



Guía de reconversión de la producción de refrigeradores domésticos: de refrigerantes halogenados a refrigerantes de hidrocarburo

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

Guía de reconversión de la producción de refrigeradores domésticos: de refrigerantes halogenados a refrigerantes de hidrocarburo

Editorial

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficinas registradas:

Bonn y Eschborn,
Alemania

Nombre de proyecto de sector:

GIZ Proklima – un programa para salvar
la capa de ozono

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5

65760 Eschborn, Alemania

Teléfono: +49 61 96 79 - 1022

Fax: +49 61 96 79 - 80 1022

Internet: www.giz.de/proklima

Programme manager: Bernhard Siegele,

Contact: bernhard.siegele@giz.de

Responsable:

Gerente de programa: Bernhard Siegele

Contacto: bernhard.siegele@giz.de

Autores principales:

Dr. Caroline Narayan (HEAT GmbH,
Glashütten)

Asesoría técnica y autores en contribución:

Dr. Daniel Colbourne, Dietram Oppelt,
Igor Croiset, Irene Papst, Rolf Hühren
(HEAT GmbH, Glashütten)

Revisión:

Dr. Daniel Colbourne, Dietram Oppelt, Jürgen
Usinger (HEAT GmbH, Glashütten)

Revisor de pares:

Sr. Manuel Azucena, Filipinas – Instructor,
Consultor HPMP
Cinthya Berrío Boza, GIZ Proklima

En representación de:

Ministerio Federal de Medioambiente,
Conservación de la Naturaleza, Obras
Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB)

División K II 7, International Climate Finance,
International Climate Initiative

Köthener Straße 2-3

10963 Berlín, Alemania

Teléfono: +49 (0)30 18 305 - 0

Fax: +49 (0)30 18 305 - 4375

Email: kii7@bmub.bund.de

Internet: www.bmub.de

Foto de carátula:

Ice Cubes © Geofff – Fotolia.com

Diseño:

Jeanette Geppert, www.jeanette-geppert.de

Lugar y fecha de publicación:

Eschborn, Mayo 2014

Número de serie:

JR-S01-2014-es-01

PROKLIMA es un programa de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Desde 2008 Proklima ha estado trabajando exitosamente en representación del Ministerio Federal para el Medioambiente, Conservación de la Naturaleza, Contrucción y la Seguridad Nuclear (BMUB) bajo su Iniciativa Internacional Climática (IKI) para difundir tecnologías amigables con el clima y la capa de ozono.

Desde el año 1996 PROKLIMA ha estado entregando apoyo financiero y técnico a los países en desarrollo, por encargo del Ministerio Federal Alemán para la Cooperación Económica y el Desarrollo (BMZ), para poner en práctica las disposiciones del Protocolo de Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono.

Contenido

Reconocimientos	9
Abreviaturas	10
Lista de figuras	12
Lista de tablas	14
Prólogo	15

1. INTRODUCCIÓN

1.1 HCFC, HFC, HC	16
1.2 Marco de clima	19
1.3 Alcance de esta guía	21

2. HIDROCARBUROS COMO REFRIGERANTES

ALTERNATIVOS

2.1 Marketing de electrodomésticos con hidrocarburos	22
2.1.1 Tendencias actuales de mercado	24
2.1.2 Clasificación de energía	25
2.1.3 Eco-etiquetado	26
2.2 Consideraciones para los fabricantes	26
2.3 Barreras a la reconversión	28
2.3.1 Aspectos técnicos	28
2.3.2 Suministro y disponibilidad	30
2.3.3 Aspectos comerciales	30
2.3.4 Mercado 30	

3. CONSIDERACIONES PARA RECONVERSIÓN	32
3.1 Diseño de unidad	34
3.2 Producción de espuma	34
3.2.1 Información requerida	36
3.2.2 Fuente de emisiones	36
3.2.3 Maquinaria	38
3.2.4 Medidas de seguridad en los equipos	39
3.2.5 Concepto del sistema de seguridad	40
3.2.6 Actividades y acciones	42
3.3 Línea de producción	46
3.3.1 Almacenamiento de refrigerante y sistema de alimentación	46
3.3.2 Líneas de carga de refrigerante	60
3.3.3 Líneas de hermeticidad de fuga	61
3.3.4 Líneas de reparación	64
3.3.5 Líneas de prueba de intensidad	66
3.3.6 Líneas de evacuación	67
3.3.7 Sellado de sistemas cargados	71
3.3.8 Pruebas, normas, regulaciones	75
3.4 Cambios en los componentes de producto	77
3.4.1 Componentes clave	78
3.4.2 Requisitos de seguridad	91
3.5 Capacitación y servicio posventas	98
3.5.1 Importancia y enfoque de la capacitación	99
3.5.2 Capacitación para diseñar y desarrollar	102
3.5.3 Capacitación para producción	104
3.5.4 Capacitación para servicio posventas	107

4. ESTUDIO DE CASO: PALFRIDGE LTD., SUAZILANDIA 110

4.1 La fábrica 110

4.2 La producción 112

4.3 Los productos 113

4.4 Desarrollo y diseño 114

4.5 Producción y fabricación 115

4.6 Capacitación 115

4.7 Servicios posventa 117

4.8 Obstáculos 119

**NOTAS ADICIONALES Y REFERENCIAS
RECOMENDADAS 120**

APÉNDICES 122

APÉNDICE 1 - PCG Y PAO DE REFRIGERANTES COMUNES
EXPLICADOS 123

APÉNDICE 2 - ENFOQUE PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES 126

APÉNDICE 3 - NORMAS ATEX 138

APÉNDICE 4 - CONTENIDO DE NORMAS DE CAPACITACIÓN
EN REFRIGERACIÓN 150

APÉNDICE 5 - CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE EJEMPLO
DE TÉCNICOS 170

BIBLIOGRAFÍA

Reconocimientos

Se agradece el financiamiento del BMUB, Ministerio Alemán Federal para el Medioambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear.

Gracias a Jürgen Usinger por el concepto y por las ideas y a Dietram Oppelt y Daniel Colburne por las útiles conversaciones y orientaciones para dar forma al documento. Gracias también por los valiosos comentarios y opiniones en los diversos borradores que siguieron.

Gracias a Rolf Hühren por sus comentarios sobre capacitación y mantenimiento a las piezas, así como por la generosidad de permitir el uso de algunas de sus ilustraciones originales que serán publicadas en su próximo manual de capacitación en servicio.

Muchas gracias a Igor Croiset por las conversaciones iniciales sobre producción de espuma y por su aporte en este sentido.

Finalmente, gracias a todos los que ofrecieron asistencia por escrito, en especial a quienes contribuyeron con contenido técnico, investigación, revisión y formato.

Daniel Colbourne, GIZ Proklima
Dietram Oppelt, GIZ Proklima
Friederike Lüdicke, GIZ Proklima
Irene Papst, GIZ Proklima
Jürgen Usinger, GIZ Proklima
Rebecca Kirch, GIZ Proklima
Rolf Hühren, GIZ Proklima

Las imágenes en terreno usadas en este documento son cortesía de Palfridge Fridge Factory, Suazilandia.

Abreviaturas

ARC	Trabajador/trabajadora de refrigeración de AREA
AREA	Asociación Europea de Asociaciones de Contratistas Nacionales de Refrigeración y Aire acondicionado
ASEAN	Asociación de Naciones del Sudeste Asiático
ASTM	Sociedad Americana de Ensayos y Materiales
ATEL	Límite de exposición a toxicidad aguda
ATEX	“Atmósfera explosiva” (sinónimo de la directriz ATEX europea)
BMUB	“Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit “ (Ministerio Federal Alemán de Medioambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear)
CFC	Clorofluorocarbonos
CNS	Sistema nervioso central
CO2	Dióxido de carbono
EEA	Área Económica Europea
UE	Unión Europea
GIZ	“Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH“ (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional)
GEI	Gas de Efecto Invernadero
Gt	Gigatonelada
PCG	Potencial de Calentamiento Global
HCs	Hidrocarburos
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
HPMP	Plan de gestión de eliminación de HCFC
IGS	Supresión de gas de interferencia
IIR	Instituto Internacional de Refrigeración
ISO	Organización Internacional de Normalización
LEL	Límite explosivo inferior
LFL	Límite de inflamabilidad inferior
GLP	Gas líquido de petróleo

MLF	Fondo Multilateral
MSDS	Hoja de datos de seguridad de materiales
ODL	Límite de privación de oxígeno
OFDN	Nitrógeno seco libre de oxígeno
ONG	Organización no gubernamental
SAO	Sustancia agotadora de la capa de ozono (ingl. ODS)
PAO	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (ingl. ODP)
PED	Directriz de equipos de presión
PL	Límite de concentración práctico
POE	Poliol éster
PPT	Tecnología de proceso de pentano
PTFE	Politetrafluoroetileno
PUR	Espuma de poliuretano rígido
PU	Poliuretano
PVC	Cloruro de polivinilo
RAC	Refrigeración y aire acondicionado
TRG	Reglas técnicas para gases
TÜV	“Technischer Überwachungsverein” (Asociación de inspecciones técnicas)
UEL	Límite explosivo superior
UNEP DTIE	División de Tecnología, Industria y Economía del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente
VDE	“Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik” (Asociación alemana de Tecnología de Información, Electrónica y Eléctrica)
VET	Capacitación educacional y vocacional

Lista de figuras

- Figura 1 Efecto real del calentamiento a partir de la liberación de 1kg de diversos HFCs y 1000 kg de CO₂
- Figura 2 Transiciones en refrigerantes y agentes espumantes en la refrigeración doméstica
- Figura 3 Programación actual para el desuso de HCFC en los países del Artículo 5
- Figura 4 Diagrama conceptual que muestra el proceso general involucrado en la planificación y ejecución de un proyecto de reconversión
- Figura 5 Concepto de sistema de seguridad para la producción de espuma
- Figura 6 Boceto de una estación de formación de espuma basada en ciclopentano
- Figura 7 Diagrama conceptual que muestra un proceso de fabricación típico
- Figura 8 Nave de almacenamiento de HC
- Figura 9 Circuito secundario de tierra
- Figura 10 Protección contra incendio para almacenamiento de HC en exterior
- Figura 11 Sistema de alimentación de HC
- Figura 12 Acopladores rápidos y su uso en el conjunto del sistema
- Figura 13 Un aerosol de detección de fugas no corrosivo, de alta viscosidad y no congelante
- Figura 14 Infraestructura en sitio para prueba y recuperación de helio
- Figura 15 Línea de evacuación en sitio
- Figura 16 Bomba al vacío y pantalla de calibre
- Figura 17 Sistema de bombeo en zona de evacuación
- Figura 18 Sellado por soldadura: pasos a seguir en el proceso de soldadura
- Figura 19 Herramientas requeridas para el sellado usando el método de Lok-ring
- Figura 20 Máquina para soldadura ultrasónica
- Figura 21 Máquina para prueba eléctrica
- Figura 22 Lugar de pruebas en Palfridge Fridge Factory, Suazilandia
- Figura 23 Ciclo de refrigerador básico
- Figura 24 Circuitos de refrigeración de refrigeradores domésticos: congeladores tipo cofre y gabinete
- Figura 25 Compresor hermético
- Figura 26 Tipos de evaporador de placa tubular y soldado por laminación (roll bond)

- Figura 27 Tubo capilar
- Figura 28 Condensador estático
- Figura 29 Ejemplo de secador de filtro diseñado a lápiz
- Figura 30 Ejemplo de armado de inserción de tubo capilar en secador de filtro
- Figura 31 Vista esquemática de un termostato capilar
- Figura 32 Componentes al interior del compartimiento de refrigerador y su ubicación
- Figura 33 Triángulo del fuego
- Figura 34 Otros ejemplos de señalización
- Figura 35 Ejemplos de letreros obligatorios para uso en equipo y en áreas de trabajo
- Figura 36 Descripción general de las categorías de capacitación a considerar
- Figura 37 Instalaciones de Palfridge Company en Matsapha, Suazilandia

FIGURAS DE APÉNDICE

- Figura A3-1 Símbolo que indica áreas ATEX en un lugar de trabajo
- Figura A3-2 Directrices aplicadas a lugares de trabajo con riesgo de explosión
- Figura A3-3 Diagrama de flujo de medida de seguridad mínima
- Figura A3-4 Procedimiento de evaluación, consideraciones y acciones para evaluación de riesgo de explosión
- Figura A3-5 Placa de marcado A típico del CE
- Figura A3-6 Muestra de certificado CE
- Figura A3-7 Triángulo del fuego

Lista de tablas

Tabla 1	Información requerida para la reconversión del área de espuma
Tabla 2	Características de seguridad para tanques a granel, cubiertas de cilindro y salas de bomba
Tabla 3	Consideraciones antes de la reconversión
Tabla 4	Características de compresor
Tabla 5	Esquema de clasificación de seguridad de refrigerante
Tabla 6	Rango de electrodomésticos de refrigeración doméstica y comercial producidos por Palfridge Ltd.
Tabla 7	Instalaciones de Liquitech

TABLAS DE APÉNDICE

Tabla A1-1 PCG y PAO de varios agentes espumantes y refrigerantes

Tabla A2-1 Descripción de escenario de emisiones

Tabla A2-2 Parámetros que permanecen constantes

Tabla A2-3 Parámetros recomendados para monitoreo

Tabla A3-1 Zonas peligrosas

Tabla A3-2 Categorías de equipo para instalación en áreas zonificadas debido a gas

Tabla A3-3 Leyes, regulaciones y normas aplicables en áreas ATEX

PRÓLOGO

Un proyecto de reconversión de equipos de refrigeración domésticos a hidrocarburos se puede segmentar en cinco áreas clave: producción de equipos, que involucra la instalación, el mantenimiento y la seguridad; producto que incluye rediseños y pruebas del refrigerador; procesos, en términos de capacitación y seguridad del operador; asistencia técnica del producto y capacitación técnica; marketing y educación a los clientes. Esta guía tiene como objetivo el proporcionar una idea general de estos segmentos al momento de planificar una reconversión desde un sistema de producción existente de refrigeradores domésticos a uno que utilice hidrocarburos, como isobutano (R-600a) o propano (R-290), así como los aspectos importantes que los fabricantes pequeños y medianos necesitan considerar. El enfoque holístico de esta pauta es un buen punto de partida de información, no solamente para directores y gerentes de empresas responsables de los aspectos técnicos, desarrollo de productos, línea de producción y capacitación, sino también para consultores, instituciones de capacitación, profesores, educadores y técnicos. Los usuarios son referidos, entre otros, a guías de buenas prácticas y manuales provistos en la lista de referencias recomendadas al final del documento.

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas de cambio climático y la creciente importancia para reducir actuales y futuras emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) ejercen cada vez mayor presión sobre las industrias, para cumplir con las regulaciones y los protocolos internacionales. El Protocolo de Montreal sobre las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, de 1987, es un acuerdo insignia que ha reducido satisfactoriamente la producción, el consumo y las emisiones mundiales de sustancias que agotan la capa de Ozono (SAO) que son también, gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.¹

1.1 HCFC, HFC, HC

Históricamente, los fluorocarbonos (CFC) han sido un tipo común de refrigerante en la mayoría de los sistemas de enfriamiento. El Protocolo de Montreal requirió la eliminación de los CFC, lo que condujo a que varios fabricantes introdujeran los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) y los hidrofluorocarbonos (HFCs) como sustitutos para cambiar, ya sea, nuevos electrodomésticos o sistemas recientemente instalados o bien, para reabastecer el refrigerante en los sistemas existentes^{2,3}. Hoy en día, un refrigerador típico para viviendas usa HFC-134a en el circuito de refrigeración y HFC-141b como el agente soplante en el aislamiento de espuma de poliuretano (PUF).

Luego de la ratificación del Protocolo de Montreal y la introducción de refrigerantes HFC para reemplazar los CFCs y los HCFCs, se hizo trascendental el problema del calentamiento global, que fue impulsado principalmente por las organizaciones no gubernamentales en Europa, al hacerse evidente que solamente sustituir los HCFC con alternativas de HFC, no ofrecía ningún beneficio en la reducción de las emisiones GEI; sino que más bien aumentaban, en la mayoría de los casos, los gases del calentamiento global. En consecuencia, se hizo cada vez más deseable el explotar alternativas que no solamente tuvieran un potencial de cero agotamiento de la capa de ozono (PAO) y un potencial de calentamiento global (PCG) marginal, sino que además ofrecieran mejoras en la eficiencia potencial, reduciendo así las emisiones directas asociadas con la producción de electricidad.

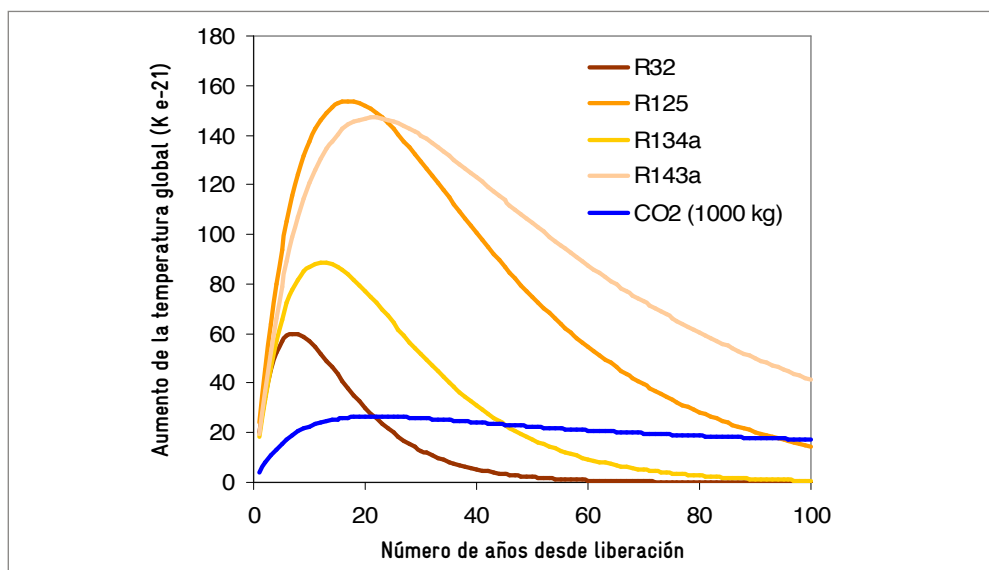
Actualmente existe una amplia variedad de alternativas libres de HFC y HCFC, tecnológicamente probadas y favorables con el medioambiente, para satisfacer las necesidades de refrigeración. Estas incluyen refrigerantes naturales, sistemas de refrigeración secundaria, desecantes, refrigeración por evaporación y absorción e innovadores diseños de construcción que eliminan la necesidad de refrigeración mecánica⁴. Con más de una década de presencia y siendo usados por empresas y compañías, estos sustitutos son seguros, se encuentran disponibles y han sido probados comercialmente no solamente para satisfacer las necesidades

humanas que antes eran satisfechas usando fluorocarbonos, sino que además satisfacen las necesidades y requerimientos del Protocolo de Montreal, bajo el cual se considera que los HCFCs estarán en desuso en los países en desarrollo al año 2030. Se tiene además previsto que estas sustancias mitigarán los efectos que agotan la capa de ozono y reducirán las emisiones de GEI.

Muchas organizaciones actualmente promueven el uso de HFC y mezclas de HFC como refrigerantes sustitutos. Sin embargo, si dichos reemplazos se adoptan ampliamente, surgirán implicaciones importantes debido a su alto PCG. Así, desde una perspectiva del calentamiento global, el uso adoptado de HFC no es beneficioso. Detalles de PAO y PCG de sustancias comúnmente usadas en la refrigeración y lo que significa en términos de mayores impactos climáticos y ambientales se explican en el Apéndice 1.

Al mirar con mayor detenimiento el impacto del calentamiento de los HFC, se observa que el potencial peligro de un cambio a gran escala de los HCFC es más grave que lo sugerido únicamente mediante valores del PCG. En la Figura 1 se muestra el impacto real del calentamiento luego de la liberación de 1kg de diversos HFC (que representan los componentes de la mezcla de HFC, ver Tabla A1-1 en el Apéndice 1) y 1.000 kg de dióxido de carbono (CO_2), calculado como potencial absoluto de temperatura global.⁵

Figura 1: Efecto real del calentamiento a partir de la liberación de 1kg de diversos HFC y 1000 kg de CO_2 ⁶



En la Figura 1 se muestra que para todos los HFC existe un impacto de calentamiento inmediato durante los primeros 20 - 30 años, que luego disminuye hasta la descomposición. Debido al uso de un período de integración de 100 años para calcular el PCG de dichos fluidos, este impacto está generalmente oculto. Considerando el aumento en la temperatura, se puede apreciar que el efecto inmediato de las emisiones de HFC es de hasta 3½ veces más grave, de lo que significa el PCG durante un período de 100 años (en relación con el CO₂). Dada la creciente comprensión de la importancia de los mecanismos de retroalimentación que probablemente acelerarán el cambio climático⁷, esta característica de los refrigerantes con alto PCG debe ser tomada en cuenta.

Si se fuera a considerar la información sobre emisiones, el hecho de reemplazar HCFC por HFC genera aún mayor preocupación. Dado que los HCFCs no están considerados en los requisitos de información de emisiones del Protocolo de Kyoto, la introducción de gases que caen en Kyoto resultará en el aumento automático de emisiones declaradas. Asimismo, desde una perspectiva ambiental general, es importante observar que la fabricación de la mayoría de los HFC comunes requiere de la producción de HCFC y/o CFC⁸, que inevitablemente resultará en emisiones de SAO en el proceso de fabricación y que no están controladas por el Protocolo de Montreal.

En los países en desarrollo, a medida que los HCFC entran progresivamente en desuso, los HFC se convierten en los sustitutos dominantes, reemplazando más del 75% del consumo histórico de HFC con un creciente consumo anticipado que superará al de los países desarrollados antes de 2020⁹. La evidencia científica indica que las emisiones de HFC ponderadas por PCG por sí solas alcanzarán entre 5,8 a 8,8 Gt CO₂ equivalente o 45% de las emisiones de CO₂ al año 2050, socavando así los esfuerzos por combatir el calentamiento global^{9,10}.

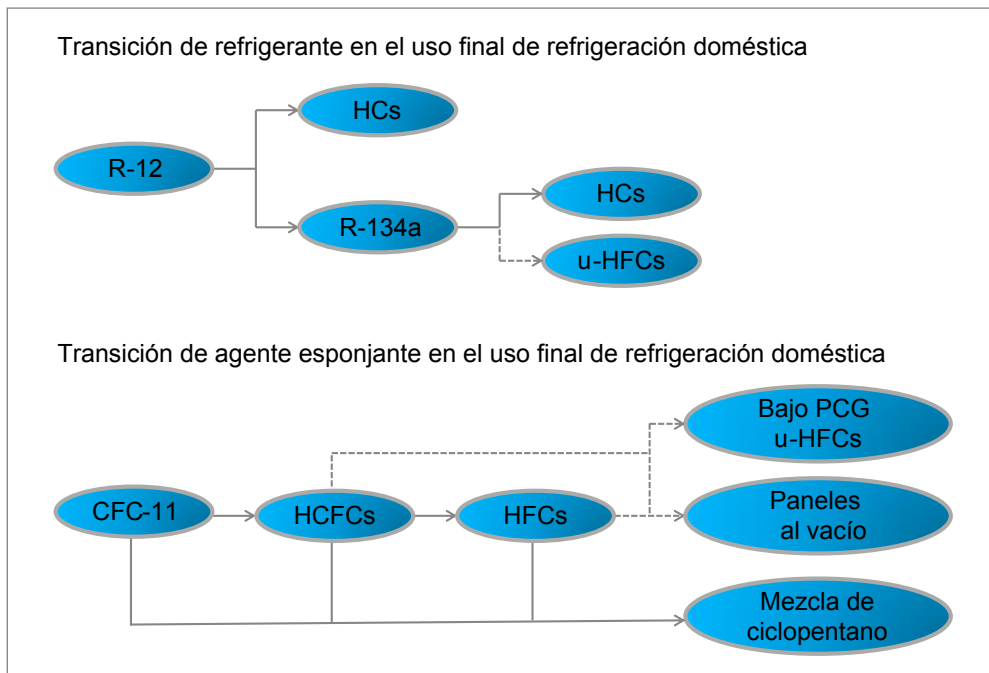
En cuanto a la eliminación de HCFC requerida por el Protocolo de Montreal, es fundamental realizar un acuerdo y un esfuerzo concertado para la eliminación de los HFC con el fin de alcanzar también las metas de Kyoto. El creciente uso de los HFC se puede detener y, posiblemente, revertir, ya que hay suficientes alternativas para eliminar la necesidad de dichas sustancias a un grado importante.

La producción de refrigeradores que usan refrigerantes de hidrocarburo se originó en Alemania y se expandió a todas partes en Europa. Actualmente más de un tercio de los nuevos refrigeradores domésticos que entran al mercado usan isobutano (R600a), que tiene un PCG de tres y un PAO de cero (Apéndice 1), donde la mayor parte de la producción se realiza en Europa, China, Corea y Japón. Las ventas de estos electrodomésticos con R600a se extienden a partes de África, América del Sur, el Sudeste asiático y el Medio Oriente¹⁰. En la última década también se ha visto un aumento en consultas de los países en desarrollo, sobre el uso de hidrocarburos y los problemas periféricos relacionados con el mismo en equipos nuevos y como refrigerante para el reacondicionamiento. Para poder implementar los hidrocarburos y

otros refrigerantes naturales en forma segura y satisfactoria, es esencial que el gobierno y sus agencias, el sector y en particular los técnicos pertinentes, entiendan a cabalidad los asuntos relacionados con su aplicación¹¹. Estos aspectos técnicos, aunados a las cuestiones sobre el financiamiento, aumentan las inquietudes de los fabricantes para hacer el cambio.

La transición a refrigerantes y agentes espumantes de bajo PCG en la producción final de equipos de refrigeración doméstica se resumen en la Figura 2. Las flechas continuas representan las alternativas que ya se encuentran disponibles en el mercado para estos sistemas, mientras que las flechas en trazos representan las que probablemente estarán disponibles en el futuro. Existe una tendencia creciente hacia los HC para refrigerantes y agentes espumantes, pero también se está explorando otra denominación, como HFC no saturados (u-HFCs). Para el agente soplante, la última tendencia son los paneles al vacío con ciclopentano.

Figura 2: Transición de agente espumante en el uso final de refrigeración doméstica^{11,12}



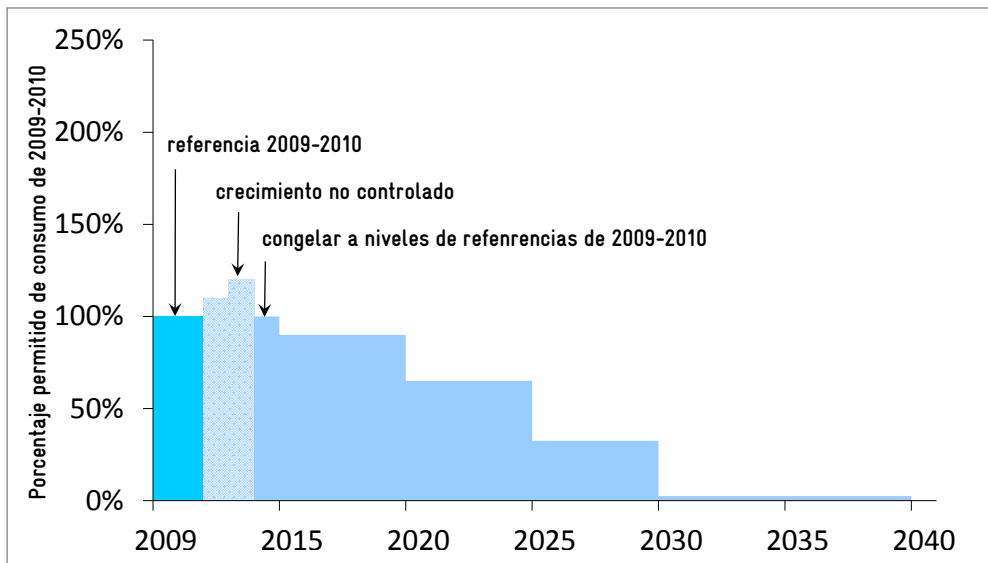
1.2 Marco de clima

En la 19a Reunión de Partes del Protocolo de Montreal en 2007, se acordó un ajuste para acelerar la eliminación de HCFC en los países desarrollados y en vías de desarrollo¹³, comúnmente referidos como Artículo no 5 y Artículo 5, respectivamente. El reemplazo predeterminado de HCFCs en la mayoría de los equipos de refrigeración son actualmente los

HFCs, que en promedio tienen un mayor PCG y, en consecuencia podrían aumentar las emisiones de GEI provenientes de este sector, si se sustituyen en forma directa, lo que conduce a impactos climáticos intensificados que se desprenden de estas emisiones.

La Figura 3 presenta la programación actual de eliminación del consumo de HCFCs para países del Artículo 5, donde existe un periodo de congelación en 2013 en base al promedio de consumo y niveles de producción entre 2009 y 2010 así como una reducción a partir de 2015 cada cinco años³. A partir de 2030 solamente se permitirá un consumo de 2,5% durante 10 años para servicio. Asimismo se indica en la Figura 3 la tasa de "crecimiento no controlado" de consumo de HCFC.

Figura 3: Programación actual de la eliminación del consumo de HCFC para países del Artículo 5³



Desde 1998 se observa un crecimiento constante en el consumo de HCFCs, equivalente a alrededor de 50.000 toneladas por año, o 35.000 toneladas por año de R-22⁹. Según los niveles de 2005, este es un promedio de alrededor de 10% por año, tomando en cuenta que en determinados países esta tasa se excede y que en algunos casos puede llegar a un 20% por año³. Al extrapolar esta tendencia, el escenario de statu quo sugiere que el consumo de R-22 al 2020 sería el doble del valor de 2009-2010, lo que implica que ahora se hacen las intervenciones necesarias para que los países del Artículo 5 alcancen la reducción de 35% requerida, por el ajuste del Protocolo de Montreal.

Para ayudar en los esfuerzos de reducción y posterior desuso de HFC en los países en desarrollo, la División de Tecnología, Industria y Economía (UNEP DTIE) del Programa de

Medioambiente las Naciones Unidas^{14,15}, así como las organizaciones bien establecidas que cuentan con el apoyo de la Unión Europea como en el caso de la GIZ, han emprendido e implementado exitosamente proyectos que demuestran la viabilidad de cambiar al uso de HC. Esto beneficia a los países en desarrollo en la rápida transición de todos los HFC a soluciones de largo plazo en base a refrigerantes y agentes espumantes naturales, evitando así la dependencia de sustitutos de HFC más caros, intensos en uso energético y de alto PCG que necesitarán ser eliminados en un futuro cercano.

1.3. Alcance de esta guía

Existe una abundante oferta de información confiable sobre el uso de hidrocarburos en el sector de refrigeración, así como de conocimiento especializado en las áreas específicas, principalmente en forma de manuales y guías. Estos van desde orientación técnica en operaciones y servicio, medidas de seguridad, diseño y pruebas de componentes individuales, al uso de herramientas y equipos correctos^{16, 17}.

A la fecha, no existe ninguna pauta que ofrezca un enfoque holístico del proceso de reconversión, a partir de la adaptación o reacondicionamiento de las líneas de producción, los cambios necesarios en los componentes clave del producto, servicio y mantenimiento, requisitos de capacitación, hasta el marketing de los electrodomésticos. El presente manual tiene como objetivo el abordar estos asuntos en pos de una implementación exitosa del proceso de reconversión, a partir del uso de refrigerantes convencionales a hidrocarburos.

La Parte 2 introduce el uso de hidrocarburos como un refrigerante alternativo, destacando la comercialización de electrodomésticos que funcionan con hidrocarburos y el modo en que los fabricantes pueden llevar sus productos a los consumidores, sin perder su potencial de mercado. Asimismo se abordan las consideraciones clave para los fabricantes en la reconversión y las barreras más importantes que se encuentran.

La Parte 3 ofrece una guía detallada, paso a paso, sobre los cambios técnicos importantes requeridos para la reconversión segura y exitosa de la línea de producción, así como los cambios necesarios en los componentes del producto, almacenamiento en sitio de los productos terminados y las necesidades de capacitación y servicio.

La Parte 4 ofrece un estudio de caso de Suazilandia que muestra la implementación de la reconversión de una planta a hidrocarburo. Asimismo, tiene como objetivo destacar los asuntos prácticos de las preocupaciones del fabricante, los problemas y contratiempos durante el proceso de reconversión, las percepciones del fabricante en relación a cómo perciben los trabajadores el cambio y los beneficios asociados con una implementación exitosa.

2. HIDROCARBUROS COMO REFRIGERANTES ALTERNATIVOS

Los hidrocarburos (HCs) son refrigerantes limpios favorables al medio ambiente, que emergen como la opción alternativas ante la acelerada eliminación de los HCFCs y una previsible regulación de emisiones de gases fluorados, bajo un futuro acuerdo de cambio climático en las áreas de Montreal y Kyoto.

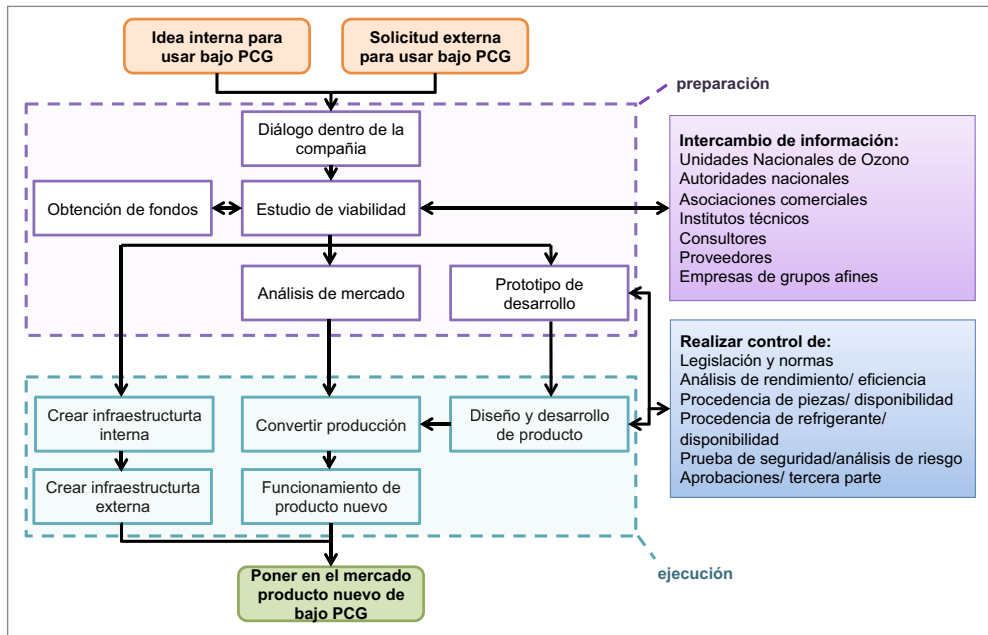
Históricamente, los tres refrigerantes naturales principales: amoníaco, R-717; HC y CO₂, R-744, han sido usados en un gran número de situaciones desde la aparición de la compresión a vapor y la refrigeración por absorción a mitad de 1800⁶. Así, los refrigerantes naturales se encuentran disponibles como tecnologías maduras con un amplio conocimiento y experiencia acumulados para la mayoría de las aplicaciones, tanto en países industrializados como en desarrollo. Sin embargo, a pesar de sus excelentes propiedades en términos de rendimiento y su marginal impacto ambiental, no son ampliamente usados, en gran medida debido a preocupaciones de los fabricantes en relación con los costos, seguridad, estado tecnológico e impactos sobre el mercado.

Antes de embarcarse en introducir cambios en un sistema existente y, por ende, en un nuevo producto al mercado, las empresas deben entender primero los procesos involucrados. Estos se pueden categorizar generalmente en dos fases: la fase de preparación y las fases de ejecución, tal como se muestra en la Figura 4. En el presente capítulo se intenta explicar estas fases en detalle. La **Sección 2.1** ofrece información y datos sobre el mercado de equipos que usan HC en la refrigeración comercial y doméstica; la **Sección 2.2** destaca las consideraciones económicas y técnicas de los fabricantes para la reconversión de sus sistemas y equipos; y la **Sección 2.3** aborda las barreras hacia la aplicación de tecnologías con HC.

