica [ASHRAE mezclas 400 Series] de refrigerantes. Con estas mezclas, hay un deslizamiento de temperatura o intervalo de temperaturas cuando la mezcla es el cambio de fase).



Entre otras funciones, el condensador condensa vapor de refrigerante enviado desde compresor

Esta temperatura es la temperatura de saturación correspondiente a la presión de saturación en el condensador. Esta presión se puede medir en cualquier lugar en la parte alta del sistema de refrigeración, siempre que la línea de presión y válvula de gotas y las pérdidas sean insignificantes.

La última función del condensador es para subenfriar el refrigerante líquido. El subenfriamiento se reconoce como cualquier calor sensible quitado de líquido saturado al ciento por ciento. Técnicamente, el subenfriamiento se define como la diferencia entre la temperatura del líquido medido y la temperatura de saturación de líquido a una presión dada. Una vez que el vapor saturado en el condensador ha cambiado de fase a líquido saturado, se ha alcanzado el punto de líquido saturado 100 por ciento.

Si se extrae más calor, el líquido pasará por un proceso de rechazo de calor sensible y perderá la temperatura a medida que pierde calor. El líquido que es más frío que el líquido saturado en el condensador es líquido subenfriado. El subenfriamiento es un proceso importante, ya que comienza a bajar la temperatura del líquido a la temperatura del evaporador. Esto reducirá la pérdida por vaporización instantánea (flash) en el evaporador por lo que, más de la vaporización del líquido en el evaporador se puede utilizar para la refrigeración útil de la carga de producto.

Una vez más supongamos que el refrigerante se encuentra dentro de un sistema con su temperatura igualada a la exterior. Si se introduce gas refrigerante caliente en el sistema, la presión se eleva aumentando el punto de saturación.

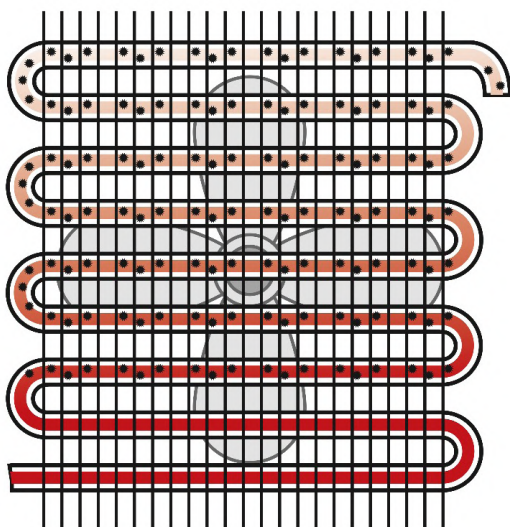


Ilustración 16.
El condensador se encarga de disipar el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador y el generado durante la compresión

El calor latente de condensación fluye del sistema hacia el exterior hasta que la presión en el sistema se reduce a la presión de saturación equivalente a la temperatura exterior. Si existe algún medio tal como un compresor para mantener una alimentación de gas caliente en alta presión, y al mismo tiempo el refrigerante líquido es extraído, ocurrirá una condensación continua.

Ciclo básico de refrigeración por compresión

Existen dos presiones en el sistema de compresión: la de evaporación o de baja presión y la de condensación o de alta presión.

El refrigerante actúa como medio de transporte para mover el calor del evaporador al condensador donde es liberado a la atmósfera, o en caso de sistemas enfriados por agua, al agua de enfriamiento. Un cambio de estado líquido a vapor y viceversa permite al refrigerante absorber y descargar grandes cantidades de calor en forma eficiente.

El ciclo básico opera de la siguiente forma: El refrigerante líquido a alta presión fluye desde la tubería de líquido, pasa por un filtro desecante y llega al tanque recibidor, donde el instrumento de control (válvula de expansión) regula su flujo.

Existen varios instrumentos de control que pueden emplearse, pero en la ilustración consideramos únicamente la válvula de expansión.

La válvula de expansión controla la alimentación del refrigerante líquido al evaporador, y por medio de un pequeño orificio reduce la presión del refrigerante a la de evaporación o baja presión.

La reducción de presión en el refrigerante líquido provoca que hierva o se vaporice hasta que el refrigerante alcanza la temperatura de saturación correspondiente a la de su presión.

Conforme el refrigerante de baja temperatura pasa a través del evaporador, el calor fluye a través de las tuberías del evaporador hacia el refrigerante, haciendo que la acción de ebullición continúe hasta que el refrigerante se encuentra totalmente vaporizado.

La válvula de expansión regula el flujo a través del evaporador conforme sea necesario para mantener una diferencia de temperatura determinada al sobrecalentamiento deseado entre la temperatura de vaporización y el vapor que sale del evaporador.

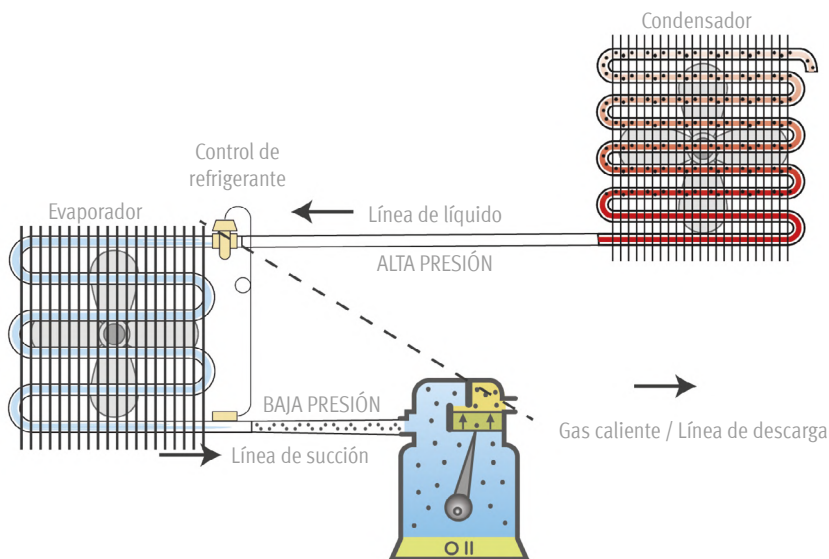


Ilustración 17.
Ciclo básico
de refrigeración

Cuando la temperatura del gas de salida del evaporador cambia, el bulbo de la válvula de expansión detecta este cambio y actúa para modular la alimentación a través de la válvula de expansión para adaptarse a las nuevas necesidades. El vapor refrigerante que sale del evaporador viaja a través de la línea de succión hacia la entrada del compresor. Este último toma el vapor a baja presión y lo comprime aumentando tanto su presión como su temperatura.

El vapor caliente y a alta presión es bombeado fuera del compresor a través de la línea de descarga hacia el condensador. Conforme pasa a través del condensador, el gas a alta presión es enfriado por algún medio externo.

En sistemas enfriados por aire, se usa generalmente un ventilador y un condensador aletado. En sistemas enfriados por agua se emplea generalmente un intercambiador de calor de refrigerante a agua.

Conforme la temperatura del vapor del refrigerante alcanza la temperatura de saturación correspondiente a la alta presión del condensador, el vapor se condensa y fluye al recibidor, repitiéndose nuevamente el ciclo.

Calor de compresión

Cuando se comprime el refrigerante en el cilindro del compresor se aumenta la presión y se reduce el volumen. El calor de compresión se define como el agregado al gas refrigerante que resulta de la energía de trabajo usado en el compresor.

El calor que debe desechar el condensador, se llama calor de rechazo y consiste en el total de calor absorbido por el refrigerante en el evaporador, en el compresor y cualquier calor agregado al sistema debido a ineficiencias del motor (este último aplicable únicamente a compresores herméticos y compresores semiherméticos).

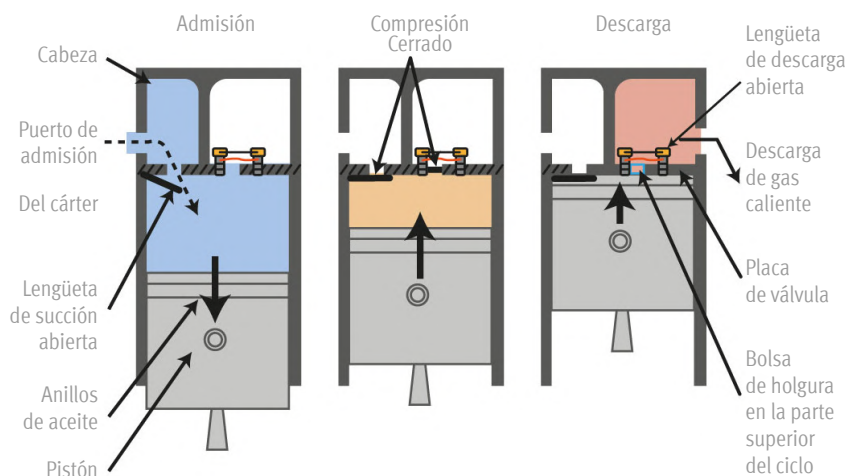


Ilustración 18.
Compresor
recíprocante

Para los compresores herméticos y para los semiherméticos, el calor de rechazo, además del que produce la carga de refrigeración, puede calcularse aproximadamente por el calor equivalente a la electricidad que consume el motor.

Efecto del cambio de presión en la succión

El volumen específico del gas de retorno al compresor aumenta si se mantienen constantes todos los factores al reducirse la presión de succión. La reducción de la densidad del gas de succión reduce el peso del refrigerante bombeado, con la consecuente pérdida de capacidad del compresor.

Por lo tanto, para obtener la mayor capacidad y economía de operación, es de gran importancia que el sistema de refrigeración opere a las presiones de succión más altas posibles.

Efecto del cambio de presión en la descarga

Un aumento en la presión de descarga provoca un aumento en el índice de compresión, con la consecuente pérdida de eficiencia volumétrica. Aún cuando la pérdida de capacidad no es tan grande como la causada por una disminución en la presión de succión equivalente, será de todas maneras bastante perjudicial.

Por economía de operación y para obtener mayor capacidad, la presión de descarga debe mantenerse tan baja como sea posible.

Relación de compresión

La relación de compresión es el término que se usa para definir la diferencia que existe entre el lado de alta y el lado de baja en un compresor de refrigeración, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{\text{Presión absoluta de descarga}}{\text{Presión absoluta de succión}}$$

Lo que debe hacer el técnico de refrigeración es mantener la relación de compresión lo más baja posible, existen varias formas de lograrlo, bajando la presión de descarga, subir la presión de succión o una combinación de ambas. Para poder calcular la relación de compresión le sumamos 15 psi que es la presión atmosférica (14.696 psi) a la lectura del manómetro y así obtener la presión absoluta. La presión absoluta se mide en psia (pound per square inch absolute) y la presión manométrica en psig (pounds per square inch gauge).

Ejemplo:

Tenemos un compresor con una presión de descarga de 145 psig y 5 psig en la presión de succión:

Presión absoluta de descarga = presión manométrica del lado de alta + 15 psi

Presión absoluta de succión = presión manométrica del lado de baja + 15 psi

$$\text{Relación de compresión} = \frac{145 \text{ psig} + 15 \text{ psi}}{5 \text{ psig} + 15 \text{ psi}} = \frac{160 \text{ psig}}{20 \text{ psig}} = 8$$

La relación de compresión es de 8 a 1 y se escribe 8:1. Este resultado simplemente significa que la presión de la descarga es 8 veces más grande que la presión de succión.

Los compresores de refrigeración trabajan comúnmente con relaciones de compresión de 3:1 y 4:1.

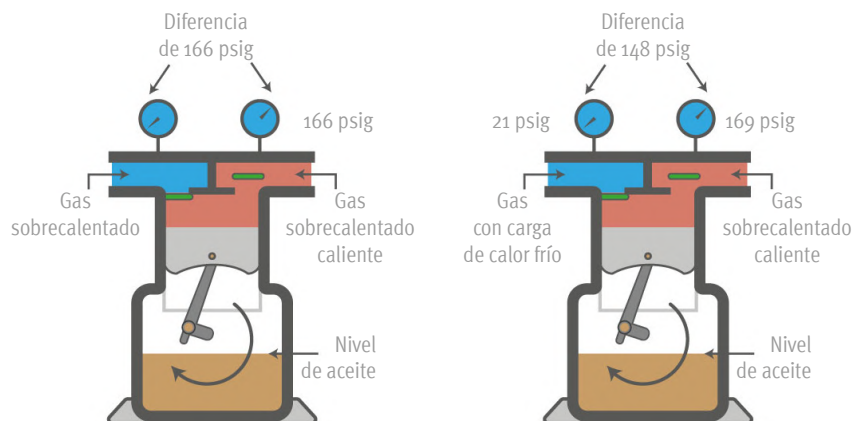


Ilustración 19.
Influencia del nivel de sobrecalentamiento del gas de succión en la relación de compresión y la carga mecánica del compresor

Capítulo

3



Capítulo 3

SEGURIDAD PRIMERO: NORMAS Y PROTOCOLOS PARA REFRIGERANTES INFLAMABLES

Como hemos anotado en el capítulo anterior, los HC, como el R-290 y el R-600a, son refrigerantes naturales ampliamente utilizados debido a su alta eficiencia energética y bajo impacto ambiental. Sin embargo, estos refrigerantes presentan ciertos riesgos que requieren un manejo cuidadoso para evitar incidentes.

El principal riesgo asociado con los hidrocarburos es su inflamabilidad. A diferencia de otros refrigerantes, los hidrocarburos son altamente inflamables, lo que significa que, bajo ciertas condiciones, pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La inflamabilidad de los refrigerantes HC no significa que no puedan ser utilizados de manera segura, pero sí implica que se deben seguir estrictos protocolos de seguridad durante su manipulación, instalación, mantenimiento y desecho.

En este capítulo, exploraremos los riesgos específicos asociados con los refrigerantes HC y las medidas de seguridad necesarias para su manejo seguro en diversas aplicaciones de la industria RAC.

3.1. Manejo de refrigerantes hidrocarburos

Las propiedades fisicoquímicas de los hidrocarburos refrigerantes, en particular su punto de ebullición, temperatura de autoignición, densidad relativa, relación de expansión y calor de vaporización, son determinantes para su eficiencia en sistemas de refrigeración. Sin embargo, también son cruciales para comprender el comportamiento de estos refrigerantes en diferentes escenarios operativos.

Punto de ebullición: El punto de ebullición de estos refrigerantes es considerablemente bajo, lo que les permite evaporarse y enfriar a temperaturas más bajas:

- **R-600a:** -11.7 °C (10.94 °F)
- **R-290:** -42.1 °C (-43.78 °F)

Estos valores los convierten en excelentes refrigerantes para sistemas que operan en rangos de temperatura reducidos.

Temperatura de autoignición: La temperatura a la que estos hidrocarburos se encienden sin necesidad de una fuente externa de ignición es elevada, lo que reduce el riesgo de combustión espontánea:

- **R-600:** 405 °C (761.0 °F)
- **R-600a:** 543 °C (1009.4 °F)
- **R-290:** 450 °C (842.0 °F)

A pesar de sus altas temperaturas de autoignición, el manejo seguro requiere evitar condiciones que puedan generar calor extremo.

Densidad relativa: Los refrigerantes hidrocarburos son más pesados que el aire, lo que significa que, en caso de fuga, tienden a acumularse cerca del suelo, incrementando el riesgo de ignición en áreas bajas:

- **R-600a:** 2.006 veces más pesado que el aire (0.578 g/L)
- **R-290:** 1.522 veces más pesado que el aire (1.87 kg/m³ a 0 °C)

Relación de expansión: Estos refrigerantes tienen una alta capacidad de expansión de líquido a gas, lo que incrementa su volumen y eficacia en la transferencia de calor:

- **R-600:** 240 veces
- **R-600a:** 231 veces
- **R-290:** 274 veces



Las propiedades fisicoquímicas de los hidrocarburos refrigerantes son determinantes para su eficiencia en sistemas de refrigeración

Calor de vaporización: Este valor expresa la cantidad de calor que el refrigerante puede absorber al evaporarse, lo que influye directamente en su eficiencia en la refrigeración:

- **R-600a:** 365.7 kJ/kg
- **R-290:** 425 kJ/kg

El R-290, con un mayor calor de vaporización, es particularmente eficaz en la absorción de grandes cantidades de calor.

3.2. Inflamabilidad

Dado que los refrigerantes hidrocarburos son inflamables, su uso requiere la implementación de estrictas medidas de seguridad a lo largo de todas las fases de operación: desde la instalación hasta el mantenimiento. Las normativas que regulan el manejo de estos refrigerantes, como las establecidas por ASHRAE, buscan minimizar el riesgo de accidentes y garantizar que los técnicos estén capacitados y equipados adecuadamente.

Un aspecto clave para la seguridad es comprender el “Triángulo de fuego” (Ilustración 20), el cual representa los tres elementos necesarios para que ocurra la combustión: un combustible, un comburente (oxígeno) y una fuente de calor. La eliminación de cualquiera de estos factores puede prevenir un incendio.

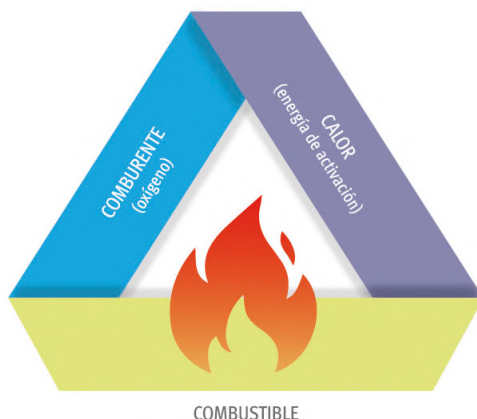


Ilustración 20.
Triángulo de fuego

Para reducir el riesgo de ignición, es crucial comprender los límites de inflamabilidad y explosividad de los refrigerantes. El Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) define la concentración mínima de gas en el aire por debajo de la cual no puede producirse un incendio, mientras que el Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) es la concentración máxima en el aire por encima de la cual tampoco puede ocurrir una ignición.

En el caso del R-290 y R-600a, sus límites de inflamabilidad son los siguientes:

- R-290 Inflamable entre el 2.1 % y 9.5 % de concentración en el aire.
- R-600a Inflamable entre el 1.8 % y 8.5 % de concentración en el aire.

Es importante evitar que las concentraciones de estos gases en el ambiente alcancen valores dentro de este rango, para lo cual se recomienda trabajar en áreas bien ventiladas y eliminar cualquier posible fuente de ignición.

De manera similar, los límites de inflamabilidad, denominados Límite Inferior de Explosividad (LIE) y Límite Superior de Explosividad (LSE), definen los rangos de concentración dentro de los cuales estos refrigerantes pueden generar atmósferas explosivas. Mantener las concentraciones por debajo del LIE o por encima del LSE es esencial para prevenir explosiones.

Otro factor importante a considerar es el punto de inflamación o flash point, que es la temperatura mínima a la que un líquido genera suficiente vapor como para poder prenderse fuego. Para el R-290, el punto de inflamación es de -104°C (-155.2 °F), y para el R-600a, es de -83°C (-117.4 °F). Por debajo de estas temperaturas, los refrigerantes no generan vapor en cantidades suficientes para formar una mezcla inflamable en el aire.

3.3. Estándar 34 ASHRAE: Clasificación de refrigerantes según toxicidad e inflamabilidad

El Estándar 34 de ASHRAE es un sistema ampliamente utilizado para clasificar los refrigerantes basándose en dos parámetros críticos: la toxicidad y la inflamabilidad. Esta clasificación es esencial para la seguridad en el manejo y uso de estos compuestos, especialmente en aplicaciones industriales y comerciales (Ver Ilustración 21).

Clasificación por toxicidad

- Clase A: Denota refrigerantes no tóxicos. Estos son los más seguros en términos de exposición humana.
- Clase B: Representa aquellos refrigerantes con mayor toxicidad, que requieren precauciones adicionales en su manejo.

Clasificación por inflamabilidad

- Número 1: Indica que el refrigerante no es inflamable.
- Número 2: Señala que el refrigerante tiene una inflamabilidad más baja.

- Número 3: Corresponde a refrigerantes con alta inflamabilidad.
- Letra L: Utilizada para designar refrigerantes que son ligeramente inflamables.

Ejemplos de refrigerantes clasificados

- A3 (R-600a, R-290, R-441A, R-600, R-1270, R-170, R-1150): Estos refrigerantes tienen baja toxicidad pero alta inflamabilidad, lo que los hace adecuados para ciertas aplicaciones donde la seguridad en términos de toxicidad es prioritaria, pero con la advertencia de un alto riesgo de incendio.
- A2L (R-32, R-1234yf, R-454A, R-454B, R-454C, R-455A): Con baja toxicidad y ligera inflamabilidad, estos refrigerantes son cada vez más populares en sistemas donde se busca un equilibrio entre seguridad y eficiencia.
- A1 (R449A, R404A, R744): Representan refrigerantes con nula inflamabilidad, siendo ideales para entornos que requieren altos estándares de seguridad.
- B2L (R717 - Amoníaco): Aunque es de mayor toxicidad, su ligera inflamabilidad y efectividad lo hacen una opción común en grandes sistemas de refrigeración industrial, donde se pueden implementar medidas de seguridad adecuadas.



Ilustración 21.
Estándar 34
ASHRAE

A denota una toxicidad más baja.

B denota una toxicidad más alta.

1 significa que no habrá propagación de fuego.

2 indica una inflamabilidad más baja.

3 indica una inflamabilidad más alta.

L indica ligeramente inflamable o ligeramente tóxico.

Importancia del Estándar 34 ASHRAE

Este estándar proporciona una guía crucial para ingenieros, diseñadores y técnicos al seleccionar refrigerantes para diferentes aplicaciones, permitiéndoles balancear la seguridad, el desempeño, y las normativas ambientales. Además, facilita la toma de decisiones informadas para minimizar riesgos tanto para las personas como para el medio ambiente.

3.4. Protección contra fuego

Antes de intervenir en cualquier sistema que utilice refrigerantes HC, es importante verificar tanto el compresor como la etiqueta del sistema para confirmar si contienen refrigerantes inflamables. Un compresor diseñado específicamente para refrigerantes inflamables debe tener la designación del refrigerante claramente impresa en su etiqueta de serie. Además, es posible que también lleve una etiqueta adicional que indique la inflamabilidad del refrigerante (Ver Ilustración 22).



Ilustración 22.
Etiqueta de
identificación
de refrigerantes
inflamables

3.5. Primeros auxilios

Dado que los hidrocarburos son inflamables, el riesgo de incendios o explosiones es una preocupación importante en su manejo. Tener un plan de respuesta rápida y bien definido es esencial para minimizar las consecuencias de tales incidentes.

Procedimientos de primeros auxilios en caso de incendio:

1. Evacuación inmediata:

- En caso de incendio, la prioridad es evacuar a todas las personas de la zona afectada de manera segura. Se deben utilizar las rutas de evacuación designadas y evitar el uso de ascensores.
- Una vez fuera del área, se debe reunir al personal en los puntos de encuentro preestablecidos para verificar que todos hayan evacuado de manera segura.

2. Uso de extintores:

- Si el incendio es pequeño y localizado, se puede intentar extinguir utilizando un extintor adecuado para fuegos de tipo B (líquidos inflamables).
- Sin embargo, si el fuego se propaga rápidamente o existe un riesgo de explosión, se debe abandonar el intento de extinguir el fuego y esperar a los bomberos.

3. Tratamiento de quemaduras:

- Si alguien sufre quemaduras, se deben aplicar los procedimientos de primeros auxilios adecuados, como enfriar la quemadura con agua corriente fría durante al menos 10 minutos y cubrir la herida con un apósito limpio y no adhesivo.
- Se debe evitar aplicar hielo directamente sobre la quemadura, ya que esto puede causar más daño.

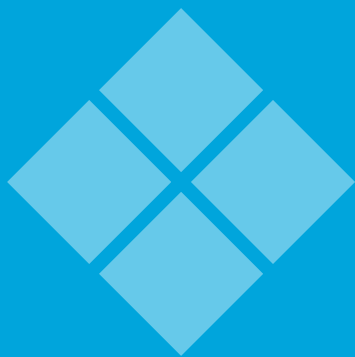


Es esencial tener un plan de respuesta para minimizar las consecuencias de riesgos o explosiones

En caso de inhalación: Sacar al paciente al aire libre. En caso de respiración irregular o paro respiratorio, dar respiración artificial. Utilizar oxígeno si es preciso y siempre que esté presente un operador calificado. No administrar drogas del grupo de las adrenalin-as-efedrin-as. Recuerde siempre llamar a un médico.

Capítulo

4



Capítulo 4

BUENAS PRÁCTICAS PARA EL MANEJO SEGURO DE CILINDROS DE REFRIGERANTES HC

Los cilindros son los recipientes de almacenamiento estándar utilizados para transportar y contener HC. Debido a las propiedades específicas de los hidrocarburos, como su inflamabilidad, los cilindros diseñados para su almacenamiento deben cumplir con estrictas normativas de seguridad y ser fabricados con materiales adecuados para garantizar su integridad durante el transporte y el uso.

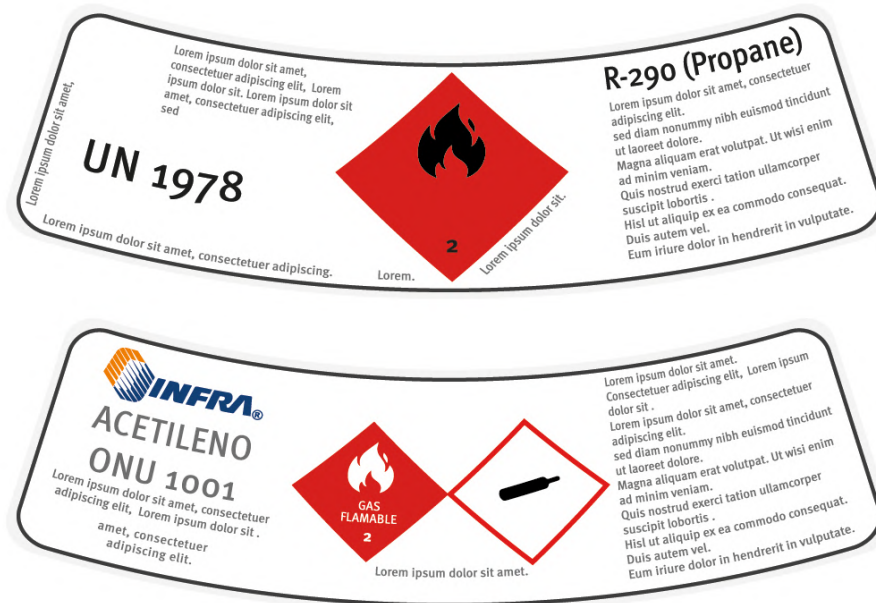
La codificación de colores y el etiquetado son elementos esenciales en la gestión de cilindros de gases comprimidos, ya que proporcionan una identificación rápida y visual del contenido del cilindro y sus riesgos asociados. Estos sistemas de identificación son críticos para la seguridad en la manipulación, almacenamiento y transporte de cilindros, especialmente en entornos industriales donde se utilizan una variedad de gases con propiedades físicas y químicas diversas.

Los cilindros que contienen hidrocarburos, debido a su inflamabilidad, suelen estar marcados con rojo o naranja. Este color indica claramente el riesgo de inflamabilidad asociado con el gas contenido. En algunos países, se utiliza un código de color específico para cada tipo de hidrocarburo, aunque esto varía según la normativa local.

En la etiqueta de un cilindro es posible encontrar varios nombres o designaciones para la misma sustancia. En el caso de los refrigerantes hidrocarburos, es fundamental que estén claramente etiquetados para identificar el tipo de refrigerante y advertir si el contenido del cilindro es inflamable.

Los tanques que contienen gases a presión están codificados por colores y etiquetas de manera que su contenido y los posibles riesgos asociados puedan ser fácilmente detectados (Ver Ilustración 23).

En el caso de gases especiales, los datos según la ley de transporte (DOT / ADN / ADR- RID) sobre sustancias peligrosas también pueden dividirse en varias etiquetas debido a la falta de espacio.



Los refrigerantes forman parte de una amplia gama de productos ofrecidos por la industria química y, como tales, están sujetos a controles específicos por parte de las autoridades. Las normativas que regulan el sector de la refrigeración son numerosas y abarcan un amplio espectro de aplicaciones. Por ello, es esencial estar bien informado sobre estas regulaciones y sus requisitos.

La información mínima que debe verificarse y estar claramente indicada en las etiquetas incluye lo siguiente:

- Información relativa al transporte
- Recomendaciones de uso
- Especificaciones del envase
- Información sobre del producto (origen, contenido, etcétera)
- Información del grado de riesgo

Objetivos del rotulado

- Hacer que los productos peligrosos puedan ser fácilmente reconocidos, a distancia, por las características del rótulo.
- Proporcionar una fácil identificación de la naturaleza del riesgo que se puede presentar durante la manipulación y almacenamiento de las mercancías.
- El Código NFPA 704 establece un sistema de identificación de riesgos para que, en un eventual incendio o emergencia, las personas potencialmente afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del fuego, aunque éstos no resulten evidentes. Este código ha sido creado para la utilización específica de los cuerpos de bomberos y es llamado también Diamante de Materiales Peligrosos. El sistema utiliza un símbolo en forma de diamante, dividido en cuatro cuadrantes de diferentes colores, cada uno representando un tipo específico de riesgo (Ver Ilustración 24).

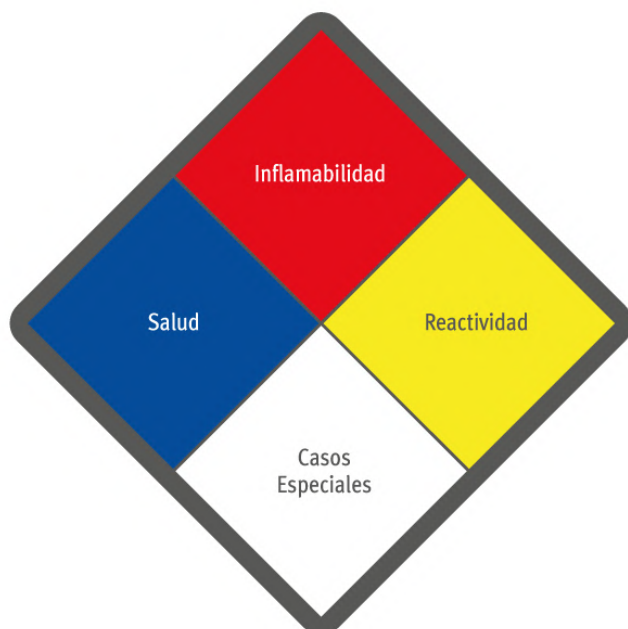


Ilustración 24.
Diamante
de materiales
peligrosos,
de la NFPA

Los refrigerantes HC se encuentran disponibles en una variedad de tamaños de cilindros, tanto recargables como no recargables. Los recargables están equipados con válvulas de alivio de presión, y algunos cuentan con conexiones especiales (rosca izquierda) para diferenciarlos de otros tipos de cilindros de refrigerante. Además, ciertos cilindros incorporan una válvula automática de exceso de flujo en la válvula de líquido, que se activa cerrando la válvula si el flujo de refrigerante desde el cilindro es demasiado rápido, como en el caso de una desconexión accidental de la manguera de refrigerante.