2.1 Marketing de electrodomésticos con hidrocarburos

La promoción de tecnología limpia a través de la sensibilización y participación en programas e iniciativas de tecnología verde es una forma eficaz de comercializar equipos con HC. El "Marketing verde", en su sentido tradicional, ha sido la producción, promoción y recuperación de productos sensibles al medioambiente, como respuesta a las inquietudes que tienen los consumidores en los temas ecológicos. El aumento de la presión global ejercida desde otros sectores de la sociedad ha motivado cambios en las empresas, para que se involucren en mejores prácticas ambientales y en mejorar las relaciones con los grupos de interés y en la gestión, condiciones necesarias para un desempeño organizacional eficaz en todos los mercados¹⁴.

Figura 4: Diagrama conceptual que muestra el proceso general involucrado en la planificación y ejecución de un proyecto de reconversión³



Para una comercialización exitosa de productos más limpios y favorables con el medioambiente y a fin de evitar incurrir en problemas; las industrias deben ajustar su mentalidad de comercialización convencional. Algunos de los problemas¹⁵ que las empresas necesitan considerar son:

- **Pensar diferente sobre los clientes:** actualmente existe una mayor conciencia de los temas ambientales entre los consumidores, lo que influyen en sus opciones de compra. Los refrigerantes hidrocarburos consumen menos electricidad y tienen menos emisiones de carbono. Esto satisface los requerimientos de los clientes, dado que los clientes buscan, en particular, equipos eficientes en términos de energía, que ofrezcan un menor consumo y al mismo tiempo beneficios ambientales;
- **Satisfacción al cliente:** si bien el objetivo fundamental del marketing es crear satisfacción al cliente con ganancias, la satisfacción del cliente de hoy se define más en relación con la sustentabilidad y la eficiencia, y depende cada vez más de la aceptabilidad del proceso de producción y de las actividades asociadas al productor;

- **Productos:** los profesionales de marketing tienen un concepto más amplio del "producto" que incluye dimensiones tangibles como envase y presentación, así como dimensiones extendidas que consisten en apoyar a servicios y productos. Los clientes con sensibilidad ambiental han mostrado que sus decisiones de compra trascienden estas dimensiones para tomar en cuenta las externalidades involucradas en la producción, es decir, que pueden rechazar un producto técnicamente sólido debido a su nivel de conciencia ante el daño ambiental causado en la producción o eliminación o bien, porque desaprobaban algunas de las actividades de un productor, sus proveedores o inversionistas;
- **Fijación de precio y estructuras de mercado:** los mercados son impulsados por los precios. La introducción de un precio Premium en productos alternativos, se diferencia de una versión existente basada en el eco-rendimiento y permite el cambio a los clientes que así lo deseen, de modo que dicho cambio genere también márgenes adicionales para la empresa. Los cambios al interior de los mercados no son lineales en cuanto a que el flujo de bienes y servicios no existe en un solo sentido. Una economía sustentable requiere de cadenas de abastecimiento de "ciclo cerrado", donde los productos puedan ser devueltos para ser reciclados. Este aspecto necesita ser tomado en cuenta;

El etiquetado de eficiencia energética, como es el caso de la etiqueta EU de la Unión Europea (UE) usada para indicar niveles de eficiencia energética que va de A (muy buena) hasta G (muy mala)²⁰, es usado principalmente en refrigeradores y congeladores. El establecimiento y adhesión de normas para equipos puede contribuir con un marketing efectivo. Los grupos ambientalistas, si bien son tradicionalmente vistos como una amenaza a los negocios, pueden asistir en iniciativas verdes del mercado, mediante diversos tipos de "alianzas verdes", alianzas de colaboración entre negocios y grupos ambientalistas que buscan metas ecológicas mutuamente beneficiosas.

2.1.1 Tendencias actuales de mercado

Es importante reconocer que la adopción de tecnologías alternativas que se desvían de la norma, como ocurre al introducir refrigeradores con HC como nuevas líneas de producción, generalmente se generan altos costos iniciales, a menudo debido a economías de menor escala.

En 2009, un estimado de 1,5 a 1,8 mil millones de refrigeradores y congeladores domésticos se encontraban en operación en todo el mundo, con aproximadamente 100 millones de nuevas unidades en producción y vendidas anualmente a escala global¹¹. Entre 35% y 40% de la producción de la flota global es de refrigeradores con HC y hoy en día existen más de 400 millones de dichos electrodomésticos en el mundo¹⁶. La tecnología domina el mercado en Europa, Japón y China, con 75% de refrigeradores en China que usan R-600a en la actualidad.

Entre los equipos de aire acondicionado y refrigeración, los refrigeradores domésticos han logrado una mayor penetración de mercado en los HCs como refrigerantes. En los países industrializados, el refrigerante isobutano ha alcanzado una penetración de 55%, mientras que en los países en desarrollo es de 28%¹⁷. Los Estados Unidos es el único mercado mundial importante, en el

que los HCs para refrigeración doméstica están prohibidos por ley. Sin embargo, los primeros fabricantes de ese país como GE y el productor de helados, Ben & Jerry han solicitado la aprobación del uso de isobutano y propano en refrigeradores domésticos y congeladores para helado. Si la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EE.UU. aprobara dicho uso, es probable que los EE.UU. se conviertan en un mercado clave para los HCs, no solamente en el sector de refrigeración doméstica, sino también en el sector de refrigeración comercial.

A escala global, se pueden abrir canales adicionales para los HCs a través de las iniciativas globales como “Refrigerants Naturally!” (Refrigerantes naturalmente!), que reúnen a las principales marcas de artículos de consumo. Empresas como Unilever y McDonalds, por ejemplo, han mostrado interés en usar HCs en las neveras para helados y en restaurantes de comida rápida, respectivamente²³. Se estima que en 10 años, al menos 75% de la producción global de nuevos refrigeradores utilizará refrigerantes de HC24.

2.1.2 Clasificación de energía

La introducción de la clasificación de energía y el etiquetado de electrodomésticos orienta a los consumidores hacia la compra de productos eficientes en términos de energía. Las clases de energía son revisadas frecuentemente, con criterios cada vez más estrictos, introducidos para estar a la par con el desarrollo de la industria²⁵.

Los altos costos energéticos han acrecentado la conciencia del público sobre el importante rol que juega la eficiencia energética en el control de los costos y la satisfacción de las necesidades de energía, en forma confiable. Las normas de eficiencia se complementan con la educación al consumidor y con los programas basados en incentivos, como Energy Star y créditos tributarios, y ayudan a superar las barreras de ahorros en energía eficaces del mercado en términos de costo, que incluyen²⁶:

- Falta de conciencia y toma de decisiones no informadas en el punto de compra;
- Terceros que toman decisiones, como constructores o dueños de propiedades que buscan mantener los costos de instalación bajos sin considerar los ahorros potenciales de energía;
- Desinformación sobre los costos iniciales con respecto a los operacionales durante la vida del producto;
- Existencia limitada de productos de alta eficiencia y competencia limitada, lo que mantiene los costos iniciales artificialmente altos.

Por lo general, los fabricantes prefieren no ser regulados, pero algunas grandes empresas han respaldado las normas y consideran que es beneficioso dotar a los negocios²⁴ de:

- Metas claras sobre eficiencia energética;
- Un ámbito de acción nivelado para empresas grandes y pequeñas; e
- Incentivos para la innovación con mayores ventajas, como son la alta eficiencia, la confiabilidad, una mayor vida útil, etc.

2.1.3 Eco-etiquetado

Muchos países tienen agencias de protección ambiental en sus gobiernos que actúan bajo el mandato de ser organismos de control para las industrias y que son responsables de diseminar las normas ambientales, ya sea mediante la administración de normas de etiquetado o estableciendo requisitos mínimos a los fabricantes.

European Ecolabel²⁷ (Ecoetiquetado Europeo) un esquema voluntario acordado a nivel europeo y Green Stickers, que actúa bajo el mandato de la ley en América del Norte, son buenos ejemplos de sistemas de etiquetado para productos de consumo. Otros ejemplos incluyen la ecoetiqueta nórdica (Nordic Ecolabel) o cisne nórdico, que es la ecoetiqueta oficial de sustentabilidad para los países nórdicos introducida por el Consejo Nórdico de Ministros, mientras que en Asia la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (Association of Southeast Asian Nations, ASEAN) avanza en la adopción del sistema de gestión ambiental TC 207 de ISO^{28,29}.

Las ecoetiquetas son una forma de medición de la sustentabilidad dirigida a los consumidores, con la intención de facilitarles el tomar en cuenta las preocupaciones ambientales en el momento de la compra. La naturaleza voluntaria de, por ejemplo el esquema de ecoetiqueta de la UE, significa que no crea barreras al comercio, especialmente para aquellos productores que desean vender sus productos en toda la UE y los países EEE. Muchos productores consideran que éste les da una ventaja competitiva y que ayuda a fabricantes, comerciantes minoristas y prestadores de servicio a ganar reconocimiento por sus buenas normas, a la vez que ayuda a los compradores a efectuar opciones confiables.

De esta manera el ecoetiquetado puede beneficiar a fabricantes, no solamente en la comercialización de sus productos, sino también creando conciencia en el público sobre la tecnología verde.

2.2 Consideraciones para los fabricantes

Con el mayor impacto del calentamiento global de los refrigerantes, las industrias de refrigeración se encuentran bajo creciente presión para cambiar a refrigerantes favorables al medioambiente. Las tendencias del mercado en general, los precios de la electricidad, la reducción de emisiones y la demanda de energía son algunas de las inquietudes que enfrentan los fabricantes. Además, los tratados internacionales que requieren acciones nacionales exigen a las industrias que actúen. En consecuencia, existe un creciente interés en los HC y en su aplicación en el sector de refrigeración. Los HCs se han encontrado históricamente entre los primeros fluidos refrigerantes en ser usados, pero debido a su inflamabilidad, se abandonó su uso a favor de los fluidos inertes. En comparación con los HFCs, los HCs ofrecen un PAO cero, un PCG extremadamente bajo, alta eficiencia, tamaños de carga reducida y han probado ser más económicos.

Durante la última década, las principales empresas en muchos países han implementado satisfactoriamente los refrigerantes HC en sus equipos de refrigeración. De igual manera, muchos usuarios finales nacionales e internacionales están comprando e instalando dichos equipos cada vez más, lo que conlleva a que muchos más productores de componentes de sistema y de equipos estén creando sistemas con HC en respuesta a las demandas de los clientes, así como promocionándolos de acuerdo a sus méritos, es decir, menor costo de refrigerantes, menor PCG de los refrigerantes HC y una mejor eficiencia energética¹⁵.

Las industrias cumplen con su responsabilidad de reducir asimismo sus emisiones de GEI. De esta manera se requiere cada vez más que los fabricantes sean responsables e informen sus emisiones. Esta es una preocupación, aunque no es mayor, que tienen los fabricantes emergentes de pequeña escala. En el Apéndice 2 se presenta un enfoque al cálculo de emisiones.

Al adoptar un nuevo refrigerante se hace necesario que las empresas acepten una obligación, al menos al inicio del proyecto, de un mayor gasto, bien en términos de tiempo, financiamiento, recursos materiales, etc., para llevar a cabo cierto trabajo. Sin lugar a dudas que esta obligación se hace presente en todo proyecto de implementación, desde fluidos ODS a tecnología no PAO. Sin embargo, en el caso de usar HC esta puede ser mayor.

Al inicio del proyecto de implementación, la empresa debe configurar un equipo de proyecto, dentro del cual se necesitan realizar varias actividades, en su mayoría de naturaleza técnica. Estas actividades se describen a grandes rasgos a continuación:

- Agencias fuente, expertos, consultores que brinden asistencia
- Recibir capacitación y familiarizarse con asuntos técnicos de HC, principalmente relacionados con un diseño seguro, capacitación en seguridad y las regulaciones y normas de seguridad aplicables
- Analizar cada producto para determinar su idoneidad en el uso de HCs e identificar cambios de diseño que no solamente permitan la conformidad con las normas pertinentes, sino que además pueden proporcionar niveles de seguridad adicionales
- Análisis de costo de nuevos diseños propuestos y evaluación de estrategias de diseño alternativas asociadas
- Establecer si es posible producir los electrodomésticos y equipos modificados usando el proceso de producción existente y si los cambios en la producción son viables.
- Verificar la oferta y disponibilidad de nuevos componentes de sistema, dispositivos eléctricos y refrigerantes o en los casos en que no estén aún disponibles las posibles fuentes aplicables para los artículos
- Identificar los requerimientos de una línea de producción nueva o modificada
- Análisis de costo para hacer funcionar una línea de producción nueva o modificada
- Relación con los departamentos comerciales para evaluar el nivel de aceptación comercial de las diferencias en los costos tanto para las características adicionales de producción como para los nuevos diseños de equipos

- Identificar, caracterizar y entender la actual infraestructura postventa
- Identificar los cambios necesarios a la actual infraestructura postventa, incluyendo las necesidades de capacitación, nuevas herramientas de servicio y equipo
- Formalizar la infraestructura postventa revisada, asignar personas responsables para la implementación
- Realizar la capacitación de los trabajadores de producción
- Realizar la capacitación del personal de ventas y marketing
- Realizar capacitación de técnicos de servicio, tanto externos como propios
- Conducir pruebas de eficiencia en modelos específicos ex-ante y ex-poste para asegurar que se ganan los beneficios

Entre estas actividades pueden surgir varios aspectos adicionales. Además, el alcance del trabajo involucrado en dichas actividades puede variar ampliamente según la estructura de la empresa, la cantidad de diferentes diseños de equipos y la experiencia y conocimiento del personal.

2.3 Barreras a la reconversión

Antes y durante el proceso de reconversión es probable que se encuentren obstáculos en diversos niveles. Por ello es importante estar al tanto de éstos y anticiparse a ellos cuando corresponda. Dichos obstáculos se pueden dividir en varios tipos que incluyen, aspectos técnicos, oferta y disponibilidad, aspectos comerciales y asuntos relacionados con el mercado. A continuación se resumen algunos de los obstáculos que se presentan.

2.3.1 Aspectos técnicos

Por lo general, cuando los refrigerantes HC son nuevos para una empresa, se puede percibir que el conocimiento práctico de diseño de los sistemas que usan refrigerantes inflamables no se ha establecido por completo. Esto es a menudo el resultado de que la tecnología es nueva en la región y para los grupos de pares locales; o bien, que incluso surgen de conversaciones informales entre personas de la industria. De hecho, al considerar la situación en una región geográfica mayor, se puede apreciar que existen varias empresas en diferentes regiones que ya han adoptado la tecnología HC, tanto en países desarrollados como en desarrollo. Por ende, es importante identificar las empresas y organizaciones que han estado participando en la tecnología y, en consecuencia son fuente de información técnica importante. Actualmente existen varios manuales disponibles en las agencias de implementación (incluyendo a la GIZ), preparados por fabricantes de componentes de refrigeración de organizaciones técnicas (como IIR³⁰), que pueden servir de ayuda en la creación de conocimiento técnico sobre la aplicación de HCs.

En principio, se reconoce que existe un nivel de complejidad adicional involucrado en el trabajo con los HC, ya que se deben manejar los aspectos de inflamabilidad de estos refrige-

rantes y esto es, naturalmente, diferente con respecto a la mayoría de los refrigerantes convencionales. Sin embargo, en la mayoría de los casos no presenta desafíos técnicos y existen formas establecidas de abordar estos temas, por ejemplo, mediante un diseño considerado, la selección adecuada de componentes, optimización de cantidad de carga y pruebas. Además, resulta esencial conducir una capacitación técnica de calidad en todos los niveles (es decir, ingeniería de diseño, producción y técnicos) así como realizar pruebas y ensayos de los sistemas para ganar experiencia de primera mano.

2.3.2 Suministro y disponibilidad

En ciertas regiones, es a menudo el caso que el obtener componentes y piezas del sistema así como el refrigerante HC a nivel local puede ser problemático, especialmente si la operación se encuentra en una región donde los refrigerantes HC actualmente no se aplican o fabrican. Generalmente, esto se puede solucionar al alentar a los productores a desarrollar piezas sustentables, como son los componentes eléctricos, relacionándose con proveedores internacionales o distribuidores o agentes locales de productores internacionales de componentes para sistemas HC. En algunos casos puede resultar beneficioso alentar o invitar a dichos proveedores, demostrándoles nuevas oportunidades de mercado para ellos. En lo que se refiere a la ausencia de refrigerantes, puede resultar valioso analizar el asunto con productores de gas licuado de petróleo (GLP) que a menudo tienen capacidad para entregar productos de grado de refrigerante.

Puede haber dificultades en la obtención del equipo de servicio correcto y como resultado, los técnicos podrían terminar usando máquinas y herramientas inadecuadas; por ejemplo, detectores de gas, máquinas de recuperación y escalas de manómetros. De esta manera, se pueden hacer solicitudes específicas a los importadores o distribuidores de equipos de servicio para suplir las máquinas y herramientas adecuadas. En forma alternativa, la empresa puede optar por trabajar con empresas locales que podrían desarrollar sus propios productos de equipo de servicio. Nuevamente, la información necesaria para hacer esto debe estar disponible entre las agencias de implementación y los institutos técnicos.

A menudo los fabricantes tienen inquietudes ya que consideran que la industria local no tiene la capacidad para manejar refrigerantes inflamables en forma responsable. Esto se puede deber principalmente a la ausencia de experiencia en el sector de servicio y también debido al nivel básico de capacitación y a que se considera que la competencia técnica es insuficiente. El abordar esto debe manejarse con la planificación y ejecución adecuadas de prácticas de capacitación de HC, asegurando que en un sentido la capacitación sea dedicada a HC (a diferencia de los “refrigerantes alternativos” en general) de modo que el material importante no quede marginalizado por los temas “generales”. Además, cuando sea necesario, la capacitación debe complementarse con capacitación básica a técnicos de refrigeración, en términos de teoría de sistema, manipulación práctica, soldadura, ajuste de tuberías, componentes de sistema entre otros.

Al preparar la capacitación para técnicos, puede resultar útil relacionarse con las autoridades nacionales para revisar el conocimiento de educadores/profesores en universidades o centros vocacionales para identificar brechas y cubrirlas posteriormente, ya que esto ayudaría en última instancia a elevar el nivel de los candidatos. Las opciones adicionales pueden incluir el envío de profesores y expertos locales a otras regiones de países para recibir capacitación intensiva de alto nivel.

Finalmente, se debe hacer hincapié en que esta capacitación complementaria no debe ser vista negativamente como una carga financiera adicional ya que un aumento en la competencia general de los técnicos, su capacidad de ofrecer un mejor servicio y reparación a los sistemas de refrigeración, sólo puede ser un gran beneficio para el sector en su conjunto, tanto en términos ambientales como financieros.

2.3.3 Aspectos comerciales

Debido al mayor costo e inversión de recursos para conformar o modificar líneas de producción existentes, los costos finales de los productos pueden inicialmente no ser competitivos. Naturalmente, esto depende en gran medida del volumen de producción, la extensión de financiamiento externo disponible y el enfoque tomado en relación con los cambios en la línea de producción y en el diseño de los equipos. En consecuencia, a menudo existen maneras más económicas de hacer las cosas de modo que resulta útil incorporar a expertos para que trabajen con los fabricantes, por ejemplo, quienes puedan ayudar a optimizar el proceso de producción revisado u ofrecer orientación en términos de selección de las piezas y los componentes de sistema óptimos en cuanto al costo.

En cuanto a la producción de sistemas, el equipo de servicio necesario para mantener y reparar un sistema que usa un refrigerante inflamable puede costar más, aunque en la mayoría de los casos esto es marginal en comparación con el costo total de todo un juego de herramientas y equipo. Se debe considerar la búsqueda y suministro de equipos eficaces en términos de costo y, además, el uso de la oportunidad para alentar a las empresas locales o regionales a que comiencen a fabricar localmente piezas y equipos.

A nivel nacional, las autoridades deben ser alentadas a introducir incentivos económicos para hacer atractiva la compra y aplicación de productos que usan refrigerantes naturales; estos pueden incluir descuentos y beneficios tributarios para empresas que adopten HC, la introducción de esquemas de depósito basados en PCG y subsidios o compensación de aranceles de importación para quienes compren piezas y equipos.

2.3.4 Mercado

A menudo se indica que no existe demanda para productos RAC que usan refrigerantes HC, en cuyo caso no hay justificación para que una empresa invierta recursos en el desarrollo de productos y la infraestructura asociada. Al respecto, es importante considerar algunos aspectos de dinámica de mercado que están actualmente en curso.

Primero, existe una gran cantidad de usuarios finales de equipos, como corporaciones multinacionales, que han introducido o están introduciendo políticas de compra que solamente especifican el requerimiento de refrigerantes naturales (por ejemplo, ver Refrigerants, Naturally!³¹). Además, los mercados de ciertas regiones, en particular Europa, están avanzando gradualmente hacia los refrigerantes naturales en el sector de refrigeración comercial.

En segundo lugar, se anticipa ampliamente que habrá una introducción gradual de legislación internacional y regional que restringirá la aplicación de refrigerantes de alto PCG o HFCs. En el largo plazo, la adopción de refrigerantes naturales en esta etapa proporcionará a cualquier empresa una ventaja con respecto a la competencia, especialmente una vez que todos los subsectores estén obligados a adoptar dicha tecnología. Se puede observar que en mercados donde HC se convierte en la opción dominante, los componentes HC se hacen más económicos que los componentes de refrigeradores fluorinados. En un mercado global se puede observar que los compresores HC ya son más económicos que los compresores con el mismo rendimiento de refrigeración que funcionan con refrigerantes fluorinados. No obstante, resulta esencial reconocer que si incluso partes del mercado no solicitan necesariamente refrigerantes naturales en sus sistemas de refrigeración, el hecho de que los sistemas sí los usen, y siempre y cuando satisfagan las normas de seguridad necesarias, no deberían en ninguna manera inhibir las ventas.

Bajo circunstancias en que se percibe que podría haber falta de aceptación en el mercado de sistemas que usen refrigerantes HC, se deben fomentar más acercamientos. Por ejemplo, los fabricantes y otros grupos de interés deben alentar a las autoridades a introducir una legislación que prohíba sistemas que usan refrigerantes de alto PCG en situaciones particulares, por ejemplo, en las que la tecnología resulta adecuada en todo momento. Esto no solo aseguraría un ámbito de acción nivelado para el sector sino que además permitiría reducir considerablemente las emisiones de GEI. De forma similar, un interés en refrigerantes naturales entre los usuarios finales también podría ser alentado por las ONG ambientalistas. De ser involucradas, las agencias de implementación podrían tratar de alentar a un número de empresas a que penetren el mercado paralelamente con HCs, compartiendo así la "carga".

Y, finalmente, el personal de ventas y marketing de las empresas debería estar bien orientado con los temas pertinentes asociados con refrigerantes, de modo que no puedan solamente responder en forma adecuada a las inquietudes, sino además promover las ventajas significativas de los refrigerantes naturales a clientes potenciales, brindando así una ventaja comercial a sus productos.

3. CONSIDERACIONES PARA RECONVERSIÓN

La introducción de nuevos refrigerantes requiere de la modificación y/o reconstrucción de la infraestructura de producción, así como de las modificaciones de diseño del producto. Para identificar los aspectos críticos para la reconversión HC, incluida la seguridad, uno debe estar consciente de y apreciar las normas nacionales e internacionales existentes para equipos de refrigeración.

La tarea más importante para una empresa que desea convertir su producción a refrigeradores HC es revisar la situación fundamental y hacer una evaluación preliminar de riesgos. Esto lo puede realizar un experto en refrigeración o fabricación designado que también diseñe el nuevo proceso. La evaluación inicial debe considerar muchas restricciones como condiciones del lugar, los procesos tecnológicos existentes, configuración de planta, el nivel de producción y el uso de capacidad, restricciones de presupuesto dictadas por el umbral de costo-efectividad, requerimientos de la nueva tecnología, disponibilidad de personal calificado y materia prima y servicios públicos, como energía, agua y vapor²³.

Según los casos individuales y los resultados de la revisión, es posible que no haya necesidad de cambiar toda la línea de producción, aunque muchas empresas pequeñas y medianas pueden ver esto como una oportunidad de mejorar su infraestructura de producción. Las pruebas y el cumplimiento con las normas y regulaciones forman parte crítica de todo cambio. Se debe prestar especial consideración al diseño y a la instalación de la producción y áreas asociadas donde se realice la carga de HC. En consecuencia, se deben tomar en cuenta las áreas donde se almacena y transfiere el refrigerante y donde se trabaja con los equipos llenos del mismo¹⁷.

Esta sección de la guía se centra en los desafíos técnicos asociados con el proceso de reconversión de la planta de producción y los productos, presentando una pauta genérica para la reconversión de la producción a hidrocarburos. Existen cinco áreas de interés: diseño, aislamiento, producción, productos y requerimientos de capacitación. Estas se tratan en las siguientes secciones:

Sección 3.1 brinda información sobre el rediseño de equipos a producir y cargar con refrigerante HC. Un buen sistema se debe diseñar e instalar de modo que resista pruebas de presión, verificación de fuga, pruebas de rendimiento, etc. En otras palabras, el diseño de la unidad debe considerar la necesidad de un aislamiento más grueso, de ser necesario, y los ajustes de tamaño del compartimiento para componentes.

Sección 3.2 proporciona aspectos generales relacionados con el proceso de soplado de espuma para aislamiento en la producción de equipos de refrigeración. Cuando se hace la formación de espuma con un agente espumante como pentano o usando tecnología a base de agua, se necesitan cambios en la maquinaria y en el área de trabajo. Es importante asegurar que se emplee el equipo de formación de espuma adecuado y que se sigan todos los procedimientos de seguridad. La identificación de las zonas de fuga para reducir emisiones y otros riesgos cuando se trabaja con espuma debe ser de vital importancia. Los aspectos de seguridad y riesgo son predominantemente compartidos con otros cambios pertinentes en la línea de producción. Sin embargo, el proceso de formación de espuma implica preocupaciones adicionales, según el tipo de tecnología usada. Estas consideraciones son necesarias ya que cada una requiere diferentes estrategias de reconversión. El proceso de formación de espuma se describe en esta sección en términos generales, con un enfoque principal en la producción doméstica.

Sección 3.3 proporciona información sobre los cambios y modificaciones necesarios en la línea de producción de la planta y las medidas de seguridad relacionadas que se deben seguir.

Sección 3.4 aborda los cambios necesarios en los componentes de los equipos de HC. Esta sección se refiere al diseño de la unidad, pero se centra principalmente en los componentes clave a reemplazar y en las medidas de seguridad requeridas.

Sección 3.5 proporciona información sobre los cambios importantes considerados para el almacenamiento in situ del producto terminado. Esto se hace vital a la luz de las emisiones asociadas con el agente espumante. Al igual que en todas las demás áreas de producción, las instalaciones de almacenamiento in situ se deben evaluar en términos de riesgo y se deben tomar todas las medidas de seguridad en forma debida.

Sección 3.6 explica la necesidad de ofrecer mantenimiento y capacitación así como el servicio postventa. Las actividades de capacitación en el sector de refrigeración no solamente incluyen la capacitación de los técnicos, sino además de quienes facilitan la capacitación y la de representantes de ventas en cuanto al conocimiento del producto.

3.1 Diseño de unidad

La naturaleza inflamable de los HC requiere del rediseño de los equipos de refrigeración antes de que se puedan armar y cargar con el refrigerante HC. Es necesario realizar cambios para cumplir con los requerimientos de seguridad, reforzando la compatibilidad con las características termodinámicas del HC así como para mejorar el rendimiento considerando que el rediseño de los gabinetes, entre otras cosas, será útil a la hora de aumentar la energía y reducir el ruido. En el diseño del circuito, es necesario considerar el aislamiento y las holguras en los espacios para reemplazar componentes tales como el compartimento del compresor.

Se requieren mayores cambios en el diseño para atender las necesidades de:

- Contar con un evaporador oculto
- Utilizar termostatos del tipo encerrado o reubicados y otros interruptores para evitar chispas como fuente de ignición.
- Evitar calefactores para deshielo a alta temperatura que pudieran representar una potencial fuente de ignición.
- Sellar el compartimento refrigerado, por ejemplo para evitar el ingreso de HC en caso de una filtración.
- Requerir cambios en el volumen de desplazamiento del compresor.
- Aumentar el volumen del receptáculo que contiene el condensado del evaporador.

El diseño de otros componentes tanto del gabinete exterior y la puerta, del gabinete interior o revestimiento, así como de los accesorios exteriores e interiores como manillas y bandejas entre otros, no sufren mayores modificaciones y cualquier modificación dependerá de los tipos y tamaños de unidades producidas en cada empresa en particular.

3.2 Producción de espuma

La reconversión de producción de espuma en la refrigeración de uso doméstico implica reemplazar el agente espumante fluorado con una alternativa cero ODP amigable con el medio ambiente. Se prefiere la utilización de espuma PUR como material de aislación en los congeladores - refrigeradores de uso doméstico así como en otros artefactos de uso comercial porque, en primer lugar, los sistemas de espuma rígida autoadherente permiten una construcción tipo sándwich, que ahorra peso en una operación única; y en segundo lugar, porque las propiedades tendientes a un buen aislamiento térmico permiten una relación óptima entre el tamaño y el volumen útil de los artefactos debido a un espesor de pared relativamente pequeño en relación a otros materiales de aislamiento¹⁸. De lo anterior se desprende que optar por la espuma PUR, su diseño y, por ende, las propiedades mecánicas del agente espumante son factores relevantes para poder lograr un buen refrigerador. Además de los considerandos ecológicos, otro factor significativo es la conductividad térmica del PUF, así como el aumen-

to de la conductividad térmica del PUR con distintos agentes espumantes. Es importante puntualizar que la calidad de la puerta representa entre un 30 a 40% de la aislación general del refrigerador.

Un buen refrigerador, especialmente el de clase A y mejor, es el resultado del excelente equilibrio entre la efectividad del sistema de refrigeración y el aislamiento general. En la mayoría de los casos se puede fácilmente recuperar la pérdida del valor de aislamiento al cambiar el agente espumante aumentando la efectividad del sistema de refrigeración³⁴. Hoy en día, el ciclopentato es el agente espumante más utilizado y amigable con el medio ambiente del sector de refrigeración debido a que es, con mucho, el más conveniente en la relación efectividad-costo. En el caso de algunas aplicaciones específicas, otras alternativas incluyen HFC-245fa, HFC-365mfc/227ea y en el futuro HBA-2 (HFC no saturados, Honeywell), FEA1100 (Dupont) AFA-L1 (Arkema). Cuando se trata de refrigeradores de uso doméstico de alta calidad con clases de energía A++ se utiliza la tecnología para insertar los llamados paneles al vacío que mejoran en un 50% la aislación térmica. La razón para ello es evitar el aumento del espesor de las paredes; y por tanto, reducir el volumen utilizable (se podría decir que se ha estandarizado el ancho de los refrigeradores de uso doméstico para que puedan caber en las cocinas de los hogares).

El criterio utilizado para decidir cuándo es tiempo de cambiar el agente espumante se podría resumir de la siguiente manera:

1. Asegurarse que las materias primas sean las idóneas para el agente espumante escogido. Este es el criterio de selección más importante ya que las materias primas determinan la calidad de la estructura de celdas y las características de flujo;
2. Evaluar los cambios que sean necesarios en el diseño del gabinete y puerta;
3. Al cambiar el diseño se presenta una buena oportunidad para examinar más agudamente cómo se puede sacar mayor ventaja al diseño de la puerta, especialmente en el sellado;
4. Averiguar si el agente espumante está disponible en la región;
5. Evaluar si al mejorar el ciclo de refrigeración la empresa podrá recuperar una posible pérdida en el valor por aislación o mejorar el rendimiento en general y lograr así una mejor clase de energía;
6. Evaluar el impacto financiero;
7. Asegurar que las normativas internas permitan el uso de agentes espumantes inflamables en la región en donde está ubicada la fábrica.

Las diferencias en el valor de aislación térmica de las espumas al cambiar los agentes espumantes son muy a menudo insignificantes en relación al diseño mejorado. Se encuentra mayor información en los ensayos contenidos en la publicación de la GIZ "Agentes espumantes naturales" del Dr. Rolf Albach³⁵. Es importante destacar que cuando los cambios en la conductividad térmica de la espuma son mínimos, la conductividad térmica del agente espumante indicará lo contrario. La razón de que la mejor referencia sea la conductividad térmica de la espuma y no la del agente espumante radica en que el factor determinante es la estructura de la célula y los valores a largo plazo.

Prácticamente todos los agentes espumantes nuevos, incluyendo el u-HFC, son inflamables. El alcance de la inflamabilidad es secundario, ya que cada químico que se utiliza se somete a un análisis de seguridad para poder determinar la ubicación, fuentes y emisiones. Una vez que se conocen las emisiones, es necesario determinar la llamada zonificación de acuerdo a las Directrices ATEX (Ver Anexo 3) y tomar las medidas preventivas correspondientes.

3.2.1. Información requerida

Para asegurar que una reconversión de planta sea efectiva, la empresa que la opere deberá entregar información sobre los productos finales, el sistema de espuma que se utilizará, el lugar de instalación y la planta o equipos existentes. Esto se detalla en la Tabla 1.

3.2.2 Fuente de emisiones

En los procesos químicos, PUR entre otros, la industria está obligada a medir las emisiones para poder determinar la exposición de los trabajadores a las mismas así como su posterior reducción. La exposición de los trabajadores también depende del tipo de emisiones, por ejemplo si es que se liberan gases tóxicos u otros letales.

En segundo lugar, la emisión es un medio para determinar el requerimiento de seguridad para garantizar un ciclo de producción seguro. En países A5 todavía se utilizan ampliamente los tambores, pero pasa lo contrario con los países A2 en que éstos han sido reemplazados por transporte por medio de estanques. Esto se debe principalmente a las emisiones y a los exigentes requerimientos de la eliminación de tambores. El proceso de limpieza previo al de eliminación es caro. Este proceso es innecesario en el caso de los estanques de transporte y por eso los costos son inferiores.

Tabla 1: Información requerida para la reconversión del área de espuma³⁶

INFORMACIÓN REQUERIDA PARA UNA RECONVERSIÓN EFECTIVA Y EXITOSA DEL ÁREA DE ESPUMA	
A. Información del producto	<ul style="list-style-type: none"> - dimensiones de los productos finales - peso del componente - volumen de producción / cantidades - consumo de material
B. Datos de la espuma	<ul style="list-style-type: none"> - cantidad de agente espumante en relación al polioliol - proporción de mezcla polioliol / isocianato - densidad de la espuma - temperatura de operación - agente espumante: C-pentano, N-pentano, I-pentano
C. Información del lugar de instalación	<ul style="list-style-type: none"> - distribución de líquidos, disponibilidad de aire comprimido, por ej. suministro de nitrógeno - planos de la fábrica - condiciones de ambiente (temperatura) - análisis de seguridad de la planta, disponibilidad de los sistemas de extinción de incendios - sistema eléctrico, 380V + Neutro + tierra de protección por separado - forma en que se suministra el polioliol, isocianato y pentano (normalmente; tambores, contenedores, camión estanque), disponibilidad de estanques de almacenamiento.
D. Información sobre las plantas o equipos existentes	<ul style="list-style-type: none"> - tipo de equipo espumante (transferencia húmeda), alta presión o baja presión - año, fabricante, tipo - número de lugares de espumado - descripción de la parte seca, componentes de planta, forma de calentar la parte seca (eléctrica o agua / aceite) - descripción de relleno de espuma (molde cerrado o abierto) - tipo de guía para cabeza de mezcla (manual o automático)

Las principales fuentes de emisiones son:

1. Los tambores que transportan materia prima dejan escapar emisiones en el momento en que se abren, desde el momento en que contiene un agente espumante;
2. Tambores de agente espumante;
3. Estanques de trabajo y de almacenamiento;
4. Válvulas de seguridad y otros dispositivos que liberarán el "gas" contenido en el sistema para evitar la sobrepresurización;
5. La salida de la cabeza de mezcla en que se unen las materias primas y el agente espumante bajo alta presión y luego se expanden a la presión ambiente liberando principalmente agente espumante;
6. Se libera agente espumante por los accesorios de los gabinetes o puertas a través de los conductos de ventilación en que se utiliza una mezcla de aire y nitrógeno para la inertización.