4.1. Manejo apropiado de cilindros

- Para la recuperación de los refrigerantes inflamables, es de fundamental importancia evitar la transferencia de gases no condensables (GNC) al cilindro de recuperación.
- El GNC más común es el aire. El oxígeno del aire creará una mezcla combustible crítica a presiones más altas con refrigerantes que contienen hidrógeno (HC, HCFCs, HFCs). Esta condición puede provocar un accidente.
- No quite ni oculte el etiquetado oficial en un cilindro.
- Vuelva a colocar siempre la tapa de la válvula cuando el cilindro no esté en uso.
- Compruebe el estado de la cuerda (hilos) y asegúrese de que esté limpia y no esté dañada. No exponga los cilindros a fuentes directas de calor como vapor o radiadores eléctricos.
- No repare ni modifique cilindros o válvulas de cilindro. Utilice siempre un dispositivo de transporte adecuado para mover los cilindros, incluso a corta distancia; nunca ruede los cilindros por mucho tiempo sobre el piso.
- Tome precauciones para evitar la entrada de aceite, agua y materias extrañas en el cilindro.
- Si es necesario calentar el cilindro, use solo agua tibia a una temperatura no mayor a los 40 °C.
- No usar una flama abierta para calentar el cilindro.
- Pese siempre el cilindro para verificar si está vacío: la presión no es una indicación precisa de la cantidad de refrigerante que queda en el cilindro.
- Use solo cilindros de recuperación exclusivos para la recuperación de refrigerante HC.
- Siempre verifique que el cilindro no esté más allá de la fecha de prueba hidrostática o prueba de presión obligatoria.
- No debe cargarse el cilindro más allá del 40% de su capacidad.
- El cilindro de recuperación debe tener el mismo potencial eléctrico que la unidad de recuperación (unión equipotencial) para evitar la ESD (descarga electrostática). Debe de estar conectado a tierra.
- El equipo se debe conectar a tierra para garantizar una conexión equipotencial. Los equipos de refrigeración están en contacto con superficies metálicas, que pueden acumular cargas eléctricas estáticas, lo que aumenta el riesgo de descargas eléctricas si el equipo no está correctamente conectado a tierra.

- Para determinar la capacidad del cilindro, se debe multiplicar la capacidad de agua (WC) x la gravedad específica (SG) del refrigerante a una temperatura de 25 °C (77 °F).
- Si un cilindro recuperador se carga más allá de su capacidad con refrigerante líquido y se almacena en condiciones de alta temperatura, la presión hidrostática puede ocasionar que el cilindro se fracture.
- Debe de estar siempre seguro de que la válvula de alivio del tanque recuperador está instalada, que ésta sea probada periódicamente y que opere correctamente.

Los HC líquidos tienen una densidad de menos de la mitad que la densidad de los refrigerantes fluorados. Por lo tanto, los HC ocupan más del doble del volumen dentro de un tanque. La capacidad de carga depende del volumen interno del recipiente y de la densidad del líquido del refrigerante a una temperatura de referencia.

4.2. Mejores prácticas en almacenamiento y transporte de cilindros

El almacenamiento adecuado de cilindros de gases comprimidos es esencial para garantizar la seguridad en las instalaciones. Los cilindros contienen gases bajo alta presión y sustancias inflamables, lo que presenta riesgos significativos si no se manejan y almacenan correctamente.

- Los cilindros deben almacenarse en áreas específicas o jaulas específicas, preferiblemente en exteriores, pero en un área seca y bien ventilada, lejos del riesgo de incendio.
- El ingreso a las áreas de almacenamiento está restringido; “personas autorizadas únicamente” podrán tener acceso, y dichos lugares deben estar marcados con avisos que prohíben fumar y el uso de flama abierta.
- Deben almacenarse a nivel del piso, nunca en bodegas o sótanos.
- La entrada al almacén de los cilindros debe ser de fácil acceso.
- Nunca almacene cilindros en locales residenciales.
- Use y almacene los cilindros en posición vertical.
- La cantidad total almacenada no debe superar los 70 kg.
- Debe evitarse la acumulación de electricidad estática.



Los cilindros contienen gases bajo alta presión y sustancias inflamables, lo que presenta riesgos significativos si no se manejan y almacenan correctamente

Nota: Los requisitos para los cilindros de refrigerante HC no son los mismos para gas propano y gas butano, usados como combustible.

- Lleve información escrita que proporcione los detalles de las sustancias transportadas (como las hojas de seguridad del refrigerante).
- Esta información debe estar disponible en caso de emergencia, por lo que debe ubicarse en una posición donde sea visible y accesible, y a menudo es aplicable a vehículos que transportan una cantidad de gas inflamable por encima de cierta cantidad.
- Conocer y comprender los peligros y los procedimientos de emergencia para manipular estas sustancias.
- Lleve un extintor de polvo seco de al menos 2 kg de capacidad. Se recomienda que el conductor del vehículo esté capacitado en el uso práctico de extintores de incendios.
- Los cilindros deben ubicarse en posición vertical con la válvula hacia arriba y estar debidamente asegurados.
- Asegurar una ventilación adecuada en el vehículo. Esto puede requerir modificaciones a una camioneta cerrada.
- Tener señales de advertencia de gases inflamables en la parte trasera del vehículo.
- No se permite fumar dentro del vehículo.
- Nunca deje los cilindros en un vehículo cerrado sin supervisión por más tiempo del necesario.
- Los cambios significativos en el protocolo de color del cilindro de refrigerante comenzaron en enero de 2020, como se describe en la *Directriz N-2022 del Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (AHRI)*¹²: *Asignación de colores de contenedores de refrigerante*.

En cuanto al transporte, los cilindros de refrigerante deben trasladarse en un vehículo y realizarse con precauciones específicas para garantizar la seguridad tanto del transportista como de otras personas. A continuación, se detallan los requisitos fundamentales que deben cumplirse al transportar un cilindro de refrigerante HC:

- Hojas de seguridad del refrigerante: Estas hojas contienen información vital sobre las propiedades del refrigerante, incluyendo riesgos, manejo seguro, y procedimientos en caso de emergencia. Tener esta documentación a mano es esencial para responder adecuadamente ante cualquier eventualidad.

- **Extintor de polvo seco:** Este equipo es indispensable para actuar rápidamente en caso de un incendio, ofreciendo una primera línea de defensa para controlar y extinguir las llamas antes de que puedan propagarse.
- **Ubicación y aseguramiento de los cilindros:** Los cilindros de refrigerante deben ser transportados en posición vertical, con la válvula orientada hacia arriba. Además, es esencial que estén debidamente asegurados para evitar cualquier movimiento o caída durante el transporte. Esto previene posibles daños al cilindro o fugas de refrigerante, que podrían resultar en situaciones peligrosas.

Capítulo

5



Capítulo 5

CUMPLIMIENTO SEGURO: REGULACIONES Y NORMAS QUE IMPORTAN

La legislación y reglamentos internacionales son el pilar sobre el que se sustentan las prácticas de seguridad en la manipulación de refrigerantes. Estos marcos regulatorios aseguran que el manejo, almacenamiento y uso de refrigerantes para sistemas RAC se realicen de manera segura, protegiendo a las personas y las propiedades.

5.1. Marcas de seguridad de los productos

Las marcas de seguridad en productos relacionados con refrigeración son fundamentales para garantizar que los equipos y componentes cumplan con los estándares mínimos de seguridad y calidad. Estas marcas son otorgadas por organismos de certificación independientes y sirven como garantía de que los productos han sido probados y aprobados para su uso seguro.

Principales marcas de seguridad internacionales:

1. Conformité Européenne (CE): Obligatoria para productos vendidos en la Unión Europea, garantiza que los equipos cumplen con los requisitos de seguridad, salud y protección ambiental establecidos por la legislación europea. Esto incluye equipos de refrigeración que contienen hidrocarburos inflamables.
2. Underwriters Laboratories (UL): Reconocida en América del Norte, certifica la seguridad de los productos eléctricos y mecánicos, incluidos los sistemas de refrigeración. Un equipo marcado con UL cumple con las normas de seguridad aplicables en EE. UU. y Canadá.
3. Technischer Überwachungsverein (TÜV): Marca de seguridad alemana que garantiza que los productos han sido probados para cumplir con los estándares técnicos de seguridad en Europa. Es ampliamente reconocida para equipos de refrigeración en Europa y otras regiones.
4. ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación): ICONTEC es la principal entidad de normalización en Colombia. A través de sus normas técnicas, ICONTEC establece los requisitos de seguridad y calidad para equipos de refrigeración. Las normas colombianas se alinean con las internacionales para asegurar que los productos cumplan con los estándares de seguridad adecuados. ICONTEC es responsable de otorgar marcas de calidad y seguridad a productos que cumplen con estas normativas.



Las normas internacionales que regulan equipos de refrigeración garantizan la seguridad de éstos, de usuarios y de técnicos

5.2. Normas Internacionales para equipos de refrigeración con HC

Existen normas internacionales que regulan los equipos refrigeración, especialmente cuando se utilizan refrigerantes inflamables. Estas normas establecen los requisitos de diseño, fabricación y operación para garantizar la seguridad de los equipos y proteger tanto a los usuarios como a los técnicos que los instalan y mantienen.

Normas clave:

- ISO 5149 (International Organization for Standardization): Esta norma cubre la seguridad y los requisitos ambientales para los sistemas de refrigeración, incluyendo el uso de refrigerantes inflamables como los hidrocarburos. Establece los límites de carga de refrigerantes inflamables y las medidas de seguridad necesarias para su uso. También proporciona directrices para la instalación, operación y mantenimiento de los equipos de refrigeración, asegurando que se minimicen los riesgos de fugas, incendios o explosiones.
- ASHRAE 15 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers): regula el diseño y la instalación de sistemas de refrigeración para garantizar la seguridad de las personas que trabajan o habitan en los edificios donde se instalan estos sistemas. Incluye requisitos específicos para refrigerantes inflamables.

- ASHRAE 34 clasifica los refrigerantes en función de su toxicidad e inflamabilidad. Los hidrocarburos como el propano están clasificados como A3, lo que indica baja toxicidad pero alta inflamabilidad. Esta clasificación guía el uso y las precauciones para su manejo seguro.
- DIN EN 378 (Europa): Esta norma europea establece los requisitos de seguridad y medioambientales para los sistemas de refrigeración y bombas de calor, con un enfoque especial en los refrigerantes inflamables. Define los procedimientos de seguridad para la instalación y operación de equipos que utilizan hidrocarburos.
- NTC 6228-2 (Colombia): Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medio ambientales. Parte 2. Diseño, construcción, pruebas, marcado y documentación.
- NTC 6228-3 (Colombia): Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medio ambientales. Parte 3. Sitio de instalación.
- NMX-J-521/2-24-ANCE (México): Aparatos Electrodomésticos y Similares – Seguridad – Parte 2-24: Requisitos Particulares para Aparatos de Refrigeración, Máquinas para hacer Helado y Máquinas para hacer Hielo.
- NMX-J-521/2-40-ANCE (México): Seguridad en Aparatos Electrodomésticos y Similares – Parte 2-40: Requisitos Particulares para Bombas de Calor.

Por el amplio catálogo de directrices de Australia, se enlistan como sigue:

- AS/NZS 60079: Instalación de equipos cerca de un sistema que presenta riesgo de chispas (es decir, componentes electrónicos, metales en movimiento).
- AS/NZS 5149.3:2016: Lugar de instalación.
- AS/NZS 5149.4:2016: Operación, Mantenimiento, Reparación y Recuperación.
- AS/NZS 60335-2-40 Anexo DD (normativo): Operaciones de servicio.
- FRSG, sección 6: Servicio y mantenimiento
- FRSG, sección 4.7: Fuentes de ignición
- AS/NZS 60079: equipos eléctricos para atmósferas explosivas, incluida la sección 10 (Clasificación de áreas), que contiene detalles sobre la ventilación, y la sección 14 (Diseño, selección y montaje de instalaciones eléctricas).
- AS 1482: Protección por ventilación de equipos eléctricos (es decir, equipos eléctricos que presentan un riesgo de chispas cuando se encuentran junto a un sistema de refrigeración) en atmósferas explosivas.

Capítulo

6



Capítulo 6

REFRIGERACIÓN SEGURA: ELEVANDO ESTÁNDARES PARA HC

Los sistemas de refrigeración inherentemente seguros están diseñados para reducir al mínimo los riesgos asociados con el uso de refrigerantes inflamables mediante principios de ingeniería y diseño que mitigan el riesgo de fugas, incendios o explosiones.

Principios de diseño inherentemente seguro

Reducción de cargas de refrigerante: El uso de cantidades mínimas de refrigerante inflamable es una de las principales estrategias para reducir el riesgo en los sistemas de refrigeración. Esto se logra optimizando el diseño de los sistemas para que requieran menos refrigerante sin comprometer la eficiencia.

Seguridad pasiva: Los sistemas pueden incluir características de seguridad pasiva, como carcasas herméticas y barreras físicas, que eviten que una fuga de refrigerante se propague a áreas donde pueda haber una fuente de ignición.

Ubicación segura de componentes: Los componentes del sistema que contienen refrigerantes inflamables, como los compresores y evaporadores, pueden ubicarse en áreas bien ventiladas y alejadas de fuentes de calor o electricidad para minimizar el riesgo de ignición.

Detección y control automático de fugas: La instalación de detectores de gases inflamables y sistemas automáticos de corte de emergencia puede detener el flujo de refrigerante en caso de una fuga y ventilar el área afectada para evitar la acumulación de gases.

6.1. Atmosferas explosivas

Las atmósferas explosivas son mezclas de aire con sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos que, bajo condiciones atmosféricas, pueden inflamarse y explotar en presencia de una fuente de ignición. Estas atmósferas representan un riesgo significativo en entornos industriales donde se manipulan o procesan materiales combustibles.

Características principales:

- **Composición:** Una atmósfera explosiva se forma cuando hay una concentración suficiente de una sustancia inflamable mezclada con aire.
- **Fuente de ignición:** Para que ocurra una explosión, es necesaria una fuente de energía que inicie la combustión, como chispas, llamas abiertas, superficies calientes o descargas electrostáticas.
- **Entorno:** Las atmósferas explosivas pueden formarse en espacios cerrados y abiertos, pero son más peligrosas en áreas confinadas donde la ventilación es limitada.



La legislación y las normas internacionales, regulan la seguridad donde existen riesgos de atmósfera explosiva

El uso de refrigerantes inflamables como los hidrocarburos puede crear atmósferas explosivas en ciertas condiciones, especialmente en espacios confinados o mal ventilados. La legislación y las normas internacionales, como la directiva ATEX (Atmosphères Explosibles) en Europa o la UNE-EN IEC 60079-10-1:2022 en España, regulan la seguridad en entornos donde existe el riesgo de una atmósfera explosiva.

Aspectos clave de las atmósferas explosivas:

- **Evaluación de zonas peligrosas:** Se debe clasificar el entorno donde se manipulan refrigerantes inflamables en zonas ATEX según la probabilidad y duración de la presencia de atmósferas explosivas. Las zonas 0, 1 y 2 indican diferentes niveles de riesgo, siendo la zona 0 la más peligrosa. Las áreas donde se manejan refrigerantes inflamables deben evaluarse para determinar si es probable que se produzca una acumulación de gas que podría provocar una explosión.
- **Requisitos para equipos en áreas explosivas:** Los equipos eléctricos y mecánicos utilizados en zonas donde existe el riesgo de atmósferas explosivas deben estar diseñados y certificados para ser intrínsecamente seguros. Esto incluye sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes inflamables.

- **Ventilación y monitoreo:** La ventilación adecuada es fundamental para prevenir la acumulación de gases inflamables en áreas cerradas. Además, se deben instalar sistemas de monitoreo de gases para detectar posibles fugas y activar alarmas o medidas de emergencia si se detecta una atmósfera explosiva.
- **Diseño:** Se deben diseñar rutas de cableado y ubicación de equipos eléctricos fuera de zonas peligrosas cuando sea posible. También, es esencial realizar inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo para detectar y corregir posibles fallas.

Tabla 3. Clasificación de Zonas ATEX según riesgo de atmósferas explosivas		
Zona ATEX	Descripción	Ejemplo común
Zona 0	Área donde una atmósfera explosiva está presente de forma continua o durante largos periodos	Tanques de almacenamiento de gasolina
Zona 1	Área donde es probable que se forme una atmósfera explosiva durante el funcionamiento normal	Áreas cercanas a bombas de combustible
Zona 2	Área donde es poco probable que se forme una atmósfera explosiva y, de ocurrir, será solo por periodos breves	Cercanías de tuberías que puedan tener fugas ocasionales
Zona 20	Área donde una nube de polvo combustible está presente de forma continua o durante largos periodos	Interiores de silos con polvo de grano
Zona 21	Área donde es probable que se forme una nube de polvo combustible durante el funcionamiento normal	Áreas cercanas a equipos de molienda de polvo
Zona 22	Área donde es poco probable que se forme una nube de polvo combustible y, de ocurrir, será solo por periodos breves	Zonas con acumulación ocasional de polvo en suspensión

6.2. Limitaciones del tamaño de carga

El tamaño de la carga de refrigerante inflamable en un sistema de refrigeración está limitado por diversas normativas para reducir el riesgo de fugas y explosiones. Estas limitaciones varían según el tipo de refrigerante, la aplicación y la ubicación de la instalación.

Normas internacionales relevantes que limitan la carga de refrigerantes inflamables:

- ISO 5149 y EN 378: Estas normas establecen límites máximos de carga para refrigerantes inflamables en función de la clasificación de ocupación del espacio y el tipo de sistema de refrigeración. Los límites son más estrictos en áreas ocupadas o residenciales que en instalaciones industriales.
- ASHRAE 15: También limita la cantidad de refrigerante inflamable que puede usarse en sistemas residenciales y comerciales. En aplicaciones residenciales, por ejemplo, los sistemas que contienen refrigerantes inflamables están limitados a pequeñas cargas para minimizar los riesgos.

Tabla 4. Clasificación de espacios según tipo de ocupación

Categoría	Descripción
(a) General	Espacios públicos (con ocupación "general"): "categoría a", como las tiendas y supermercados, las zonas públicas de un auditorio, hoteles, hospitales, residencias donde no hay control del número de personas, los ocupantes pueden o no conocer las precauciones de seguridad.
(b) Supervisada	Espacios privados (con ocupación "supervisada"): "categoría b", como las oficinas, laboratorios, lugares de trabajo general con aforo limitado y algunas de las personas conocen las precauciones de seguridad.
(c) Autorizada	Áreas de acceso restringido (con ocupación "autorizada"): "categoría c", como talleres, almacenes frigoríficos, áreas restringidas de supermercados, centros de producción, industrias específicas, solo tienen acceso personas que conocen las precauciones de seguridad.

Debido a la clasificación de los refrigerantes en clases de seguridad, la tecnología apropiada del sistema y su instalación en varias áreas de acceso deben cumplir determinadas normas.

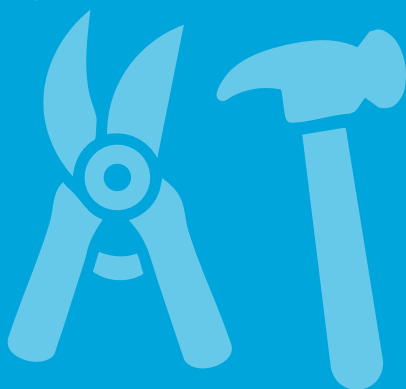
Según las normas DIN EN 378 y la ISO 5149-1, cuando se instala un sistema de refrigeración hay que tener en cuenta tres posibles áreas de acceso.

Tabla 5. Clasificación de sistemas de refrigeración según ubicación de componentes

Tipo	Descripción
I - Equipo mecánico situado dentro del espacio ocupado	Todas las partes que contengan refrigerante situadas en un espacio ocupado por personas. Refrigerador autocontenido
II - Compresores en el cuarto de máquinas o al aire libre	Compresores, recipientes y condensadores situados en una sala de máquinas no ocupada por personas o al aire libre. Enfriadores, tuberías y válvulas pueden estar situados en espacios ocupados. Sistema de expansión directa condensador remoto
III - Cuarto de máquinas o aire libre	Todas las partes que contengan refrigerante situadas en una sala de máquinas no ocupada por personas o al aire libre. El cuarto de máquinas deberá cumplir los requerimientos de la norma NTC 6228-3. Sistema expansión indirecta, tipo chiller
IV - Recintos ventilados	Todas las partes que contengan refrigerante situadas en el interior de una envolvente ventilada. Los recintos ventilados deberán cumplir los requerimientos de las normas NTC 6228-2 y NTC 6228-3. Son productos diseñados específicamente

Capítulo

7



Capítulo 7

REFRIGERANTES HC: PROTOCOLOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS ESENCIALES

Como se ha visto, el uso y manipulación de los refrigerantes hidrocarburos debe tener un cuidado especial para evitar riesgos. En la tríada perfecta para llevar a cabo esta tarea con éxito se encuentran los procedimientos, herramientas y equipos que se deben usar al pie de la letra. El personal que manipule refrigerantes hidrocarburos debe tener pleno conocimiento de lo que se anota en este capítulo y tener siempre en mente el concepto de “buenas prácticas”, pues debe regir todo tipo de trabajo que se realice en esta materia.

El uso seguro de refrigerantes HC requiere un enfoque multifacético que involucra la capacitación adecuada del personal, la implementación de procedimientos de seguridad rigurosos, y el uso de herramientas y equipos diseñados específicamente para minimizar los riesgos asociados con la inflamabilidad de estos gases.

7.1. Herramientas y equipos de trabajo específicos para el uso de refrigerantes inflamables

Las herramientas recomendadas para la manipulación de sistemas con refrigerantes HC son esenciales debido a que, con ellas, el trabajo que se realice será seguro y se podrá llevar a cabo con mayor eficacia.



Alicate boca plana



Alicate telefonista



Alicate corta alambre



Alicate tipo Ford



Alicate pelacables



Juego de dados de 21 piezas std 1/4"



Llave ajustable
de 6", 8", 10" y 12"



Juego de 10 llaves Allen
1.5 – 10 mm



Martillo de bola cabeza



Cortador de tubo para cobre
3/8 a 1 1/8 de abertura



Cortador de tubo
para cobre miniatura
3/8 a 3/4 de abertura



Cortador de tubo
para cobre grande
1/2 a 1 5/8 de abertura



Pinzas de corte



Juego de escariadores para tubería de cobre de mango



Escariador de tubería de cobre universal



Pinzas selladoras para tubería de cobre



Kit doblador de tubos



Doblador de tubo 180° para medidas de 1/4", 5/16", 3/8"



Juego de dobladores de resorte de 210 mm para tuberías de 1/4" a 5/8"



Espejo de inspección telescópico



Válvula extractora de núcleos



Válvulas de control de flujo y válvulas de bola para mangueras



Termómetro digital de 5 sondas o sensores



Termomanómetro



**Equipo de oxiacetileno portátil
con juego de mangueras, manómetros
y boquillas de soldadura:**

Cilindro para oxígeno 1.50 m³; acumulador para acetileno capacidad 1.00 kg; regulador para oxígeno modelo 1710-C, conexión CGA 540; regulador para acetileno modelo 1720 conexión CGA 510; maneral modelo boquilla para soldar, juego de válvulas check; carro portacilindros; juego de mangueras con conexiones (5 m) para soldador Slo1 Obi



**Tanque de nitrógeno portátil de 20 ft³
con manómetro regulador
(referencia normas DOT3AA2015).**

Especificaciones: Tamaño 20 pies cub., tipo de buje cga 540, diám. exterior 5-1/4" con altura de 18-1/2"; manómetro regulador de gas de alta pureza; presión de trabajo min. 580 psi / 40 bar (ISO5149 / EN378) de entrada CGA-580



**Vacuómetro digital para sistemas
de refrigeración**



**Multímetro gancho Corriente (A~)
Rango: 20A, 200A, 1000A.
Rango de frecuencia: 50Hz / 60Hz**



Tanque extintor ABC de 2 kg



**Báscula electrónica
para carga de refrigerante**



**Bomba de vacío
para sistemas de refrigeración.**

Especificaciones: bomba de alto vacío doble etapa con motor ATEX, especialmente desarrollada para trabajar con HC, con clasificación de seguridad A3 y un vacío final de 1×10^{-2} mbar

**Ventilador ATEX para control de áreas explosivas
(referencia IEC 60079-10-1)**

Especificaciones: Ventiladores helicoidales tubulares a transmisión, con motor fuera del flujo del aire, capacitados para trasegar aire hasta $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ en continuo; camisa de chapa de acero reforzada y protegida contra la corrosión por cataforesis y pintura poliéster, con apertura de camisa para inspección; hélice con pintura epoxi-poliéster antiadherente (excepto modelos $\varnothing$ 900 y 1000)





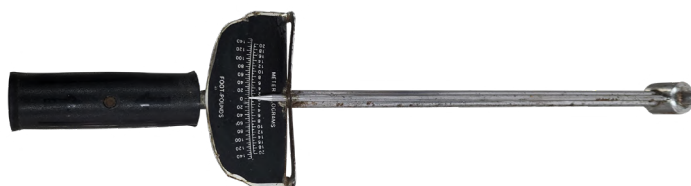
Detector de fugas

El detector de fugas de gas es un detector equipado con una sonda de 300 mm que detecta el metano (CH₄), gases licuados del petróleo, como isopropano e isobutano, y otros combustibles gaseosos (hidrocarburos como R-600a y R-290) con un rango de medición de 0 a 10000 ppm

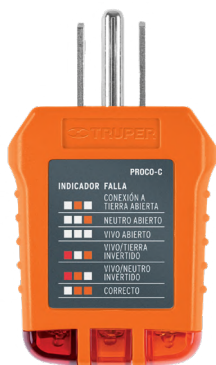


Pinzas Lokring

Herramienta de montaje Lokring para tubos con diámetro exterior desde 6 a 35 mm (1/4" a 1 3/8")



**Torquímetro
o llave de torsión Torque:**
10-75 Nm. / 7-55
Pies por libra de fuerza



**Probador de polaridad
para contactos de 127 Vca**



Herramienta para prensar tuberías de cobre

7.2. Equipo de protección personal básico

El uso de refrigerantes hidrocarburos implica ciertos riesgos inherentes que deben ser mitigados mediante el uso adecuado del equipo de protección personal (EPP). Los técnicos que trabajan con estos compuestos (que como se ha dicho son inflamables y potencialmente peligrosos) deben estar preparados y equipados para enfrentar posibles accidentes y reducir al mínimo las lesiones durante sus labores.

El equipo de protección personal básico es una barrera importantísima entre el trabajador y los riesgos a los que se expone diariamente. Desde los pies hasta la cabeza, cada elemento previene de lesiones.

El EPP debe seleccionarse en función de la evaluación de riesgos específicos de la tarea que se va a realizar y debe cumplir con los estándares de seguridad reconocidos. Esta sección proporciona una guía sobre los diferentes tipos de EPP necesarios para la manipulación segura de refrigerantes HC y las mejores prácticas para su uso.

Equipo recomendado:

Zapatos de seguridad

Se trata de un calzado profesional diseñado para proteger los pies y los dedos, incorporando elementos que resguardan al usuario de posibles lesiones causadas por accidentes en el lugar de trabajo. Estos zapatos están equipados con punteras que ofrecen protección contra impactos, soportando una energía de 200 J en el momento del choque y resistiendo la compresión estática bajo una carga de 15 KN.



Casco de protección, Clase “E”

La función principal de un casco de seguridad es proteger la cabeza de posibles impactos, distribuyendo la fuerza del golpe sobre una superficie más amplia. Este equipo proporciona protección frente a objetos que puedan caer sobre la cabeza, golpes contra objetos punzantes, y descargas eléctricas que podrían causar una conmoción cerebral.



Tapones para los oídos

Al trabajar con equipos de refrigeración, se está expuesto a ruidos elevados que pueden causar daño auditivo permanente. Dependiendo del nivel de ruido, se deben usar tapones auditivos desechables o protectores auditivos electrónicos. Los tapones auditivos reducen el nivel de ruido en 29 decibeles (dB), mientras que las orejeras lo reducen en 23 dB.



Lentes de seguridad

Su principal función es proteger los ojos de cualquier impacto o de salpicaduras de productos irritantes, como gases refrigerantes, refrigerantes líquidos, lubricantes o limpiadores de condensadores. Generalmente, están fabricados con policarbonato.



Guantes

Los guantes de mecánico, que son resistentes al aceite y al agua, resultan muy útiles para proteger las manos durante las labores de un técnico en refrigeración.



Faja de seguridad lumbar

En el trabajo relacionado con la refrigeración, es común que se produzcan lesiones en la zona lumbar, lo que puede incapacitar al técnico durante varios días. Por ello, es esencial utilizar esta faja para evitar dichas lesiones.



Ropa de algodón

La vestimenta debe ser de algodón, y la camisa debe tener mangas largas, ya que el trabajo se realiza con equipos que operan a voltajes superiores a los 100 volts. Esta recomendación se basa en la norma NFPA 70E, que regula la seguridad eléctrica en el lugar de trabajo.



Capítulo

8



Capítulo 8

SOLDADURA SEGURA Y EFICIENTE EN REFRIGERACIÓN

Los métodos más habituales para unir tuberías y acoples de cobre son la soldadura blanda y fuerte. Estas técnicas proporcionan uniones resistentes, duraderas y herméticas, capaces de soportar vibraciones, temperaturas y tensiones cíclicas térmicas. Aunque la teoría y las técnicas para soldar son las mismas independientemente del diámetro de las tuberías de cobre, lo que varía es el tipo de material de aporte, así como el tiempo y el calor necesarios para realizar una unión específica.

La soldadura blanda se realiza a temperaturas por debajo de 450 °C (840 °F), mientras que la soldadura fuerte se lleva a cabo a partir de esa temperatura, pero sin alcanzar el punto de fusión de los metales base.

Conexiones de cobre/cobre:

- Metal de aporte para soldadura fuerte sin plata: aleación de cobre-fósforo L-CuP6 (CP 203).

Conexiones de cobre/cobre:

- Metal de aporte para soldadura fuerte con bajo contenido de plata: aleación de cobre-plata-fósforo L-Ag2P (CP 105), L-Ag5P.

Conexiones de cobre/latón:

- Metal de aporte para soldadura fuerte con alto contenido de plata: L-Ag45Sn.

Conexiones de cobre/acero:

- Metal de aporte para soldadura fuerte con alto contenido de plata: L-Ag45Sn. La elección del material de aporte depende del rango de temperatura al que estará sometida la aplicación. En general, la soldadura se realiza en un rango de temperatura de entre 600 °C y 815 °C (1100 °C a 1500 °F).

La soldadura fuerte para uniones permanentes prefiere el uso de materiales de aporte de cobre-fósforo (CP), que no requieren fundente, ya que el fósforo vaporizado remueve la capa de óxido de cobre. Es importante tener en cuenta que el fundente utilizado en la soldadura fuerte puede contaminar el interior de las tuberías, por lo que debe ser eliminado una vez finalizado el proceso.

Soldar utilizando una atmósfera de nitrógeno a una presión de 2 psig (con un flujo muy bajo dentro del ensamble de tubería durante el proceso de soldadura) es un método comúnmente empleado para evitar la oxidación. Es fundamental purgar siempre las tuberías de refrigerante con nitrógeno seco mientras se realiza la soldadura. Cuando el cobre se calienta en presencia de aire (oxígeno), se forman óxidos en la superficie del tubo, lo cual es perjudicial para el funcionamiento a largo plazo del sistema de refrigeración, especialmente para el sistema de lubricación del compresor.

La formación de escamas de óxido dentro de las tuberías puede causar problemas al circular el refrigerante y el lubricante en el sistema. Los lubricantes a base de poliéster tienen un efecto detergente, lo que significa que pueden desprender las escamas del interior de las tuberías, transportándolas a lo largo del sistema y causando la formación de lodo.

Para evitar la formación de óxidos durante la soldadura, es fácil introducir lentamente nitrógeno a través de las tuberías mientras se aplica calor. Esta técnica es ampliamente aceptada y utilizada en la industria de la refrigeración.



Es fundamental purgar siempre las tuberías de refrigerante con nitrógeno seco mientras se realiza la soldadura

8.1. Procedimientos y pasos por seguir en el proceso de soldadura fuerte

1



Corte del tubo

Utilizar un cortador de rueda en lugar de una sierra para metales para evitar el ingreso de virutas en el tubo.

2



Eliminación de rebabas internas

Se puede utilizar un extractor de rebabas, un escariador o una escofina redonda para eliminar las rebabas internas.

3



Limpieza de superficies

Para la limpieza de superficies, utilizar una almohadilla abrasiva plástica. Evitar que las partículas o virutas desprendidas ingresen en el tubo.

4



Limpieza de accesorios

Para limpiar el interior de los accesorios, utilizar un cepillo de tamaño adecuado.

5



Aplicación de flujo de nitrógeno

La aplicación de flujo de nitrógeno evita la formación de óxido en la superficie interna de los tubos al momento de aplicar calor por medio del soplete. Hacer circular nitrógeno lentamente por la tubería asegura un proceso correcto de soldadura. El caudal debe ser de 2 libras por minuto.