Desde el momento en que se cura la espuma, es decir cuando se termina el proceso químico, la liberación de emisiones es mínimo en caso de los refrigeradores ya que la espuma está contenida dentro de una carcasa metálica. En relación a las emisiones, los fabricantes también tienen que tomar en consideración qué sucede con los tambores y estanques. Un tambor usado que contuvo un agente espumante (la mayoría de ellos más pesado que el aire), incluirá, aún después de vaciado, una concentración considerable.

Los estanques de trabajo y estanques en general que contienen materias primas y/o agentes espumantes son depósitos presurizados en la mayoría de los casos y se ciñen a las Directivas de Equipos a Presión (PED por sus siglas en inglés). Estos estanques, cada vez que están vacíos, contendrán un agente espumante combinado con nitrógeno en el caso de agentes espumantes inflamables. Al rellenarse, el gas en su interior se desplaza hacia el medio ambiente. Esta es la segunda razón más importante por la que en los países A2 las materias primas se transportan dentro de camiones estanque – permite el intercambio cerrado de gas desde el estanque de almacenamiento al camión estanque. Luego, el proveedor de materias primas se encargará de la eliminación de los gases lo que implica que el productor no tiene que tratar las emisiones ya que estas son inexistentes.

3.2.3 Maquinaria

Cuando se utiliza ciclopentano en la producción de refrigeradores para uso doméstico, los equipos requieren un control de seguridad que entrega la TÜV u otro organismo de certificación en concordancia con las Directivas ATEX en relación a la seguridad. Con la excepción de EEUU, el 90% de los refrigeradores de uso doméstico se producen con pentano. Los

antecedentes sobre los que se sustenta esta decisión están en las directrices de la UE que en el 2004 prohibieron el uso de HCFC-141b y por tanto todos los proveedores internacionales eligieron pentano como la solución más efectiva en relación al costo.

En relación a los equipos, se deberán evitar las emisiones a través del uso de dispositivos especiales. Los sistemas están formados por válvulas y tuberías, contienen estanques de trabajo, bombas y equipos de medición. Se deberían tomar medidas específicas cuando el equipo está en contacto con las materias primas y los puntos donde ocurren las emisiones. Estas medidas pueden ser:

- Acople magnético en bombas y agitadores que llevan a 0 emisiones;
- Acoples especiales para las tuberías que luego se consideran libres de emisiones;
- Transductores de presión con membranas para evitar cualquier emisión a través del dispositivo;
- Sensores de temperatura con ampolla encapsulada;
- Inertización de los estanques de trabajo y accesorios cerrados con nitrógeno.

Estas medidas logran que los equipos estén libres de emisiones y por tanto la preocupación está sobre todas las partes eléctricas que están en contacto con la materia prima, considerando que esto ocurre en el lado del polioliol ya que el del isocianato normalmente no contiene un agente espumante. Si hubiera una opción para también agregar agente espumante al lado del isocianato, entonces sucedería lo mismo con el polioliol.

3.2.4 Medidas de seguridad en los equipos

Todas las áreas en las que ocurren las emisiones o en las que el equipo está en contacto con un agente espumante están sujetas a las normativas ATEX que determinan las medidas de seguridad que se deberán adoptar. También hay áreas de almacenamiento de productos terminados aunque en el caso de PUR son menos críticos ya que el agente espumante está contenido dentro de la espuma.

Cada zona ATEX requiere diversas medidas de seguridad que se pueden identificar de la siguiente manera:

1. Evacuación de emisiones principalmente a través de los sistemas de ventilación;
2. De acuerdo a la zona, el uso de equipos eléctricos con la certificación eléctrica correspondiente;
3. Uso de sensores de gas para vigilancia y detección de gases inflamables;
4. Cableado a tierra para evitar acumulación de electricidad estática (Muy importante y en países industrializados es una práctica estándar con o sin la necesidad de ATEX);
5. Precauciones incorporadas en la maquinaria, tecnología de procesos (software) y mecánicos.

Los puntos antes mencionados tienen que desarrollarse en todas las áreas en las que se realice un trabajo con agentes espumantes. No solamente el pentano, pero cualquier agente espumante que tenga la indicación F o F+ en su MSDS (Hoja de datos de seguridad del material) pertenece a la categoría de inflamable. La inflamabilidad de los agentes espumantes también se puede identificar por el límite inferior de explosión (LEL) y límite superior de explosión (UEL). El nivel de mediciones, por ejemplo, el número de sensores de gas y la cantidad de ventilación, depende de los análisis de seguridad en base a las emisiones y a los riesgos asociados.

Sin entrar en mayor detalle podemos afirmar que todos los equipos eléctricos que estén en contacto con los agentes espumantes requieren una certificación ATEX. Se logra esto al utilizar piezas eléctricas con certificación a prueba de explosión especialmente en el estanque de trabajo, motores eléctricos a prueba de explosión y sensores de bajo voltaje protegidos por las barreras eléctricas. Será necesario que un proveedor certifique específicamente que el equipo está apto para ser utilizado con agentes espumantes inflamables.

La responsabilidad en el uso de los agentes espumantes inflamables recae finalmente en las manos del productor y no en las del proveedor de equipos o materias primas. Por tanto si un productor está pensando en cambiar a un agente espumante inflamable, es aconsejable que verifique con las autoridades locales si es posible materializar dicho cambio. Los principales proveedores de materias primas están más que dispuestos a prestar soporte y ayuda técnica al respecto. Se recomienda especialmente ingresar al sitio Web de Isopa.org para obtener más información sobre los requerimientos HSE para el uso de poliol e isocianato que son beneficiosos para la empresa y sus trabajadores.

3.2.5 Concepto del sistema de seguridad

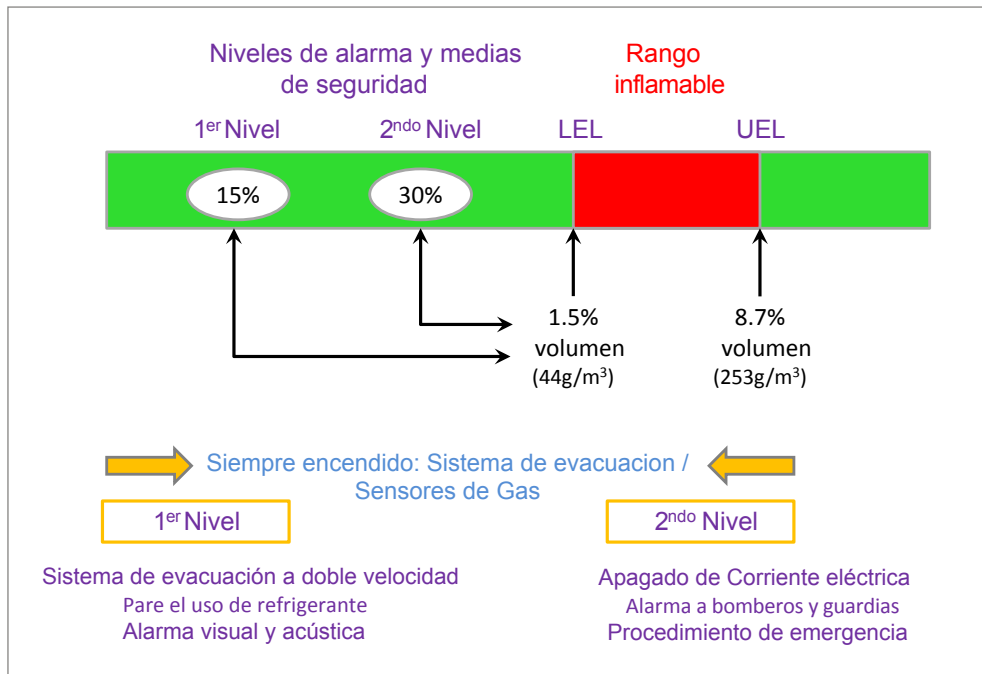
El concepto de seguridad se describe principalmente a la Figura 5, en cuyo caso el ciclopentano se toma como ejemplo (CAS no. 287-92-3).

Para cada agente espumante inflamable, el LEL y UEL indican los límites de exposición inferior y superior respectivamente. El valor se expresa en % por un volumen que puede traducirse a gramos / metro cúbico (g/m^3).

Los sensores de gas preferibles son sensores infrarrojos que detectan el porcentaje de agente inflamable en la atmósfera y que entregan una alarma de primer nivel a 15% del LEL. Las acciones realizadas en esta etapa son:

- El sistema de evacuación (ventilación) se fija a doble velocidad para evacuar el agente inflamable;
- Se detiene la formación de espuma;
- Se encienden las alarmas visuales y acústicas para advertir a los operadores.

Figura 5: Concepto de sistema de seguridad para la producción de espuma



El alcance de la alarma de primer nivel es para remover cualquier agente inflamable. En caso de que esto no tenga éxito, entonces la alarma de 2do nivel se inicia a 30% del LEL. La alarma se activa en caso de:

- Corte total de energía el área de producción para eliminar la fuente principal de ignición
- Se envía una señal de alarma a la brigada antiincendios y a la caseta de seguridad de la fábrica;
- Se activan los procedimientos de emergencia lo que significa que el área se evacua.

Los niveles de alarma y el sensor de gas que activan la alarma están visibles en un gabinete de seguridad que se coloca en un área segura. Esto permite que el personal de seguridad, brigadas anti incendios, etc., puedan verificar el estado antes de ingresar al área.

Es interesante notar que la alarma al 30% no se activa con frecuencia y eso significaría que se han liberado altas cantidades de sustancia inflamable. El sistema de ventilación ha sido diseñado con el fin de evitar esta situación. Son especialistas quienes definen la ubicación de los sensores de gas para poder analizar el área y las trayectorias por las que podría pasar un agente espumante.

3.2.6 Actividades y acciones

Para poder entender apropiadamente las actividades relevantes, será necesario considerar un ciclo completo para la formación de espuma desde la entrega de bienes hasta el producto terminado. La formación de espuma de los refrigeradores con ciclopentano como agente espumante consiste de los siguientes pasos:

1. Descarga de químicos
2. Almacenamiento del ciclopentano, poliol o poliol/pentano previamente mezclado e isocianato en distintos tambores, contenedor intermedio para materiales a granel (IBC) o estanque de almacenamiento.
3. Premezclado de poliol con pentano
4. Recepción de premezclas para formación de espuma con equipos de alta presión.
5. Proceso de formación de espuma utilizando la parte seca (accesorios o prensas en los que se colocan los gabinetes o puertas para la formación de espuma)

PASO 1:

Se deberá contar con un lugar adecuado para realizar la descarga en el mismo momento en que llegan las materias primas ya sea en tambores, IBC o camiones estanque. Se ha diseñado esta área para recuperar los derrames y eliminarlos de manera correcta (debe estar disponible previamente). En presencia de agentes espumantes inflamables, es importante agregar cableado a tierra del camión y protección en caso de tormentas eléctricas. Además, se deberá marcar esta área señalando que se está realizando una descarga y que no está permitido el ingreso a personal no autorizado. Así también es necesario contar con suficientes extinguidores de incendios y que el personal relacionado utilice los elementos de protección y anteojos correspondientes. Se deberá colocar señalética que contenga las salidas de emergencia y los números de teléfono relevantes para contactar al personal de seguridad.

PASO 2:

Se descarga el material y se coloca dentro del área de almacenamiento o en caso de camiones estanque, se descargan por medio de bombas hacia el estanque de almacenamiento. Las materias primas se deberán almacenar de manera separada para evitar que entren en contacto en caso de ocurrir un desastre. Es necesario que en la sala donde se coloca un agente espumante inflamable haya un sistema de ventilación, sensores de gas y que también este haya sido construido de acuerdo a las Directrices ATEX y de acuerdo a los requerimientos del departamento de incendios (sistema de aspersores con alarma de fuego).

PASO 3:

Cuando el polioli/pentano no viene previamente mezclado es necesario hacerlo en la fábrica. Para este propósito se cuenta con maquinaria específica que permite la mezcla de los dos componentes en un sistema cerrado y su posterior alimentación directa al equipo de formación de espuma. De preferencia esta mezcla se hace en una sala aparte con equipo certificado para ese propósito, así como un sistema de ventilación y sensores de gas. Los requerimientos para la sala son los mismos que para el PASO 2.

PASO 4:

El equipo de formación de espuma, máquina clásica de formación de espuma a alta presión para el uso de acuerdo a las Directrices ATEX recibirá el material previamente mezclado y lo contendrá dentro de los estanques de trabajo de equipos. Este equipo se coloca en una sala con los mismos requerimientos que se describen en los PASOS 2 y 3. Se necesitan ventilación y sensores de gas. A través de las unidades de medición se bombea la mezcla polioli pentano e isocianato a la cabeza de mezcla y se forma la espuma. El proceso de verter el líquido mezclado pasa por un cambio de presión desde la presión de mezcla de 120 a 150 bares a temperatura ambiente. Esta diferencia de presión siempre libera agente espumante al medio ambiente, lo que se llama emisión. Por tanto, junto a la cabeza de mezcla se colocan los sensores de gas y ventilación como precauciones y según sea necesario para las zonas ATEX.

PASO 5:

La formación de espuma es el proceso mediante el cual el líquido que sale de la cabeza de mezcla por medio de una reacción exotérmica forma la espuma. Durante este proceso, el líquido, que tiene una densidad de aprox. 1100kg/m^3 se expande a una densidad de entre 37 a 40kg/m^3 , que es un valor normal para la densidad de la espuma dentro del refrigerador. Durante la formación de la espuma se libera adicionalmente agente espumante a medida que el agente se mueve por la estructura celular que está bajo formación.

La cabeza de mezcla vierte espuma ya sea en un molde abierto, normalmente las puertas se hacen en las prensas que se cierran después de la formación de espuma o en un accesorio cerrado para la fabricación de gabinetes. Para la espuma de los moldes abiertos en las puertas la situación es menos delicada que para las de gabinetes por la liberación de un agente espumante al aire libre. Este problema se soluciona con la debida ventilación y colocación de sensores de gas.

En relación a la formación de espuma para gabinetes en un accesorio cerrado es necesario inertizar con un gas como nitrógeno (inerte) para poder evitar la creación de una atmósfera explosiva. Para una atmósfera explosiva se necesitan combustible (el agente espumante), oxígeno y una fuente de ignición. Con el uso de nitrógeno y el cableado a tierra, se elimina la creación de una atmósfera idónea para la combustión de combustible y la fuente de encendido. Además, es necesario considerar los orificios de ventilación ya que estos están presentes tanto en el molde abierto después de la elaboración de espuma como en los accesorios.

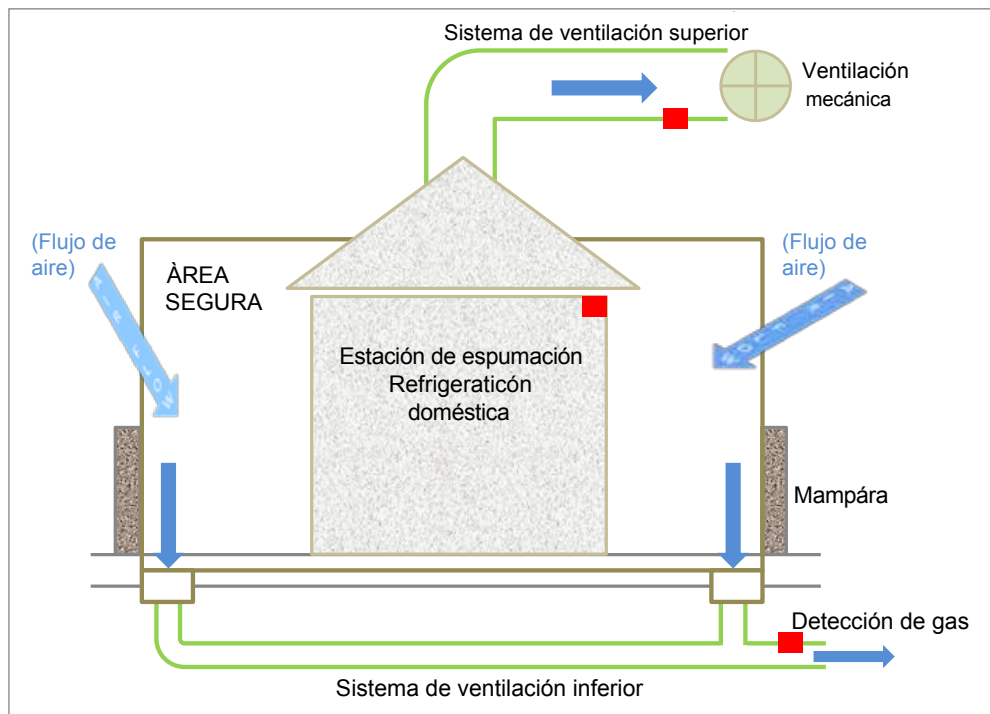
A través de estos orificios de ventilación se libera agente espumante que se puede eliminar a través de una ventilación apropiada.

Para los accesorios de gabinetes y prensas para las puertas se debe poner especial atención al sistema de calefacción, de preferencia mediante los sistemas que funcionan en base a agua/aceite. En caso de calefacción eléctrica, se requieren medidas específicas para evitar que el sistema de calefacción esté encendido durante el proceso de elaboración y tiempo de curado. Esto es para prevenir electricidad estática o chispas generadas por este último.

Una vez que se haya terminado el proceso de curado, se sacan los gabinetes y puertas y se envían a la línea de producción para su acabado final. No es necesario tomar medidas específicas de precaución después de este punto si es que se utiliza un buen equipo de elaboración de espuma que asegure que la mezcla polioliol-pentano/isocianato es la correcta. No es muy común, pero en el análisis de seguridad se verifica que polioliol-pentano sea todo lo que salga de la cabeza de mezcla.

La Figura 6 muestra un boceto de una estación de elaboración de espuma en base a pentano y las precauciones de seguridad que es necesario implementar en la estación y en sus alrededores.

Figura 6: Diagrama boceto de una estación de formación de espuma basada en ciclopentanoⁱ



ⁱ Adaptado del PNUMA, 1994

Se establece un área de seguridad alrededor de la estación de elaboración de espuma por medio de³³:

- la colocación de señalética de demarcación y delimitar el área por las paredes divisorias bajas;
- la instalación de canales de escape a nivel de suelo a través de los cuales se succione el aire del área de seguridad, asegurando así un buen flujo de aire que prevenga la formación potencial de una atmósfera explosiva;
- la instalación de un sistema de ventilación superior que asegure un flujo de aire alrededor de las unidades de refrigeración después de que se inicie el proceso de formación de espuma. Es necesario mantener un buen flujo de aire alrededor de la unidad, ya que en cuanto termina el proceso químico de formación de espuma, una pequeña cantidad de gas pentano se escapa de la espuma. El flujo de aire garantiza que la atmósfera no sea explosiva, incluso en la superficie del refrigerador. Los ventiladores de los sistemas de ventilación son a prueba de explosiones.

En general, para utilizar los agentes espumantes inflamables de manera segura es necesario contar con:

- 1) Un análisis apropiado de los riesgos
- 2) Capacitación del personal involucrado
- 3) Equipamiento certificado y de preferencia una revisión de seguridad independiente.

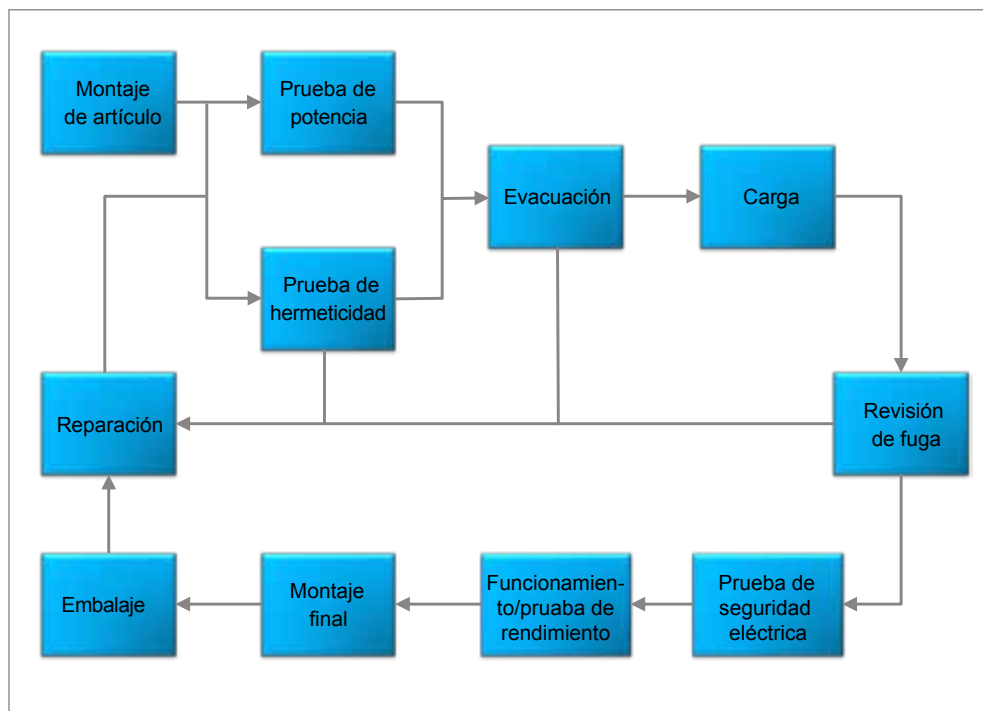
NOTA SOBRE SEGURIDAD:

EL ASPECTO MÁS IMPORTANTE PARA LA SEGURIDAD DURANTE EL PROCESO DE FORMACIÓN DE ESPUMA ES PREVENIR UNA ATMÓSFERA QUE ALCANCE EL LEL. HAY DISTINTAS MEDICIONES QUE SE DEBERÁN REALIZAR QUE PUEDEN SER DIFERENTES PARA CADA PLANTA DE FORMACIÓN DE ESPUMA EN PARTICULAR. POR TANTO LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DEBEN ESTAR EN CONCORDANCIA CON LAS NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES Y / O NACIONALES.

3.3 Línea de producción

La presentación de nuevos refrigerantes y agentes espumantes en espumas también requieren la modificación y reemplazo de equipos de producción mayor. No es simplemente adquisición de equipos, sino una empresa más bien compleja de ingeniería³⁷. La Figura 7 muestra un proceso típico de fabricación. Cada una de las áreas requiere atención y/o modificación para adaptar la seguridad y eficacia en el uso de los HC.

Figura 7: Diagrama conceptual que muestra un proceso de fabricación típicoⁱⁱ



Para información adicional relacionada con la disposición segura de áreas de producción utilizando refrigerantes inflamables, véase la publicación GIZ Proklima "Directrices para el uso seguro de refrigerantes inflamables en la producción de aire acondicionados". Manual para ingenieros, técnicos, capacitadores y responsables de las políticas - Por una refrigeración favorable al medio ambiente", 2011.

3.3.1 Almacenamiento de refrigerante y sistema de alimentación

Las fábricas de refrigeradores pequeños o medianos tienen su suministro de HC en los cilindros refrigerantes, tambores HC de 1000 litros (465 kg) o tanques de surtido de 2000 litros. Para evitar costos de modificación en una etapa posterior, se recomienda escoger la

ii Adaptado de Colbourne et al., 2010

opción de suministro preferida desde el comienzo del proyecto antes de los trabajos de construcción inicial. El sistema de almacenamiento y alimentación debería manejar el medio aplicable de una manera segura y de acuerdo con las normas de seguridad.

El sistema de alimentación HC debería poder identificar las botellas o tambores vacíos y transferir automáticamente los llenos para evitar que vapores y contaminantes ingresen a la línea de alimentación y dañen las partes internas del circuito refrigerante del equipo. Es preferible contar con un sistema con al menos tres botellas, dos tambores o un sólo tanque de surtido (que se rellena antes de llegar al 20% del nivel tope) para evitar detenciones en la línea de producción, y cuando sea necesario, para compensar si no está el operador para intercambiar la botella. El lugar de alimentación debe estar instalado fuera de la sala de fabrica (Figura 8). También se recomienda que se instale una bomba de respaldo para asegurar que el proceso de producción no se interrumpa.

Figura 8: Cobertizo de almacenamiento de HC



Construcción del área de almacenamiento de hidrocarburos:

Datos de diseño: El diseño y cálculo de una sala ventilada naturalmente para el almacenamiento de botellas, el sistema de alimentación y el almacenamiento de tambores de segunda etapa lo debe realizar un ingeniero civil calificado considerando el terreno local. La construcción debe ser sólida por razones de seguridad.

Características de construcción: En la mayoría de los casos, el trabajo de construcción se puede realizar localmente. En cuanto a la supervisión del proyecto de reconversión, debe asegurarse que éste se logre considerando las siguientes características de construcción recomendadas:

- Se debe tender primero una capa de hormigón magro. La superficie sobre la que se coloque el magro debe estar suavizada y nivelada;
- Se deberá tender una capa gruesa de 1 mm. de película de polietileno sobre el magro de hormigón como barrera de vapor;
- El fragüe del hormigón principal debe ser el adecuado para construcción estructural;
- Las barras de armadura dentro del hormigón deberán estar conectadas a la red de cableado a tierra. Con ese propósito se soldarán previamente roscas largas de acero a las barras de armadura en al menos dos puntos. Las roscas deberán sobresalir al menos 50 mm fuera del hormigón para que los cables de cobre puedan conectarse fácilmente utilizando tuercas dobles.
- Se deberá suavizar la superficie del suelo;
- Se deberán empotrar pernos de anclaje en los plintos para la posterior instalación del techo de almacenamiento y, si se hace con acero, de las paredes para la sala de alimentación. También podría considerarse un muro de ladrillo;
- Para el almacenamiento posterior de tambores, siempre se sugiere utilizar un cobertizo para reducir la temperatura en la superficie durante el verano. Este cobertizo puede ser de acero estructural con un mínimo de 3m de alto. Esta medida sería suficiente para colocar, o remover, tambores de 1000 litros en un estante utilizando un elevador. El cobertizo debe tener al menos 1 m. de largo y debe ser más ancho que el almacenamiento de tambores. Este cobertizo no debe ser cerrado por los lados para permitir que se refresque con aire natural;
- Las estructuras y puertas de metal así como las mallas, tuberías, botellas, tambores y el sistema de alimentación HC deben estar conectados al sistema de tierra local por medio de un cable de cobre de más de 6mm²
- La cubierta del techo puede ser una lámina de metal perfilado, lámina de policarbonato o tejas.

Almacenamiento de botellas de isobutano: las normas técnicas para gases como TRG 280 de Alemania dictaminan que las botellas de HC deben ser almacenadas de manera segura de preferencia con dispositivos como cadenas para evitar que se caigan. Por ejemplo, una cubierta que se pueda bloquear, techo de acero sobre piso de hormigón y camino al almacenamiento en 1 kg/cm² de carga. La señalética en el área de almacenamiento deberá contener información como por ejemplo de demarcación de zonas, gas inflamable, área de no fumadores, orden de no abrir fuego y un extinguidor de incendios de 12 kg.

Almacenamiento en tambores: deberá construirse de tal manera que se puedan almacenar al aire libre hasta 3 tambores, preferentemente con techo corredizo de al menos 3 m de alto y piso de hormigón de 1 kg/cm² de carga para que la grúa horquilla pueda mover los tambores desde el punto de entrega hasta el lugar de almacenamiento. Al menos 5 m alrededor debe considerarse como la zona de alarma con cercado y, de preferencia, que se pueda cerrar usando puertas. Se debe marcar la correspondiente señalética de advertencia. En esta zona no se permiten canales abiertos para drenaje o aberturas para tuberías de servicio para canales cubiertos, excepto aquellos que se pueden llenar con arena.

Almacenamiento de tanque de surtido: debe estar ubicado en un área de al menos 5 m (normalmente de acuerdo a la normativa local) cubierto por piedras / esquirlas, rodeado por un muro de contención y cerco con acceso para el personal autorizado solamente y acceso de hormigón de 1 kg/cm² de carga. Bajo el tanque de surtido debe haber al menos un detector de gas conectado al sistema de alarma. Se debe marcar la correspondiente señalética de advertencia. En esta zona no se permiten canales abiertos para drenaje o aberturas para tuberías de servicio para canales cubiertos, excepto aquellos que se pueden llenar con arena.

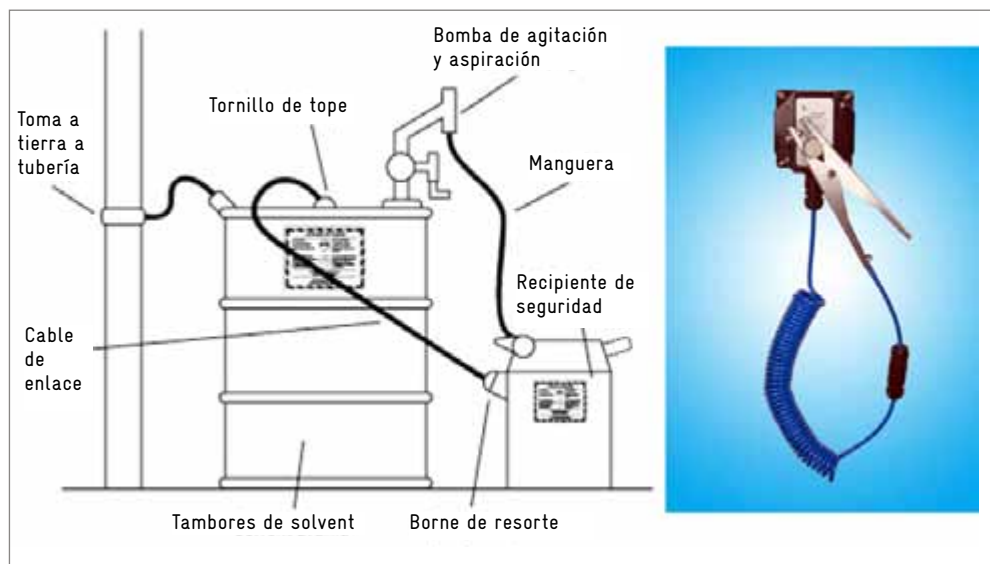
Techo o cubierta para alimentación de HC: para el sistema de bombas de alimentación y las botellas conectadas a ellas se podría utilizar un techo o cubierta ventilada natural con aberturas en al menos dos de sus lados hechas de materiales no inflamables como ladrillos, hormigón, acero o muros de malla de acero cerrados con sistemas de bloqueo. Se pueden almacenar las botellas o tambores incluso aunque estén conectados al sistema de alimentación fuera del lugar de alimentación, con una distancia mínima de 5 m o 3 m si la pared está hecha de ladrillos.

Sala de control: opcional. Una sala de control pequeña que se pueda bloquear y que cuente con un tablero de control del área de alimentación ubicado 5 m fuera del área de peligro o por dentro. Como alternativa, si la sala de alimentación se construye contra paredes de la sala de producción, el tablero de control debería colocarse dentro de la sala de fabricación hacia las prolongaciones de controles neumáticos, tuberías etc., porque así se facilitará el trabajo y el control de la alimentación desde la sala de fabricación. También sería más efectivo con relación al costo.

Circuito secundario de tierra: los tambores, botellas, tuberías para HC y todas las piezas de acero dentro de las zonas peligrosas tanto en el área de almacenamiento como de alimentación deberán cablearse a tierra. Los recolectores a tierra deben estar conectados a las varillas o cintas de acero a carbono galvanizado por ejemplo de 25 x 5 mm, 25 m de largo en tierra u hormigón (Figure 9). Además, deberán utilizarse abrazaderas para las mallas de cable de cobre a tierra de 16 m² para botellas y tambores móviles:

- Fuera de la sala de bombeo de alimentación, 3 elementos para tambores
- Dentro de la sala de bombeo de alimentación, 3 elementos para botellas, uno para bomba de alimentación y uno para tubería ½"
- Hacia todos los elementos de construcción de metal dentro de la zona de peligros.

Figura 9: Circuito secundario de tierra



Normalmente se cuenta con un circuito secundario de tierra que cubre el área de almacenamiento de HC siguiendo los planos del proyecto. Se recomienda contar con lo siguiente:

- Diversas varillas metálicas en el área de tierra cerca del área de hormigón. El número de varillas de tierra dependerá de las condiciones del suelo. Se solicita una resistencia general no mayor a 2.0Ω;
- Las varillas de tierra son normalmente de acero con placa de cobre y su número se definirá de acuerdo con los requerimientos de diseño de 2.0Ω para el circuito secundario de tierra;

- Se deberá construir un pequeño pozo de hormigón alrededor del terminal superior de las varillas de tierra para facilitar las labores de mantenimiento e inspección. Estos pozos se deben cubrir con arena hasta el tope;
- Se debe conectar un anillo de compensación a todas las varillas de tierra. Se debe utilizar una barra de acero de al menos 25 mm², o de cobre de al menos 50 mm²;
- Las barras de refuerzo dentro del hormigón deberán conectarse al anillo de tierra. Es necesario conectar al menos dos puntos. Se sueldan previamente varillas roscadas a las barras de reforzamiento para colocar el hormigón. El extremo de la rosca debe sobresalir al menos 50 mm del hormigón para conectarlo fácilmente;
- El acero del área de almacenamiento debe estar conectado con el anillo de tierra;
- Las instalaciones de bombeo deben estar conectadas al anillo de tierra. Se debe utilizar una barra de cobre para distribuir los cables subterráneos hacia las instalaciones;
- El cableado a tierra debe atravesar el hormigón a través de las tuberías PVC. Estos no debe estar en contacto directo con el hormigón;
- Representantes de todos los usuarios presentes en el lugar de trabajo deberán preparar y firmar un reporte de inspección en el idioma local relacionado con la instalación del circuito secundario de tierra, las características de construcción, las áreas de almacenamiento, etc.

Sistema de protección ante rayos: el área de almacenamiento de HC, sistema de alimentación y tuberías deben protegerse contra la acción de los rayos. El cono de protección deberá cubrir, más específicamente, incluso las tuberías de ventilación de las válvulas de seguridad y los ductos de ventilación de escape de HC. Si este sistema ya está instalado, un ingeniero eléctrico calificado y certificado deberá realizar las pruebas pertinentes de acuerdo a los estándares locales. Si el sistema es nuevo, se deberá diseñar, instalar y certificar. Se deberá garantizar la conexión con el sistema de tierra, contando con accesos para que el ente fiscalizador pueda realizar las inspecciones correspondientes.

Iluminación: se requiere iluminación apropiada en el área de almacenamiento en general y de HC para poder trabajar en ellas durante la noche. Debe ser IP54, si está fuera de un radio de 4 m o más de 0.5 m. de altura, en distintas direcciones desde donde están las piezas de emisión (flanges, bombas, conectores de botella, salidas de válvulas de seguridad, etc.). Si no, debe ser a prueba de explosiones de acuerdo con los estándares locales.

Protección anti incendios: para el almacenamiento de HC se recomienda instalar un extintor de incendios de agua de 8 a 15 m de distancia y, si es posible, detrás de una muralla o esquina de un edificio, que se conectará con la red de agua fría que tenga suficiente presión.

Debe haber una carcasa para la manguera o para un extintor de incendios más grande especialmente si la presión de agua no es suficiente. Criterios como tipo de extintor de incendios, lugar y condiciones deben acordarse con la brigada de incendios local. Se deben colocar otros extintores de incendios más accesibles en la pared del galpón, tal como aparece en la Figura 10.

Figura 10: Protección contra incendio para almacenamiento de HC en exterior



SEGURIDAD:

EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE REFRIGERANTES DEBE ESTAR DEBIDAMENTE DEMARCADA DE ACUERDO A LAS DIRECTRICES PARA ÁREAS PELIGROSAS Y A LAS NORMAS CORRESPONDIENTES. EL ÁREA DEBE ESTAR MARCADA CON INDICACIONES CLARAS.

Sistema de alimentación de hidrocarburo:

Para poder transferir el refrigerante desde los tanques o cilindros al área de carga se requiere equipo especial, entre otros una bomba de transferencia y también válvulas inversoras (en el caso de dos o más cilindros o tanques), válvulas reguladoras de presión, válvulas de alivio de presión y manómetros de presión. Normalmente el equipo se coloca en una sala especial de bombas que también se califica como área peligrosa (Figura 11). Este área debería estar

equipada con las características de seguridad idóneas según se indica en la Tabla 2. Tal vez se exijan algunos otros requerimientos tal como lo muestran los proveedores de equipos y las normativas nacionales.