6



Ajuste de la antorcha (llama)

Ajustar la intensidad de modo que la flama se reduzca levemente. Encender la antorcha únicamente con encendedores seguros.

7



Aplicación de calor

Aplicar calor uniformemente al tubo y al accesorio moviendo alrededor de éstos la antorcha para garantizar un calentamiento parejo antes de añadir el material de relleno (varilla).

8



Aplicación de soldadura

A medida que el área calentada adquiera un color rojo (rojo cereza, no brillante), aplicar el material de relleno (varilla) raspando levemente el saliente del accesorio con la punta de la varilla. Se debe tener cuidado de no sobrecalentar el tubo.

Terminación de la soldadura fuerte:

- Normalmente, una vez que se completa una soldadura fuerte, las uniones se dejan enfriar.
- Detener el flujo de nitrógeno.
- No obstante, si es necesario, la unión se puede enfriar con un trapo húmedo.

Soldadura fuerte de latón y tubos de cobre

Para esta combinación de materiales, es necesario utilizar, por ejemplo, un fundente soluble en agua. Aplicar una pequeña cantidad de fundente en el extremo del tubo y en la superficie interna del accesorio. Evitar el derrame de fundente dentro del tubo y del accesorio. Aunque no se perciban residuos, es necesario realizar una limpieza al finalizar el trabajo.



El procedimiento para estas uniones es básicamente idéntico al utilizado para la soldadura fuerte de cobre con cobre, con la única diferencia de que inicialmente se debe concentrar más calor en el accesorio para alcanzar la temperatura necesaria. Tener cuidado de no sobrecalentar el accesorio. Bastará con un color rojo apagado. Utilizar varillas de soldadura fuerte con mayor contenido de plata (Ag).



Nota: Mejorar la habilidad de desempeño consiste en cortar una sección de una unión con un accesorio capilar para llevar a cabo una inspección que permita evaluar la penetración de la soldadura.

Terminación de la unión: Para que la unión quede completada, es necesario que la acumulación de soldadura sea pareja y apenas visible alrededor del saliente del accesorio.



Eliminación del calor: Eliminar el calor hasta que la aleación fundida de la soldadura fuerte se solidifique y adquiera un color negro tostado (aprox. 10-15 segundos).



Elementos para soldar:

- Unidad de acetileno/oxígeno para soldar
- Regulador de presión de acetileno y oxígeno con ensamble de manguera
- Maneral con boquilla del número 2 para soldadura
- Antorcha

8.2. Herramientas para soldadura

La utilización de las herramientas y materiales adecuados es esencial para garantizar la calidad y la seguridad del trabajo realizado. La correcta manipulación de tuberías de cobre, materiales de soldadura y otros componentes requiere precisión, conocimiento técnico y el uso de herramientas especializadas. Además, se debe prestar especial atención a los elementos de protección personal (EPP) y a la realización de pruebas de hermeticidad para asegurar que las uniones sean seguras y que no haya fugas en el sistema.

Las herramientas de uso indispensable se enlistan a continuación:



Cortatubos:

Para realizar cortes precisos en las tuberías de cobre sin deformarlas.



Rebabador:

Se usa para eliminar las rebabas internas de las tuberías después del corte, lo que garantiza un flujo de refrigerante adecuado.



Grata o cepillo de acero:

Imprescindible para limpiar a fondo las superficies de las tuberías antes de soldar, eliminando óxido, pintura, residuos de fundente o soldadura.



Encendedor de piedra o chispero:

Para encender la llama del soplete de forma segura.



Manta ignífuga o protectora para soldar

Materiales:**Tuberías de cobre:**

Comúnmente usadas en sistemas de refrigeración.

**Varillas de plata para soldadura fuerte:**

Se usan con diferentes porcentajes de plata (0%, 2%, 5%, 15%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 60%, 70%) para alcanzar la temperatura de fusión adecuada según los metales a unir.

**Fundente para soldadura fuerte de plata:**

Facilita la fluidez de la soldadura y la unión de los metales, trabajando en un rango de temperatura entre 560°C y 870°C.

**Nitrógeno (OFN):**

El nitrógeno seco libre de oxígeno se utiliza para purgar el sistema antes y durante la soldadura, lo que desplaza el oxígeno y previene la formación de atmósferas explosivas.

Prueba de hermeticidad:**Prueba de presión con nitrógeno:**

Se utiliza para verificar la hermeticidad del sistema después de la soldadura, presurizando con nitrógeno.

**Detector de fugas electrónico:**

Permite identificar fugas pequeñas que no son visibles a simple vista.

**Prueba de burbuja:**

Se aplica una solución jabonosa en las uniones soldadas para detectar fugas, que se manifiestan como burbujas.

Herramienta para prensar tubería:**Equipo de prensado Lokring, Zoomlok o similar:**

Se utiliza para realizar uniones en frío en tuberías de cobre sin necesidad de soldadura.

Este equipo incluye:



Mordazas de diferentes tamaños para adaptarse a distintos diámetros de tubería.



Conectores y reductores de aluminio y latón.



Sellador anaeróbico (como Lokprep) para asegurar la hermeticidad de la unión.

8.3. Herramientas para unir tubería con acoplamientos

Lokring es un sistema patentado de conexión de tubos sin soldadura para aplicaciones de refrigeración. Los conectores Lokring crean una conexión de metal a metal permanentemente hermética a los gases entre los tubos y otros componentes, como compresores, secadores de filtro y tubos de carga.



Pinzas Lokring

Herramienta de montaje Lokring para tubos con diámetro exterior desde 6 a 35 mm (1/4" a 1 3/8").



Mordazas de ensamble para conexiones Lokring Tipo oo

La herramienta Lokring Tipo oo es un sistema de conexión de tubos sin soldadura utilizado principalmente en sistemas de refrigeración.



Accesorios de premontaje

Se utilizan para el premontaje de un solo lado del conector Lokring de latón tipo oo. NO se deben utilizar con conectores Lokring de aluminio.



Sellador anaeróbico

Es un fluido anaeróbico que se aplica en los extremos de los tubos antes del montaje. El fluido compensa cualquier irregularidad en la superficie del tubo, lo que garantiza un sellado hermético.

Técnica Lock-Ring

La técnica Lock-Ring, también conocida como sistema lock, es un método mecánico de unión de tuberías que utiliza anillos de compresión para crear una conexión hermética entre dos tubos o entre un tubo y un accesorio. Esta técnica se utiliza principalmente en la industria de la refrigeración como una alternativa a la soldadura.

Ventajas de la técnica Lock-Ring:

- **Conexiones herméticas:** La técnica Lock-Ring proporciona una conexión metal-metal hermética y permanente.
- **Seguridad:** Es una alternativa más segura que la soldadura, especialmente al trabajar con refrigerantes inflamables como el R-290. Permite realizar reparaciones en áreas donde la soldadura podría ser peligrosa.
- **Rapidez y facilidad de instalación:** No requiere habilidades especiales de soldadura y reduce el tiempo de instalación.
- **Limpieza:** Es un proceso limpio que no produce residuos de soldadura.
- **Versatilidad:** Se puede utilizar para unir tubos de diferentes materiales, como cobre, latón y acero.

Técnica de prensado

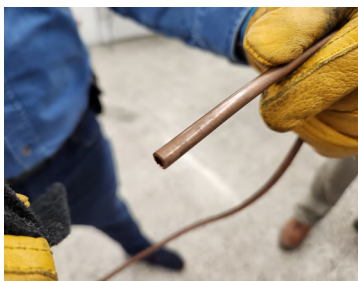
Durante la utilización de las pinzas de prensar, se debe de prestar especial cuidado a que las manos estén alejadas de las mordazas durante el proceso. Utilice siempre protección para ojos y oídos.

1

Utilice un corta tubos giratorio.

2

Desrebabe el tubo tanto interna como externamente. (Use un desrebabador tipo lápiz para los bordes internos del tubo)

3

Limpie con cuidado el extremo del tubo con una almohadilla de limpieza con un movimiento circular.

4



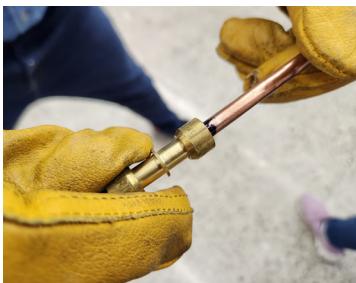
Compruebe que el cople corresponde con el diámetro del tubo.

5



Se puede usar una pequeña cantidad adicional de lubricante para facilitar la inserción del tubo en los accesorios.

6



Inserte el tubo en la medida correspondiente del medidor de profundidad.

7



El tubo debe introducirse completamente en el accesorio hasta que llegue al tope

8



Asegúrese de que la tubería esté alineada correctamente antes de prensar.

9



Presione y mantenga presionado el botón hasta completar el ciclo.

10



El prensado se completa cuando las mordazas están completamente cerradas y el pistón se retrae.

Capítulo

9



Capítulo 9

INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS CON HC: GUÍA PARA PROFESIONALES

Llevar a cabo el adecuado procedimiento de las instalaciones y puesta en marcha de equipos de refrigeración requieren conocimientos esenciales. En este capítulo abordaremos los detalles para cumplir con los requerimientos técnicos.

9.1. Recomendaciones antes de la instalación

1. Solo se debe realizar la instalación o mantenimiento con la autorización del propietario del inmueble.
2. Es esencial usar herramientas y equipos adecuados para sistemas de refrigeración que empleen refrigerantes HC.
3. En general, la reconversión a sistemas con refrigerantes hidrocarburos no está respaldada ni autorizada por ninguna entidad, por lo que no se recomienda realizarla, ya que los sistemas diseñados para refrigerantes HCFC y HFC no son compatibles con refrigerantes HC.

Para calcular la carga máxima permitida de refrigerante R-290 en un sistema de refrigeración comercial, se debe considerar tanto la toxicidad como la inflamabilidad del refrigerante en relación con el espacio ocupado.

Pasos para calcular la carga máxima permitida:

1. **Clasificación del sistema:** Determinar si el sistema es de expansión directa o indirecta.
2. **Categoría de ocupación:** Identificar la categoría de ocupación del espacio donde se encuentra el sistema, siendo la categoría (A) la más común para sistemas de refrigeración.
3. **Clasificación de la ubicación:** Clasificar la ubicación del sistema, siendo el tipo "I" el más común para equipos de refrigeración autocontenido.
4. **Clase de toxicidad:** El R-290 pertenece a la clase A con un límite práctico (LP) de 0,008 kg/m³.
5. **Carga máxima por toxicidad:** Calcular la carga máxima permitida por toxicidad utilizando la Tabla 6. Esta tabla proporciona los límites de carga según la clase de toxicidad, categoría de ocupación, clasificación de la ubicación y aplicación.
6. **Clase de inflamabilidad:** El R-290 pertenece a la clase 3 con un límite inferior de inflamabilidad (LFL) de 0,038 kg/m³.
7. **Carga máxima por inflamabilidad:** Calcular la carga máxima permitida por inflamabilidad utilizando las ecuaciones proporcionadas en el ejemplo de cálculo abajo anotado.
8. **Carga máxima permitida:** Seleccionar el valor mínimo entre la carga máxima permitida por toxicidad y la carga máxima permitida por inflamabilidad como la carga máxima permitida para el R-290.

Tabla 6. Límites de carga

Clase de inflamabilidad	Categoría de acceso	Clasificación por ubicación			
		I	II	III	IV
3	a	Límite de carga según 7.4 y no más de CQL = 40xLFL ^{b d} 1.5 kg		No más de CQL = 130xLFL ^a 5 kg	No más de CQL = 130xLFL 5kg
	b	Límite de carga según 7.4 y no más de CQL = 65xLFL ^b 2.5 kg		No más de CQL = 260xLFL ^a 10 kg	Para acceso clase A: 130 o 300xLFL, clase B: 220 o 500xLFL
	c	Límite de carga según 7.4 y no más de CQL = 260xLFL	Carga límite según 7.4	Sin restricción de cargas	Para la clase de acceso C: 315 o ilimitado 5, 8, 11, 12, 19 kg (TBD)

9.2. Instalación y puesta marcha

Fase 1: Seguridad del área de trabajo:

Ventilación: Asegurar una ventilación cruzada eficiente en el área de trabajo para prevenir la acumulación de refrigerante en caso de fuga. Se debe considerar que el R-290 y el R-600a son más pesados que el aire y se acumulan a nivel del suelo.

Eliminación de fuentes de ignición: Identificar y retirar o desactivar cualquier fuente de ignición potencial, incluyendo llamas abiertas, chispas eléctricas, cigarrillos encendidos y superficies calientes. El área de seguridad alrededor del equipo debe ser de dos metros.

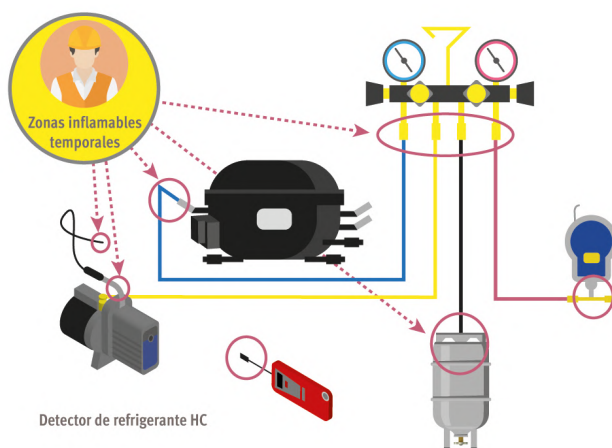


Ilustración 25.
Zonas inflamables temporales

Nota: Equipo de protección personal: El técnico debe utilizar equipo de protección personal adecuado, como guantes, gafas de seguridad y casco, durante todo el proceso de instalación (Ver Capítulo 7).

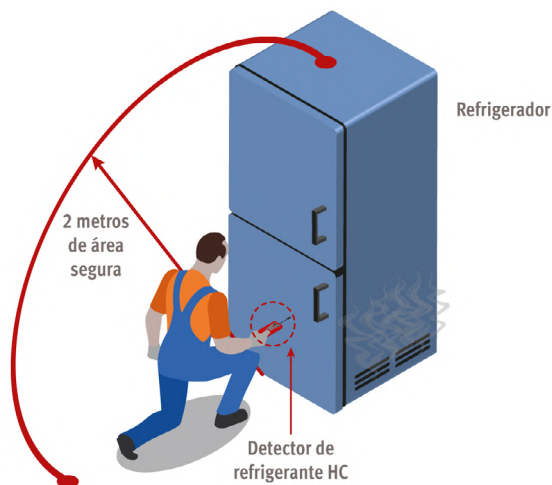


Ilustración 26.
Área segura

Fase 3: Conexiones de tuberías y pruebas

Preparación de las tuberías:

Medición y corte: Medir y cortar las tuberías de cobre con la longitud precisa, utilizando un cortatubos para obtener un corte limpio y sin rebabas.

Escariado: Eliminar las rebabas internas y externas de los extremos de las tuberías con un escariador para asegurar una unión limpia y sin obstrucciones.

Limpieza: Limpiar cuidadosamente los extremos de las tuberías y el interior de los accesorios con un paño limpio y seco para eliminar residuos de polvo, humedad o aceite.

Unión de tuberías: Dependiendo del sistema, se pueden utilizar diferentes métodos de unión de tuberías (Ver Capítulo 7).

Prueba de hermeticidad: Una vez realizadas las conexiones, se debe presurizar el sistema con nitrógeno seco (OFDN) a la presión especificada por el fabricante. Se recomienda una presión de prueba de 150 psig. Se debe utilizar un detector de fugas electrónico o una solución jabonosa para identificar cualquier fuga potencial. Es fundamental reparar cualquier fuga antes de continuar con la instalación.

Vacío: Realizar un vacío profundo en el sistema utilizando una bomba de vacío compatible con refrigerante hidrocarburo. Esto es crucial para eliminar la humedad y el aire residuales del sistema, que podrían afectar negativamente el rendimiento del equipo y causar daños. Se debe alcanzar un vacío de al menos 500 micrones.