Figura 11: Sistema de alimentación de HC



Transferencia automática: Es importante para la calidad que se cuente con un sistema de transferencia automática en el suministro de HC. No solamente permite el suministro constante de refrigerante desde las botellas o tambores sin interrumpir la producción, sino que también es importante para prevenir daños tales como refrigeradores con que han sido llenados parcialmente y que deben repararse o la presencia de contaminantes atmosféricos dentro de la línea de alimentación que pueden dañar el circuito refrigerante de los aparatos. Además, se podrían evitar 2 a 3 horas de interrupción de producción al purgar la línea de alimentación. La alimentación con sistema de transferencia automática debe ser compatible con el tipo específico de HC que se está utilizando (R-600a, R-290, etc.) y debe ser aprobado por un ente autorizado.

Se recomienda un sistema para tres botellas. Esto es para evitar las detenciones aún cuando a un trabajador se le olvide reemplazar la última botella vaciada o si coloca por accidente una botella vacía. En lugar de botellas se pueden conectar tambores. La presión estabilizada es de relevancia en la línea de alimentación que se puede fijar entre 10 y 15 bares, con una tolerancia de 0,1 bar y que no varía dependiendo de las cargas de HC en las distintas líneas de carga. Si se utiliza una bomba de alimentación tal como una bomba neumática, generalmente se

necesita una presión mínima en la entrada dependiendo de las condiciones medio ambientales locales tales como temperatura del aire, humedad relativa, elevación, etc.; y por tanto se debe contar con dispositivos que eleven estas botellas pesadas al nivel necesario para alimentar esa bomba en líquido. Las características importantes con las que se deben contar en este orden son:

- Área de alimentación ventilada abierta con aire natural.
- 5 m de zona peligrosa delimitada por una reja, demarcada por paredes de ladrillo.
- Detector de incendios
- Botón de emergencia

Mangueras flexibles: el sistema de alimentación debe incluir mangueras flexibles para tres botellas con las siguientes características:

- El material de la manguera debe ser adecuado para el hidrocarburo que se está utilizando. Por ejemplo, manguera de goma antiestática con refuerzo de acero espiral externo o interno que debe tener buen contacto con los conectores en ambos extremos con una conductividad menor a los 106Ω entre mangueras de montaje;
- El largo de la manguera dependerá de la distancia entre las botellas y las tuberías rígidas hacia la bomba de alimentación por medio de un sistema de transferencia.
- Los extremos deben ser antichispa, es decir no de acero, con cierre automático para prevenir que ingrese aire al sistema de alimentación de los hidrocarburos.
- La manguera debe ser la adecuada para las condiciones de temperaturas máximas y mínimas de la localidad y debe servir para funcionar con presiones de hasta 25 bares (o de acuerdo con el refrigerante y las temperaturas locales máximas);
- Las tuberías flexibles deben contar con las siguientes referencias: nombre del fabricante, tipo, año de producción, presión máxima de operación y valor de conductividad.

Mangueras de tambores: si se utilizan tambores más adelante en lugar de botellas, las mangueras usadas deben tener las mismas especificaciones que las mencionadas para las botellas pero con $\frac{1}{2}$ ". La distancia recomendada entre la estación de alimentación y los tambores de refrigerantes debe ser 5m, demarcada por paredes de ladrillos. Estas distancias no las deben cubrir las mangueras flexibles, sino una tubería de acero de $\frac{1}{2}$ " en concordancia con las especificaciones internacionales de la ASTM y bajo la aprobación de conformidad de los fabricantes. Se necesitan válvulas de seguridad certificadas de hasta 25 bares (o de acuerdo al refrigerante y a la temperatura local máxima) considerando que estas tres tuberías y secciones de mangueras se pueden cerrar en ambos extremos. Para prevenir que el fuego pase por las tuberías, se recomienda agregar supresores de llamas certificados en las mismas.

Las mangueras deben tener al menos 2 metros de largo. Si la bomba de alimentación necesita una presión previa mínima, se deben colocar los tambores a una altura de 1m.

Alimentación de los tanques de surtido: las líneas de alimentación de los tanques de surtido no deben incluir mangueras sino tuberías de acero directamente conectadas a la estación de bombeo.

Acopladores rápidos en el armado del sistema: se conectan desde la tubería hasta la manguera refrigerante (Figura 12). La presión de trabajo es desde 13mbar a 45bar.

Figura 12: Acopladores rápidos y su uso en el conjunto del sistema ¹⁶

Acoplamiento rápido "Hansen"	Uso de acopladores rápidos en el ensamblaje de sistema
	
<p>(1) Ensamblaje de acoplamiento rápido desde el tubo a la manguera del refrigerante</p>	<p>Durante la soldadura dura, prevenir fugas intencionales y proporcionar un sistema hermético (ciclo refrigerante) sin orificios de salida conectivos atornillados</p>
	
<p>(2) Mordazas directamente sobre tubos rectos con diámetro 2-10 mm</p>	<p>Conexión de acoplamiento rápido y ciclo de refrigerante</p>
	
<p>(3) Lo mismo que (2), pero para tornillos</p>	

SEGURIDAD:

NO SE DEBE CONECTAR NUNCA UN TAMBOR EN PARALELO A UN CILINDRO EN EL MISMO SISTEMA. EN CASO DE UNA INTERCONEXIÓN PUEDE OCURRIR UN SOBRELLENADO QUE LLEVE A UN PELIGRO DE EXPLOSIÓN SI SE CALIENTA O EXPONE AL SOL.

Tubería de alimentación: el sistema de tuberías transferirá refrigerante desde la bomba de refrigeración hacia los equipos de carga. Esta se debe apoyar en un buen diseño y ser lo suficientemente resistente como para evitar filtraciones. Se recomienda una tubería de acero que esté fabricada de acuerdo con las especificaciones de fábrica y con la presión requerida para el HC que se utiliza. Las especificaciones de las tuberías varían, pero deben contar con la aprobación de conformidad de los fabricantes para tuberías y conexiones. Es altamente recomendable soldar bien los empalmes de la tubería excepto para aquellas válvulas e instrumentaciones que requieran mantenimiento. La tubería debe tener juntas estancas tales como flanges con sello en el revestimiento antiadherente armado de metal como PTFE o SAE con vitón u otro sellante que sea resistente al pentano y a la presión aplicada u otras juntas técnicamente herméticas tales como roscas cónicas (NPT), anillos de corte de doble arista (ISO 8434-1), hilo Whitworth de acuerdo al ISO/DIN 228 o las juntas hidráulicas Americanas de alta presión que puede supervisar un auditor de seguridad.

La tubería HC sobre nivel debe estar pintada con dos capas de brea epóxica, cada una con un mínimo de $200\mu\text{m}$, en total $400\mu\text{m}$ de color amarillo (RAL1026 o un equivalente). Esto se debe hacer siguiendo las especificaciones del proveedor de las estructuras de techo, si se hicieran, y se deberán entregar con la oferta para sus comentarios. Se deben instalar válvulas de cierre seguro anti incendios en la entrada de los edificios y una válvula de cierre estándar en el extremo de la tubería rígida en el lugar de carga de hidrocarburos.

Trazado de tubería por sobre o bajo nivel: Todo el trazado de las tuberías debe estar lejos de cualquier fuente de ignición y no debe pasar por áreas en que una filtración pudiera traducirse en una acumulación de refrigerante. También debe protegerse contra el daño mecánico y los impactos; esto normalmente se aplica a las tuberías cerca del nivel de suelo en las áreas de trabajo. Se deberá colocar señalética de advertencia de inflamable a intervalos regulares a través de todo lo largo de la instalación de la tubería. Todo el sistema de tubería debe someterse a una prueba de hermeticidad y de resistencia; y a través de su vida a inspecciones regulares y verificación de filtraciones.

SEGURIDAD:

LAS TUBERÍAS DEBEN AJUSTARSE CON SENSORES DE PRESIÓN PARA ADVERTIR SOBRE UN AUMENTO EN LA PRESIÓN INTERNA O PÉRDIDA RÁPIDA EN LA PRESIÓN DEL SISTEMA. SE DEBERÁ INSTALAR UN ALIVIO DE PRESIÓN DONDE SEA NECESARIO Y QUE ESTÉ DIRIGIDO HACIA AFUERA PARA CASOS DE ACUMULACIÓN DE PRESIÓN.

Cableado eléctrico a tierra: las tuberías de HC deben ser puestas a tierra por ejemplo cada 25 m.

Suministro de energía eléctrica: esto lo especifica normalmente el proveedor de la bomba y del sistema de transferencia.

Cables y canalización para cables: se deben instalar en todas las áreas pertinentes, por ejemplo, en el área de almacenamiento entre el panel de control de almacenamiento y la sala de alimentación, interruptor de emergencia, detector de incendios y sensor de gas; entre el panel de control de almacenamiento y luces y bocina de alarma y entre el panel de control de almacenamiento y el tablero de alarma del área de carga HC.

Mangueras neumáticas: son necesarias para las conexiones de los equipos si el panel de control proviene de la sala de fábrica.

Bomba de transferencia de líquido refrigerante: esta bomba se conecta entre el tanque de refrigerante y la unidad de carga para mantener el refrigerante en fase líquida y a la presión correcta para una fluidez y exactitud óptima de la estación de carga. Muchas bombas de transferencia utilizan dos pistones con distintos diámetros. Se utiliza uno más pequeño (pistón de refrigerante) para presurizar el refrigerante desde un estado de vapor a líquido a través de un pistón de aire que pueda aumentar la presión dentro de la bomba. La presión se ajusta para permitir el uso de varios refrigerantes. Un acumulador incorporado en la salida de la bomba de transferencia, cargada previamente con nitrógeno, estabiliza la presión cuando el pistón cambia de dirección. Por el lado de la entrada de la bomba, el filtro de refrigerante elimina cualquier impureza que provenga del tanque de almacenamiento. Es importante asegurarse que la bomba de transferencia cumpla totalmente con las normas y estándares aplicables.

Sistema de distribución HC: este sistema se define como parte de la instalación entre los tanques de almacenamiento de refrigerantes y el equipo de carga. Se debe diseñar e instalar el equipo de distribución para que aumente la seguridad de toda la línea HC a través de la que se integra con el equipo de carga y la unidad de control de seguridad para supervisión.

Normalmente el sistema de control de seguridad incluye lo siguiente:

- Válvulas de control neumáticas que funcionan con cambios en la presión de aire y que el operador maneja manualmente o por medio del equipo de carga o por la unidad de control de seguridad de supresión (modo automático);

- Válvulas manuales de control;
- Válvulas de seguridad calibradas a 30 bar;
- Filtros de líquido refrigerante con capacidad de filtrado de $20\mu\text{m}$. Hay una válvula manual para drenar el filtro durante las operaciones de mantenimiento;
- Medidor de presión para verificar la presión de entrada del refrigerante que puede derivarse utilizando una válvula manual, y
- Tubos de conexión semiflexibles a las bombas de transferencia.

Se deben tomar todas las medidas necesarias para que los equipos se ajusten a las normativas nacionales y a los estándares nacionales e internacionales. Entre los repuestos que se recomienda tener para el sistema de alimentación y almacenamiento para evitar detenciones innecesarias en la producción están:

- Cartucho del filtro de refrigerante
- Filtro para equipo de carga
- Set de mantenimiento para el cilindro del refrigerante
- Set de mantenimiento para pistón de aire

Tabla 2: Características de seguridad de tanques de surtido, cubiertas cerradas y salas de bomba ¹⁷

Características de seguridad	Tanques de surtido	Jaula para cilindros	Sala de cilindros	Sala de bombas
Una distancia segura mínima entre la sala / cilindros / tanque e instalaciones circundantes [†]	X	X	X	X
El área circundante está rodeada por una reja y bloqueada, su acceso está restringido al personal autorizado únicamente.	X	X	X	X
Señalética de advertencia en la entrada		X		
Pared de contención para casos de derrames accidentales	X	X	X	X
Fácil acceso para los servicios de entregas e incendios / emergencia	X	X	X	X
Sistema de detección de gas y alarmas relacionadas	X	X	X	X
Botones de detención de emergencia	X	X	X	X
Los tanques deben tener dispositivos de alivio de presión	X	X	X	X
Indicación de nivel de líquido en tanque	X			
Señalética de advertencia, gas inflamable, señalética de área de peligro en tanques y área circundante	X	X	X	X
Sin fuentes potenciales de encendido dentro del área	X	X	X	X
Sin materiales combustibles en las inmediaciones	X	X	X	X
Las tuberías tendidas por sobre y bajo tierra están protegidas de daño y corrosión por accidente	X	X	X	X
Se utiliza una válvula de sobre flujo en la salida del tanque	X			
Sin drenajes ni áreas hundidas	X	X	X	X
Bocas de ventilación hacia el exterior			X	X
Sistema de ductos de ventilación			X	X
Alivio de explosiones			X	X
Extintor			X	X
Sistema de rociadores			X	X
Pisos antiestáticos			X	X

[†] Esta distancia a veces se aproxima de 3 a 5m pero depende mucho de las normativas locales y de las condiciones asociadas con la instalación.

3.3.2. Líneas de carga de refrigerante

Se pueden producir fugas (como en el caso de estallidos de mangueras, rotura imprevista de transductores de presión, desgaste de válvulas, vibración de uniones) que conduzcan a la acumulación de una atmósfera explosiva. Un sistema que funciona con cilindros de dosificación cerrados en ambos lados por válvulas que limitan la liberación máxima de HC en el área de cargado a pequeñas cantidades, como 100 a 300g, según la configuración de la máquina. Este enfoque de limitar la cantidad de refrigerante liberado es el recomendado en vez de depender únicamente de otros parámetros, como el comportamiento esperado de los operadores de mantener las puertas de escape cerradas en todo momento, trabajo de mantenimiento libre de fallas, sensores de gas, sistemas de doble ventilación o en la alimentación de energía eléctrica. En particular, los sensores de gas pueden reaccionar lentamente y, en consecuencia no garantiza que se inicie la alarma de falla. Los generadores de energía de emergencia a menudo fallan cuando son necesarios. Se recomienda el uso de un sistema pasivamente seguro que no dependa tanto del equipo y del trabajo libre de fallos, especialmente en lugares donde hay peligro de fallas de energía constantes y no previstas. Asimismo, la válvula de cierre al final de la tubería rígida al interior de la planta y a la entrada al salón de la planta debe cerrar el tubo herméticamente en caso de emergencia y durante la espera.

La demanda técnica en las máquinas de carga depende de las precisiones en la cantidad de carga necesaria en el modelo con la menor carga.

Según el HC que se use, se recomiendan las máquinas de carga con las siguientes características:

- Solamente máquinas de carga de HC con aprobación de una entidad de certificación de reputación, donde los detalles de la máquina y los informes de prueba se deben revisar y verificar;
- Todas las piezas de la máquina de carga que contengan gas HC deben estar encubiertas al interior de la carcasa de la máquina. La manguera de alimentación HC entre el extremo rígido de la tubería HC y la máquina de carga debe ser de manguera doble. Se pueden usar acopladores rápidos para conectar la manguera de alimentación flexible a la tubería rígida de HC que no se consideran técnicamente herméticas y que por lo mismo podrían fallar. Los filtros HC en la línea de alimentación pueden tener fuga durante el trabajo de mantenimiento y por ello deben quedar cubiertos en una caja pequeña. Por lo que la cubierta interior de la máquina de cargado de piezas HC, una manguera doble de la manguera de alimentación, una pequeña caja de Hansen y filtros se deben conectar a la ventilación de escape;
- En el caso de cualquier fuga considerable, como de una manguera partida o malfuncionamiento de equipo, se debe asegurar que todas las válvulas de cierre se cierren automáticamente en 0,5 segundos. Esta acción debe ser independiente de cualquier señal del sensor de gas que podría ser muy lenta para evitar la formación de una amplia atmósfera explosiva;

- Se recomienda la dosificación por medición de volumen para reducir la cantidad de HC remanente en las válvulas de sección y que se pueden convertir en un riesgo en caso de fuga;
- El control interno de fuga (watch dog) en sistema de dosificación, manguera de llenado y pistola de llenado deben ser independientes del sensor de gas instalado en cada posición de carga. Si el nivel de fuga ya está en riesgo, se debe detener la máquina y se debe cerrar automáticamente la válvula de cierre al final de la tubería rígida de la línea de alimentación;
- La precisión de la carga debe ser de $\pm 0,5$ g para menos de 100 g de carga. Los rangos de presión y temperatura local deben tomarse en cuenta para compensar las fluctuaciones;
- Se recomienda el uso de una interfaz computacional y un lector de código de barras. Las máquinas de cargado forman parte del sistema de control de calidad. Se necesita un lector de código de barras y una interfaz de puerto en serie para proporcionar el número de serie y modelo del refrigerador y alcanzar el nivel de vacío y carga de HC. Todo software de comunicación interna de la máquina y la descripción del juego de datos se debe entregar a la interfaz para evaluación y registro de calidad;
- Se recomienda que la velocidad de carga incluido el tiempo de conexión y desconexión sea de 30s;
- El panel de carga y todos los metales en el área de carga deben estar conectados a tierra. Todo plástico, manguera, etc., no se deben cargar con electricidad estática ($\leq 106\Omega$ resistencia de superficie eléctrica).

SEGURIDAD:

- SOLAMENTE SE DEBEN EMPLEAR MÁQUINAS DE CARGA PREVISTAS PARA USO CON REFRIGERANTES INFLAMABLES
- LAS MÁQUINAS DE CARGA DEBEN INCLUIR UN DETECTOR DE GAS EN TODOS LOS CASOS PARA INICIAR LA VENTILACIÓN DE ESCAPE INTERNO EN CASO DE UNA LIBERACIÓN ACCIDENTAL
- LA CARGA SOLAMENTE DEBE REALIZARSE USANDO UN CONECTOR

3.3.3 Líneas de hermeticidad de fuga

Detección de fugas: el asegurar que los sistemas sean herméticos es esencial para todos los sistemas de refrigeración, incluidos los que usan hidrocarburos. En consecuencia, antes de cargar el sistema con refrigerante se debe llevar a cabo una prueba de hermeticidad. En el caso de que el sistema sea hermético, se puede continuar con la operación de cargado aunque una vez que termine, se debe realizar otra verificación y nuevamente después de que se ha embalado el equipo. En caso de que se detecte una fuga, otros métodos, como el uso de un

fluido de detección de fugas, se puede usar en la zona de reparación para identificar el lugar exacto del agujero. En la Figura 13 se muestra un ejemplo del rociador de detección de fugas usado para identificar fugas en sistemas de refrigeración.

Para la prueba inicial de hermeticidad es común el aplicar nitrógeno o de preferencia,

Figura 13: Un aerosol de detección de fugas no corrosivo, de alta viscosidad y no congelante¹⁶



nitrógeno/helio para presurizar el sistema. La detección de pequeñas concentraciones de nitrógeno no es posible (en un ambiente con aire) por lo que las pruebas de hermeticidad donde solamente se emplea nitrógeno se pueden usar únicamente para identificar una baja en el sistema de presión. Por el contrario, el helio puede detectarse a concentraciones muy bajas, por lo que el método preferido es el de una mezcla de nitrógeno y helio (generalmente en una proporción de 95% y 5%, respectivamente). Sin embargo, el helio es caro y resulta entonces preferible recuperarlo una vez que se usa para limitar el costo. Una línea de detección de fuga debe comprender:

- Una máquina de carga de nitrógeno/helio
- Un detector de gas de helio
- Una máquina de recuperación de nitrógeno/helio

El que se necesiten dos líneas de detección de fuga dependerá del proveedor seleccionado. En un caso las tres máquinas son necesarias para una segunda ocasión mientras que otro proveedor puede usar la máquina de recuperación de helio para 3 a 4 líneas, usando estaciones de recuperación en cada línea para conectarla con el sistema de refrigeración. Este último caso es más económico.

Los grandes productores de refrigeradores usan máquinas de carga de helio para varios procesos y pruebas pertinentes de calidad como el control de las uniones soldadas por presurización, secado de circuito por nitrógeno o aire seco y pruebas de humedad y ensayos de funcionamiento de tubos capilares. Al menos un proveedor tiene todas estas funcionalidades en sus máquinas estándar, mientras que otros las pueden ofrecer como opciones. Estas características de control de calidad son esenciales para la producción de equipos HC y se deben incluir en la configuración de la máquina.

Existen dos configuraciones de línea: en una, la máquina de carga de helio permanece conectada al equipo durante la detección de fuga y, después de probar el helio de todas las uniones, se recupera el helio fuera del sistema. En la otra configuración, se agrega una pequeña estación de bomba aparte para la recuperación del helio de modo que después de que se carga el helio se desconecta el sistema del panel de carga, ahora disponible para el siguiente equipo. En este caso una línea de helio gana doble capacidad por lo que dicha solución se recomienda encarecidamente para una relación costo beneficio.

Especificación de línea de helio: se recomiendan dos piezas de máquinas de carga de helio, con estaciones separadas para la recuperación de helio ya sea por línea o, lo que generalmente se prefiere, centralizada. Los tipos y modelos de estas dependen del proveedor. Se pueden incluir las siguientes opciones:

- Pruebas y ensayos de presión de nitrógeno
- Prueba de humedad
- Prueba de tubo capilar por caída de presión
- Acopladores neumáticos Hansen
- Interfaz de computador y lector de código de barras, ya que la máquina de carga forma parte del sistema de control de calidad
- Se recomienda tener un año de paquete de pieza de repuestos de un año

Tubería de helio: diferentes proveedores tienen diferentes requerimientos para sus líneas por lo que las tuberías soldadas de helio, tanto para carga como para recuperación de HC deben estar en conformidad con las especificaciones fijadas por el proveedor seleccionado. Generalmente se usan tuberías de ½" soldadas para aire comprimido o nitrógeno. Cada extremo de tubería tiene válvulas de bola de ½", ya que por ejemplo se usan para tuberías de gas de butano/propano, y reductores para fijar un adaptador y conectar a una unión de tubería flexible, todo en una versión hermética para evitar la pérdida del costoso helio. La configuración de la tubería debe realizarse de acuerdo con los planos del cliente. En la Figura 14 se muestra una prueba en sitio y la recuperación de helio.

Figura 14: Infraestructura en sitio para prueba y recuperación de helio



3.3.4 Líneas de reparación

Si es necesario reparar un equipo ya cargado, se debe retirar completamente en forma segura el refrigerante HC para permitir una recarga correcta. Si simplemente se libera el refrigerante HC del circuito, una parte queda disuelta en el aceite de compresor, lo que conduce a una cantidad de carga incorrecta. Esto significa que el modelo reparado podría tener un rendimiento subóptimo y se podría afectar su vida útil. Además, existe un alto riesgo de ignición durante la evacuación.

Por estos motivos, los fabricantes de refrigeradores HC a menudo eliminan el nuevo compresor de equipos ya cargados con refrigerante HC si fuera necesario reparar sus circuitos de refrigeración debido a fuga, bloqueo de circuito o condensador o evaporador defectuosos. Para abordar este problema y evitar desechar compresores nuevos y caros, se desarrollaron sistemas especiales de bomba de descarga de HC.

Se debe ejercer extremo cuidado y precaución cuando se vuelve a evacuar un sistema cargado con un refrigerante HC usando bombas al vacío de paletas giratorias ya que existe una pequeña probabilidad de que la bomba pueda actuar como fuente de ignición. Una bomba sin falla no producirá chispas, pero si hubiera una falla, como una raspadura metálica o una descarga eléctrica en el nivel inferior de aceite, y si en el momento de evacuación hay refrigerante HC presente en una concentración inflamable, puede producirse ignición. A

pesar del bajo riesgo se hace necesario tomar medidas de prevención. Las normas para atmósferas peligrosas requieren que la evacuación de sistemas que están llenos con HC se lleve a cabo con bombas clasificadas Ex. Las bombas con esta clasificación de Ex están diseñadas especialmente de modo que no actúen como fuente de ignición.

Se pueden emplear varias soluciones para realizar la reevacuación. Estas incluyen:

1. Uso de bombas de clasificación Ex, como las bombas especiales Oerlikon-Leybold Trivac D16 B-Ex con resistores a llama Protego DR/SV20 y RV/S25 en la succión y la descarga;
2. La bomba estándar en una cubierta sólida de acero o tras una pared de hormigón. Por ejemplo, la bomba neumática Venturi con temporizador que permite primero el paso del área de vacío de explosión y continuar con la bomba de evacuación estándar. Necesita más tiempo de funcionamiento y si se hace en forma incorrecta, permanece el riesgo de ignición. La descarga de la bomba debe estar conectada por tubería al exterior, si bien de preferencia alimenta al techo con 2 a 3 metros fuera de zona, 2 alrededor de la tubería de escape. Sin embargo, el principal problema es que toma mucho tiempo el retirar el refrigerante por evacuación del aceite del compresor. A pesar de esto, siempre queda un resto, entre 5 y 10% de la masa de la carga original, si solamente se aplica la evacuación. Es importante conocer la cantidad residual ya que los equipos generalmente que se cargan en forma crítica y en exceso o defecto en 1 a 2% o más, puede afectar el rendimiento. Por ello es importante saber cuánto refrigerante queda, en qué modelo y bajo qué condiciones. En las pruebas de laboratorio dichas cantidades restantes se pueden determinar, pero crea dificultades en términos de dar instrucciones de trabajo claras al personal en las líneas de reparación y para el servicio. Por lo tanto, esta no es una forma muy práctica para la fabricación de equipos y por lo mismo no se recomienda.

En el pasado el problema se solucionaba haciendo funcionar el compresor durante la evacuación de modo que se sacara el refrigerante HC restante. Pero los fabricantes de compresores prohíben este procedimiento y retiran la garantía ya que en el nivel de vacío de 10 a 90mbar la ionización es muy alta al encender la bobina del motor sincrónico que se puede destruir la aislación de la bobina del compresor y éste se puede dañar después de estar poco tiempo en uso (por ende, un caso de pérdida de garantía).

3. Uso de un compresor de un modelo ya cargado;
4. Uso de un sistema de descarga automática, que puede efectuar automáticamente el procedimiento de evacuación de refrigerantes inflamables, incluido los que se mezclan con aceite.

Los circuitos de refrigeración diseñados para ser usados con HC como R600a o R290 generalmente usan un compresor cargado con aceite mineral o poliol éster (POE).

3.3.5 Líneas de prueba de intensidad

Prueba de presión: existen máquinas especialmente diseñadas para probar la intensidad de los sistemas así como hermeticidad ante fuga. Por ejemplo, los modelos comunes evacúan la unidad bajo prueba y la presurizan con helio o una mezcla de aire e hidrógeno y/o nitrógeno (aire seco). Dos conexiones al sistema permiten un cargado rápido. La humedad del gas debe también revisarse para evitar la presencia de humedad en el sistema. La mayoría de las máquinas permiten al usuario decidir y programar no solamente los parámetros de cada fase, sino además la secuencia de fases y su posterior repetición.

Una interfaz en serie RS 232 C es útil ya que puede permitir la selección automática del ciclo de funcionamiento usando un lector de código de barra así como el envío de datos de proceso a una impresora y un PC. Con un cable eléctrico es posible conectar un detector externo de fugas, que muestra la condición de la fuga.

Un kit especial de humedad de gas permite la instalación en la unidad de un detector de fugas de helio y un grupo de válvulas solenoidales equipado con ocho tenacillas olfateadoras. Las tenacillas son conectadas por el operador en diferentes puntos del circuito que se va a probar. La unidad puede efectuar las pruebas automáticamente en todos los puntos conectados al circuito indicando las tenacillas donde luego se producirá la fuga. Después de las pruebas se hace salir el helio o se le recupera usando un sistema externo de recuperación de helio.

Prueba de hermeticidad – detector de gas refrigerante y helio: si bien los circuitos de refrigeración se cargan con helio, el personal de producción debe limpiar manualmente el circuito, prestando especial atención a las uniones y otras zonas vulnerables, para detectar una liberación de helio por los agujeros de fuga. Para este propósito se usa un detector especial de helio.

Se debe usar un detector de gas que está diseñado específicamente para aplicaciones de detección de gas a tiempo completo en ambientes de producción exigentes. Las características importantes del detector deben incluir:

- Diseño de sistema mejorado que compensa errores de operador, reduciendo el potencial de fugas no detectadas;
- Múltiples funciones de alarma en el sistema para asegurarse de que no se pasen por alto las alarmas;
- Fuga de referencia incorporada, permite una calibración fácil y rápida de la línea de producción en todo momento;

- Una pequeña pantalla en el mango del dispositivo muestra la tasa de fuga de modo que el operador pueda concentrar el proceso de olfateo y monitorear la tasa de fuga al mismo tiempo;
- Modo de guía del operador para asistir al operador en las pruebas de los lugares correctos usando la técnica correcta;
- Tasas de fuga mostradas en equivalentes de refrigerante de una biblioteca de gas;
- Fuente de iluminación incorporada del dispositivo ayuda a colocar en forma precisa la punta del olfateador;
- Sensores de bajo mantenimiento para evitar el ingreso de contaminantes al dispositivo olfateador, ahorrando así la vida del sensor y del filtro.

Después de la verificación inicial con helio, se llena el sistema con refrigerante en la estación de carga del refrigerante. Se realiza una verificación de hermeticidad de fuga de refrigerante para determinar que no se pierda ningún refrigerante en el circuito cargado. Se puede usar un detector de gas HC altamente sensible para limpiar manualmente el circuito, prestando especial atención a las uniones y otros lugares vulnerables y detectar una liberación de refrigerante.

Dado que en el área de producción puedan estar presentes gases de fondo, como agentes espumantes, es preferible seleccionar un detector de gas que pueda básicamente ignorar estas otras sustancias, eliminando así las falsas alarmas.

Características importantes de un detector de gas refrigerante deben incluir:

- Fuga de referencia incorporada para una calibración rápida y fácil en la línea de producción en todo momento
- Capacidad de funcionar vía la pantalla y los botones del dispositivo sin necesidad de acceder a la unidad principal

Se recomiendan piezas de repuesto para las pruebas de hermeticidad y presión para evitar detenciones de producción innecesarias.

3.3.6. Líneas de evacuación

El proceso de evacuación debe reestructurarse de acuerdo con el HC que se usa para eliminar gases no condensables. Las bombas de vacío existentes se deben verificar con dispositivo antisucción y no se deben usar en la producción para garantizar la calidad del sistema de refrigeración. El tiempo de vacío debe prolongarse según se requiera. El siguiente equipo es necesario en el área de vacío para llenar los refrigeradores con el refrigerante HC:

- bomba de vacío de paletas giratorias de dos pasos con dispositivo de contrapresión anti-succión, separador de condensado, filtro para vapor de aceite, mangueras con crucetas, etc. El caudal de la bomba y la presión se deben verificar;
- aceite de bomba de vacío con baja presión de vapor;
- manómetros electrónicos de vacío;
- insertos de filtro de repuesto de vapor de aceite y juegos de sellos de bomba de vacío.

Se debe evaluar la necesidad de carruseles de bomba y se deben construir de acuerdo con la configuración de la planta. En la Figura 15 se muestra una línea de evacuación en sitio.

Figura 15: Línea de evacuación en sitio



La bomba de vacío (Figura 16) muestra un dispositivo contrapresión antisucción especial que aísla los sistemas de vacío cuando se detiene la bomba. El nivel de vacío se mantiene constante durante la detención donde el dispositivo de contrapresión antisucción evita cualquier contaminación del producto en proceso. La temperatura se mantiene constante en cada sección de las bombas mediante un sistema de ventilación forzada sencillo. Las temperaturas constantes ayudan a extender la vida del aceite y la junta lo que resulta en mayores rendimientos y reducción en los costos de mantenimiento y parada. Las bombas también cuentan con lubricación forzada para reducir las paradas por mantenimiento.

Un manómetro de vacío (Figura 16) mide la presión total en los rangos de vacío medio y bajo de 100 a 1000 mbar. Una pantalla LCD de fondo iluminado, con lectura digital y análoga, muestra la presión medida. Se pueden seleccionar tres diferentes unidades de medición usando el pequeño panel táctil estándar en la parte frontal. Algunos dispositivos funcionan como sistema de prueba de presión por medio de tres relés, cada uno con contactos N.O. o N.C. que se pueden usar para activar aplicaciones remotas, como válvula de vacío o dispositivo de alarma. Los relés ALTO y BAJO se pueden activar cuando se alcancen los puntos de configuración correspondientes, ya sea durante la fase de aumento (HIGH) o disminución

(LOW). Los dos puntos de configuración los define el operador y aparecen en la pantalla. Dos LED, rojo y verde, en el panel frontal se activan cuando se energiza el relé correspondiente (HIGH o LOW).

Figura 16: Ejemplo de bomba de vacío y vacuómetro



Las bombas descritas son grupos de bombas altamente flexibles que se pueden configurar de acuerdo con los requisitos del fabricante ya sea para instalación fija o carruseles móviles y se pueden ajustar en un conjunto de evacuación (Figura 17). El conjunto de evacuación se debe diseñar para satisfacer los requerimientos de preevacuación y de la fase de secado para unidades refrigerantes en la línea de producción. Cuando se conecta un ciclo de funcionamiento típico a la unidad refrigerante dura hasta que el circuito está perfectamente seco. Al final de la fase de vacío, el vacuómetro debe mostrar el nivel de vacío alcanzado. Si es mejor que el punto de configuración del programa, se indica una buena condición de vacío.

Figura 17: Sistema de bombeo en zona de evacuación



Un conjunto de evacuación adecuado permitiría controlar las funciones mediante un microprocesador que proporcione las operaciones en línea, configuración de parámetros y diagnóstico. El conjunto efectuaría la detección de fuga con el método de aumento de presión usando un dispositivo Pirani como sensor de presión y equipado con válvulas solenoidales para operaciones de lastre de gas y ajustado con varios accesorios adicionales lo que permite al usuario obtener un producto con cada función requerida en la línea de producción.

Las piezas de repuesto recomendadas para las bombas de vacío incluyen:

- tipo de plástico de filtro para vapor de aceite
- juego de juntas de sello de bomba de vacío para DN18
- 5 litros de aceite mineral SH200
- medidor Pirani OG919 hembra Hansen

3.3.7 Sellado de sistemas cargados

El sellado de refrigeradores HC requiere de alta precisión en los materiales de sellado, construcción de juntas, trabajo de soldadura y buen control de detección de fugas. El cierre correcto del circuito refrigerante es un aspecto muy importante del control de calidad del equipo. Las fugas, especialmente las no detectadas durante la fabricación, pueden causar altos costos de reparación en la planta así como en la posventa, lo que conduce a pérdidas en la reputación. Debido a problemas en el control de fugas al sellar el tubo de llenado, se recomienda encarecidamente el sellado altamente confiable y seguro de estos tubos después de la carga HC. Existen tres opciones:

- Engaste y soldadura
- Lok-ring
- Soldadura ultrasónica

Método de engaste y soldadura

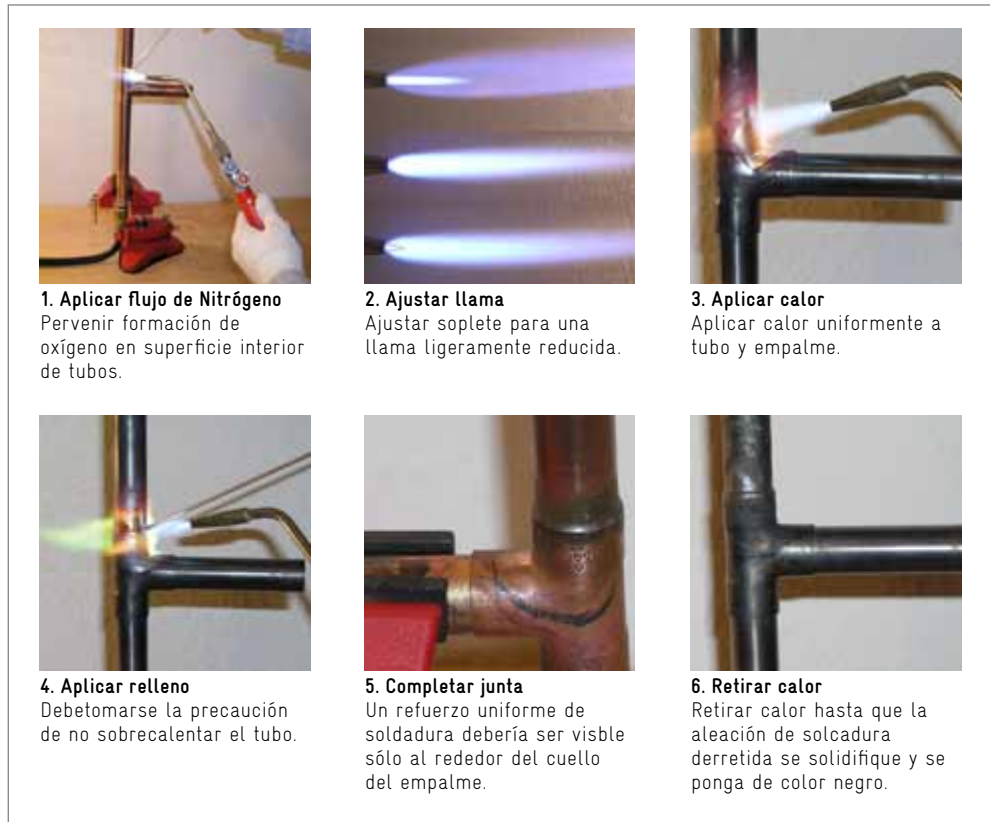
El procedimiento se realiza en el área de la línea de armado donde no hay HC presente.

La soldadura (Figura 18) es un proceso de unión de metal donde un metal de relleno se calienta a alta temperatura (> 450°C pero menos de 700°C) y se distribuye entre dos o más piezas bien ajustadas por acción capilar. El metal de relleno se lleva ligeramente sobre su temperatura de fusión mientras está protegido por una atmósfera adecuada, usualmente un fundente, que luego fluye sobre el metal base (conocido como humectación) y se enfría para unir las piezas trabajadas. La selección de un metal de relleno o aleación de soldadura depende del material de las uniones, por ejemplo, si se trabaja en uniones de tuberías cobre-cobre, acero-acero o cobre-acero.

Las conexiones engastadas o a presión usan conectores especiales de cobre que se unen en forma permanente a la tubería rígida de cobre con un plegador eléctrico. Los accesorios especiales ya fabricados con el sellante en el interior, se deslizan sobre el tubo que se va a conectar. Se usa una muy alta presión para deformar el accesorio y comprimir el sellante contra el tubo interior de cobre, creando un sello hermético a gas.

Las ventajas de este método son que debe durar tanto como la tubería, que toma menos tiempo de completar que otros métodos, que es más limpio tanto en apariencia como en los materiales usados para hacer la conexión y que no se usa llama expuesta durante el proceso de conexión. Las desventajas son que los accesorios usados son más difíciles de encontrar y que cuestan significativamente más que los accesorios de conexión soldada.

Figura 18: Sellado por soldadura¹⁶



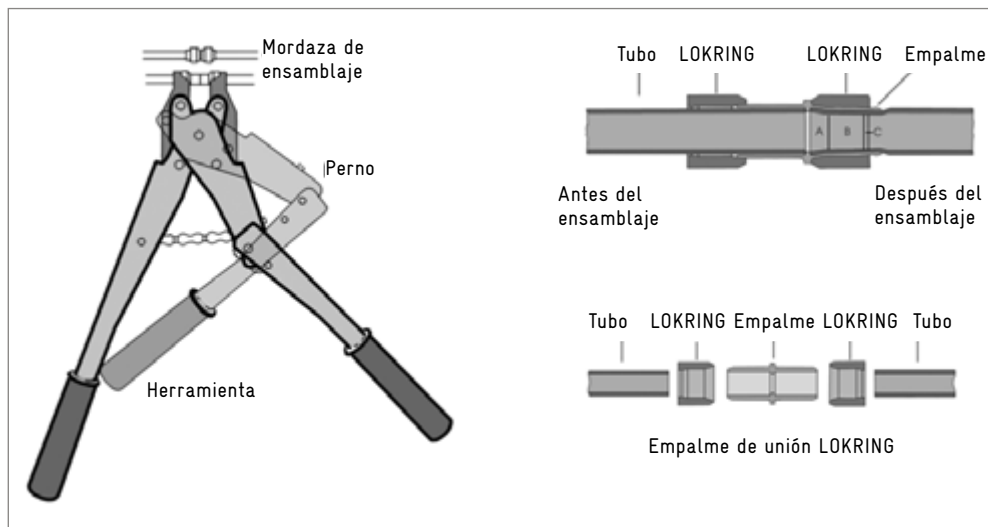
Una vez que se ha engastado el extremo, se debe bronzesoldar para sellarlo permanentemente. Para obtener una alta calidad de soldadura, se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) las uniones deben estar libres de grasa y aceite;
- b) se debe mantener una separación entre 0,05 y 0,2mm; y se debe mantener bajo presión atmosférica. Es asimismo importante que la persona a cargo de la aplicación del fundente, así como el soldador, controlen visualmente la separación para garantizar que el material de llenado pueda entrar;
- c) la elección de las aleaciones de soldadura de relleno y fundente depende de las uniones a soldar;
- d) el desarrollo del patrón correcto de calor para primero asegurar que todas las piezas de la unión obtengan una temperatura que sea al menos igual a la temperatura de trabajo de la aleación de relleno elegida y segundo, para asegurar que la ubicación del material de relleno que se va a fundir es el último lugar de unión en alcanzar la temperatura de soldado;
- e) de lo posible se debe evitar la repetición del trabajo en las uniones.

Método Lok-ring:

Cuando no se prefiera la soldadura, el método de lok-ring puede ser una opción altamente confiable y duradera para la unión de tubos e instalación de conexiones de acceso al sistema. Requiere el uso de herramientas manuales especiales (Figura 19) y de componentes asociados (por lo general de 1,6 mm a 35 mm de diámetro exterior nominal) y por lo tanto es aplicable a la mayoría de los sistemas de acondicionamiento de aire y de refrigeración doméstica y comercial pequeños. Existen disponibles muchos accesorios diferentes e incluyen adaptadores, codos, pieza en forma de T, válvulas y secadores de filtro.

Figura 19: Herramientas requeridas para el sellado usando el método de Lok-ring³⁹



Método de soldadura ultrasónica:

Esto se hace en el área de carga y sellado, que se designa como un área en la zona, directamente después de cargar las unidades.

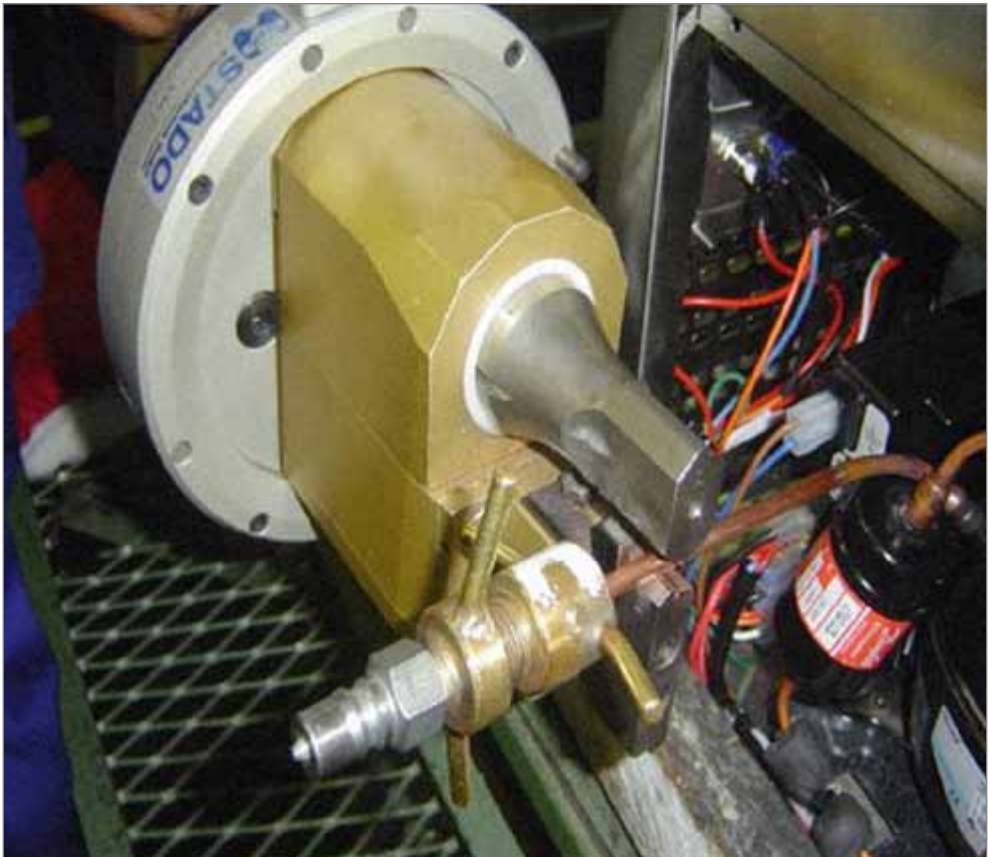
Este proceso pertenece a un tipo de soldadura por fricción, pero en la fase en frío. Esto significa que el metal no se funde y que no se alcanzan altas temperaturas durante la soldadura. Esto resulta pertinente si existe necesidad de cerrar un tubo de llenado de un compresor lleno con HC con una temperatura de ignición de 460°C. Las piezas de soldadura se frotan entre sí bajo presión con una vibración de alta frecuencia, que limpia las superficies metálicas y hace vibrar las moléculas entre sí hasta lograr una unión fija y duradera.

Las unidades de soldadura ultrasónica (Figura 20) requieren de una alta inversión, pero son confiables y resultan en una significativa reducción de las fugas con el mínimo del trabajo y de los costos relacionados con el trabajo. Sin embargo, la calidad del metal que se suelda debe

ser alta ya que los niveles de contaminantes del medio en el metal pueden producir una soldadura débil y calidad deficiente. En comparación con las soldaduras fuerte o blanda, no necesita de material especial y el fabricante depende menos de las habilidades de los operadores o del personal de reparación. Además, el cierre de tubos ya llenos con HC usando soldadura fuerte o blanda presenta un riesgo de explosión, que se puede evitar con la soldadura ultrasónica.

La inversión en dicha máquina se amortiza en pocos años al reciclar el tubo de llenado de cobre. En consecuencia, se recomiendan las máquinas para soldadura ultrasónica con sonotrodos y yunques de repuesto. Asimismo se recomienda que los yunques y sonotrodos de repuesto se mantengan en inventario para evitar detenciones en la producción.

Figura 20: Máquina para soldadura ultrasónica



3.3.8 Pruebas, normas, regulaciones

Pruebas de seguridad eléctrica: además de las pruebas y la declaración de conformidad con las normas, la prueba de seguridad eléctrica de los refrigeradores requiere que todo equipo sea probado para lo siguientes antes de ser llevado al mercado:

- Prueba de conexión a tierra y de continuidad de circuito limitativo eléctrico
- Prueba de alta tensión, que es la prueba flash o de intensidad dieléctrica
- Prueba de aislación y de intensidad eléctrica

Se recomiendan las siguientes pruebas:

- Prueba de potencia y corriente absorbida
- Prueba de fuga de corriente
- Prueba de voltaje residual, si se mejora el rendimiento del refrigerador y del compresor con un capacitor

Para ejecutar automáticamente los ciclos de prueba anteriores, incluida una prueba para determinar si el cableado es correcto antes de energizar a fin de evitar daños al compresor, se recomiendan dos piezas de dispositivos para pruebas eléctricas industriales. Estos dispositivos para pruebas también resultan útiles para verificar si los modelos corresponden a los parámetros programados o de fallo de prueba, así como para la entrega de registros de prueba a un sistema centralizado de control de calidad mediante una interfaz de computador y un lector de código de barra. El dispositivo de prueba eléctrica (Figura 21) forma parte del sistema de control de calidad. En la Figura 22 se muestra un ejemplo de la ubicación de prueba en una planta de refrigeradores en Suazilandia, Palfridge Ltd.

Líneas de prueba de funcionamiento: para mejorar las eficiencias energéticas de los modelos fabricados y asegurarse de que ningún modelo salga de la planta con déficit de calidad en su funcionamiento, se deben mejorar y sensibilizar pruebas de funcionamiento en línea. Se deben usar las normas regionales y nacionales en todo momento.

Regulaciones y normas: se aplicará el cumplimiento con las regulaciones y normas regionales e internacionales.

Figura 21: Máquina para prueba eléctrica



Figura 22: Lugar de pruebas en Palfridge Fridge Factory, Suazilandia



3.4 Cambios en los componentes de producto

Debido a naturaleza inflamable inherente de los refrigerantes HC, la reconversión de refrigeradores domésticos de modelos HFC a HC requiere consideraciones especiales, en particular en lo que se refiere a componentes que tienen probabilidad de producir chispas en los equipos, como son termostatos, relés de compresores, protectores de sobrecarga, interruptores para puertas, etc. Además, el comportamiento de los refrigerantes HC es diferente al de los de HFC. Esto invita al rediseño de los componentes del circuito de enfriamiento.

Pero antes de proceder con la reconversión de diseño a HC, se deben tomar en cuenta algunos aspectos importantes. Esto se resume en la Tabla 3.

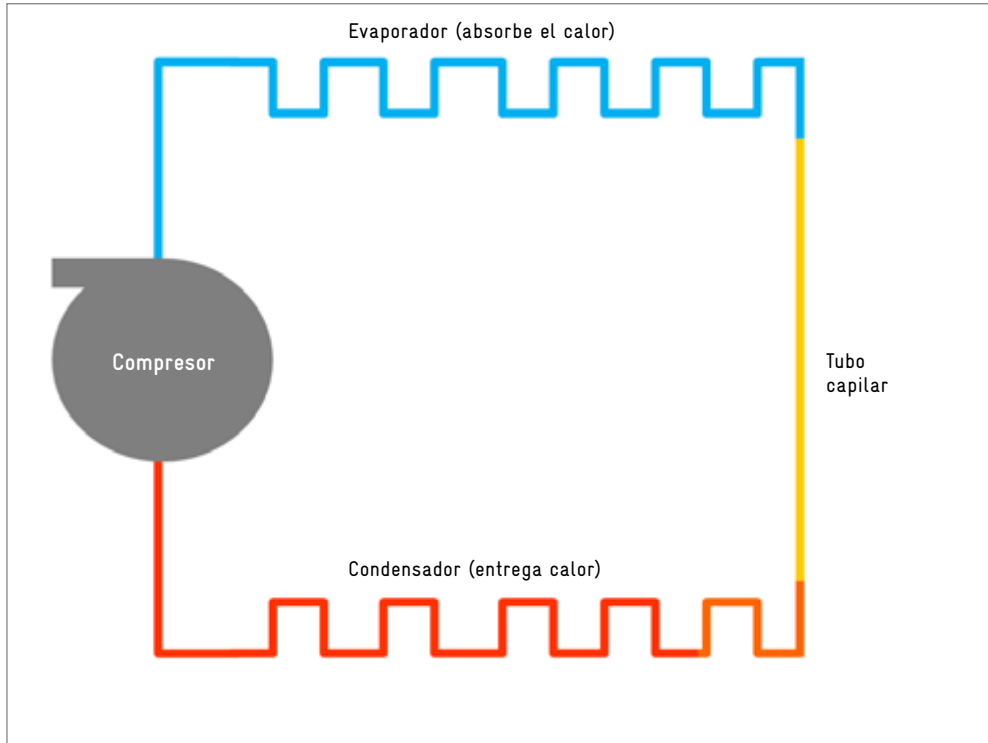
Tabla 3: Consideraciones antes de la reconversión⁴⁰

CONSIDERACIONES	PRECAUCIÓN
1. Gabinete, circuito de enfriamiento y diseño eléctrico	Todas las conexiones eléctricas se deben separar del circuito de enfriamiento, en particular las uniones, para asegurar que en caso de fugas no se produzca ninguna explosión. Es posible usar protección de los componentes eléctricos, pero a menudo estos resultan caros y es posible que se dañen. Se deben realizar pruebas adicionales en el diseño y en cada equipo producido. El sistema HC se debe marcar para fines de servicio.
2. Precauciones de seguridad durante la carga	Se debe seguir toda precaución de seguridad durante la carga o trabajos en el circuito llenado con HC para evitar explosiones.
3. Tamaño de compartimiento de compresor	En algunos casos el tamaño del compartimiento del compresor se debe acomodar para el compresor HC que tiene un volumen de desplazamiento de 70 a 80% mayor. Esto se debe tomar en cuenta durante el diseño de la unidad
4. Tolerancia de carga	La tolerancia de carga de los refrigerantes HC es mucho menor que la de los refrigerantes fluorinados debido a su menor densidad. Sin embargo, el requerimiento de ajustar la cantidad de carga es que la precisión de carga debe estar dentro del rango de 1g y la detección de fuga en el rango de 1g por año.
5. Eficiencia	Los sistemas HC son al menos 5% más eficientes que los modelos HFC con diseño optimizado. La eficiencia se puede mejorar más con un capacitador de pasada como es el caso de los modelos HFC.
6. Uso de aceite mineral	Se puede usar aceite mineral normal en compresores HC lo que minimiza los problemas asociados con la limpieza del sistema. Debido a una cantidad de trabajo mucho menor, el rendimiento de sistema es más sensible a las impurezas. Se debe asegurar que todos los gases no condensables, incluso los diluidos al interior del aceite del compresor, se retiren usando procesos especiales de evacuación. Una limpieza prolija garantiza la eficiencia opcional.

3.4.1 Componentes clave

Existen cuatro partes básicas en un sistema de refrigeración como se muestra en la Figura 23.

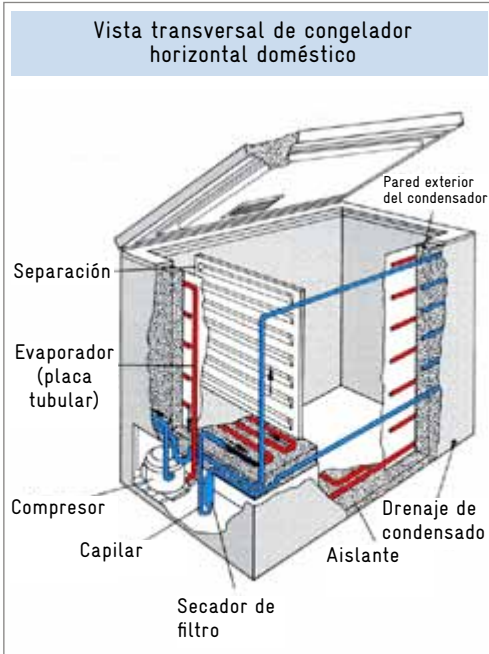
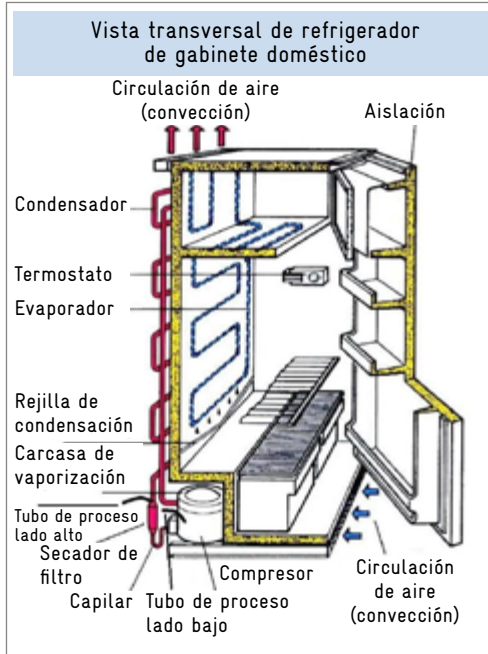
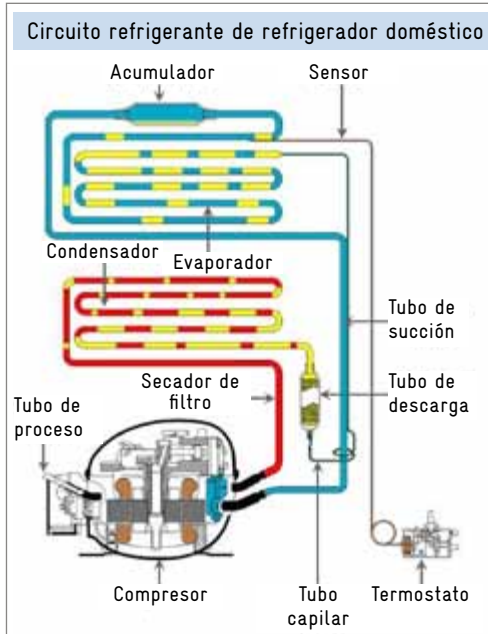
Figura 23: Ciclo de refrigerador básico



Los evaporadores se diseñan de modo que el refrigerante líquido se evapore y deje la bobina como vapor. El compresor extrae el vapor de la bobina del evaporador mediante la línea de succión y luego después de la compresión, lo descarga en el condensador. El proceso de compresión causa que aumente la temperatura del vapor refrigerante. Cuando el refrigerante pasa por el condensador, este rechaza el calor (que se absorbe desde el interior del refrigerador y el compresor) al aire del entorno al condensarse como líquido. El refrigerante líquido pasa por el tubo capilar donde entra al evaporador como mezcla de dos fases de baja presión, baja temperatura.

Para producir sistemas herméticos de refrigerante HC seguros y confiables se pueden optimizar los componentes del circuito de refrigeración (Figura 24) involucrados en el ciclo básico del refrigerador mediante rediseño.

Figura 24: Circuitos de refrigeración de un refrigerador doméstico (parte superior) y una vista en sección del refrigerador doméstico de gabinete (parte inferior izquierda) y congelador doméstico de cofre (parte inferior derecha)⁴¹



Compresor:

Existe una gama de compresores de varios proveedores. El compresor se enciende y apaga mediante un termostato o un control en frío a través de un circuito de partida. Este ciclo de inicio y detención normal se interrumpe durante los ciclos de deshielo si la unidad cuenta con deshielo automático.

La mayoría de equipos de refrigeración de medios usan compresores herméticos (Figura 25). Este tipo de compresor es básicamente un motor eléctrico conectado a una máquina de tipo oscilante, cubierta por un domo o una carcasa de acero soldado hermético de gas. Al interior el motor y el compresor están conectados por un eje común. El motor funciona en una atmósfera del refrigerante. El motor y el compresor no están diseñados para recibir mantenimiento y si el compresor se daña es común cambiarlo en vez de repararlo.

Figura 25: Compresor hermético



Es importante seleccionar el tipo correcto de compresor. La eficiencia energética, la confiabilidad y la duración, las dimensiones y la inversión, y los costos son algunos de los criterios para la selección. En la Tabla 4 se ofrece un resumen de las características importantes a considerar cuando se seleccionan compresores para equipos de refrigeración.

Tabla 4: Características de compresor³⁹

CARACTERÍSTICAS	EXPLICACIÓN
Capacidad de refrigeración (de acuerdo con la norma europea CECOMEF o la norma ASHRAE estadounidense)	Debe seleccionarse el desplazamiento correcto del compresor para lograr el rendimiento deseado en una aplicación determinada. Cada refrigerante tiene diferentes propiedades termodinámicas por lo que es importante seleccionar el desplazamiento correcto de acuerdo con un refrigerante específico.
Coefficiente de rendimiento	Proporción entre salida de capacidad de refrigeración y entrada de energía eléctrica, según la norma usada. Un compresor con un COP más alto implica una mayor eficiencia. Sin embargo, es importante seleccionar el compresor de modo que calce con la capacidad de la aplicación; el sobretamaño del desplazamiento puede conducir a un sistema de refrigeración de baja eficiencia al margen de que el compresor tenga un COP alto.
Ruido	Los compresores HC producen cerca de 2dB menos de ruido que sus contrapartes HFC. Sin embargo, existen modelos que causan un ligero aumento en el ruido.
Dimensiones generales	El aumento en el desplazamiento de un compresor HC no puede siempre hacerse al interior de la misma carcasa y en algunos casos se requiere un aumento en la familia de compresores.
Lubricante	La selección del aceite mineral que se va a usar como lubricante en el compresor HC, ya que afectará la solubilidad del refrigerante. Los HC son conocidos por ser completamente miscibles en aceite mineral y existe una mayor reducción en la viscosidad de la mezcla de aceite refrigerante. En consecuencia puede que sea necesario usar un grado de viscosidad ligeramente más alto, por ejemplo en 10 cSt. Sin embargo, algunos compresores se entregan con aceites POE, que pueden tener menor solubilidad.
Humedad	La humedad afecta la calidad de los sistemas HC. Si bien se puede eliminar del evaporador y del condensador por aire seco, puede resultar prácticamente imposible para las plantas eliminarlo del refrigerante y del aceite del compresor. Debido a esto, se debe asegurar que tanto el refrigerante y el aceite no excedan 1/10 de la capacidad del secador, que es de cerca de 1g. Esto significa que el aceite de compresor no exceda 100mg de agua (125ppm para 280ml de aceite).
Inflamabilidad	Fuera de la carcasa del compresor, el protector de sobrecarga, el dispositivo de partida, el termostato, interruptor de luz, el panel eléctrico del compresor y otros componentes eléctricos pueden ser fuentes potenciales de ignición y, en consecuencia, se deben proteger en forma adecuada.
Costos	Un compresor es la parte más cara del sistema y no está diseñado para recibir mantenimiento. Si se daña es común que lo reemplacen en vez de repararlo.

SEGURIDAD:

- EL RIESGO DE INFLAMABILIDAD DEL COMPRESOR HC SE PUEDE EVITAR USANDO UN PROTECTOR DE SORECARGA DE TEMPLE DE LLAMA Y UN DISPOSITIVO DE PARTIDA PTC QUE ELIMINA CUALQUIER PUNTO DE IGNICIÓN CERCA DEL COMPRESOR
- EL COMPRESOR HC SE DEBE ETIQUETAR CON UN SIGNO DE GAS INFLAMABLE

Evaporador:

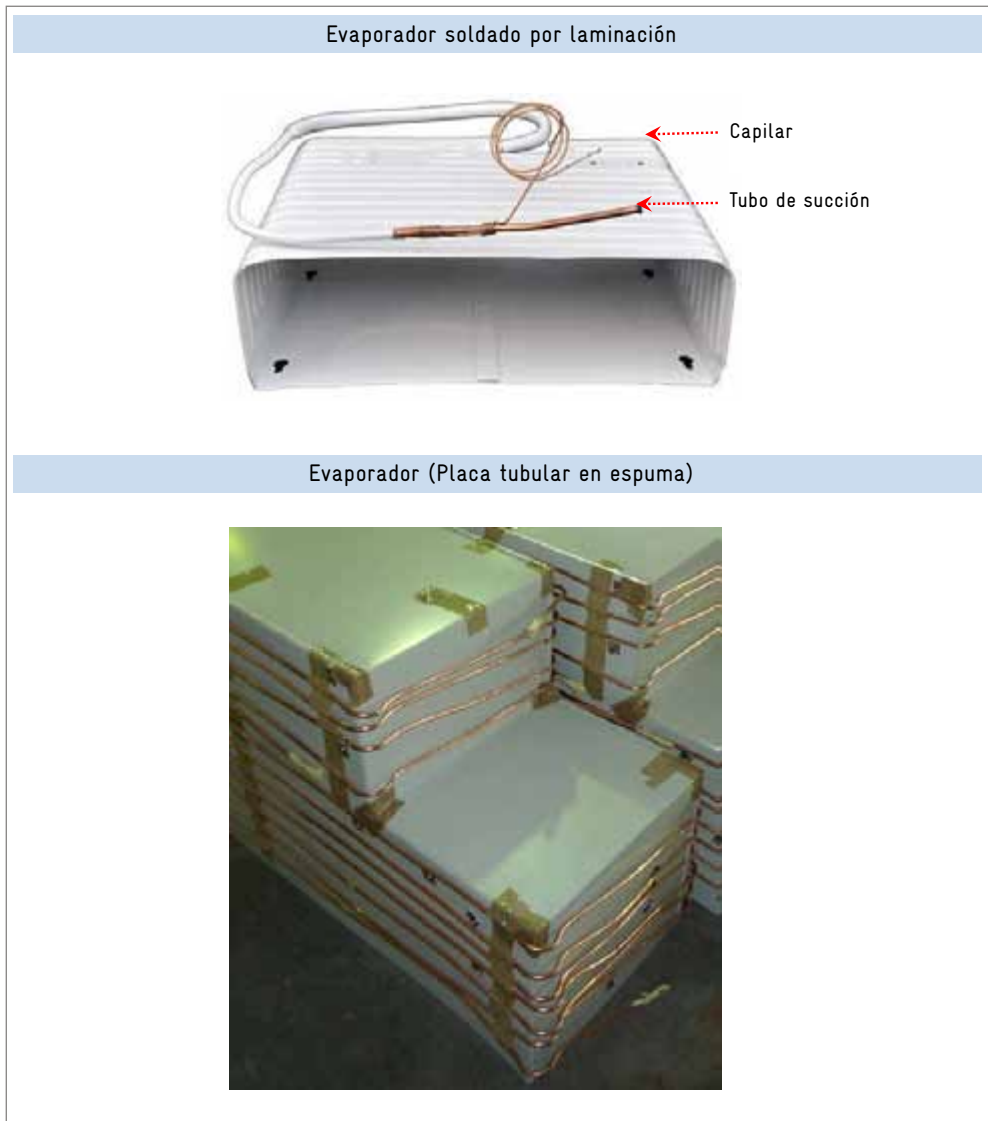
El refrigerante en el evaporador absorbe calor del entorno. La transferencia de calor del espacio refrigerado se mantiene por convección y transferencia de calor de radiación. El refrigerante se inyecta en el evaporador con el tubo capilar y se evapora, tomando calor para el cambio de estado en la superficie del evaporador. Generalmente, los evaporadores se fabrican de aluminio o cobre, con muchas posibilidades para el diseño. La selección depende de las características constructivas del equipo y el uso, ya sea para uso en refrigerador o congelador. En la Figura 26 se muestran diferentes tipos de evaporadores.

Una práctica común para la colocación de evaporadores es en forma libre al interior del gabinete. Se recomienda colocar evaporadores con espuma incorporada, es decir, colocado detrás del revestimiento. Generalmente se supone que los evaporadores con espuma incorporada posiblemente no ofrecen refrigeración adecuada bajo condiciones ambiente extremas y que pueden necesitar que se aumente en forma significativamente el área del evaporador.

Si el evaporador permanece en el gabinete se deben tomar las siguientes medidas:

- (a) colocar una etiqueta al interior del gabinete que debe proporcionar información de advertencia contra daño; se debe informar al usuario final de que no se debe usar un rastrillo de hielo para limpiar o deshelar el evaporador;
- (b) modificación de diseño adecuado, como superficie lisa en el exterior, que puede proteger contra daños;
- (c) colocar interruptores en el exterior y cubrir la lámpara para evitar cualquier chispa libre;
- (d) se debe usar un diseño y materiales mejorados como tubos de pared más gruesos con un factor de seguridad probable de 5.0 y mejores uniones para evitar fugas;
- (e) la unión entre el evaporador de aluminio con los tubos de cobre se deben proteger para evitar corrosión galvánica. Algunos fabricantes usan un revestimiento polimérico de protección en esta unión, mientras que otros protegen más con una manga polimérica sellada térmicamente para evitar cualquier condensación de humedad. El último enfoque se prefiere para refrigeradores HC.

Figura 26: Tipos de evaporador de placa tubular y soldado por laminación (roll bond)⁴¹



En el caso de los evaporadores de placa tubular, la distribución de volumen es usualmente en una tolerancia de 10%. Ya que la carga de refrigerante HC es baja, la distribución de líquido puede ser un problema grave. Por lo mismo, se deben evitar los evaporadores de placa tubular a menos que se obtenga una tolerancia de 5%. Se prefieren y recomiendan los evaporadores de placa y tubo simples. La carga de refrigerante de preferencia se debe reducir más para cambios en el intercambiador de calor y la configuración de las tuberías (que se explica más adelante) con el fin de minimizar las explosiones.

Tubo capilar:

El tubo capilar que forma parte de un circuito refrigerante HC actúa como dispositivo de expansión en el sistema y permite entregar la diferencia de presión entre el condensador (lado alto) y el evaporador (lado bajo). La longitud y el diámetro del tubo capilar dependen del tipo de refrigerante y de la capacidad de refrigeración del equipo. Una longitud típica sería de 2 a 4 metros con un diámetro interior de 0,5 a 2mm.

Con una longitud de aproximadamente 1 a 2 metros, los tubos capilares son un contacto térmico con el tubo de succión, formando así un intercambiador de calor de succión de líquido. Se debe observar que a menudo se inserta el capilar en el tubo de succión. Esta característica de conjunto “intercambiador interno de calor” permite el enfriamiento del refrigerante al interior del capilar, lo que aumenta la capacidad de refrigeración que evapora el refrigerante. Otra posibilidad con el mismo efecto es la soldadura del tubo capilar a lo largo de la superficie exterior del tubo de succión. En vez de aplicar soldadura, se puede usar también una película de reducción PE para conectar el tubo de succión con el tubo capilar.

El tubo capilar se debe dimensionar correctamente y esta característica de diseño y cálculo se realiza con bastante investigación en el laboratorio de la planta usando los prototipos de equipos. Finalmente, el diseño del conjunto, la longitud y el diámetro del capilar se optimizan para el funcionamiento eficiente en términos de energía del equipo. En esta relación la cantidad exacta de refrigerante es además una condición de construcción importante en el equipo. En la Figura 27 se muestra el tubo capilar.

Figura 27: Tubo capilar



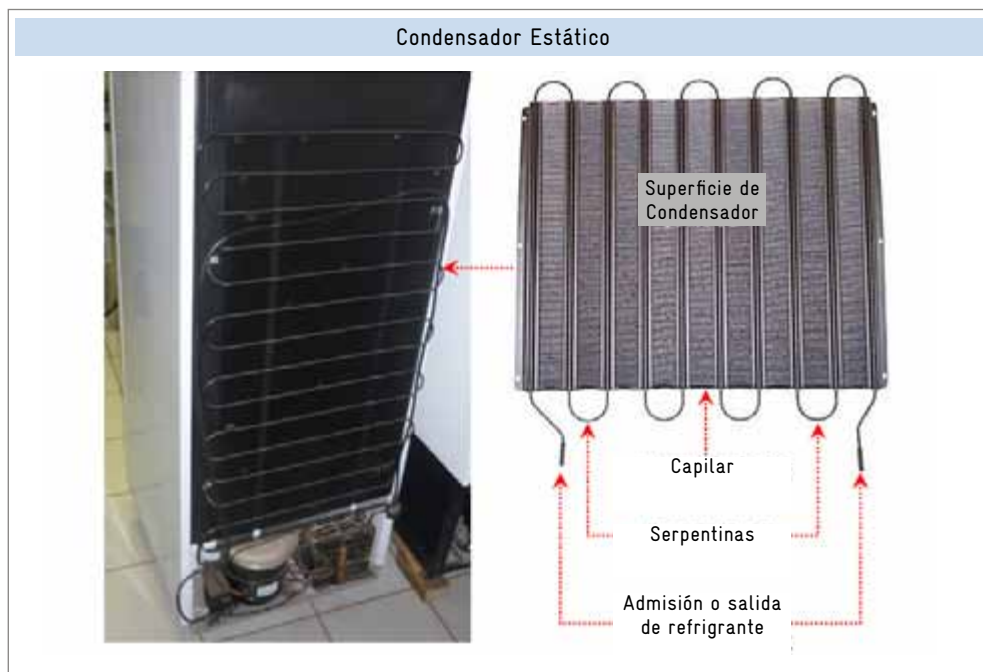
Condensador:

Los condensadores se deben diseñar tomando en cuenta lo siguiente:

- una cubierta de protección contra daños para el condensador que sale de la parte posterior del refrigerador. La cubierta no debe evitar la convección del aire, y
- un mayor factor de seguridad contra explosiones.

Dos tipos comunes de condensadores que se usan para el conjunto del circuito refrigerante son los estáticos y los enfriados por ventilador. La mayoría de los equipos domésticos usan condensadores estáticos (sin ventiladores) mientras que los equipos comerciales usan tanto los estáticos como los enfriados por ventilador. Los condensadores estáticos son condensadores de aire enfriado para una radiación y convección libre de calor. Liberan el calor del circuito refrigerante al aire del ambiente para la condensación del refrigerante y por lo general están instalados apoyados en la parte posterior del equipo. El condensador se fabrica con tubos de acero en un diseño de serpentina. Para aumentar la capacidad de transferencia de calor se suelda un conjunto de paletas o alambres a estos tubos. Dichos condensadores también son conocidos como condensadores de placas disipadoras de tubo. En la Figura 28 se muestra un ejemplo de condensador estático común para los refrigeradores domésticos.