Fase 4: Carga de refrigerante

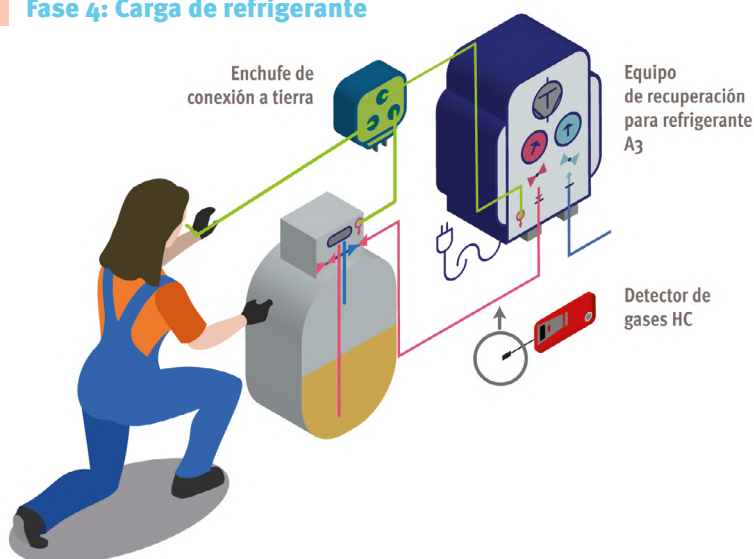


Ilustración 27.
Carga
de refrigerante

Cantidad de carga: Verificar la cantidad de refrigerante especificada en la placa de datos del equipo o calcularla según la normativa local, teniendo en cuenta los límites de seguridad. Nunca se debe sobrecargar el sistema.

Carga por peso: Cargar el refrigerante por peso utilizando una báscula electrónica calibrada para asegurar la cantidad precisa.

Inyección lenta: Se recomienda inyectar el refrigerante lentamente en fase líquida para evitar daños al compresor.

Nota: Si se lleva a cabo una extensión de tuberías, se debe adicionar la carga extra de refrigerante con una balanza, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Fase 5: Puesta en marcha, pruebas y documentación

Liberación del refrigerante: Abrir las válvulas de servicio para liberar el refrigerante al sistema.

Encendido: Encender el equipo y verificar su correcto funcionamiento en los diferentes modos de operación.

Verificación de parámetros: Monitorear los parámetros del sistema, como presiones, temperaturas y consumo de corriente, para asegurar un funcionamiento adecuado dentro de los rangos especificados por el fabricante. Es importante comprobar el sobrecalentamiento y subenfriamiento.

Ajuste de la válvula de expansión: Si el equipo cuenta con una válvula de expansión, ajustarla para obtener el sobrecalentamiento y subenfriamiento deseados, optimizando el rendimiento del sistema.

Prueba final de fugas: Realizar una prueba final de fugas utilizando un detector de hidrocarburos y una solución jabonosa para garantizar la hermeticidad del sistema.

Limpieza: Retirar cualquier residuo de aceite, fundente u otros materiales del área de trabajo.

Documentación: Registrar todos los datos relevantes de la instalación, como la cantidad de refrigerante cargada, las presiones de trabajo, las temperaturas y cualquier ajuste realizado. Esta información será útil para futuras referencias y labores de mantenimiento.

Nota: Se recomienda consultar la información proporcionada por el fabricante de los equipos que se van a instalar y la normativa local.

9.3. Medición del tiempo de descenso de temperatura

Para asegurar el correcto funcionamiento del compresor es fundamental aplicar la metodología de medición del tiempo de descenso de la temperatura en el interior del equipo de refrigeración (este proceso es para equipos domésticos o botelleros). Esta evaluación incluye la medición de la temperatura en la cabeza del compresor, considerando en todo momento la temperatura ambiente del entorno en el que se está efectuando la reparación del equipo de refrigeración, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 7. Registro de temperaturas del compresor			
Horario	Temperatura de compresor (°C)	Temperatura interior (°C)	Temperatura ambiente (°C)
09:40	19	20	20
09:45	26	17	20
09:50	19	10	20
09:55	34	8	20
10:00	36	4	20
10:05	39	0	20
10:10	42	-3	20
10:15	43	-5	20
10:20	44	-6	20
10:25	45	-11	20
10:30	48	-13	20
10:35	48	-15	20
10:40	48	-17	20
10:45	50	-19	20
10:50	50	-21	20
10:55	50	-22	20
11:00	51	-23	20
11:05	50	-25	20

Nota: Según la temperatura requerida, será necesario incrementar el número de mediciones; por ejemplo, si se requiere alcanzar una temperatura de -40 °C, será necesario duplicar la cantidad de mediciones.

Nota: La gráfica a utilizar dependerá del tipo de refrigerante empleado.

Una vez obtenidas las mediciones, se debe graficar el rendimiento operativo del compresor con el fin de validar que los parámetros cumplen con las especificaciones establecidas por el fabricante.

Capítulo

10



Capítulo 10

GUÍA DE MANTENIMIENTO HC: PREVENCIÓN Y SOLUCIONES

El correcto desempeño de los equipos de refrigeración requiere de un procedimiento clave de las buenas prácticas: el mantenimiento preventivo y correctivo. Si se realizan los mantenimientos adecuadamente, se preservará el buen estado de los equipos, lo que permitirá al cliente beneficiarse en términos de ahorro en costos de energía y reparaciones. Además, se disminuye la probabilidad de que ocurran fallos en el servicio.

Para las reparaciones, es importante seguir estas pautas generales:

- Aplicar siempre buenas prácticas de mantenimiento durante el proceso de reparación.
- Confirmar la falla antes de proceder con la reparación mediante un diagnóstico preciso.
- Realizar las reparaciones teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas y de seguridad pertinentes.

10.1. Proceso de reparación para un equipo de refrigeración doméstico

Inspección y diagnóstico del sistema de refrigeración

Para realizar una inspección adecuada del sistema de refrigeración, es necesario seguir una serie de pasos que permitan identificar correctamente la falla en un sistema que utiliza refrigerante hidrocarburo.

1

Verifique la continuidad entre las terminales de la clavija y el conector de tierra del cable de servicio. Si se detecta continuidad entre la terminal y el conector, es necesario comprobar que no haya exposición de cobre que esté en contacto con alguna superficie del equipo. En caso de que se encuentre exposición de cobre, se debe proceder al reemplazo del cable de servicio.

2

Se energiza el equipo a un voltaje de 127 Volts (en algunos países de Latinoamérica, es de 220 Volts).

3



Una vez que el compresor esté en funcionamiento, se debe medir el valor de la corriente de trabajo en amperios, el cual debe coincidir con los valores indicados en la ficha técnica del compresor. Si el amperaje supera lo especificado en la ficha técnica, se desenergiza el equipo para inspeccionar los componentes del compresor.

4



Se verifica la continuidad de los protectores térmicos de sobrecarga del compresor colocando las puntas del multímetro en la ranura de la conexión del compresor y la conexión eléctrica del protector térmico. Si no hay continuidad, se procede a reemplazar el protector térmico. Si hay continuidad, se pasa a revisar el relevador electromagnético.

5



Se comprueba la continuidad en el relevador electromagnético colocando las puntas del multímetro entre las terminales 2 y 3 del relevador. Si no hay continuidad, se reemplaza el relevador electromagnético. Si hay continuidad, se procede a revisar el capacitor electrolítico de arranque.

6



Se verifica la capacidad del capacitor del compresor, que debe coincidir con el valor indicado en su placa, con un margen de error de $\pm 5\%$. Si la capacidad (en microfaradios) está fuera de ese rango, se cambia el capacitor electrolítico. Si la capacidad es correcta, se procede a revisar los bornes del compresor.

7



Se revisan los bornes del compresor colocando las puntas del multímetro entre el borne de arranque y el borne de trabajo. Si hay continuidad, se coloca el multímetro entre el borne de arranque y el borne común. Si hay continuidad, se debe verificar que el compresor no esté aterrizado.

8

Se realiza el arranque manual del compresor sin elementos eléctricos, utilizando una herramienta de arranque. Se conectan los bornes del compresor a una fuente de alimentación de 127 Volts (o 220 para otros países) y se presiona el interruptor de encendido. Si el compresor no arranca, se debe reemplazar. Si arranca, se continúa con el siguiente paso.

9



Se verifica que no haya continuidad entre los bornes del compresor y su carcasa. Se colocan las puntas del multímetro en cada borne y la carcasa del compresor. Si hay continuidad entre alguno de los bornes y la carcasa, se procede a cambiar el compresor. Si no hay continuidad, se procede al arranque sin elementos eléctricos.

10



Después de que el compresor inicie, se verifica que el tubo de descarga se caliente. Si se calienta, se deja el equipo funcionando durante 10 minutos para monitorear que la temperatura disminuya de manera uniforme en el interior del equipo. Si el enfriamiento no es uniforme, se procede al siguiente paso.

11



Se verifica que no haya residuos de aceite en las uniones de los tubos del compresor, y se revisan posibles fugas utilizando una solución jabonosa. Si se encuentran residuos o burbujas, se deberán reparar las fugas y fracturas antes de reemplazar el compresor, siguiendo el procedimiento de reparación adecuado.

10.2. Recuperación de refrigerante HC

Una vez confirmada la ausencia de fugas, fracturas en las tuberías y residuos de aceite en las uniones, se procede a la recuperación del refrigerante hidrocarburo almacenado en el sistema (Ver Ilustración 28). Una opción para recuperar el refrigerante es utilizando la diferencia de presión y temperatura entre el tanque recuperador y el sistema de refrigeración. Antes de abrir las válvulas, es necesario asegurarse de que el tanque recuperador tenga un vacío previo de 1000 micrones y que esté colocado sobre hielo.

Una segunda opción es la recuperación acelerada activa del refrigerante. Si el compresor del sistema está en buen estado, el refrigerante se bombea en estado de vapor hacia el tanque recuperador. Al igual que en el método anterior, antes de abrir las válvulas, es necesario asegurarse de que el tanque recuperador tenga un vacío previo de 1000 micrones y esté colocado sobre hielo.

Una tercera opción es utilizar una recuperadora eléctrica aprobada para su uso con refrigerantes inflamables. Durante este proceso, es fundamental que tanto la recuperadora, como el sistema de refrigeración y el tanque recuperador estén siempre conectados a tierra para garantizar la seguridad en todo momento. Además, antes de realizar cualquier recuperación, las mangueras deben estar libres de cualquier contaminación por otros fluidos y de aire.

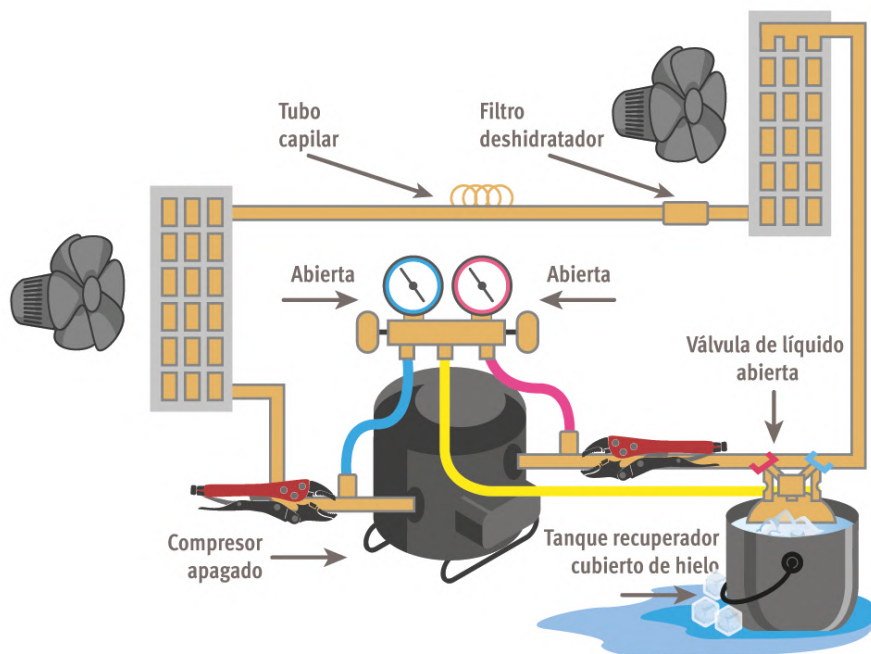


Ilustración 28.
Recuperación
de refrigerante

Existe otro procedimiento que se explica a continuación:

1. Coloque la pinza punzante en el tubo de servicio del filtro deshidratador.
2. Coloque una manguera de ventilación de 8 mm de diámetro y 8 metros de longitud, conectando la pinza punzante a la válvula de líquido del tanque recuperador.

Nota: El extremo de la manguera debe estar fuera del área de seguridad y en un entorno seguro al aire libre.

3. Accione la pinza punzante para liberar el refrigerante hidrocarburo del sistema de refrigeración, regulando la salida del refrigerante con el manifold.
4. Se procederá a revisar la compresión por medio del tubo de descarga. Se coloca el manómetro de alta presión en dicho tubo, tomando en cuenta que si la compresión es inferior a 350 psi, se debe realizar el cambio del compresor. Si la presión es mayor a 350 psi y no disminuye en un lapso de 3 a 5 minutos, se concluye que el sistema presenta algún tipo de obstrucción.

10.3. Tipos de mantenimiento necesarios para la inspección, diagnóstico y reparación de un equipo de refrigeración comercial con refrigerante HC

En la reparación de un equipo de refrigeración comercial que utiliza refrigerante hidrocarburo, se deben contemplar los tres tipos de mantenimiento indicados a continuación:

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una estrategia que utiliza monitoreo continuo y análisis de datos para predecir cuándo podría ocurrir una falla en el sistema antes de que suceda. En sistemas de refrigeración autocontenidos, esto significa supervisar constantemente los parámetros críticos del equipo para optimizar su rendimiento y prevenir fallos.

Mantenimiento preventivo

Cada tres meses se debe revisar el estado físico del cable de servicio y realizar la limpieza del motor ventilador. Estas tareas son fundamentales para garantizar el buen funcionamiento del equipo y prevenir fallas. Como nota adicional, este tipo de mantenimiento está determinado por las condiciones ambientales del sitio.

Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando se detecta un mal funcionamiento en los elementos eléctricos, lo que implica el reemplazo de la pieza defectuosa. Asimismo, el cambio del compresor se considera un mantenimiento correctivo, ya que requiere seguir todo el procedimiento necesario para su sustitución.



En refrigeración comercial existen 3 tipos de mantenimiento básico: predictivo, preventivo y correctivo

Mantenimiento preventivo-correctivo

Durante la inspección de los elementos del sistema de refrigeración, se identifica cuáles deben ser sustituidos periódicamente para prevenir fallas en el sistema. Este enfoque combina la prevención con la corrección, asegurando que el equipo funcione de manera óptima y se eviten interrupciones imprevistas.

Mantenimiento de actualización

El mantenimiento de actualización es el conjunto de actividades destinadas a mejorar y modernizar un equipo o sistema existente, incorporando nuevas tecnologías, componentes o funcionalidades para aumentar su rendimiento, eficiencia y vida útil.

10.4. Reparación de un equipo de refrigeración comercial o doméstico con HC

Limpieza

Después de realizar la inspección de cada uno de los componentes que integran un sistema de refrigeración, se procederá a realizar los procesos necesarios para reensamblar el sistema dentro de un refrigerador comercial o doméstico que utiliza refrigerante hidrocarburo.

Metodología de soldadura fuerte

1. Soldar las válvulas de servicio en el tubo de succión y el tubo de descarga.
2. Retiro del filtro deshidratador.

Metodología del sistema lock

1. Se coloca sellador anaeróbico en tubo de succión y válvula de servicio.
2. Una vez colocado el sellador permanente en tubo de succión y válvula pivote, se procede a colocar sistema lock.
3. Se coloca sellador anaeróbico en el tubo de descarga y válvula de servicio.

Introducción del agente de limpieza

1. Cortar tubo capilar proveniente del filtro deshidratador
2. Conexión de la manguera a la válvula colocada en el tubo de succión para la inyección del agente de limpieza y nitrógeno.
3. Inyección del agente de limpieza con una presión de 100 psi de nitrógeno
4. El agente de limpieza inyectado con nitrógeno en el tubo de succión deberá salir por el tubo capilar donde se debe de tener un recipiente para recibir las impurezas.
5. Conectar la manguera en la válvula colocada en el tubo de descarga para la inyección del agente de limpieza y nitrógeno para que la salida del agente sea por la salida del compresor.