Figura 28: Condensador estático⁴¹

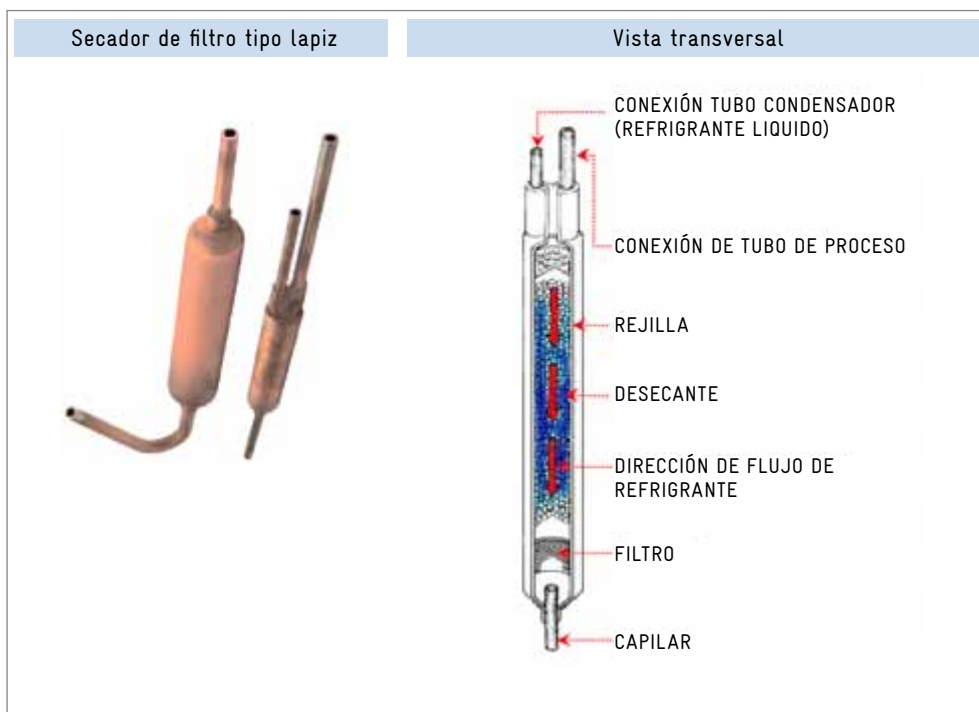


Secador de filtro

Los secadores de filtro se colocan en la salida del condensador de congeladores y refrigeradores comerciales y domésticos. Absorben pequeñas cantidades de agua liberada durante la vida de los componentes del circuito refrigerante de los equipos usando un descante colocado al interior del secador de filtro. Además, los secadores de filtro actúan como coladores que evitan la obstrucción en la admisión del dispositivo de expansión (tubo capilar) previniendo así problemas con la suciedad.

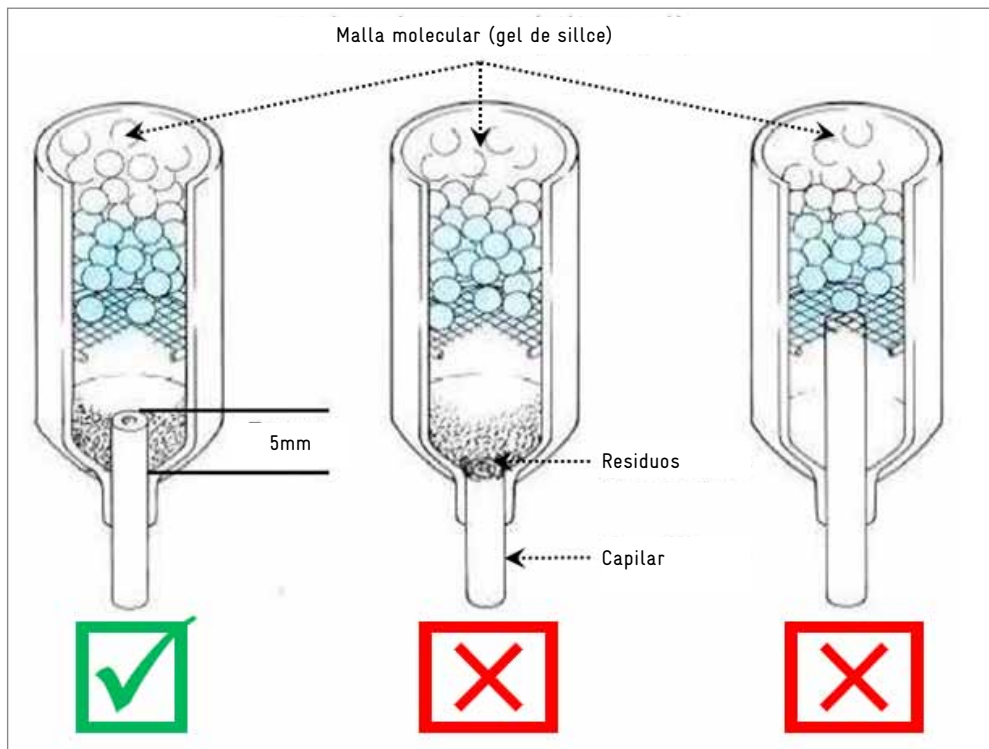
Los secadores de filtro instalados para proteger el tubo capilar pueden obstruirse y los síntomas de esto son similares a un tubo capilar tapado. Si un secador de filtro está parcialmente obstruido y crea una caída de presión, puede aparecer cubierto de hielo o simplemente enfriarse. Los tubos capilares generalmente se obstruyen en los primeros centímetros después del secador si el sistema está contaminado con humedad. Adicionalmente, una humedad excesiva en el sistema puede congelar y formar un tapón de hielo en la admisión del evaporador. En la Figura 29 se muestra un ejemplo de secador de filtro.

Figura 29: Ejemplo de secador de filtro diseñado por lápiz⁴¹



Si existe necesidad de reemplazar un secador de filtro, se debe recuperar o purgar primero todo refrigerante. Siempre se debe usar un cortador de tubo capilar para retirar la pieza. Nunca se debe usar un soplete para retirar el secador de filtro, ya que el calor presenta el riesgo de transferir la cantidad de humedad absorbida en el sistema. Siempre se debe considerar la posibilidad de que haya presente un refrigerante inflamable. Generalmente un secador de filtro puede absorber agua en aproximadamente 10% del peso del desecante. En la mayoría de los casos esta capacidad, si se mantiene un circuito limpio y seco, no se usa. La longitud de penetración del tubo capilar en el puerto de salida del secador de filtro es importante para un funcionamiento del sistema libre de problemas. Si fuera muy corta, los residuos podrían obstruir el capilar y si fuera muy larga, se restringe el flujo del refrigerante. En caso de duda del tamaño del filtro para repuesto o conjunto, es mejor usar un secador de filtro sobredimensionado. En la Figura 30 se muestra un tamaño aceptable.

Figura 30: Ejemplo de armado de inserción de tubo capilar en secador de filtro⁴¹



Se debe asegurar que el secador de filtro tenga una condición interna seca antes de que se arme en el circuito del refrigerante. Es esencial garantizar que el sellado de los secadores de filtro esté intacto para evitar la acumulación de humedad durante el almacenamiento con las piezas de repuesto. La mayoría de los desecantes usados es compatible con los refrigerantes a hidrocarburo. Los tipos aceptables son XH-5, XH-6 o equivalente.

Termostato

Los termostatos de tubo capilar se usan para controlar la temperatura del compartimiento de refrigeradores o congeladores. El termostato capilar que se muestra en la Figura 31, consiste de:

1. Cuerpo del termostato
2. Elemento de fuelle con llenado de gas y capilar, sellado hermético (sistema presurizado)
3. Sistema de transmisión mecánica (palancas, resortes, vástago de ajuste)
4. Conmutador con interruptor automático (interruptor a presión)

Para el control de temperatura de equipos que usan refrigerantes de hidrocarburo, los termostatos no deben presentar una fuente potencial de ignición. Debido a esto, se debe seleccionar la ubicación del termostato en el equipo de modo que se pueda eliminar un peligro de ignición de una fuga de refrigerante o el dispositivo se debe aprobar de acuerdo con las normas para áreas peligrosas (como Ex 'n').

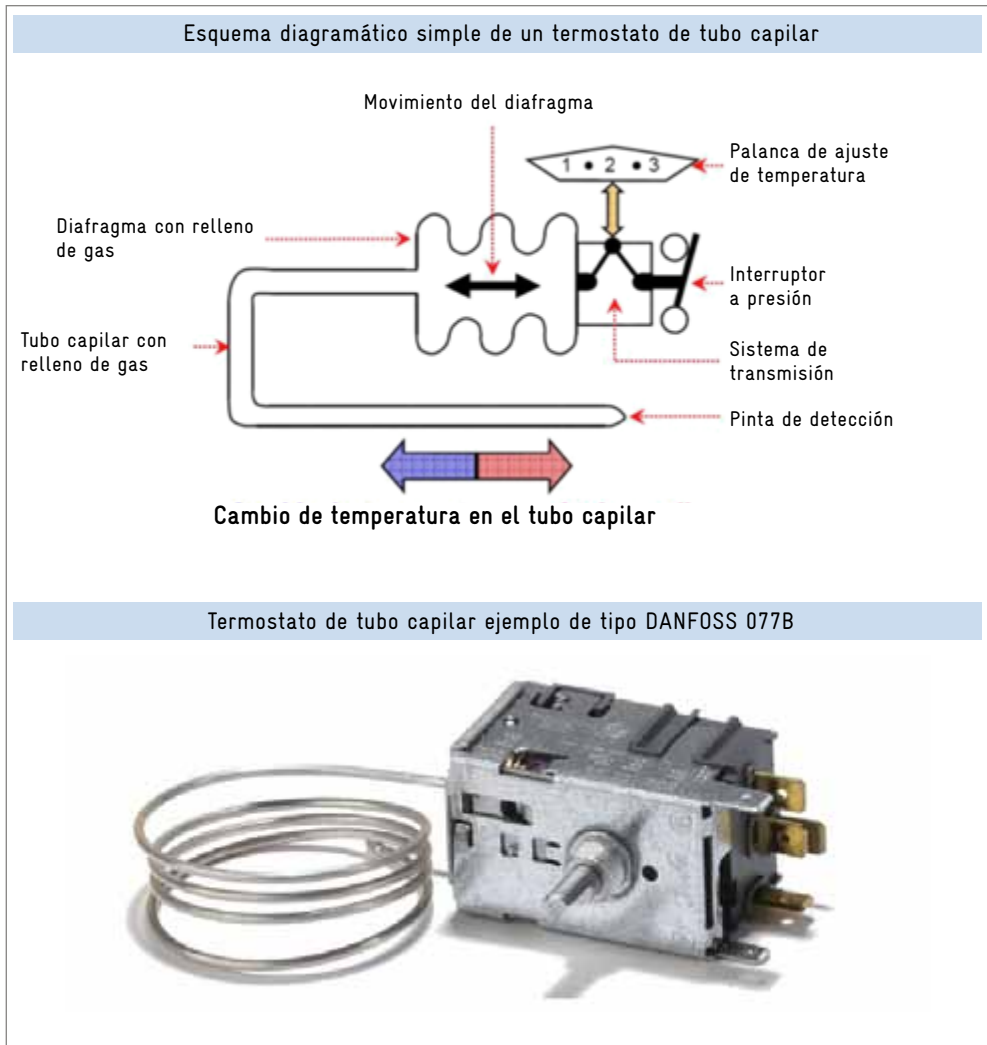
La parte presurizada, que funciona de acuerdo con el principio de expansión y contracción térmica de un gas con un cambio de temperatura, es el centro de un termostato capilar. Luego de un aumento en temperatura al interior de la punta de detección del tubo capilar, el gas se expande y causa que el elemento de fuelle se mueva. Este movimiento activa un interruptor a presión que causa la apertura o cierre de los contactos a presión. Usando una contrafuerza ajustable aplicada al elemento de fuelle, se pueden seleccionar valores de cambio de temperatura en forma de la perilla de ajuste de temperatura.

Componentes eléctricos con un compartimiento refrigerado

La iluminación y el termostato generalmente se encuentran combinados al interior de una cubierta común no deben presentar una fuente de ignición potencial. En los refrigeradores modernos, si estos componentes no se colocan en un lugar del equipo donde no se puede anticipar la formación de una concentración inflamable de refrigerante, los componentes se diseñan en forma sellada. A continuación se indican estos componentes al interior del compartimiento refrigerado:

- Bombilla con base para bombilla
- Interruptor
- Conexiones eléctricas que probablemente se encuentran en terminales, receptáculos, conexiones, etc.
- Termostato

Figura 31: Vista esquemática de un termostato capilar⁴¹

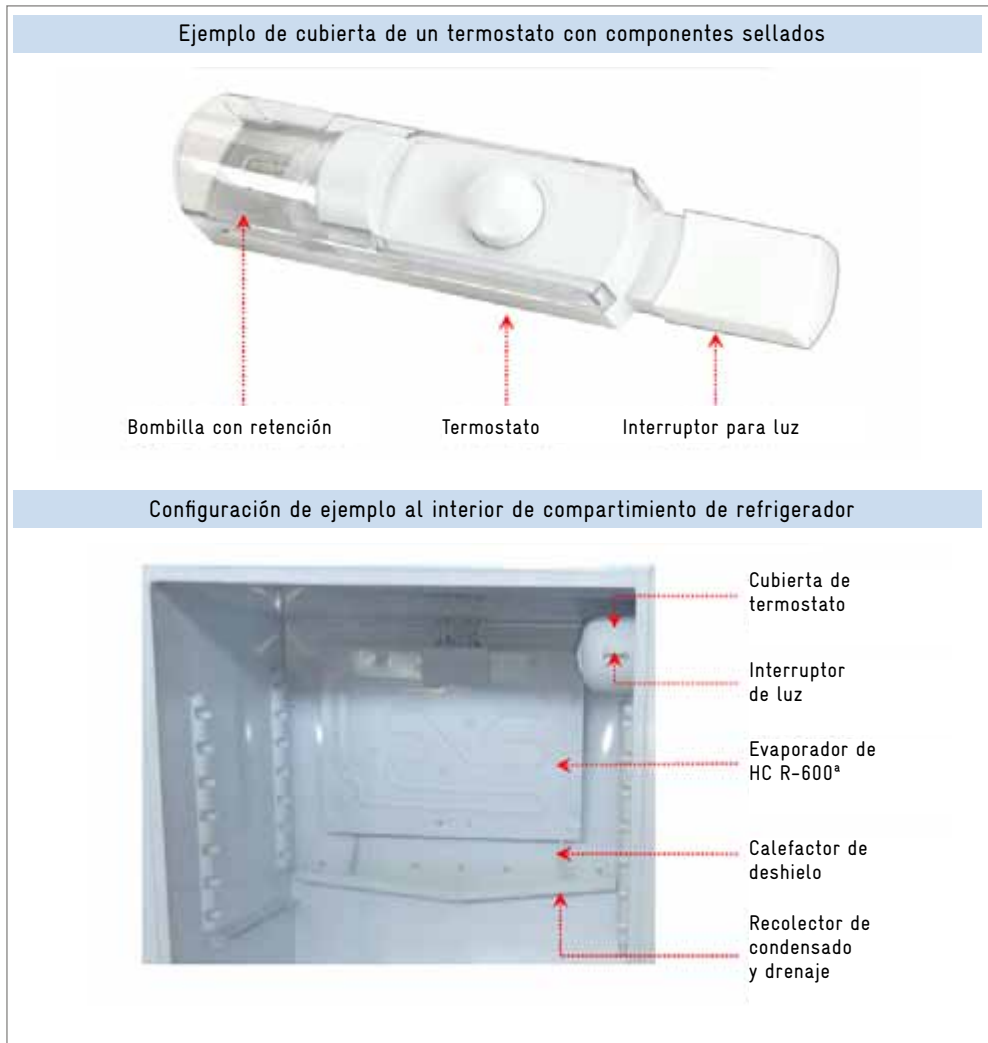


Otras fuentes potenciales de ignición al interior del compartimiento, de estar instalado, son:

- Calefactor de deshielo
- Controlador de deshielo
- Termostato de deshielo
- Aspas de motor de ventilador

En la Figura 32 se muestran estos componentes. Las características de diseño, además de las mencionadas en las secciones anteriores, son necesarias para evitar que los componentes de chispas o superficies calientes entren en contacto con el refrigerante HC de fuga en el compartimiento refrigerado y que causen la ignición de la mezcla inflamable con el aire. No se permiten modificaciones a los componentes ni reemplazo con otras piezas no aprobadas y siempre deben evitarse. avoided.

Figura 32: Componentes al interior del compartimiento de refrigerador y sus posiciones⁴¹



3.4.2 Requisitos de seguridad

Se recomienda encarecidamente a los usuarios de este manual el consultar la publicación GIZ Proklima “Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants – A handbook for engineers, technicians, trainers and policy-makers – For a climate-friendly cooling, 2010” (Pautas para el uso seguro de refrigerantes de hidrocarburo: un manual para ingenieros, técnicos, instructores y formuladores de política - Para una refrigeración favorable al medioambiente) para obtener información adicional relacionada con la seguridad en refrigerantes inflamables.

La seguridad es una preocupación cuando se aplica cualquier refrigerante, con respecto a los riesgos que surgen de la toxicidad, asfixia, explosiones por presión, lesiones mecánicas entre otros. El uso de refrigerantes HC presenta un riesgo adicional de inflamabilidad. Las cantidades de gases o líquidos inflamables se pueden encontrar en la mayoría de los lugares de trabajo, domicilios y otros ambientes; ejemplos incluyen la bencina, pinturas, artículos para el baño, combustibles para calefacción y alcohol. En todos los casos, estas sustancias deben estar envasadas y manipularse y usarse en forma adecuada ya que de lo contrario podrían presentar un peligro grave. En consecuencia, se siguen determinados principios de seguridad para asegurar que se mantenga un alto nivel aceptable de seguridad. Para usar refrigerantes HC en forma segura, es esencial entender los riesgos de inflamabilidad y los medios correspondientes para alcanzar un adecuado nivel de seguridad.

Existen tres aspectos principales a considerar cuando se trata de refrigerantes HC:

- Asegurar que el sistema sea hermético a fugas y suficientemente sólido durante toda su vida útil
- Asegurar la seguridad del equipo que usa o entra en contacto con atmósferas inflamables
- Protección de los trabajadores que puedan entrar en contacto con atmósferas inflamables en el lugar de trabajo

La responsabilidad de la hermeticidad ante fuga y la seguridad general del equipo usualmente descansa en fabricante, productor o instalador del equipo. El equipo debe diseñarse y construirse de modo tal que las emisiones y, por ello la creación de una atmósfera inflamable, se elimine de la manera más práctica posible. Esto se puede lograr mediante un diseño hermético ante fuga, ventilación y ciertos sistemas de protección. Cuando sea posible que se cree una atmósfera inflamable, los responsables de la colocación o instalación del equipo deben asegurarse de que la ignición de dicha atmósfera inflamable no sea posible, por ejemplo, mediante la eliminación de potenciales fuentes de ignición.

La responsabilidad de la protección de los trabajadores generalmente radica en los empleadores y propietarios u operadores de instalaciones donde se podrían producir atmósferas inflamables.

En consecuencia es importante que estas personas sean conscientes de la presencia de sustancias inflamables, establezcan medidas de control para los riesgos que permitan reducir la ocurrencia de cualquier incidente mediante la preparación de planes y procedimientos. Esto también incluye el asegurar que los empleados y otros trabajadores estén debidamente informados y capacitados para controlar o manejarse con los riesgos en forma adecuada y que también identifiquen y clasifiquen las áreas del lugar de trabajo donde se puedan producir atmósferas inflamables y evitar potenciales fuentes de ignición en esas áreas.

Clasificación de seguridad de refrigerantes HC

La clasificación de sustancias más usada es la de las Naciones Unidas, donde los artículos o bienes denominados peligrosos reciben una clasificación de acuerdo con sus riesgos principales. Para los HCs de uso más común como refrigerantes, estos se clasifican como: Clase ONU: 2, gases, División 2.1, gas inflamable. Sin embargo, en la industria RAC, se aplica un esquema de clasificación diferente. A la mayoría de los refrigerantes se les asigna una clasificación de seguridad que está en función de la toxicidad y la inflamabilidad. El esquema de clasificación se adopta por normas como ISO 817 y EN 378. En la Tabla 5 se muestra una visión general de este esquema.

Tabla 5: Esquema de clasificación de seguridad de refrigeranteⁱⁱ

Clasificación			de Toxicidad	
			Clase A menor toxicidad crónica	Clase B mayor toxicidad crónica
Inflamabilidad	Clase 1	sin propagación de llama	A1	B1
	Clase 2	menor inflamabilidad	A2	B2
	Clase 3	mayor Inflamabilidad	A3	B3

Por comparación, los refrigerantes CFC, HCFC y HFC más comunes así como R744 (dióxido de carbono) tienen una clasificación A1 aunque algunos HFCs tienen una clasificación A2. Unos pocos HCFCs y HFCs tienen clasificación B1, aunque R717 (amoníaco) tiene una clasificación B2. No existen refrigerantes B3 (si bien esto puede ser posible con ciertas mezclas).

Por lo general, una clasificación "más alta", es decir toxicidad Clase B en vez de Clase A, y la inflamabilidad Clase 3 en vez de Clase 1, lo que significa que el sistema de refrigeración tiene más requerimientos de diseño oneroso asociados, para manejar el mayor riesgo presentado por el refrigerante.

Además, existe otra medida para la aplicación de refrigerantes, denominada límite de concentración práctica (PL). Esta representa el mayor nivel de concentración en un espacio ocupado que no resultará en ningún efecto que afecte el escape (es decir, agudo). Así, es principalmente la menor concentración "peligrosa" de un refrigerante, con un factor de seguridad aplicado. La estimación de PL se basa en el menor de los siguientes:

- límite de exposición a toxicidad aguda (ATEL), en base a la mortalidad (en términos de LC50) y/o efectos de sensibilización cardíaca y/o anestésica o del sistema nervioso central (CNS)
- Límite de privación de oxígeno (ODL)
- 20% del límite menor de inflamabilidad

Puesto que para los refrigerantes HC, el 20% del límite inferior de inflamabilidad representa la menor concentración de lo anterior, esta es la característica usada para determinar el PL. El PL normalmente se expresa en términos de masa por volumen unitario y para los refrigerantes HC comunes es de aproximadamente 0,008 kg/m³, o 8 g/m³. Para otros refrigerantes, como para la mayoría de CFCs, HCFCs y HFCs, el PL se basa en el ATEL y los valores del límite de privación de oxígeno (ODL), por lo que tiende a ser mayor que para los HCs. En consecuencia, la cantidad de refrigerante HC permitido tiende a ser mucho menor que para la mayoría de CFCs, HCFCs y HFCs. (Sin embargo, los principios generales aquí son válidos para todos los refrigerantes inflamables al margen de si son HCs o no.)

Enfoque básico para trabajar con refrigerantes inflamables

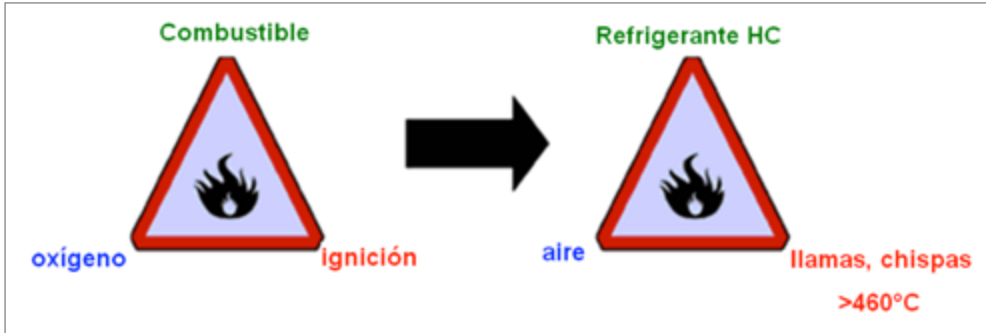
Para toda persona involucrada en el uso de sustancias inflamables, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Saber que se está usando una sustancia inflamable y conocer cuáles son sus características
- Estar consciente de las prácticas de manipulación segura y de almacenamiento de sustancias inflamables
- Introducir procedimientos y aplicar diseños para evitar accidentes que surjan de las sustancias inflamables
- Buscar información más detallada cuando la necesite

Es esencial entender el concepto básico de la inflamabilidad. Se necesitan tres ingredientes para un incendio; un combustible en la concentración correcta, una fuente de oxígeno, generalmente aire y una fuente de ignición. La manera común de mostrar esto es por medio del triángulo del fuego en la Figura 33. Si controla estos componentes, por ejemplo, al alimentar al menos uno, pero de preferencia dos, se pueden evitar incendios. Para lograr esto se deben seguir tres pautas generales:

- contención de la sustancia,
- evitar las fuentes de ignición, y
- usar la ventilación.

Figura 33: Triángulo de fuego



Contención: las sustancias inflamables deben mantenerse dentro de un "envase" diseñado y construido adecuadamente, ya sea un cilindro o un sistema de refrigeración. Si hay fuga de la sustancia se debe evitar que se propague a otras áreas.

Fuentes de ignición: asegurarse de que todas las fuentes de ignición obvias y no obvias se hayan eliminado del equipo y de las áreas de manipulación. Las fuentes de ignición pueden variar en gran medida y pueden incluir chispas de equipos eléctricos o soldadura y herramientas de corte, superficies calientes, llamas expuestas de equipos de calefacción, materiales que generen humo, etc.

Ventilación: debe existir un flujo de aire adecuado donde se almacenan y usan las sustancias inflamables. Buena ventilación significa que todo vapor que surja de una fuga o liberación se dispersará rápidamente. Además de los mencionados, es importante el considerar la gravedad de las consecuencias de ignición de una sustancia inflamable. En algunos casos, el resultado de la ignición puede ser menor, como una llama momentánea. Otras situaciones pueden resultar en una explosión grave. De esta manera la cantidad de sustancia inflamable y el ambiente en que se encuentra deben ser observados para entender la importancia de un accidente. En términos del uso de refrigerantes, se debe considerar toda la vida útil del equipo con respecto a la orientación, ya sea con respecto a la manipulación de los equipos por parte de los técnicos así como al comportamiento del equipo cuando está en uso normal. Dichas consideraciones son necesarias desde la creación del equipo hasta las etapas de diseño e instalación ya que las características de diseño pueden afectar el nivel de seguridad en una etapa posterior. Aquí, se deben tener en cuenta los grupos de personas que se encuentran bajo riesgo, tanto los técnicos como otras personas.

Para abordar estos en la forma más amplia posible, el personal involucrado en la aplicación de refrigerantes inflamables debe estudiar y entender varias dimensiones:

- Características inflamables de los refrigerantes HC para apreciar qué constituye una mezcla inflamable
- Conceptos de análisis de riesgo y comprensión de la fuga de refrigerante, fuentes de ignición y consecuencias de la ignición
- Requisitos de regulación generales, normas de seguridad y otras pautas de la industria

La comprensión obtenida en estos temas puede ser entonces aplicada por las partes pertinentes en las etapas de la vida útil del equipo en consideración, como son diseño, prueba, producción, distribución, instalación, actividades de taller y servicio entre otras. Esto resulta igualmente útil al realizar e interpretar los resultados para control de calidad de los equipos, pruebas de seguridad, inspecciones por terceros, etiquetado, etc.

Evaluación de riesgos

Siempre que haya una persona trabajando en un sistema que contenga refrigerantes inflamables se deben tomar todas las precauciones necesarias. La identificación de estas precauciones generalmente se obtiene a través del proceso de evaluación de riesgos. En principio, un evento de ignición debido a refrigerantes HC solamente se puede producir cuando existen tres precondiciones esenciales al mismo tiempo:

- Primero, la liberación de refrigerante
- Segundo, la ocurrencia de una mezcla inflamable de HC y aire
- Tercero, la presencia de una fuente de ignición activa de un determinado nivel de energía o temperatura en el mismo lugar y al mismo tiempo

La combinación de estas ocurrencias se tiene que prevenir. Se debe realizar un análisis de cada actividad de trabajo. El procedimiento de evaluación de riesgo debe por lo tanto considerar lo siguiente:

1. Las propiedades de riesgo de cada sustancia y las propiedades de riesgo de las mismas cuando se usan en combinación y las circunstancias del trabajo
2. Las personas que podrían estar en riesgo
3. La probabilidad de que se produzca una atmósfera explosiva y su persistencia
4. La probabilidad de que haya presente fuentes de ignición, que se activen y tornen efectivas
5. La escala de los efectos anticipados de un incendio o una explosión

Según estas consideraciones se deben idear y aplicar medidas en forma coherente con la evaluación de riesgo y que resulten adecuadas a la naturaleza de la actividad u operación. Se debe considerar, en orden de prioridad, lo siguiente:

1. Reducción de la cantidad de sustancias peligrosas a un mínimo
2. Evitar o minimizar la liberación de una sustancia inflamable
3. Controlar la liberación de una sustancia peligrosa en la fuente
4. Evitar la formación de una atmósfera inflamable, incluida la aplicación de ventilación adecuada
5. Asegurar que toda liberación de una sustancia inflamable que pueda dar lugar a riesgo se lleve a un estado considerado como seguro
6. Evitar fuentes de ignición
7. Reducir a un mínimo la cantidad de trabajadores y eliminar los miembros del público que puedan estar expuestos
8. Evitar la propagación del fuego o la explosión
9. Proporcionar métodos de protección ante incendios y explosión
10. Proporcionar equipo de protección personal adecuado

Durante las actividades de instalación, servicio y de otro tipo que involucren la manipulación de refrigerante, las tareas que conducen a mayor riesgo, especialmente para los técnicos que no han recibido la capacitación en refrigerantes inflamables o herramientas y equipos adecuados, son:

- Apertura del sistema
- Remoción del refrigerante
- Carga
- Cierre del sistema

De esta manera, se debe prestar la mayor de las atenciones a estos aspectos en términos de reducción de riesgo. Si embargo, existe una diferencia considerable entre el riesgo de mantenimiento prestado por técnicos bien capacitados y equipados y el de aquellos que no han sido capacitados y no están debidamente equipados. Por ende es esencial que todo técnico que trabaje en los sistemas que usan sustancias inflamables esté capacitado en forma adecuada.

Esto también destaca la importancia de un marcado de sistemas claro para permitir a los técnicos tomar una decisión sobre si deben comenzar a trabajar o no en el sistema. En la Figura 34 se muestra otra señalética importante en el área de trabajo.

Figura 34: Otros ejemplos de señalización¹⁷



Herramientas y equipos necesarios y adecuados

Sólo trabaje con el tipo de nitrógeno adecuado: nitrógeno seco libre de oxígeno (OFDN). La presencia de oxígeno puede introducir un riesgo de inflamabilidad. La presencia de humedad puede dañar más la confiabilidad y el funcionamiento del sistema de refrigeración. En algunas regiones el CO₂ puede estar disponible más fácilmente para los técnicos que el nitrógeno.

El técnico siempre debe leer con atención el manual de instalación y/o servicio que entrega el fabricante para que esté atento a cualquier requisito especial en particular asociado con el equipo en consideración. Los componentes nuevos o de cambio deben estar acorde con las especificaciones del fabricante. En el caso de tener alguna duda, pida ayuda al departamento técnico del fabricante. En la Figura 35 se muestra la señalética obligatoria que se debe usar en los equipos y áreas de trabajo.

Asimismo se deben abordar algunos asuntos iniciales antes de trabajar en un sistema o pieza de equipo en particular y antes de realizar cualquier trabajo. Estos incluyen:

1. Es esencial que el técnico esté completamente familiarizado con el equipo y todos sus detalles
2. El técnico debe estar familiarizado con el propósito y funcionamiento del equipo
3. El equipo debe, siempre que sea posible, aislarse de la alimentación eléctrica

4. Asegúrese de que haya disponible todo equipo para manipulación de refrigerante y mecánica
5. Todo equipo de protección personal necesario debe estar disponible y debe usarse correctamente

Figura 35: Ejemplos de letreros obligatorios para uso en equipo y en áreas de trabajo¹⁷



3.5 Capacitación y servicio posventas

Los sistemas de refrigeración, si no se construyen, instalan, operan o mantienen adecuadamente, pueden ser un peligro a la salud y seguridad de las personas y pueden afectar el medioambiente. Toda persona involucrada en el trabajo en un circuito refrigerante debe tener un certificado válido emitido por una organización de capacitación aprobada. Este enfoque general es importante para el uso de cualquier refrigerante.

La cantidad de empresas que participan en la instalación, servicio y mantenimiento de sistemas de refrigeración es apreciable. En los países del Artículo 5, la mayoría de estas empresas son pequeñas y son operadas por el propietario de la empresa y puede incluir muchos técnicos que no tienen capacitación formal en refrigeración. En general estas empresas y técnicos no pueden usualmente invertir en cursos de capacitación y equipos de servicio confiables. Los costos de mano de obra son mucho menores cuando se les compara con los costos de los equipos. Para satisfacer las demandas de los clientes, artefactos, equipos del sistema y piezas de repuesto en muchos casos son provistos por mercados locales de segunda mano.

Los sistemas de refrigeración existentes se mantienen funcionando más allá de su vida útil económica, lo que resulta en una mayor demanda de servicio, reparación y consumo de energía. El uso inteligente, adecuado y seguro de refrigerantes HC puede facilitar la rotación en tecnologías de refrigeración innovadoras para ahorros ambientales, eficiencia energética y normas asequibles. Sin embargo, las autoridades nacionales deben apoyar las actividades relacionadas para que la capacitación y la certificación estén al alcance de los trabajadores en el área y de todas las partes involucradas. Si se implementa bien la capacitación puede conducir a una competencia económica explícita a un alto nivel y con beneficios para la infraestructura de la empresa. Las personas que se deben capacitar son las que están involucradas en sistemas y equipos HC, desde su concepción hasta su destrucción. Necesitan

desarrollar conocimientos y habilidades para aplicar las mejores prácticas, incluyendo esquemas de evaluación estratégica de riesgo para la reconversión de sistemas a refrigerantes HC. Esto implica actividades de capacitación en aspectos teóricos y prácticos.

El alcance de la capacitación está relacionado con las responsabilidades de trabajo real de los empleadores, constructores, observadores, ensambladores de línea de manufactura, empresas de instalación o dueños de talleres e ingenieros de servicio práctico y técnicos.

3.5.1 Importancia y enfoque de la capacitación

Se recomienda encarecidamente a los usuarios de este manual el consultar la publicación GIZ Proklima “Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants – A handbook for engineers, technicians, trainers and policy-makers – For a climate-friendly cooling, 2010” (Pautas para el uso seguro de refrigerantes de hidrocarburo: un manual para ingenieros, técnicos, instructores y formuladores de política - Para una refrigeración favorable al medioambiente) para obtener información adicional relacionada con la capacitación.

Reconocimiento de la importancia de la capacitación:

La mejora del conocimiento y de las habilidades es una manera práctica en que se puede cambiar para mejorar la situación actual. En algunos casos en que la capacitación vocacional para refrigeración existe y está estructurada, se deben adoptar tecnologías nuevas o avanzadas. Las lecciones aprendidas de actividades previamente conducidas en Europa demuestran que los niveles mejorados de capacitación y métodos de trabajo generalmente reducen en gran medida las tasas de fuga y el número de fallas en los sistemas de refrigeración. La evaluación de los planes de gestión de desuso de HCFC (HPMPs) del Fondo Multilateral (MLF) observa que la introducción de mejores prácticas en servicio y mantenimiento en refrigeración ha sido el factor más importante en la reducción de emisión y consumo de refrigerantes SACO en los países en desarrollo.

La capacitación generalmente obedece a necesidades comerciales y tiene mucho más peso que antes si las cargas y desafíos ambientales conducen al cambio en las industrias. Incrementar la conciencia sobre estos factores es un instrumento de impulso importante para obligar a las industrias y empresas relacionadas a mantener una capacitación específica del personal involucrado.

A continuación se identifica una selección de algunas de las necesidades comerciales:

- Necesidad de satisfacer la obligación a nivel del país (y de la comunidad mundial) de proteger el medioambiente

- Necesidad de proporcionar un ambiente de trabajo seguro y de honrar los compromisos con los clientes y la sociedad en el manejo de los refrigerantes con el debido cuidado
- Necesidad de mantenerse a la par con las nuevas tecnologías, nuevos refrigerantes y nueva legislación que impulsen el cambio en el sector
- Necesidad de mejorar el coeficiente general de rendimiento de los sistemas y equipos de refrigeración
- Necesidad de mejorar los niveles de servicio para diferenciar los servicios de la empresa de los de la competencia, elevar las barreras de ingreso y mejorar las tasas y márgenes de carga
- Necesidad de mejorar las normas en el sector para evitar técnicos no preparados
- Necesidad de ampliar la base de empleo ofreciendo rutas de ingreso alternativas a trabajadores maduros al sector que no están preparados para comenzar a formarse
- Necesidad de reducir el tiempo dedicado en la fabricación, instalación, desmantelamiento, mantenimiento y reparación de plantas y equipos para mejorar las eficiencias económicas
- Necesidad de mejorar las normas de mantenimiento para reducir el costo de las piezas de repuesto y reducir el número de visitas en contratos de mantenimiento
- Necesidad de satisfacer los crecientes requisitos sofisticados del comercio minorista, diseño, construcción, fabricación, instalación, servicio y mantenimiento
- Necesidad de reducir los costos de seguro al reducir la exposición a las demandas por responsabilidad en (a) legislación de seguridad y salud y (b) legislación ambiental (c) deterioro de producto
- Necesidad de competir con la competencia europea donde las normas del sector son más estrictas y la entrega de capacitación es más avanzada.

De esta manera, los eventos de capacitación y de formación de redes deben diseñarse para satisfacer estas necesidades.

Enfoque a capacitación y certificación:

En general la legislación de cada país debe prescribir la certificación a nivel de la empresa así como para ingenieros y técnicos. La empresa necesita tener el mínimo equipo adecuado requerido para manipulación de refrigerantes; asimismo los ingenieros y técnicos tendrán el conocimiento y las habilidades. Los certificados deben atestiguar las competencias de modo

que los usuarios de equipo tengan la posibilidad de identificar si la empresa y el personal pueden efectuar el trabajo previsto.

Posibilidades adicionales para respaldar la certificación de las empresas y del personal a nivel legislativo para países A5 incluyen:

- Solamente el personal certificado puede manipular refrigerantes (ODS, GHGs, HCs) y esto puede incluir la prohibición de venta de refrigerantes a personas no autorizadas
- Las empresas pueden tener un conjunto mínimo de herramientas y equipos para la manipulación de refrigerante
- Solamente estas empresas certificadas deberían poder comprar refrigerantes
- Campañas de conciencia gubernamental que promuevan estas certificaciones a usuarios finales privados y comerciales y la cadena de distribución de equipos (comerciantes mayoristas de refrigeración, industrias, supermercados, hospitales, operadores de edificaciones gubernamentales, etc.)
- Llevar registro obligatorio por parte de los propietarios de equipos acerca de información sobre el consumo de refrigerante y necesidades de servicio para equipos de refrigeración contengan más de 3kg de refrigerante
- Mantenimiento preventivo obligatorio y detección de fugas para equipos de refrigeración que contengan más de 3kg de refrigerante

Los cursos de capacitación en general y para tecnologías HC deben ser aprobados a nivel nacional por la autoridad responsable, por ejemplo el Ministerio de Educación. La certificación debe estar al mismo nivel equivalente a un nuevo técnico formado en un centro de capacitación educacional o vocacional (VETCs) o de los técnicos ya mayores que reciben esta educación avanzada en HC en forma de cursos vespertinos o de varios días. Si corresponde, los cursos pueden realizarse con el mismo material en el centro de capacitación de las organizaciones comerciales. Las pruebas de evaluación conocidas en cada sesión de capacitación deben reflejar el avance de aprendizaje de los participantes.

El esquema de autorización ganará los siguientes beneficios:

- Mejora de las normas de instalación, servicio y mantenimiento de equipo de refrigeración, creando mayor eficiencia y menor consumo de energía (emisiones)
- El equipo de refrigeración es confiable y su vida económica es prolongada

- Los usuarios finales están más satisfechos debido a los menores costos y no hay necesidad de reparaciones adicionales y/o tempranos cambios de piezas
- Habrá demanda del mercado de técnicos capacitados que apliquen mejores prácticas de servicio
- Recepción de un registro de empresas competentes y técnicos e información sustentable acerca de los refrigerantes consumidos

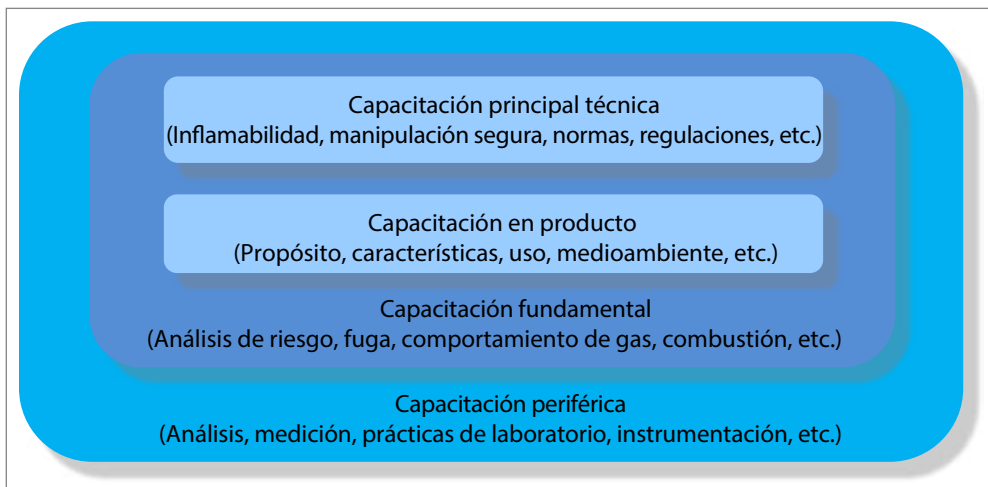
Al ofrecer capacitación, se debe reconocer y tomar en cuenta la importancia de la producción de fabricantes y programas comerciales de ingenieros/técnicos para evitar alterarlos. Esto destaca la necesidad de tener, en lo posible, una variedad de lugares de capacitación aprobados con programaciones de capacitación específicos y un programa de capacitación aprobado oficialmente y acordado de manera conjunta.

3.5.2 Capacitación para diseñar y desarrollar

Las personas involucradas en el diseño y desarrollo de los sistemas que usan refrigerantes HC requieren capacitación. La capacitación debe cubrir una amplia variedad de temas ya que quienes diseñan el equipo necesitan conocer y saber cómo manejar diferentes condiciones bajo las que el equipo operará así como las posibles fallas y problemas que pueden ocurrir durante la vida útil del equipo. Si bien parte de la capacitación debe cubrir aspectos convencionales de manipulación de refrigerantes, también debe considerar asuntos más académicos para fines analíticos y de experimentación.

En la Figura 36 se muestra una visión general de las categorías que se deben considerar para la capacitación de los que participarán en los aspectos de diseño y desarrollo. Se debe observar que la inclusión y alcance de la capacitación en ciertos temas varía de acuerdo con el rol del propósito del trabajo.

Figura 36: Descripción general de las categorías de capacitación a considerar¹⁷



En general se identifican cuatro categorías, donde dos de ellas son temas centrales y las otras dos son menos críticos.

Capacitación central técnica se basa en los principales componentes de la capacitación que, por ejemplo, podrían recibir los técnicos de servicio y mantenimiento como es manipulación segura de refrigerantes. Sin embargo, con los conceptos de seguridad importantes, como son las propiedades inflamables, se ganaría un entendimiento más profundo. Es de suma importancia que se cubran los requerimientos de las regulaciones y normas de seguridad. En particular, es vital entender la lógica de las regulaciones y normas de modo que se pueda trabajar con los límites.

Capacitación central de producto centrado principalmente en los productos o equipos de refrigeración en que se trabaja. La capacitación debe ofrecer una comprensión de los sistemas y equipos en consideración, características de construcción, cómo se usan, dónde se instalan y los tipos de condiciones en que se instalarán, las prácticas de servicio y mantenimiento usuales y así sucesivamente. Con esta información los ingenieros pueden identificar todas las situaciones posibles en que se podría encontrar el equipo y los tipos de personal que pueda manipularlo de modo que se puedan anticipar las posibles consecuencias y las condiciones que puedan conducir a las mismas. Para ayudar en esto, también se debe ofrecer capacitación en las posibles fallas de equipos y componentes, mecanismos de falla, etc.

Capacitación fundamental cubre los fundamentos de asuntos relacionados con la seguridad. Los temas cubiertos deben incluir todo lo relacionado con la seguridad de sustancias inflamables de modo que se puedan aplicar y tomar en consideración los principios en el momento de desarrollar y diseñar equipos de refrigeración. Además, este conocimiento de fondo sobre estos temas ayudará en el diseño y configuración de las pruebas de seguridad. Los temas deben incluir fallas mecánicas de componentes, especialmente fugas, procesos y mecanismos, dispersión y mezcla de gas, conceptos de combustión/incendio y sobrepresión/explosión.

Capacitación periférica cubre temas que deben proporcionar la base para realizar mediciones y análisis. Puede incluir enfoques para configurar las pruebas de seguridad, métodos aplicados para análisis de los resultados (que pueden diferir de los métodos que generalmente se usan para aspectos relacionados con la refrigeración), así como familiarización con los tipos de instrumentación y equipos de medición asociados adecuados, su aplicación y limitaciones. Además de esto, puede cubrir también las normas y los protocolos de prueba para determinados tipos de pruebas de seguridad que no están directamente relacionados con la seguridad de los equipos de refrigeración. Las sugerencias incluidas aquí deben actuar solamente como orientación, especialmente ya que parte de la capacitación para las etapas de diseño y desarrollo deben estar más dirigidas a situaciones específicas.

3.5.3 Capacitación para producción

Procedimientos para trabajar en un área de producción

La capacitación y creación de conciencia de los trabajadores ofrece un ambiente de trabajo más seguro y sano, que son los elementos clave en un área de producción. En esta área de trabajo a menudo existe un compromiso entre la salida de producción y los procedimientos que podrían impedir dicha salida. Este siempre es un punto de conversación. Sin embargo, con el uso de refrigerantes HC y la necesidad de regular los procedimientos en mucho mayor medida, es a menudo el caso de que una mejora en la eficiencia se logrará debido a que las operaciones individuales se monitorean con más detalles. No obstante, es importante que los gerentes manejen cualquier conflicto en forma cuidadosa. El esfuerzo inicial requerirá más tiempo, pero el monitoreo ofrecerá información valiosa y control de eficiencia, además de importantes beneficios en seguridad, confiabilidad y calidad de producto.

Aumento de conciencia del personal de fabricación

En un área de producción hay muchas secciones e instalaciones que requieren de especial manejo y precauciones. Por esto se debe capacitar al personal para que trabaje en forma consciente en estos. Existe además en esta área una serie de tuberías, conjuntos de tuberías y equipos eléctricos con los que el personal debe sentirse cómodo y entender qué hacer en caso de conflicto con sus operaciones. Toda nueva instalación requiere que se inicie en general un programa de concientización para que el área de producción y el personal que trabaja allí entiendan las implicaciones de las nuevas instalaciones. El personal tiene que ser capacitado para que siga en forma consciente las reglas, regulaciones y pautas en forma diligente. Después de la capacitación en concientización y la explicación de los procedimientos sobre cómo manejar las situaciones en que haya involucrado HC, éstas se considerarán pronto como cualquier otra instalación en el área de producción. Este programa de concientización no será más que un proceso continuo para mantener la atención puesta en la manipulación de HC o de cualquier otro gas en el área de producción. Los supervisores de la instalación deben asegurar que esto se haga.

Persona a capacitar

Existen diferentes niveles de capacitación en relación con el tipo de actividades que son aplicables a toda persona que ingrese al área de producción. La capacitación no debe limitarse al personal regular en el área de producción, sino también a los de empresas y agencias externas. Toda persona que ingrese al área debe tener conocimiento de seguridad industrial básica, entendimiento adecuado del área y de qué hacer en caso de emergencia, conocimiento específico de marcas y advertencias aplicadas a las instalaciones (por ejemplo, tuberías con HC) y comprensión de las áreas específicas donde se usa HC. Asimismo se recomienda que los procedimientos se preparen para definir que toda actividad en el área de producción se incluya en capacitación específica y que tenga aprobación del gerente de seguridad. Esto

evita, específicamente en las primeras etapas, que se introduzcan hábitos deficientes y brinda oportunidad de revisar y establecer nuevos procedimientos para el funcionamiento adecuado en el área de producción.

Identificación de áreas

Cuando se introduce un nuevo proceso es favorable identificar dónde se realizará esta actividad para que todo el personal involucrado en el área de producción diariamente esté al tanto del nuevo proceso. Esto también creará una mejor comprensión de la necesidad de nuevos procedimientos debido al cambio en el proceso de producción. Con la identificación del área, también se debe introducir la obligación de informar de toda actividad al supervisor de línea de producción. Bajo el principio de que al menos dos personas estén involucradas siempre que se efectúen reparaciones, cambios al proceso de producción, cambios de modelo, etc., y sean monitoreadas por los supervisores de línea de producción y los gerentes de seguridad. En este respecto, con el cambio de turno se puede transferir la información.

Cambios a la situación del trabajo

Al final de la línea de producción, saldrá un producto que contiene HC. Todo el proceso desde la recepción de material hasta el llenado con HC y embalaje y despacho está involucrado en el establecimiento de procedimientos. La salida ya tendrá todo un conjunto de procedimientos para estas actividades con el objeto de controlar la calidad, la configuración de producto y los materiales así como el flujo de producción. Lo que tenga que ser introducido es la verificación cruzada en diferentes áreas de la línea de producción. Esto es especialmente crítico debido al hecho de que se usan HC. En producciones combinadas se debe prestar especial atención para evitar el uso de componentes incorrecto. En caso de cambios, se debe informar a la línea de producción. Lo ideal es que los cambios aplicados en forma incorrecta se detecten lo antes posible. Antes de llegar con HC se debe asegurar que la mano de obra y la configuración sean correctas. Con o sin producción combinada lo recomendable es usar marcado específico de componentes HC adecuados, por ejemplo, el uso de canastas coloreadas, estantes y otros artículos de almacenamiento junto con la verificación tradicional de los códigos. Además de los procedimientos de intercambio de información cuando se cambian los procesos o componentes al comienzo de cada turno, aumenta la calidad del proceso.

Revisión de procedimientos

El primer paso es verificar los procedimientos específicos de producto existentes y revisarlos para agregar aspectos HC específicos. Luego, hacer una corrida de producción de prueba con productos ficticios y ajustar los procedimientos para cada paso individual tomando en cuenta el proceso completo. También es una buena oportunidad de establecer un programa de capacitación adaptado de acuerdo con las funciones efectuadas en el área de producción y

una capacitación básica para todos. Adicionalmente, los procedimientos en planta tienen que ajustarse especialmente, entre otros, todo lo que implica transporte de materiales, movimientos de grúa horquillas, grúas, mantenimiento, reparaciones y modificaciones a maquinaria y equipos. Se debe prestar atención a las fuentes de energía, principalmente eléctricas, pero sin dejar de considerar las fuentes de calor, incluidas aquellas que se pueden generar por fricción. Existen otros aspectos de procedimientos de salud y seguridad que también se deben incluir en la revisión. El plan de revisión de procedimientos es un proceso continuo con períodos de revisiones cortos en el primer año de producción y cuando se aplican cambios al modelo.

Capacitación de personal de distribución

Quienes participan o son responsables del almacenamiento, distribución y manipulación general de equipos que contienen refrigerantes inflamables deben recibir también capacitación. Sin embargo, dado que el equipo debe diseñarse correctamente, embalsarse bien y que generalmente solamente los equipos más pequeños (de carga baja) se envían usualmente llenos previamente con refrigerante, el riesgo se considera mínimo.

No obstante, el operador del sitio debe entregar amplios programas de capacitación para todo nivel de personal, desde el operador de almacén de menos experiencia hasta el director del sitio. Se debe observar que la mayoría de esta capacitación es una buena práctica para la mayoría de los almacenes al margen de los productos que contienen refrigerantes inflamables. Todo nuevo empleado debe recibir capacitación de inducción. Las principales áreas cubiertas deben incluir:

- Seguridad en sitio y seguridad química
- Prevención de accidentes
- Precauciones ante incendio y procedimientos de alarma
- Información de antecedentes generales
- Instalaciones de trabajo y servicios
- Reglas y procedimientos de la empresa
- Aspectos de inflamabilidad de refrigerantes HC
- Cómo esto cambia e impacta sobre las prácticas actuales (es decir, si se usan nuevos refrigerantes no inflamables en el sitio)
- Reconocimiento de letreros de advertencia de peligro usados para embalaje
- Regulaciones nacionales relacionadas con sustancias inflamables y peligrosas
- Lucha contra incendios básica

Cierto personal de supervisión debe recibir mayor capacitación en seguridad, peligros de inflamabilidad, riesgos a personas, verificación y manejo de fugas y evacuación ante evento de emergencias graves. Debe haber un equipo contra incendio que debe capacitarse durante 1 a 2 horas cada semana para asegurar un estado permanente de preparación y competencia. Debe realizarse al menos un simulacro de escala completa y una evacuación de práctica en

sitio anual. El equipo de primeros auxilios en el sitio debe, periódicamente, tomar parte en ejercicios simulados con el equipo contra incendio del sitio y practicar recuperación de "bajas" con lesiones específicas.

Quienes participan en la distribución y despacho deben, además, estar al tanto del uso de las Regulaciones modelo de la ONU para transporte de sustancias peligrosas, en particular los requisitos de transporte para equipos que contienen refrigerantes inflamables.

Quienes participan en almacén, manipulación y transporte (físico) deben además estar al tanto de:

- Reglas generales para almacenamiento de materiales inflamables
- Procedimientos de emergencia
- Verificación de embalaje para ver que no haya fuga en equipos
- Prácticas correctas de manipulación manual
- Procedimientos de emergencia

Los operadores de grúas horquilla deben aprobar un conjunto de pruebas de competencia de una organización externa antes de que puedan usar los vehículos. Los lugares de almacén pueden capacitar a nuevos operadores siempre y cuando cuenten con un instructor calificado. Todos los operadores deben asistir a cursos periódicos de actualización y pruebas de competencia.

- Ejercicios simulados
- Charlas en peligros químicos e incendios
- Videos
- Experiencia práctica en el uso de respiradores
- Trabajo con funcionarios de la brigada local contra incendio

Los gerentes deben recibir dos tipos de capacitación, la primera para mejorar su conocimiento y mejorar sus habilidades de gestión y la segunda para practicar sus roles de gestión ante emergencias. Este segundo tipo de capacitación es particularmente importante y debe incluir una práctica anual completa para emergencias graves que dure hasta tres horas. En estos ejercicios, que idealmente son organizados por especialistas, los diferentes generales deben practicar sus roles.

3.5.4 Capacitación para servicio posventas

Las actividades de capacitación para servicio posventa incluyen la capacitación de instructores, la capacitación de técnicos y la capacitación de representantes de ventas en el conocimiento del producto. Según el país, existen actividades de capacitación específicas en centros de formación vocacional (VETCs) que también incluyen el sector de refrigeración doméstica. En muchos de los países A5 la demanda de servicio en el sector doméstico es dominante y,

como resultado, son generalmente programas disponibles en los VETCs. De hecho, la calidad de la capacitación realizada en los diversos países es muy diferente y en su mayoría carecen de recursos. Asimismo se observan actividades privadas, como demostraciones de ejemplo para actividades de capacitación internas en la Compañía de Palfridge de Suazilandia (ver (4) estudio de caso).

A primera vista, el servicio de un equipo doméstico se puede ver simple, pero la exigencia de habilidades y conocimiento para este tipo de actividades generalmente se subestima. La capacitación de técnicos de servicio especialmente debe incluir tanto elementos teóricos como prácticos. La teoría debe comprender, entre otros temas, el conocimiento sobre las propiedades refrigerantes de los hidrocarburos, pasos para realizar una evaluación de riesgo adecuada y cómo diseñar y mantener un sistema de refrigeración sellado con la carga de refrigerante minimizada y alta eficiencia. Es esencial que todos los trabajos de terreno sean efectuados asegurando un alto nivel de calidad general para garantizar la confiabilidad del sistema optimizado con un mínimo de emisiones.

Generalmente, el servicio posventa de unidades domésticas no es diferente a los sistemas de refrigeración comercial salvo el tamaño. En consecuencia los técnicos tienen que desarrollar habilidades y conocimiento sobre termodinámica, mecánica, electrotécnicas, ciencia de materiales, leyes y normas regulatorias que no difieren necesariamente de aquellas en que trabajan los técnicos en otros sectores. Los objetivos prácticos de la capacitación deben reflejar todas las actividades de manipulación de refrigerantes alternativos en forma segura. La instalación de los componentes y la tubería, con énfasis en la soldadura y tecnologías de detección confiable de fuga son de alta prioridad. La capacitación también debe comprender módulos de aprendizaje relacionados con la selección de componentes eléctricos, instalación y conexión profesional al sistema de refrigeración. En la mejor medida posible la proporción entre el contenido práctico y el teórico y el tiempo dedicado a la capacitación debe dividirse en alrededor de 70% de práctica y 30% de teoría. Con la introducción de los refrigerantes HC, es necesario formular requisitos adicionales para incluir las tecnologías de última generación disponibles en la práctica diaria. Esto tal vez es el mayor desafío a superar.

En años pasados los países europeos se enfrentaron a una gran discrepancia en la calidad de la educación entre los técnicos de refrigeración en los estados miembro. Por este motivo el Proyecto Leonardo Europeo (EUR/02/C/F/NT- 84604 / EC Acuerdo N° 2002-4549/001-001LE2X) formuló una calificación mínima para un "Artesano de refrigeración", que es sin lugar a dudas un buen ejemplo para la capacitación central general a técnicos. Los detalles del contenido de la norma de capacitación en refrigeración se indican en el Apéndice 4. En el Apéndice 5 se ofrece adicionalmente un ejemplo de los criterios de evaluación de técnicos.

Las actualizaciones teóricas y prácticas específicas para el uso de refrigerantes inflamables son:

1. Refrigerantes HC y lubricantes
2. Componentes de circuito para el uso con HCs
3. Herramientas y equipo para manipulación de refrigerantes
4. Evaluación de riesgos y precauciones generales para el trabajo
5. Acceso a un circuito refrigerante
6. Recuperación y purga de refrigerante HC
7. Reparación de fugas
8. Verificación de fugas (para prueba de hermeticidad)
9. Prueba de intensidad (presión)
10. Evacuación de sistema
11. Carga de HC
12. Reparaciones a componentes eléctricos
13. Verificaciones rutinarias de sistema
14. Detección de gas
15. Manipulación de cilindros

4. ESTUDIO DE CASO: PALFRIDGE LTD., SUAZILANDIA

En este capítulo se presenta un estudio de caso de Palfridge Ltd., la compañía de refrigeradores en Swazilandia, para ilustrar la forma en que se puede convertir exitosamente la línea de producción de artículos de refrigeración del uso convencional de refrigerantes fluorados a hidrocarburos. El programa Proklima de GIZ implementó en Swazilandia un proyecto piloto en nombre de BMUB, el Ministerio Federal Alemán para el Medio Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear.

La idea del proyecto era ayudar al Gobierno de Swazilandia a eliminar gradualmente el uso de ODS en el sector de refrigeración siguiendo su ratificación del Protocolo de Montreal en 1992. Dos áreas importantes que requieren consideración especial al planificar una reconversión fabril son: (1) los cambios necesarios para el diseño y la instalación de la producción y las áreas asociadas, y (2) los cambios requeridos en los componentes claves de los aparatos que serán producidos. En el caso de Palfridge, estos cambios se implementaron proporcionándole a la compañía la oportunidad de rediseñar la distribución de la fábrica, las rutas de las líneas de producción y las pruebas de productos, lo que dio como resultado un proceso de fabricación mucho más rápido y un gran ahorro de energía y recursos, como también un producto de mejor calidad y una reducción significativa en costos.

4.1 La fábrica

Después de 10 años de fabricación doméstica y comercial de refrigeradores y congeladores, la fábrica Palfridge ganó una experiencia exhaustiva en el sector específico de refrigeración y hoy asegura tener el status de una de las fábricas líder en la región de Sudáfrica y África en general.

Palfridge comenzó con las operaciones en el año 2001 y está ubicado aproximadamente a 30 km sudeste de la capital Mbabane en Matsapha, la región industrializada más grande de Swazilandia en el sur de África (Figura 37). La mayor proporción de producción de refrigeradores y congeladores está hecha bajo las etiquetas de Kelvinator y Coolmaster. Otros nombres de marcas muy conocidos cuyos productos fabrica la compañía son Aim, Farmers, Carriers, Cold Point, Fox Ware, Leonard, Sancon y Univa.

Figura 37: Localización de la Compañía Palfridge en Matsapha, Suazilandia⁴²



La instalación de producción tiene 15.000² en un terreno que abarca un área de 44.000². Su ubicación central en Matsapha proporciona un acceso fácil a sus funciones de subcontrataciones, tales como componentes de tacón inyectado, arnés de alambre, elementos de calefacción y material de empaque, como también otras materias primas fabricadas localmente.

Hay dos salas principales de producción que se usan, cada una con sus propias líneas de montaje previo, espumado de puertas y armario, montaje, evacuación, prueba de carga, fuga y rendimiento. Los equipos HC y no-HC se producen en la misma línea de montaje y con acceso a ambos equipos de carga, HC y HFC. Existen varias salas separadas para el premontaje de grupos de componentes, termoformado, recubrimiento de mallas de alambre y bodegas.

4.2 La producción

En un turno de 9 horas Palfridge fabrica una combinación de 150 unidades comerciales y 350 domésticas con su actual distribución y equipamiento. Esto se puede cambiar para acomodar volumen adicional si se requiere. La limitación de producción actual es de aproximadamente 800 unidades en dos turnos laborales de 9 horas cada una. La fábrica es altamente autosuficiente, manufacturando la mayor parte de sus propios componentes, tales como las unidades de condensación, estanterías y canastos de alambre, unidades de evaporación y cambiadores térmicos y de bobina.

Se usan varios formadores al vacío, usando ABS y estireno en diferentes colores, para fabricar revestimientos de puertas de refrigeradores y congeladores, accesorios y cubas plásticas para la gama comercial.

La espuma aislante PUR se transporta en camiones cisternas y se almacena en tanques a granel de 30 toneladas. Existen dos máquinas espumadoras en las cuales se inyecta el agente soplante, que proporcionan flexibilidad para usar diferentes agentes soplantes 141B o mejorando la calidad a pentano. En efecto, Palfridge está comprometido a realizarlo y probablemente lo logre en el 2012. La instalación fabril permite la producción libre de CFC y ecológicamente responsable. Los gabinetes son inertes al nitrógeno antes de la producción de espuma. Un total de 14 líneas de producción de diferentes modelos se accionan simultáneamente. Las unidades se vacían a 0,08 Torr por 20 minutos antes de inyectar el refrigerante. Con la ingeniería de calidad final y de línea de prueba, cada unidad se prueba y se revisa minuciosamente en la línea de prueba antes de envolver. Para atender las necesidades de los países desarrollados, la fábrica usa compresores con pruebas de alta calidad con un rango de alto voltaje. Las unidades apropiadas para climas tropicales también se producen para aplicaciones de altas temperaturas ambientales.




Para cubrir las necesidades del uso de refrigerante HC se cambió toda la línea de producción, incluyendo un nuevo equipo de prueba de estanqueidad, líneas de evacuación, equipo de carga y áreas de pruebas de rendimiento. El área de almacenamiento de tanques requirió una completa reconstrucción. A pesar de que muchos de estos cambios no eran totalmente necesarios para implementar HC, proporcionó una oportunidad para la compañía de rediseñar radicalmente la distribución de la fábrica, las rutas de las líneas de producción y las pruebas de los productos. Esto tuvo como resultado un proceso de manufactura más rápido lo que llevó a ahorros de energía y recursos, un mejoramiento de la calidad del producto y una importante reducción de costos.

4.3. Los productos

Palfridge fabrica una gama de unidades de refrigeración comercial independientes, tales como congeladores de botellas, congeladores, gabinetes de almacenamiento y vitrinas, como también refrigeradores y congeladores domésticos. La capacidad de los gabinetes oscila desde modelos pequeños de 50 litros a modelos más grandes de más de 2000 litros. La mayoría de los modelos tienen un tamaño de carga HC de menos de 150g, aunque algunos exceden los 300g. R290 y R600a se usan según el tipo y el tamaño del gabinete y la temperatura de funcionamiento. Aunque Palfridge usa HFCs para la mayoría de las unidades de refrigeración comercial, la reconversión exitosa de la línea de producción para refrigerantes HC ha allanado el camino para cambiar a HC en otras líneas de producción.

En general, se exportan los productos Palfridge. Al rededor del 80% va al sur y al centro de África y un 20% a países de la región sub-Sahara. Sólo unos pocos artículos se venden en Suazilandia. Palfridge produce sobre 100.000 unidades anualmente. La gama completa de productos está representada en la Tabla 6.

Tabla 6: Gama de artículos de refrigeración comercial y doméstica producida por Palfridge Ltd.

Artículos domésticos		Artículos comerciales	
	Refrigerador simple		Enfriadores de bebidas
	Congelador superior		Congelador con cubierta de vidrio
	Congelador inferior		Vitrina comercial
	Lado - a - lado		Vitrina comercial bajo el bar
	Congeladores horizontales		

4.4 Desarrollo y diseño

La transición de la línea de producción en Palfridge para atender el uso del refrigerante HC comenzó en el año 2009. La principal norma que se empleó para los artículos es la IEC 60335-2-89, sin embargo, se usó la norma europea EN 378, donde los tamaños de carga excedían los 150g. Los laboratorios locales de prueba no tienen el equipo de prueba apropiado.

do para las pruebas especificadas en IEC 60335-2-89, tales como pruebas de simulación de fuga. Por ello, GIZ introdujo el equipo especialmente para este propósito y lo modificó adecuadamente para probar los refrigeradores en las instalaciones de Palfridge bajo la supervisión de un laboratorio externo. La conformidad hacia las normas fue a través de una auto-declaración y del marcado CE de conformidad (Ver Apéndice 3). Las casas de prueba locales están usando personal de Palfridge para entrenarlos. Diversas piezas del equipo de prueba se están produciendo en la fábrica.

4.5 Producción y fabricación

Se cambió casi toda la línea de producción, incluyendo un nuevo equipo de prueba de estanqueidad, líneas de evacuación, equipo de carga y áreas de pruebas de rendimiento. El área de almacenamiento de tanques o a granel requirió una completa reconstrucción. La instalación completa fue aprobada por la Asociación Alemana para Tecnología Eléctrica, Electrónica y de Información (VDE – “Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik”). A pesar de que mucho de lo mencionado no era totalmente necesario para implementar HC, proporcionó una oportunidad de rediseñar radicalmente la distribución de la fábrica, las rutas de las líneas de producción y las pruebas de los productos. Esto tuvo como resultado un proceso de manufactura más rápido lo que llevó a ahorros de energía y recursos, un mejoramiento de la calidad del producto y una importante reducción de costos. Palfridge también ha trabajado hacia la implementación de ISO 9001, que ahora está en su lugar desde Julio de 2010. A continuación está programada la ISO 14000. La norma de laboratorio ISO 17025 también ha sido implementada desde fines del 2010. Además, en la fábrica hay un nuevo Sistema de Mantenimiento y Seguridad asistido por computador que documenta todos los mantenimientos, inspecciones y reparaciones de la instalación. Es importante destacar que al cambiar los modelos al uso HC, se hicieron varios cambios estructurales. De hecho, esto permitió una oportunidad de rediseñar todo el gabinete para favorecer el nuevo proceso de producción, mejorar el rendimiento y la calidad. Como ejemplo, para dos de los modelos, la reducción en consumo de energía es entre 30 a 40% comparado al modelo convencional, en parte por el HC y en parte por el rediseño.

4.6 Capacitación

La capacitación del personal de la línea de producción fue realizada por los proveedores de los equipos de la línea de producción. A los ingenieros de diseño y los técnicos se les proporcionó capacitación en seguridad de HC general, incluida la capacitación a un entrenador específico para que continúe capacitando en seguridad HC a los técnicos del área. Otro notable beneficio de la reconversión es el cambio en la cultura de la fábrica. Antes, la fábrica era una planta típica del “tercer mundo” con estructuras y máquinas deterioradas y con un lugar de trabajo sucio; los operadores eran dejados y la calidad era comparable a las condiciones

laborales con muy poco orgullo y autoestima. Después de la instalación de la nueva planta, ha mejorado dramáticamente la limpieza y el orden de la instalación y de los trabajadores, como también el proceso de producción funciona de manera mucho más sincronizada. El cambio más grande es que los trabajadores parecen estar orgullosos y dignificados, ayudando a contribuir a una calidad mucho más alta de los productos y del entorno laboral.

Disponibilidad de materiales de capacitación:

La publicación de GIZ “La Mejor Práctica en Refrigeración” es el único manual de capacitación didáctico que se usa para actividades de capacitación específica en RAC. Cada participante de la capacitación recibió una copia impresa de la publicación a un costo aproximado de 400 Rand (≈ \$36 USD). Para una capacitación integral en tecnologías de refrigeración comercial y doméstica, el uso de esta publicación ayuda, pero no es suficiente. Hay escasez de otros materiales importantes de capacitación, tales como:

- No existen manuales de capacitación de otros productos específicos
- Sólo existen algunos “manuales de repuestos” para descargar en el sitio Web de la compañía
- No existen guías de reparación para productos específicos y diversos temas

Palfridge aspira a proporcionar información más específica para el cliente en Internet. La compañía apreciará el apoyo adicional en cuanto a proporcionar material de capacitación específica en forma de:

1. Manual de servicio para artículos HC domésticos y para el pequeño comercio
2. Folleto sobre “Refrigeración Básica”
3. Manual para la instalación y el servicio de equipos “Solares” y 12V DC

Preocupaciones respecto al compromiso de capacitación:

Existen esfuerzos para fortalecer la capacitación vocacional y educacional (VET) en Swazilandia. El centro de capacitación visitado en Manzini, que se usa como negocio de RAC, ya es un buen comienzo, con el potencial de lograr y proporcionar un nivel más alto en la capacitación requerida. Palfridge promete apoyar los cuatro centros de capacitación existentes en Swazilandia con materiales prácticos, como proporcionar refrigeradores y congeladores, etc. Adicionalmente, existía una provisión de herramientas y equipos para RAC, que incluye equipos HC, bajo las actividades UNDP. El funcionamiento de estos Centros de Capacitación Vocacional y Educacional (VETC) depende del alto nivel de compromiso privado.

4.7 Servicios posventa

El servicio y mantenimiento se hace y se seguirá haciendo a través de técnicos internos y externos. Sin embargo, todos los técnicos relacionados a la empresa recibirán capacitación profunda y certificación en seguridad de HC. Un esquema similar de capacitación y certificación se está llevando a cabo en toda la región, particularmente enfocada a los distribuidores, para asegurar que cualquier revisión la dirija un técnico competente. Palfridge ya ha identificado a todos los técnicos del área, ha creado una base de datos y ya ha comenzado con la capacitación preliminar en los centros más grandes. El personal de Palfridge ha creado talleres de HC propios en estos centros, que incluyen equipos de servicio y sistemas de ventilación. En estos centros, los ingenieros de la fábrica entrenan a los técnicos en los aspectos teóricos y prácticos. Los capacitadores reajustan o cambian los compresores ellos mismos y recargan usando HC. Está previsto proveer a los técnicos con equipos de evacuación, de carga y de revisión.

Una segunda parte del taller contendrá un examen escrito y una prueba práctica, ambos diseñados por Palfridge. A los candidatos exitosos se les entregará un certificado de competencia. Esta capacitación se hará una vez al año y también servirá como una oportunidad para entregar información de los productos a los técnicos. Palfridge también ha comenzado a capacitar con un centro de capacitación comercial, que luego continuaría capacitando a otros técnicos existentes y aspirantes. Palfridge local también hizo varios talleres de día con estudiantes de universidades y escuelas técnicas del lugar.