10.5. Montaje del sistema de refrigeración

Para llevar a cabo el montaje adecuado del sistema de refrigeración, es necesario seguir cada uno de los pasos que se describen a continuación, empleando dos tipos de metodologías para la conexión de las tuberías: la soldadura fuerte y el sistema lock.

Nota: Durante la conexión de las tuberías mediante soldadura fuerte, se debe mantener una presión interna constante de 2 libras de nitrógeno dentro del sistema, para evitar la carbonización que ocurre durante el proceso desoldadura. Para limpiar el cobre, se debe utilizar una lija de plomero de 1' de ancho, en rollo, con grano 100, fabricada con óxido de aluminio y con un respaldo de tela flexible y resistente al agua.

1. Utilizar esponja extra fuerte 86 de uso industrial para eliminar residuos de cobre, así como de cualquier tipo de recubrimiento que llegue a contener el tubo capilar.
2. Verificar que no exista obstrucción en la punta del tubo capilar.

Metodología de soldadura fuerte

1. Conectar el filtro deshidratador en la salida del condensador.
2. Introducir el tubo capilar en el filtro deshidratador.
3. Soldar cada uno de los tubos provenientes de la salida del condensador y el tubo capilar proveniente del evaporador.
4. Verificar que no exista falta de soldadura en cada una de las uniones realizadas en el filtro deshidratador.
5. Se retiran las válvulas de servicio colocadas en el tubo de succión del evaporador y del tubo de descarga del condensador.
6. Se conecta el tubo de succión del evaporador en la entrada de succión del compresor
7. Se conecta el tubo de descarga del compresor al tubo de entrada del condensador.
8. Colocar la válvula de servicio al tubo de servicio del compresor.

Metodología del sistema lock

1. Se coloca sellador Lokprep 65 G en los tubos del condensador y del filtro deshidratador, para realizar la unión.
2. Una vez colocado el sellador en los tubos del condensador y del filtro deshidratador se procede a colocar el sistema lock.
3. Se coloca sellador en el tubo del filtro deshidratador y en el tubo de servicio.
4. Una vez colocado el sellador en el tubo del filtro deshidratador y en el tubo de servicio se procede a colocar el sistema lock.
5. Colocar el sellador en el tubo capilar y en el tubo del filtro deshidratador para proceder a colocar el sistema lock.
6. Colocar el sellador en el tubo de descarga del compresor y en el tubo de entrada del condensador.
7. Una vez colocado el sellador, se procede a colocar el sistema lock.
8. Colocar el sellador en los tubos de succión del compresor y del sistema.
9. Una vez colocado el sellador, se procede a colocar el sistema lock.



La detección de fugas se realiza mediante 4 pasos

10.6. Inspección y prueba de fugas en las uniones de tuberías

Para detectar posibles fugas, es indispensable llevar a cabo los procedimientos indicados a continuación, con el objetivo de asegurar que no haya fugas en las conexiones de las tuberías.

1. Se conectan las mangueras del manómetro en la válvula de servicio del filtro deshidratador y del compresor.
2. Se presuriza con 150 PSI de nitrógeno.
3. Verificar que no existan fugas en las uniones de las tuberías aplicando una solución jabonosa.
4. Si no existen fugas en las uniones se procede a despresurizar el sistema de refrigeración.

10.7. Vacío del sistema de refrigeración

Para realizar un vacío adecuado en el sistema de refrigeración, es fundamental seguir los pasos descritos a continuación, con el objetivo de alcanzar 500 micrones dentro del sistema. La bomba de vacío utilizada debe estar aprobada para su uso con refrigerantes inflamables.

1. Se conecta la bomba de vacío al sistema de refrigeración, con una manguera de 3/8 conectada a la bomba de vacío. De esta manera el vacío se genera más rápido y de forma más adecuada.
2. Se energizan el ventilador ATEX y el detector de gas HC. Posteriormente se energiza la bomba de vacío a prueba de chispas, que deberá estar ubicada afuera del área de seguridad.
3. La bomba de vacío deberá encenderse con el gas ballast abierto. Al hacerlo se evita que se acumule humedad en el interior de la bomba, lo que previene daños ocasionados por la humedad que podría ser aspirada.
4. Cuando la bomba de vacío cambie de sonido se cierra el gas ballast. Esperar hasta que llegue a 250 micrones.
5. Una vez alcanzados los 250 micrones de vacío, se procede a cerrar los manómetros, se abre el gas ballast, y cuando cambie de sonido en la bomba se puede apagar.



Para un vacío adecuado, se debe contar con una bomba de vacío aprobado para refrigerantes inflamables

10.8. Carga de refrigerante HC en equipos de refrigeración comercial o doméstico

Para realizar la carga del refrigerante de hidrocarburos, es indispensable seguir los pasos descritos a continuación, asegurándose de que se ejecuten de manera segura y con las debidas precauciones.

1. Conectar la manguera de servicio del manómetro al tanque del refrigerante hidrocarburo.
2. Verificar la cantidad de refrigerante hidrocarburo que debe llevar el equipo indicada en la ficha del fabricante.
3. Colocar el tanque de refrigerante hidrocarburo sobre una báscula electrónica.
4. Colocar control automático de temperatura en la posición de apagado.

5. Energizar el equipo de refrigeración.
6. Colocar control automático de temperatura (o termostato) en la posición máxima.
7. Cargar la cantidad de refrigerante indicada en la ficha del fabricante.
8. Una vez cargado el sistema con la cantidad de refrigerante hidrocarburo, se verifican presiones de trabajo indicadas en la etiqueta del fabricante del equipo de refrigeración.
9. Una vez que las presiones de trabajo están verificadas, se procede a realizar ponchado en la válvula de servicio del compresor y en la válvula de servicio del filtro deshidratador.
10. Retirar las mangueras del manómetro colocadas en las válvulas de servicio del compresor y del filtro deshidratador.
11. Una vez retiradas las mangueras del manómetro, se procede a retirar las válvulas de conexión rápida.
12. Una vez retiradas las válvulas de conexión rápida, se procede a sellar los tubos de servicio del compresor y del filtro deshidratador.

10.9. Verificación de fugas de refrigerante HC

Para comprobar que no existan fugas de refrigerante hidrocarburo en las uniones de tuberías, se deberá realizar el siguiente procedimiento.

1. Para verificar que no existan fugas de refrigerante hidrocarburo en uniones de tubo, se utiliza un detector de fugas electrónico.
2. El detector de fugas electrónico emite un sonido en caso de existir una fuga de refrigerante hidrocarburo.

10.10. Bitácora de servicio para equipos de refrigeración con HC

La hoja de servicio para equipos de refrigeración con HC está diseñada para registrar y verificar el estado y mantenimiento de los componentes principales del sistema. Está estructurada en varias secciones que permiten un control detallado del equipo durante una revisión o servicio técnico.

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO Y SERVICIO DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN CON REFRIGERANTES HIDROCARBUROS			
Marca del Equipo:			
Modelo y número de serie:			
Tipo de refrigerante y carga(kg)			
Capacidad de enfriamiento:			
Amperaje de arranque			
Amperaje de trabajo:			
	Si	No	Notas
Revisión de Componentes			
1. Cable de servicio en buen estado			
2. Control de temperatura en buen estado			
3. Funcionamiento correcto de motor ventilador			
4. Arranque de compresor			
5. Condensación en tubo de descarga			
6. Elemento térmico en buen estado			
7. Capacitor en buen estado			
8. Relevador en buen estado			
9. Compresor a tierra			
10. Residuo de aceite en uniones de tubo			
11. Falta de compresión			
Componentes a sustituir			
1. Cable de servicio			
2. Control de temperatura			
3. Motor ventilador			
4. Elemento térmico			
5. Capacitor			
6. Relevador			
7. Compresor			
8. Filtro deshidratador			
Acciones correctivas a implementar			
1. Lavado de sistema			
2. Colocación de sistema lock			
3. Revisión de fugas			
4. Vacío de sistema de refrigeración			
5. Carga de refrigerante hidrocarburo			
Nombre del técnico:			
Firma:			
Número de certificación.			
Fecha de servicio:			

Capítulo



Capítulo 11

PROTECCIÓN ELÉCTRICA: SEGURIDAD PARA TUS EQUIPOS

Las corrientes eléctricas, incluso en pequeñas cantidades y sin importar si están en el lugar de trabajo o en otro entorno, pueden causar daños graves, como quemaduras internas y externas, ceguera y diversas lesiones provocadas por caídas.

En el peor de los casos, pueden llevar a la muerte por electrocución. Los trabajadores del sector refrigeración están en constante contacto con la electricidad.

Durante la instalación, mantenimiento y reparación de sistemas de alto y bajo voltaje, los técnicos se enfrentan frecuentemente a entornos potencialmente peligrosos. Es crucial entender los riesgos eléctricos y las medidas para prevenir descargas, lesiones y electrocuciones.

Debe evitarse tocar cables desnudos o conexiones que se sabe que están “energizadas” innecesariamente. Siempre que sea posible, desconecte y bloquee el interruptor del circuito para asegurarse de que la línea esté desenergizada antes de trabajar.

Si es necesario trabajar con líneas o equipos “energizados”, se deben seguir todas las precauciones:

- ✱ No trabaje en partes o líneas energizadas a menos que comprenda su funcionamiento.
- ✱ Evite pararse sobre suelos mojados o tierra.
- ✱ Mantenga siempre sus manos y guantes secos.
- ✱ No se apoye en paredes húmedas o en maquinaria conectada a tierra.
- ✱ Evite tocar simultáneamente partes activas con ambas manos.

La reparación y el mantenimiento de los componentes eléctricos deben incluir una verificación inicial de seguridad y la inspección adecuada de los componentes. Si se detecta una falla que comprometa la seguridad, no se debe restablecer el suministro eléctrico hasta que dicha falla sea corregida de manera satisfactoria. Si no es posible solucionar la falla de inmediato, pero es necesario continuar con la operación, se debe implementar una solución temporal adecuada, notificando al propietario del equipo para que todas las partes involucradas estén informadas.

Las comprobaciones iniciales de seguridad deben incluir:

- Asegurarse de que los condensadores se descarguen de manera segura para evitar chispas.
- Verificar que no haya componentes eléctricos energizados.
- Comprobar la continuidad de la conexión a tierra.

11.1. Clases de protección eléctrica

En el sector de los electrodomésticos, se emplean distintas categorías de aislamiento o protección definidas por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), que sirven para especificar las condiciones de conexión a tierra de los equipos. A pesar de estar relacionadas, estas categorías no deben confundirse con los tipos de aislamiento que existen entre los circuitos eléctricos.

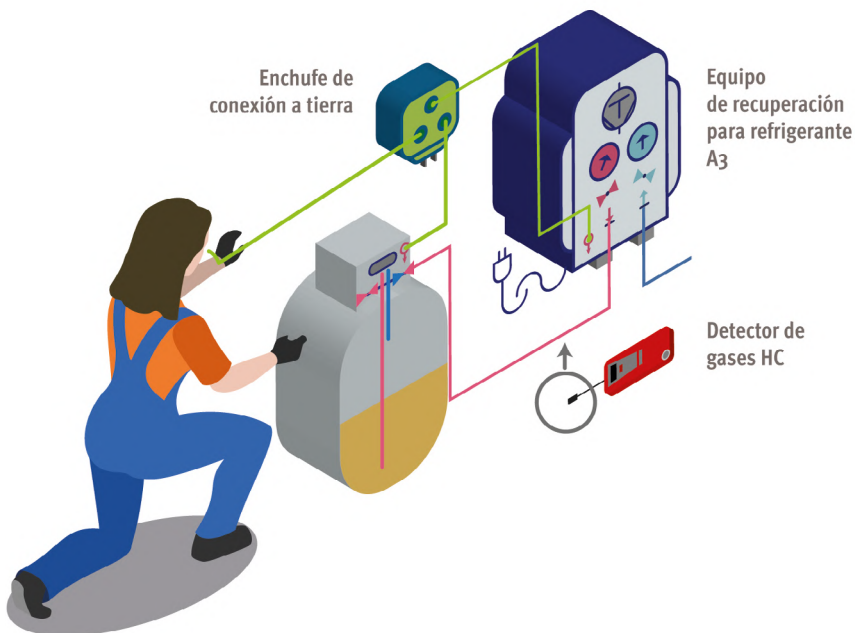


Ilustración 29.
Conexión a tierra

Clase 0.

Estos aparatos no tienen conexión a tierra ni ningún tipo de protección aislante. Fueron originalmente creados para operar en zonas secas, pero su comercialización ha sido prohibida en la mayoría de los países debido al riesgo de que, en caso de fallo, puedan provocar una descarga eléctrica.

Clase I

Estos dispositivos deben tener todas sus partes metálicas accesibles conectadas a tierra a través de un cable con aislamiento de color amarillo/verde. En caso de que se produzca una falla que permita que un conductor activo haga contacto con la carcasa, la corriente se desviará por el cable de tierra. Este flujo de corriente puede activar un interruptor diferencial (también conocido como interruptor de circuito por falla de tierra), que interrumpirá el suministro eléctrico al equipo.

El interruptor de circuito por falla de tierra (GFCI) es un mecanismo de seguridad que corta el suministro eléctrico si detecta una diferencia entre la corriente de entrada y la de retorno. La instalación de un GFCI disminuye considerablemente el riesgo de electrocución. Este dispositivo responde a una pequeña variación en la corriente (entre 3 y 5 mA) en un lapso muy breve.

Clase II

Un equipo con doble aislamiento eléctrico está diseñado de tal manera que no requiere conexión a tierra para asegurar la protección eléctrica. Su principio básico es que un fallo único no puede generar tensiones peligrosas que puedan provocar una descarga eléctrica. Esto se logra sin la necesidad de una conexión a tierra, generalmente mediante el uso de dos capas de aislamiento que cubren las partes con corriente o mediante un aislamiento reforzado.

Clase III

Un equipo diseñado para operar con una fuente de alimentación de muy baja tensión de seguridad (SELV, por sus siglas en inglés). La baja tensión suministrada por una fuente SELV es tan reducida que, bajo condiciones normales, una persona puede tocarla sin peligro de sufrir una descarga eléctrica.

ANEXO



Anexo

HOJAS DE SEGURIDAD

Las hojas de seguridad (HDS) para los refrigerantes HC R-290 y R-600a describen las propiedades físicas y químicas de estos compuestos, así como los peligros asociados con su manejo, almacenamiento y transporte. A continuación se proporcionan instrucciones sobre cómo manejar estos productos de forma segura, qué medidas tomar en caso de un derrame o fuga, y cómo eliminarlos de forma responsable. También incluyen información sobre la toxicidad de los productos y su impacto ambiental.

Es importante considerar que cada fabricante debe proporcionar esta información. Estas HDS podrían tener variaciones de acuerdo con los diferentes productos o marcas y las legislaciones o normativas locales, sin embargo hay contenido que es general y deberá ser claramente proporcionado.

R-600a

Datos del fabricante o importador	Información de fabricante
Teléfonos de emergencia	Proporcionados por el fabricante
Nombre comercial	Debe aparecer la marca del refrigerante
Fórmula química	C_4H_{10}
Familia química	Alcano
Otros medios de identificación	$(CH_3)_2CH-CH_3$, C_4H_{10} , metilpropano, 1,1-dimetiletano, 2-metilpropano, trimetilmetano, R600a, Isobutano
Uso recomendado y restricciones de uso	Gas refrigerante

1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

- Clasificación de la sustancia o mezcla: Gas licuado
- Elementos de la señalización, incluidos los consejos de prudencia y pictogramas de precaución.

- Palabra de advertencia: Peligro



Indicaciones de peligro:

- H220: Gas extremadamente inflamable.
- AUHo44: Riesgo de explosión si es calentado en confinamiento.
- H280: Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta.



Consejos de prudencia:

- P210: Mantener alejado del calor, chispas, llamas al descubierto, superficies calientes y otras fuentes de ignición.
- No fumar.
- P377: Fuga de gas inflamado. No apagar las llamas del gas inflamado si no puede hacerse sin riesgo.
- P381: En caso de fuga, eliminar todas las fuentes de ignición.
- P410+P403: Proteger de la luz solar. Almacenar en un lugar bien ventilado.

2. INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Identidad química de la sustancia	metilpropano; 1,1-dimetiletano; 2-metilpropano; trimetilmetano
Nombre común	R600a (Isobutano)
Número C.A.S	75-28-5
Número ONU	1969
Impurezas y aditivos estabilizadores	N/A

3. PRIMEROS AUXILIOS

- Si tiene contacto con la piel y ojos, deberá enjuagar de inmediato con abundante agua, incluso debajo de los párpados, durante, al menos, 15 minutos.
- En caso de congelación, usar agua templada.
- Consultar a un médico si los síntomas persisten.
- Si no se dispone de agua, cubra con un lienzo suave de lana u otro material adecuado. Consulte al médico en caso de cualquier quemadura por baja temperatura.
- La ingestión es poco común. Recomendamos leer el apartado sobre inhalación. No provocar vómitos sin consejo médico.
- Inhalación: Sacar al paciente al aire libre. En caso de respiración irregular o paro respiratorio, dar respiración artificial. Utilizar oxígeno si es preciso y siempre que esté presente un operador calificado. No administrar drogas del grupo de las adrenalinas-efedrinas. Recuerde siempre llamar a un médico.

R-290**Identificación de la sustancia/mezcla y de la sociedad/empresa**

Datos del fabricante o importador	Información del fabricante
Teléfonos de emergencia	Proporcionados por el fabricante
Nombre comercial	Debe aparecer la marca del refrigerante
Fórmula química	C_3H_8
Familia química	Hidrocarburos alifáticos: alcanos
Otros medios de identificación	Propano (R-290)
Uso recomendado y restricciones de uso	Solo para equipos de refrigeración de uso industrial. Realice una evaluación de riesgos antes de su uso.

1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

- Estado: Gas licuado
- Color: Incoloro
- Olor: Inodoro
- Clasificación de la sustancia o mezcla: Gas extremadamente inflamable, gas a presión.
- Elementos de la señalización, incluidas los consejos de prudencia y pictogramas de precaución:
- Palabra de advertencia: Peligro

**Indicaciones de peligro**

- H220: Gas extremadamente inflamable.
- H280: Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta.

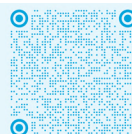
**Almacenamiento**

- Proteger de la luz solar.
- Almacenar en un lugar bien ventilado.

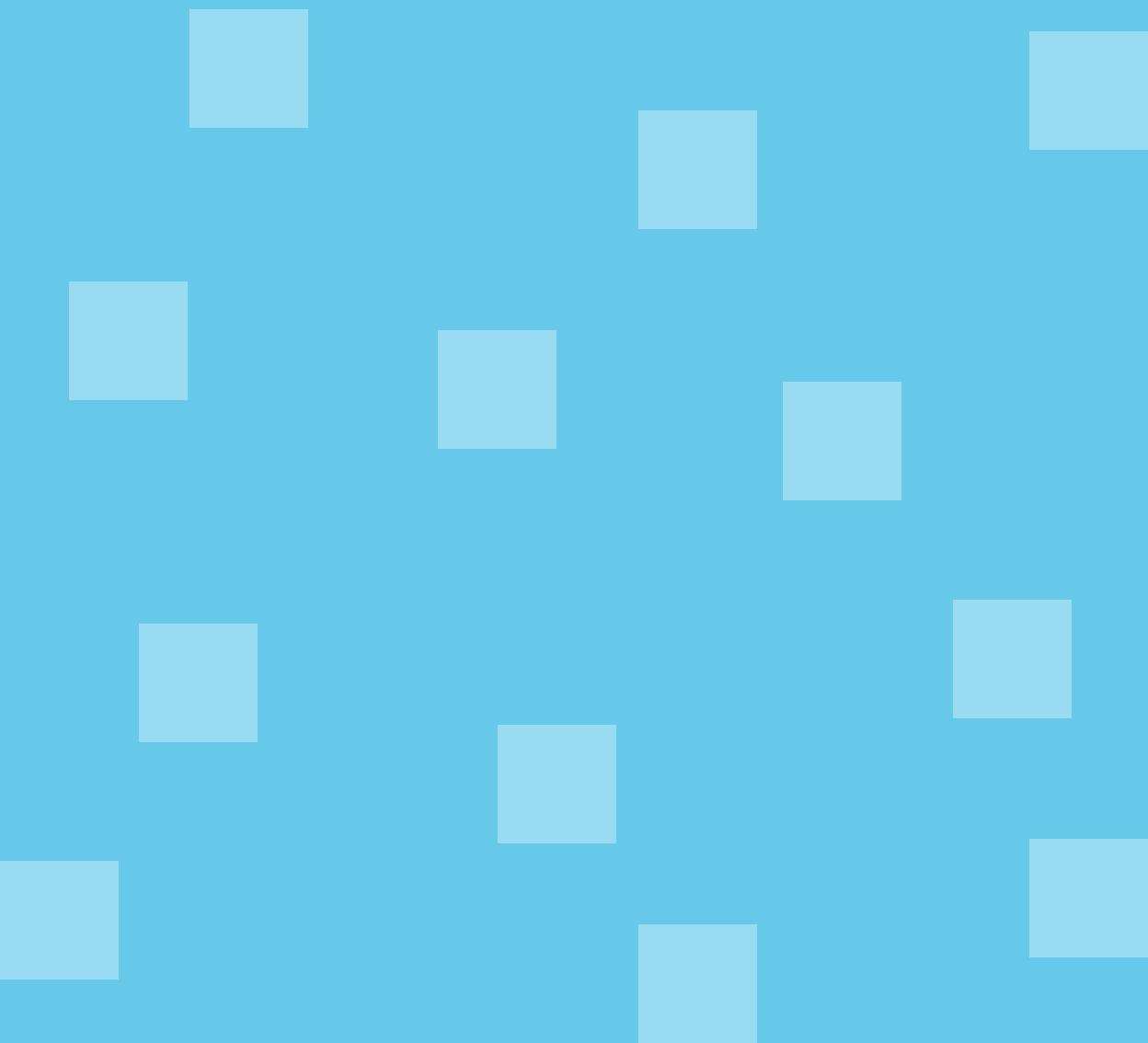
Consejos de prudencia

- P101: Si se necesita consultar a un médico: tener a la mano el recipiente o la etiqueta del producto.
- P202: No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad.
- P210: Mantener alejado del calor, chispas, llamas al descubierto, superficies calientes y otras fuentes de ignición. No fumar.
- P234: Conservar únicamente en el recipiente original.
- P271: Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado.
- P273: No dispersar en el medio ambiente.
- P282: Usar guantes aislantes contra el frío y equipo de protección para los ojos o la cara.
- P284: En caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria.
- P377: Fuga de gas inflamado. No apagar las llamas del gas inflamado si no puede hacerse sin riesgo.
- P381: En caso de fuga, eliminar todas las fuentes de ignición.
- P302+352: En caso de fuga, eliminar todas las fuentes de ignición.
- P304+340: En caso de inhalación, transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
- P411: Almacenar a una temperatura que no exceda de 50 °C.
- Otros peligros clasificados, Que no contribuyen a la clasificación:
 - Puede causar irritación en los ojos y la piel.
 - Puede causar congelamiento.
 - Puede causar arritmia cardíaca.

Nota: esta es una versión condensada de las hojas de seguridad. Para consultar la versión completa, puede visitar el siguiente enlace bit.ly/44QDHF8 o escanear el código QR.



GLOSARIO TÉCNICO



Amoníaco: Refrigerante natural usado en sistemas industriales debido a su alta eficiencia y costo relativamente bajo.

ASHRAE Estándar 34: Sistema de clasificación de refrigerantes según toxicidad e inflamabilidad.

Calor latente: Energía necesaria para cambiar el estado de una sustancia (sólido, líquido, gas) sin alterar su temperatura.

Calor sensible: Energía que provoca un cambio de temperatura en una sustancia sin alterar su estado.

Calor de vaporización: Cantidad de energía absorbida por un líquido para transformarse en vapor.

Ciclo de refrigeración: Proceso termodinámico en el que un refrigerante absorbe calor en un evaporador y lo libera en un condensador.

Condensador: Componente de un sistema de refrigeración que convierte el refrigerante de vapor a líquido mientras libera calor.

Condición de saturación: Estado en el que una sustancia se encuentra a punto de cambiar de fase a una presión y temperatura específicas.

Compresor: Dispositivo que aumenta la presión y temperatura del refrigerante en un sistema de refrigeración.

Densidad: Grado de compactación de una sustancia, expresado en masa por unidad de volumen.

Evaporador: Componente donde el refrigerante absorbe calor y cambia de líquido a vapor, enfriando el entorno.

Hidrocarburos (HC): Compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno utilizados como refrigerantes naturales (e.g., R-290 y R-600a).

Inflamabilidad: Propiedad de una sustancia de encenderse y quemarse en presencia de oxígeno y calor.

Isobutano (R-600a): Hidrocarburo con bajo PCG utilizado comúnmente en refrigeradores domésticos.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

Ley del Gas Perfecto: Relación entre presión, volumen y temperatura de un gas, expresada como $PV = nRT$

Norma NFPA 704: Sistema de identificación de materiales peligrosos mediante un diamante de cuatro colores.

PCG (Potencial de Calentamiento Global): Indicador del impacto relativo de una sustancia sobre el calentamiento global.

PAO (Potencial de Agotamiento de Ozono): Capacidad de una sustancia para dañar la capa de ozono.

Presión absoluta: Presión medida desde un vacío perfecto, incluyendo la presión atmosférica.

Presión manométrica: Presión medida con referencia a la presión atmosférica, excluyéndola.

Propano (R-290): Refrigerante hidrocarburo utilizado en sistemas de refrigeración comerciales e industriales.

Refrigerante: Sustancia que circula en un sistema de refrigeración para absorber y liberar calor.

Relación de compresión: Proporción entre la presión de descarga y la presión de succión en un compresor.

Subenfriamiento: Reducción de la temperatura del líquido refrigerante por debajo de su punto de saturación.

Temperatura crítica: Máxima temperatura a la cual una sustancia puede existir como líquido independientemente de la presión.

Temperatura de ebullición: Punto en el que un líquido pasa a gas a una presión específica.

Termodinámica: Rama de la física que estudia las relaciones entre calor, trabajo y energía.

Triángulo de fuego: Modelo que describe los tres elementos necesarios para la combustión: combustible, oxígeno y calor.

Vacío: Estado de baja presión utilizado en sistemas de refrigeración para eliminar aire y humedad antes de cargar refrigerante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



A

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (2024). ANSI/ASHRAE Standard 147-2019: Reducing the Release of Halogenated Refrigerants from Refrigerating and Air-Conditioning Equipment and Systems, ASHRAE

Asociación Española de Normalización (2021). UNE-EN IEC 60079-0: Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales (Norma UNE-EN IEC 60079-0:2021). Asociación Española de Normalización, Madrid, España.

C

Colbourne, D. (2021). History of Flammable Refrigerants. Institute of Refrigeration.

Colbourne, D. (2023). Refrigerantes inflamables (54e Nota informativa). Instituto Internacional del Frío

Crincoli Rondón, C. A. (s.f.). Refrigerantes hidrocarburos como alternativa para los sistemas de refrigeración. Miniproyecto de Ingeniería Química, Departamento de Termodinámica y Fenómenos de Transferencia.

G

Galindo Torres, M. D., & Mejía Barragán, F. (2023). Normas Técnicas Colombianas sobre el manejo seguro de sistemas de refrigeración y refrigerantes. Letras ConCiencia Tecnológica, (20), 29-39. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

Goetzler, W., Guernsey, M., & McClive, S. (2018). Guidelines for Flammable Refrigerant Handling, Transporting, Storing and Equipment Servicing, Installation and Dismantling (ASHRAE Research Project Report 1807-RP). Navigant Consulting, Inc.

H

Hühren, R. (2011). Buenas prácticas de refrigeración. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Proklima, Alemania.

I

Isaza Roldán, C. A. (2023). Guía de buenas prácticas para equipos y sistemas de refrigeración comercial con refrigerante hidrocarburo R-290. Cair Ingeniería.

M

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2023). Cálculo de área mínima o carga máxima para un aire acondicionado con R290. Bogotá: Gobierno de Colombia

O

R

Obrzut, J. Low GWP Refrigerant Safety: Flammable and Mildly Flammable Refrigerants. Esco Institute.

REAL Alternatives (2017). Mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración. Institute of Refrigeration (IOR).

Refolution Industriekälte GmbH (2021). Impact of fluorinated refrigerants and their degradation products on the environment and health. Revolution Industriekälte GmbH.

Refrigeration Service Engineers Society (2027). Hydrocarbon Refrigerants: A Study Guide for Service Technicians. 3ra. Edición.

REAL Alternatives (2017). Diseño de sistemas con refrigerantes alternativos (Módulo 2). Institute of Refrigeration.

REAL Alternatives (2017). Contención y detección de fugas de refrigerantes alternativos (Módulo 3). Institute of Refrigeration.

S

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2021). Manejo Seguro de Hidrocarburos en el Sector Refrigeración y Aire Acondicionado. México. SEMARNAT.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (s.f.). Cómo Trabajar con Sistemas y Equipos a Base de Hidrocarburos: HCs en Forma Segura. OPROZ.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (s.f.). Los Hidrocarburos HCs como Refrigerantes: Isobutano R-600a / Propano R-290. OPROZ.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS



Acrónimo / Sigla Significado

A1	Clase de seguridad ASHRAE 34: baja toxicidad, no propagación de llama
A2L	Clase ASHRAE 34: baja toxicidad, ligeramente inflamable (velocidad de combustión ≤ 10 cm/s)
A3	Clase ASHRAE 34: baja toxicidad, altamente inflamable
A2015	Especificación de cilindros de acero DOT-3AA-2015 (alta presión)
ABC	Extintor de polvo químico multipropósito para fuegos de clase A, B y C
AHRI	Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (EE. UU.).
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ATEX	Atmósferas Explosivas
B2L	Clase ASHRAE 34: alta toxicidad, ligeramente inflamable
BTU	British Thermal Unit (Unidad Térmica Británica)
CE	Marca Conformité Européenne que acredita cumplimiento normativo en la UE
CGA	Compressed Gas Association
CH₄	Fórmula del metano, hidrocarburo simple inflamable
COP	Coefficiente de Rendimiento Energético
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
DOT3A	Especificación del Departamento de Transporte de EE. UU. para cilindros de acero sin costura
EN 378	Norma europea de seguridad y medio ambiente para sistemas de refrigeración
ESD	Descarga Electrostática
GFCI	Ground-Fault Circuit Interrupter (interruptor diferencial)

- GNC** Gases no Condensables
- HC** Hidrocarburo
- HFC** Hidrofluorocarbono
- HCFC** Hidroclorofluorocarbono
- HFO** Hidrofluoroolefina
- ICONTEC** Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
- IEC** International Electrotechnical Commission (p. ej., IEC 60079-10-1)
- ISO** International Organization for Standardization.
- ISO 5149** Norma ISO 5149 sobre seguridad en sistemas de refrigeración
- kN (KN)** Kilonewton, unidad de fuerza ($1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$)
- LSI** Límite Superior de Inflamabilidad
- LIE** Límite Inferior de Explosividad
- LSE** Límite Superior de Explosividad
- NFPA** National Fire Protection Association (EE. UU.)
- OFN** Oxygen-Free Nitrogen (nitrógeno seco libre de oxígeno), gas de purga
- PAO** Potencial de Agotamiento de Ozono
- PCG** Potencial de Calentamiento Global
- PSI** Libras por Pulgada Cuadrada
- PSIG** Libras por Pulgada Cuadrada Manométrica
- PSIA** Libras por Pulgada Cuadrada Absoluta
- R-290** Propano
- R-600** Butano
- R-600a** Isobutano
- RAC** Refrigeration and Air-Conditioning
- SI** Sistema Internacional de Unidades
- TÜV** Technischer Überwachungsverein (organismo alemán de certificación)
- UL** Underwriters Laboratories (organismo de certificación en EE. UU. y Canadá)



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Progreso mediante la innovación

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Centro Internacional de Viena

P.O. Box 300 · 1400 Viena · Austria

www.unido.org

Desarrollo Industrial Inclusivo y Sostenible