Acuerdo de servicio postventa (Liquitech Co. SA):

El desarrollo técnico general de los dispositivos refrigerados, la comercialización, la puesta en común y el servicio posventa está centralmente planificada en el lugar de la fábrica en Suazilandia. En Matsapha sólo se ubican unos pocos técnicos de servicio y las instalaciones de la fábrica no cuentan con un “centro de servicio” propiamente tal. Para una provisión integral de servicios posventa, Palfridge está relacionado con la compañía especializada Liquidtech (ver Tabla 7). La mayoría de los técnicos de servicio operacional son autónomos y realizan los trabajos de reparación bajo contrato de servicio con Liquitech Co. o directamente con Palfridge.

Tabla 7: Ubicaciones de Liquitech

CIUDAD	DIRECCIÓN DE SUCURSALES DE LIQUITECH
Durban	10 Imola Road, Westmead, Pinetown, Durban
Midrand	754a , 16th Road, Randjespark, Midrand, Gauteng
Ciudad del Cabo	24 Nourse Avenue, Epping 2, Ciudad del Cabo
East London	1 Wells Road, Woodbrook, East London
Port Elizabeth	19 Gates Street, North End, Port Elizabeth
Bloemfontein	No. 11C Mckenzie Street, Old East End, Bloemfontein
Nelspruit	Unit 1 B , Parque Industrial Axis, Wilkens Street, Rockys Drift, Nelspruit
Pietersburg	5 Sapphire Street, Superbia, Polokwane
George	Unit 13, 80 Laing Street, George
Upington	No. 4 Progress Street, Industrial Area, Upington

Servicio, reparación y garantía:

En general Palfridge da garantía de 12 meses para todos los artículos, que es efectivo desde la fecha de compra. Durante este periodo, en caso de mal funcionamiento del sistema del refrigerador (excepto reposición de componentes con fallas menores como termostato, relés o interruptores), se repondrá el artículo. Intervenciones directas al ciclo refrigerante del artículo sólo se efectúan en el taller de la estación de servicio local.

Después del periodo de garantía, las reparaciones se llevan a cabo de la misma manera, pero lo hacen técnicos o compañías de mantenimiento que no son parte de la red de servicio de Palfridge. En el continente africano, la reparación de artículos de refrigeración comerciales pequeños y domésticos es de un estatus económico importante. La mayoría de las compañías, que trabajan en el área de RAC, está involucrada en estos tipos de reparaciones. El taller común es pequeño y es atendido por su propio dueño con un mínimo de personal de técnicos o ayudantes. Las destrezas promedio del personal de servicio independiente no están bien entrenadas y, en general, ellos intentan ganar conocimiento y habilidades para los servicio de RAC mediante el enfoque de aprendizaje en la práctica. Existen alrededor de 100 talleres de servicio independientes en Suazilandia y aproximadamente 10 talleres en la ciudad de Manzini.

4.8 Obstáculos

Hubo algunos obstáculos. Uno fue el tiempo que se tomó en analizar y rediseñar cada modelo de gabinete. Además, HC no estaba disponible en la localidad y muy poca gente incluso había escuchado hablar de ello. Palfridge primero tuvo que encontrar un proveedor para invertir en importar HC, lo que incluyó que el proveedor comprara tanques adicionales con la valoración del Departamento de Transporte (DOT) de EE.UU.

Con relación a la construcción de las instalaciones de producción, había muy pocos contratistas locales que podían ejecutar el trabajo cumpliendo con los requerimientos de alto nivel de seguridad de TÜV.

Otro mayor obstáculo fue cambiarles los valores a los trabajadores para que entendieran los asuntos de seguridad y que obedecieran las normas documentadas, en especial al equipo de mantenimiento. Sin embargo, los directores de compañías más grandes están captando el surgimiento de las tecnologías verdes y apoyan las actividades de Palfridge para ampliar el uso de artículos HC. Los constantes esfuerzos en la provisión de capacitación demuestran un aumento en el nivel de la calidad del servicio global y las ventas de los productos. Las actividades de capacitación incluyen la capacitación de capacitadores, la capacitación de técnicos y la capacitación de representantes de ventas en el conocimiento del producto. La difusión de destrezas y conocimiento ganados para técnicos y otro personal involucrado en ventas es medible, pero los esfuerzos se deben ampliar.

El reciclaje de refrigeradores y congeladores es una gran preocupación. Para el tratamiento al final de la vida útil no existe un proveedor de última generación de reciclaje de refrigeradores en Suazilandia. Recientemente se instaló un proveedor de servicios de reciclaje en el país vecino, en Sudáfrica. La compañía “Air Products” fabrica equipos criogénicos para regenerar CFC y propelentes ciclopentanos del aislante que se libera durante el proceso de reciclaje de refrigeradores. La unidad usa nitrógeno líquido en un cambiador de calor de baja temperatura patentado para enfriar y capturar el ODS, que se libera al aplastar los refrigeradores y congeladores.

NOTAS ADICIONALES Y REFERENCIAS RECOMENDADAS

NOTA ADICIONAL 1:

Artículos con una carga de menos de 150 g de refrigerante de hidrocarburo en cada circuito de refrigerante separado pueden ser diseñados y evaluados bajo la norma IEC 60335-2-89:2002+A2:2007 (o EN 60335-2-89:2002+A2:2007), “Artículos eléctricos de hogar y similares – Seguridad – Parte 2-89: Requisitos particulares para artículos de refrigeración comercial con una unidad o un compresor de condensación de refrigerante incorporado o remoto”.

Los requisitos específicos para sistemas que usan refrigerantes HC están descritos en las siguientes cláusulas:

Cláusula 4: en relación a información sobre “Requisitos generales”, en particular NOTA 101

Cláusula 5: en relación a “Condiciones generales para las pruebas”, en particular NOTA 5.101

Cláusula 7: en relación a “Señalización e instrucciones”, en particular Cláusulas 7.1, 7.12, 7.15

Cláusula 22: en relación a “Construcción”, en particular Cláusulas 22.7, 22.105, 22.106, 22.107, 22.108, 22.109, 22.114

Artículos con una carga de más de 150 g de refrigerante de hidrocarburo en cada circuito de refrigerante separado pueden ser diseñados y evaluados bajo la norma EN 378 “Sistemas de refrigeración y bombas de calor – Requisitos de seguridad y medio ambiente”, Partes 1 y 2.

NOTA ADICIONAL 2:

Es importante indicar que toda esta guía tiene como referencia regulaciones, directivas y normas europeas, que, por un lado, se han utilizado por conveniencia, pero por otro, también porque se sabe que son reglas efectivas y bien probadas. En muchos países en los cuales existen reglas equivalentes, se deben identificar y aplicar en consecuencia. Donde no existen tales reglas, sería por ello responsable seguir reglas (como las de Europa).

REFERENCIAS RECOMENDADAS:

1. Charter, M. and Polonsky, M. J., 1999: Greener Marketing: A global perspective on green marketing practice. (Una perspectiva global de la práctica de marketing verde.) 2nd Ed. Greenleaf Publishing Limited, UK. 167p
2. Colbourne, D.; Hühren, R.; Schrempf, B., 2010: Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants – A handbook for engineers, technicians, trainers and policy-makers. (Directrices para el uso seguro de refrigerantes de hidrocarburo – Un manual para ingenieros, técnicos, capacitadores y responsables de las políticas.) Publicación de GTZ Proklima, Alemania. Hasse and Benton (Eds.). 315p
3. Croiset, I. C.; Lechtenböhrer, C.; Nassano, P., 2011: Guidelines for the safe use of flammable blowing agents in the production of extruded polystyrene boards (XPS). (Directrices para el uso seguro de agentes espumantes inflamables en la producción de tablas de poliestireno extruido (XPS)) (En progreso)
4. European Diisocyanate & Polyol Production Association, ISOPA. URL: <http://www.isopa.org/isopa/>
5. GIZ Proklima, 2011: Guidelines for the Safe Use of Flammable Refrigerants in the Production of Room Air Conditioners. (Directrices para el uso seguro de refrigerantes inflamables en la producción de acondicionadores de aire) Un manual para ingenieros, técnicos, capacitadores y responsables de las políticas. Para refrescarse de manera respetuosa con el clima. (En progreso)
6. Hühren, R., 2011: Training Manual: Servicing hermetically sealed systems using hydrocarbon refrigerant. (Mantenimiento de sistemas sellados herméticamente mediante el uso de refrigerante de hidrocarburo.) (En progreso)
7. Hühren, R., 2010: Good Practices in Refrigeration. (Buenas prácticas en refrigeración) Publicación de GTZ Proklima, Alemania. Hasse, V. (Eds). 180p

APÉNDICES

APÉNDICE 1: EXPLICACIÓN DE GWP Y ODP DE REFRIGERADORES COMUNES

APÉNDICE 2: APROXIMACIÓN A CÁLCULOS DE EMISIONES

APÉNDICE 3: REQUISITO PARA ÁREAS PELIGROSAS

APÉNDICE 4: CONTENIDOS PARA NORMA DE CAPACITACIÓN EN REFRIGERACIÓN

APÉNDICE 5: CRITERIO DE VALORACIÓN DE EJEMPLO PARA TÉCNICOS

APÉNDICE 1: EXPLICACIÓN DE GWP Y ODP DE REFRIGERADORES COMUNES

Introducción

El PCG de un gas depende de la eficiencia de la molécula, como un GEI, en atrapar radiación y su vida atmosférica, y se mide en relación a la misma masa de CO₂ y se evalúa por una escala de tiempo específica. De este modo, si un gas tiene un forzamiento radioactivo alto y a la vez tiene una vida corta, tendrá un gran PCG en una escala de tiempo de 20 años, pero tendrá un bajo PCG en un periodo de 100 años, debido a su degradación en la atmósfera a través de las reacciones químicas.⁴³ A la inversa, si una molécula tiene una vida atmosférica más larga que el CO₂, su PCG aumentará con la escala de tiempo considerada.

SACOs son sustancias químicas tales como halógenos y gases fluorados que contribuyen a la destrucción catalítica de la atmósfera de la Tierra o la capa de ozono. La fuente principal de estas sustancias es la liberación de refrigerantes halógenos hechos por el hombre, tales como CFCs, freónes y halones. El PAO de estos compuestos químicos es la cantidad relativa de la degradación que puede causar a la capa de ozono en una determinada escala de tiempo. La capa de ozono impide que las longitudes de onda UVB (280–315nm) más dañinas de la luz ultravioleta (luz UV) pasen por la atmósfera de la Tierra⁴⁰. La exposición a dicha luz causa cáncer a la piel, cataratas, daño en plantas y reducción de la población de plancton en la zona fótica de océanos.

Las disminuciones observadas y proyectadas del ozono han generado preocupación mundial, lo que han llevado a la aprobación del Protocolo de Montreal, que prohíbe la producción de CFCs, halones y otros químicos que agotan el ozono. La tabla A1-1 ilustra el PCG y el PAO de refrigerantes y agentes espumantes usados comúnmente en la refrigeración doméstica y comercial según diferentes literaturas y cálculos.

Tabla A1-1: PCG y PAO de diferentes agentes espumantes y refrigerantes

	Com- posición	Vida (años)	PCG [†] para cierto horizonte temporal			PAO ^{††}	Fuente
			20 años	100 años	500 años		
Blowing agents							
R-11	CFC-11	45	6 730	4 750	1 620	1	IPCC, 2007
HFC-245fa		8	3 380	1 030	314	0	IPCC, 2007
HFC-365mcf		9	2 520	794	241	0	IPCC, 2007
HCFC-141b	HCFC	9	2 250	725	220	0.11	
Ciclopentano		0.44		<25		0	IPCC/ TEAP, 2005
Metilal				<25		0	
Formato Metílico				<25		0	
HFO-1234ze	HFC			6		0	

† Potencial del Calentamiento Atmosférico

†† Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono

Tabla A1-1: GWP and ODP of various blowing agents and refrigerants

	Composición	Vida (años)	PCG ⁺ para cierto horizonte temporal			PAO	Fuente
			20 años	100 años	500 años		
Refrigerants							
R32	HFC	5	2 330	675	205	0	IPCC, 2007
R22	HCFC	12	5 160	1 810	549	0.055	IPCC, 2007
R12	CFC-12	100	11 000	10 900	5 200	1	USEPA, 2010
R134a	HFC	14	3 830	1 430	435	0	IPCC, 2007
R1234yf	HFCs no saturados			4		0	USEPA, 2010
R502	CFC-115: 51.2% HCFC-22: 48.8%		5 237	4 657	5 383	0.334	
R507a	HFC-125: 50% HFC-134a: 50%		5 090	2 465	767	0	
R404a	Mezcla HFC 125: 44% HFC-134a: 4% HFC-143a: 52%		6 010	3 922	1 328	0	
R407a	HFC-32: 20% HFC-125: 40% HFC-134a: 40%		4 358	2 107	655	0	
R407c	Mezcla HFC HFC-32: 23% HFC-125: 25% HFC-134a: 52%		4 115	1 774	548	0	
R600a	Isobutano	insignificante	insignificante	3	0	0	IPCC/TEAP, 2005
R290	Propano	insignificante	insignificante	3.3	0	0	IPCC/TEAP, 2005
R1270	Propileno	insignificante	insignificante	1.8	0	0	IPCC/TEAP, 2005
R744	CO ₂	1	1	1	1	0	IPCC, 2007
R717	Amoníaco	Pocos días	0	0	0	0	IPCC/TEAP, 2005

APÉNDICE 2: APROXIMACIÓN A CÁLCULOS DE EMISIONES

Introducción

Hay diferentes fuentes de emisiones ya sea directas o indirectas, que ocurren durante la producción, el uso y al final de la vida útil de los equipos, que deben ser consideradas. Esto requiere una aproximación sistemática que sea creíble en su exactitud científica, como también que sea practicable y aplicable en la realidad. Este capítulo se enfoca en cómo calcular las emisiones y demostrar la eficiencia energética antes de hacer cambios en el sistema.

‘Aproximación a cálculos de emisiones’ proporciona una metodología general para cuantificar emisiones de referencia (Sección A2-1) y proyectar las emisiones de actividad que ocurren en el transcurso de los cambios (Sección A2-2). El cálculo para reducir emisiones se muestra en la Sección A2-3. Para asegurar el logro de las reducciones de emisiones y la mantención de la eficiencia energética del nuevo sistema, el monitoreo de parámetros importantes es un paso vital. Sin embargo, hay parámetros que se deben determinar sólo una vez al comienzo del proyecto. Estos permanecen constantes durante el curso de la actividad de reconversión, mientras que hay otros que deben ser monitoreados y registrados continuamente en base anual. La sección A2-4 esboza una guía general para el monitoreo sistemático de parámetros aplicables en cálculos de emisiones.

Existen dos escenarios, de referencia y de la actividad del proyecto, cada una presenta seis aspectos, dos de cada una para la producción, el uso y la eliminación. El escenario de referencia supone el uso continuo de refrigerantes de alto PCG para la fabricación de equipos de enfriamiento, permaneciendo el consumo energético sin cambios. La actividad del proyecto se relaciona con el proceso de reconversión, donde se usan refrigerantes de hidrocarburo respetuosos con el clima, que también tiene un impacto en el consumo energético, particularmente durante el uso de los equipos. La tabla A2-1 proporciona un resumen de los escenarios que están descritos detalladamente en las siguientes secciones.

Tabla A2-1: Descripción del escenario de emisiones[‡]

Fuentes de emisiones		Escenario de referencia	Escenario de actividad del proyecto
Producción	Directo: fuga física de refrigerantes, pérdidas durante la carga y emisiones de reparaciones	A1a	B1a
	Indirecto: consumo energético, supuesto sin cambios	A1b	B1b
Uso	Directo: tasa de mantenimiento y reparación	A2a	B2a
	Indirecto: consumo energético del uso de los equipos	A2b	B2b
Eliminación ^{**}	Directo: refrigerante inicial, que fue rellenado durante los servicios, liberado al final de la vida del equipo	A3a	B3a
	Indirecto: consumo energético, bajo el supuesto de que no esté afectado por la actividad del proyecto	A3b	B3b

[‡] Existen dos escenarios, de referencia y de actividad del proyecto, cada uno presenta seis aspectos, dos de los cuales para la producción, el uso y la demolición.

^{**} La eliminación puede implicar el reciclaje, la deconstrucción o simplemente vertimiento. De hecho, esto debería ser parte de las emisiones del fin de vida útil, que dependerá del contenido del refrigerante residual al final de la vida útil de la unidad y las prácticas en el país.

Se debiera mencionar que las emisiones de los agentes espumantes no están incluidas en las ecuaciones ilustradas. Sin embargo, esto es importante en la contabilidad de las emisiones totales y por ello se debiera incluir en los cálculos. Se dan referencias de ser aplicable.

2.1 Emisiones de referencia (base)

Preparar una metodología para la contabilidad de emisiones es un equilibrio entre exactitud científica y practicabilidad. Las simplificaciones son inevitables para mantener el procedimiento aplicable en la realidad. El desafío es una determinación realista, sin embargo practicable, de las emisiones de referencia. La mayor restricción es la disponibilidad limitada de datos con respecto a la referencia, ya que estos datos debieron haber sido reunidos en el pasado, incluso antes de haber ideado la actividad del proyecto.

Las siguientes simplificaciones se han hecho para esta metodología: El escenario de referencia es el estado de la tecnología de producción y de las prácticas en el momento de reposición y permanece constante durante todo el período de cálculo. Esta aproximación es diferente a la determinación de referencia dentro del marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), donde el escenario de referencia es dinámico e incluye el desarrollo más probable sin la actividad de proyecto. Esto es para asegurar adicionalidad dentro del MDL. Sin embargo, probar la adicionalidad en este estricto sentido no se requiere para el alcance de contabilidad de emisiones durante un cambio en la línea de producción, ya que con tal actividad no se ganan créditos de carbono para el mercado de compensación. Esta aproximación estática simplifica el cálculo y reduce la cantidad de datos requeridos sin desviarse mucho al sobre o sub-estimar la referencia.

Los datos para describir la producción de referencia debe ser suplida por la compañía productora que podría no haber tenido un sistema de monitoreo integral en orden. Especialmente en países en desarrollo, la disponibilidad de datos puede ser limitada. Por ello puede suceder que los datos respecto a las tasas de pérdida de refrigerante durante la producción o reparación están determinados en base a “experiencia”. Esta es la realidad y para calcular la reducción de emisiones uno tiene que usar lo que está disponible. Sin embargo, el debido cuidado debe ejercitarse en no sobreestimar la reducción de emisiones.

Como la actividad de proyecto principal es sustituir artículos que contienen HFC, la reducción de emisiones se calcula en base a ex-post sobre el número de artículos realmente producidos y vendidos. Para el cálculo ex-ante, se pueden usar los datos de producción del último año disponible. El alcance de esta metodología cubre la reconversión de la producción de artículos de refrigeración doméstica y comercial hasta refrigerantes con bajo PCG. El cálculo de las reducciones de emisiones asociadas, como se explicó en la Sección A2-3, luego incluirá las fuentes GHG de pérdidas de refrigerante y de la central eléctrica, que suministra la red, para los escenarios de referencia y de actividad de proyecto.

Las emisiones de referencia resultan del refrigerante despedido y de la producción eléctrica necesaria para hacer funcionar los artículos. La cantidad de emisiones directas de refrigerantes y agentes espumantes se calcula de las pérdidas durante la producción, los rellenos durante el mantenimiento y finalmente la emisión al final de la vida del producto, cuando se liberan los contenidos refrigerantes durante la eliminación o la demolición mecánica.

Mientras se adapta el diseño técnico de los artículos al nuevo refrigerante, también se intenta mejorar la eficiencia energética. El cambio esperado del consumo energético es la razón por la cual se incluye el consumo de energía en el cálculo de referencia. Las emisiones se determinan en base a su tiempo de ocurrencia durante la etapa de producción, el uso y la eliminación.

Así, el total de las emisiones de referencia se calculan usando la ecuación (1):

$$BE_{total} = BE_{ref,prod} + BE_{ref,uso} + BE_{elec,uso} + BE_{ref,elim} \quad (1)$$

donde,

BE_{total}	representa el total de las emisiones de referencia
$BE_{ref,prod}$	representa las emisiones de referencia del refrigerante durante la producción
$BE_{ref,uso}$	representa las emisiones de referencia del refrigerante durante el uso
$BE_{elec,uso}$	representa las emisiones de referencia del consumo energético durante el uso
$BE_{ref,elim}$	representa las emisiones de referencia del refrigerante en la eliminación

Escenario A1a: Emisiones directas de referencia durante la producción

Emisiones de refrigerante:

Las emisiones directas durante la producción surgen de pérdidas debido a lo siguiente:

- Fuga física de refrigerante del sistema de distribución de la fábrica;
- Pérdidas en el cabezal de carga durante el proceso de carga, y
- Las emisiones refrigerantes de las unidades que no pasan la prueba de funcionalidad y necesitan reparación que involucra ventilación del refrigerante.

Se debe mencionar que las emisiones durante la elaboración del refrigerante, su distribución y hasta la recepción del refrigerante en la fábrica son importantes y deberían incluirse en la contabilidad de emisiones.

La emisión debido a pérdidas de elaboración se puede calcular en base al factor de emisión (EF_{prod}) emitido por las Directrices de los Inventarios de Gas de Efecto Invernadero Nacional (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) IPCC 2006⁴⁴ o determinado en base a los datos de producción histórica.

OPCIÓN 1

Usar los valores predeterminados para los factores de emisión presentados en las Directrices de los Inventarios de Gas de Efecto Invernadero Nacional IPCC 2006. El valor más bajo se refiere a países desarrollados, el valor más alto, a países en desarrollo:

Refrigeración doméstica: $0.002 \leq EF_{prod} \leq 0.01$

Artículos comerciales autónomos: $0.005 \leq EF_{prod} \leq 0.03$

Las emisiones de refrigerante de referencia durante la producción se calculan de forma separada para los artículos domésticos y comerciales usando la ecuación (2):

$$BE_{ref,prod} = \sum_r EF_{prod} \times TIC_{ref,r} \times GWP_{ref,r} \quad (2)$$

where

$$TIC_{ref,r} = \sum_i \frac{N_i \times C_i}{1000}$$

y,

- $BE_{ref,prod}$ representa las emisiones de referencia que resultan de las pérdidas de refrigerante durante la producción [t CO₂]
- r representa todos los tipos de refrigerantes usados para la producción de los modelos
- EF_{prod} representa el factor de emisión de la producción
- $TIC_{ref,r}$ representa el total de la carga inicial de refrigerante por tipo de refrigerante [t]
- $GWP_{ref,r}$ representa el potencial de calentamiento global (PCG) del refrigerante r [t CO₂e/t ref]
- i representa todos los modelos producidos
- N_i representa el número de artículos producidos del modelo i
- C_i representa el contenido de refrigerante del modelo i [kg]

OPCIÓN 2

Determina las pérdidas de refrigerante durante la producción usando datos específicos de la fábrica en forma transparente.

Escenario A1b: Emisiones indirectas de referencia durante la producción

Consumo energético:

El consumo de energía eléctrica de la línea de producción es supuestamente la misma para la actividad de proyecto y la de referencia, así que se puede excluir del cálculo.

Escenario A2a: Emisiones directas de referencia durante el uso

Refrigerante:

Las emisiones del mantenimiento surgen de fugas y ventilación del circuito refrigerante antes de la reparación, como también durante la actividad de la reparación. Muchas emisiones mencionadas en el último caso ocurren, por ejemplo si se necesita cambiar un compresor. Los técnicos generalmente cortarán el tubo, liberan todo el refrigerante, reponen el compresor,

recargan el sistema, encuentran que no lo han sellado adecuadamente, y liberan más gas. Al transferir refrigerante hacia o desde el sistema, muchas veces ocurren emisiones imprevistas al conectar y desconectar las mangueras. Para sistemas más pequeños se despiden al menos la misma cantidad de gas durante estas actividades que la que falta en los sistemas.

La tasa de reparación es la fracción de los artículos de refrigeración producidos durante un año que han sido reparados con una recarga de refrigerante, y se basa en datos empíricos que cubren los artículos reparados que involucran ventilación y recarga de refrigerante. En caso de que la cantidad necesaria de datos empíricos no esté disponible, las emisiones debido a la reparación pueden excluirse del cálculo, como se da en la ecuación (3).

$$BE_{ref,uso} = \sum_r FRR \times TIC_{ref,r} \times GWP_{ref,r} \quad (3)$$

donde, FRR se refiere a la tasa de reparación, la fracción anual de artículos de refrigeración reparados que se producen durante el año..

Escenario A2b: Emisiones indirectas de referencia durante el uso

Consumo energético:

Las emisiones indirectas durante el uso de los artículos surgen de su consumo energético. Hay compañías que venden sus artículos en diferentes países, algunos de los cuales tienen factores de emisiones significativamente diferentes. Esto debiera tomarse en cuenta. Por ello, las emisiones de referencia anual se calculan como producto de consumo eléctrico y el factor de emisión por generación de electricidad, como se ilustra en la ecuación (4):

$$BE_{elec,uso} = \sum_j \left(\sum_i \frac{EC_i \times N_i}{1000} \right) EF_j \times CP_j \quad (4)$$

donde,

$BE_{elec,uso}$	son las emisiones de referencia del consumo energético durante el uso [t CO ₂]
EC_i	es el consumo eléctrico promedio del modelo i por año [kWh]
N_i	es el número de artículos producidos del modelo i
EF_j	es el factor de emisión por electricidad para el país j [t CO ₂ /MWh]
CP_j	es la proporción de artículos que se venden en el país j

Determinación de factores de emisión de red eléctrica:

El factor de emisión de red eléctrica se calcula de acuerdo a la “Herramienta para calcular el factor de emisión para un sistema eléctrico⁴⁵”, Versión 01.1 emitido por el Directorio Ejecutivo del MDL.

Escenario A3a: Emisiones directas de referencia durante la eliminación

En países donde la infraestructura de reciclaje no está en orden, los gases contenidos en los gabinetes se liberan a la atmósfera al final de la vida del producto. Incluso donde funciona el reciclaje, los procesos nunca son 100% efectivos en la recuperación completa del refrigerante. Además, se ha descubierto que muchas veces hay pérdidas significativas (entre 10 - >50%) de emisiones al recoger y transportar artículos, ¡incluso antes de que lleguen a los centros de reciclaje!

Por simplificación, las pérdidas graduales menores durante la vida del producto puede que quede desatendido y se asume la carga inicial total como emitida en el tratamiento del final de la vida útil, que puede involucrar la destrucción mecánica del gabinete para retirar las piezas metálicas que luego pueden venderse como metal chatarra.

Refrigerante:

En la eliminación, la cantidad de refrigerante con la que el gabinete fue llenado inicialmente, o rellenado durante el mantenimiento, es liberada a la atmósfera. Así, las emisiones de refrigerante en la eliminación se pueden determinar usando la ecuación (5):

$$BE_{ref,elim} = TIC_{ref} \times GWP_{ref}$$

donde, (5)

$$TIC_{ref} = \sum_i \frac{N_i \times C_i}{1000}$$

y

- $BE_{ref,elim}$ son las emisiones de referencia del refrigerante en la eliminación
- GWP_{ref} es el potencial de calentamiento global (PCG) del refrigerante r [t CO₂e/t ref]
- TIC_{ref} es el total de la carga inicial de refrigerante [t]
- i son todos los modelos producidos
- N_i es el número de artículos producidos del modelo i
- C_i es el contenido de refrigerante del modelo i [kg]

Escenario A3b: Emisiones indirectas de referencia durante la eliminación

Consumo energético:

Las emisiones indirectas en el momento de eliminación no son afectadas por la actividad de proyecto y por eso se puede desatender.

2.2 Emisiones de actividad de proyecto

Las emisiones de la actividad de proyecto o el proceso de reconversión emanan principalmente del consumo de energía durante el uso de los gabinetes del refrigerador. Para completar se incluyen las emisiones debido al refrigerante, aunque su PCG sea muy bajo. Las emisiones totales producidas en el transcurso del proyecto en tCO₂ se calculan usando la ecuación (6):

$$PE_{total} = PE_{ref, prod} + PE_{ref, uso} + PE_{elec, uso} + PE_{ref, disp} \quad (6)$$

donde,

PE_{total}	representa el total de las emisiones debido a las actividades de proyecto
$PE_{ref, prod}$	representa las emisiones de la actividad de proyecto del refrigerante durante la producción
$PE_{ref, uso}$	representa las emisiones de la actividad de proyecto del refrigerante durante el uso
$PE_{elec, uso}$	representa las emisiones de la actividad de proyecto del consumo de energía durante el uso
$PE_{ref, disp}$	representa las emisiones de la actividad de proyecto del refrigerante en la eliminación

Se debiera mencionar que las emisiones de los agentes espumantes también se deben incluir en las emisiones de actividad.

Escenario B1a: Emisiones directas de la actividad de proyecto durante la producción

Emisiones de refrigerante:

El procedimiento permanece igual al que se aplica en el de referencia, ya que se supone que el proceso de producción no cambia significativamente debido al cambio de refrigerante. Las emisiones debido a pérdidas de elaboración de proyecto ($EF_{prod, prod}$ en la ecuación (2)) se pueden calcular usando dos opciones: 1 – basado en el factor de emisiones dado por las Directrices de los Inventarios de Gas de Efecto Invernadero Nacional IPCC 2006, o 2 – basado en los datos de la producción histórica del elaborador..

OPCIÓN 1

La opción 1 usa los valores predeterminados para los factores de emisión presentados en las Directrices de los Inventarios de Gas de Efecto Invernadero Nacional IPCC 2006. El valor más bajo se refiere a países desarrollados, el valor más alto, a países en desarrollo:

Refrigeración doméstica: $0.002 \leq EF_{prod} \leq 0.01$

Artículos comerciales autónomos: $0.005 \leq EF_{prod} \leq 0.03$

Las emisiones durante la actividad de producción de proyecto se calculan de forma separada para los artículos domésticos y comerciales usando la ecuación (7):

$$PE_{ref, prod} = \sum_r EF_{prod} \times TIC_{ref, r} \times GWP_{ref, r} \quad (7)$$

con

$$TIC_{ref, r} = \sum_i \frac{N_i \times C_i}{1000}$$

y

- $PE_{ref, prod}$ representa las emisiones que resultan de las pérdidas de refrigerante durante la producción en el momento del proyecto [t CO₂]
- r representa todos los tipos de refrigerantes usados para la producción de diferentes modelos
- EF_{prod} representa el factor de emisiones de la producción
- $TIC_{ref, r}$ representa el total de la carga inicial de refrigerante por tipo [t]
- $GWP_{ref, r}$ representa el potencial de calentamiento global del refrigerante r [t CO₂e/t ref]
- i representa todos los modelos de refrigerante producidos
- N_i representa el contenido de refrigerante del modelo i [kg]

OPCIÓN 2

Determina las pérdidas de refrigerante durante la producción usando datos específicos de la fábrica en forma transparente.

Escenario B1b: Emisiones indirectas de la actividad de proyecto durante la producción

El consumo de energía eléctrica de la línea de producción puede ser supuestamente la misma que la de la actividad de proyecto y la de referencia, y por ello se puede excluir del cálculo.

Escenario B2a: Emisiones directas de la actividad del proyecto durante el uso – Emisiones directas

Refrigerante:

El procedimiento permanece igual al que se aplica en el de referencia, ya que se supone que las tasas de reparación no cambian significativamente debido al cambio de refrigerante. Las emisiones de la mantención surgen de las fugas y de la ventilación del circuito del refrigerante antes de la reparación. La tasa de reparación es la fracción de los artículos de refrigeración

producidos durante un año y se basa en datos empíricos. Las emisiones de refrigerante del uso de artículos se calculan usando la ecuación (8).

$$PE_{ref,uso} = \sum_r FRR \times TIC_{ref,r} \times GWP_{ref,r} \quad (8)$$

donde, FRR es la tasa de reparación, la fracción de artículos de refrigeración reparados que se producen durante el año.

Escenario B2b: Emisiones indirectas de la actividad de proyecto durante el uso

Consumo energético :

Las emisiones anuales debido a la actividad de proyecto se calculan como producto de consumo eléctrico y el factor de emisión por generación de electricidad, de acuerdo a la ecuación (9):

$$PE_{elec} = \sum_i \frac{EC_i \times N_i \times EF}{1000} \quad (9)$$

donde,

- PE_{elec} con las emisiones debido a las actividades de proyecto [t CO₂]
- EF es el factor de emisiones por electricidad [t CO₂/MWh]
- EC_i es el consumo eléctrico promedio del modelo i durante el proyecto por año [kWh]
- N_i es el número de artículos del modelo i producido durante el proyecto

Escenario B3a: Emisiones directas de la actividad de proyecto en la eliminación

Refrigerante:

En la eliminación de la unidad, la cantidad de refrigerante con la que el gabinete fue llenado inicialmente, o rellenado durante el mantenimiento, es liberada a la atmósfera. Esto se calcula usando la ecuación (10):

$$PE_{ref,disp} = TIC_{ref} \times GWP_{ref} \quad (10)$$

donde,

- $PE_{ref,disp}$ es las emisiones de la actividad de proyecto del refrigerante en la eliminación
- GWP_{ref} es el potencial de calentamiento global del refrigerante r [t CO₂/t ref]

con

$$TIC_{ref} = \sum_i \frac{N_i \times C_i}{1000}$$

donde,

TIC_{ref} es el total de la carga inicial de refrigerante [t]

i son todos los modelos producidos

N_i es el número de artículos producidos del modelo i

C_i es el contenido de refrigerante del modelo i [kg]

Escenario B3b: Emisiones indirectas de la actividad de proyecto en la eliminación

Consumo energético:

No existen emisiones indirectas de las unidades que se eliminan que sean afectadas por la actividad de proyecto.

2.3 Reducción de emisiones

La reducción de emisiones se calcula como la diferencia entre las emisiones de referencia y las de la actividad de proyecto usando la ecuación (11).

$$ER = BE_{total} - PE_{total} \quad (11)$$

donde,

ER es el total de la reducción de emisiones [t CO₂e]

BE_{total} es el total de las emisiones de referencia [t CO₂e]

PE_{total} es el total de las emisiones proyectadas [t CO₂e]

2.4 Monitoreo de parámetros

Para hacer estimaciones sólidas de las emisiones, es necesario el monitoreo de parámetros. Sin embargo,, existen parámetros que sólo se determinan una vez al inicio del proyecto y quedan constantes durante la actividad del proyecto. Estos se establecen en la Tabla A2-2. Otros, como se expone en la Tabla A2-3, se deben monitorear continuamente y anotar en un informe de cambios anualmente.

Tabla A2-2: Parámetros que quedan constantes

Parámetro	Unidad	Descripción	Fuente
GWP_{ref}	t CO ₂ e/t ref	Potencial del calentamiento global para refrigerantes	Informe ⁷ IPCC / TEAP SR0C
EF_{prod}		Factor de emisiones por pérdidas durante la producción	IPCC 2006
EF_{uso}		Factor de emisiones por pérdidas durante la operación (fugas y mantenimiento)	IPCC 2006

Tabla A2-2: Parámetros recomendados monitorear

Parámetro	Unidad	Descripción	Intervalo de monitoreo	Fuente
N_i		Número de gabinetes producidos monitoreados separadamente para cada modelo	Anual	Informe de fábrica
$C_{ref, i}$	kg	Contenido de refrigerante del modelo i	Determinado una vez por cada modelo	Informe de fábrica
EC_i	kWh/y	Consumo eléctrico promedio del modelo i por año	Determinado una vez por cada modelo	Informe de prueba
FRR	kgCO ₂ /kWh	Tasa de reparación anual	Anual	Informe de fábrica
EF		Factor de emisiones por electricidad	Anual	Proveedor de energía u otra fuente confiable*

* For example, EIA or IPCC

APÉNDICE 3 REQUISITO PARA ÁREAS PELIGROSAS

Dentro de Europa, existen dos directivas que especifican los medios para manejar situaciones en las cuales hay posibilidad de peligro o atmósferas potencialmente explosivas. Estas dos directivas tratan de (i) requerimientos mínimos para mejorar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores que están potencialmente en riesgo de atmósferas explosivas y (ii) respecto a los sistemas de protección y equipos que sirven para el uso en atmósferas potencialmente explosivas. A éstas se les llama colectivamente directivas “ATEX” (de Atmósferas Explosivas). Existen varias normas europeas que están armonizadas con las directivas ATEX que tratan con una variedad de diferentes requisitos que se relacionan con atmósferas peligrosas, tales como requerimientos para la clasificación Ex de los equipos. Equipos clasificados de explosivos se simbolizan usando el signo EX, como lo grafica la figura A3-1.

Figura A3-1 Símbolo para indicar las áreas ATEX en un lugar de trabajo



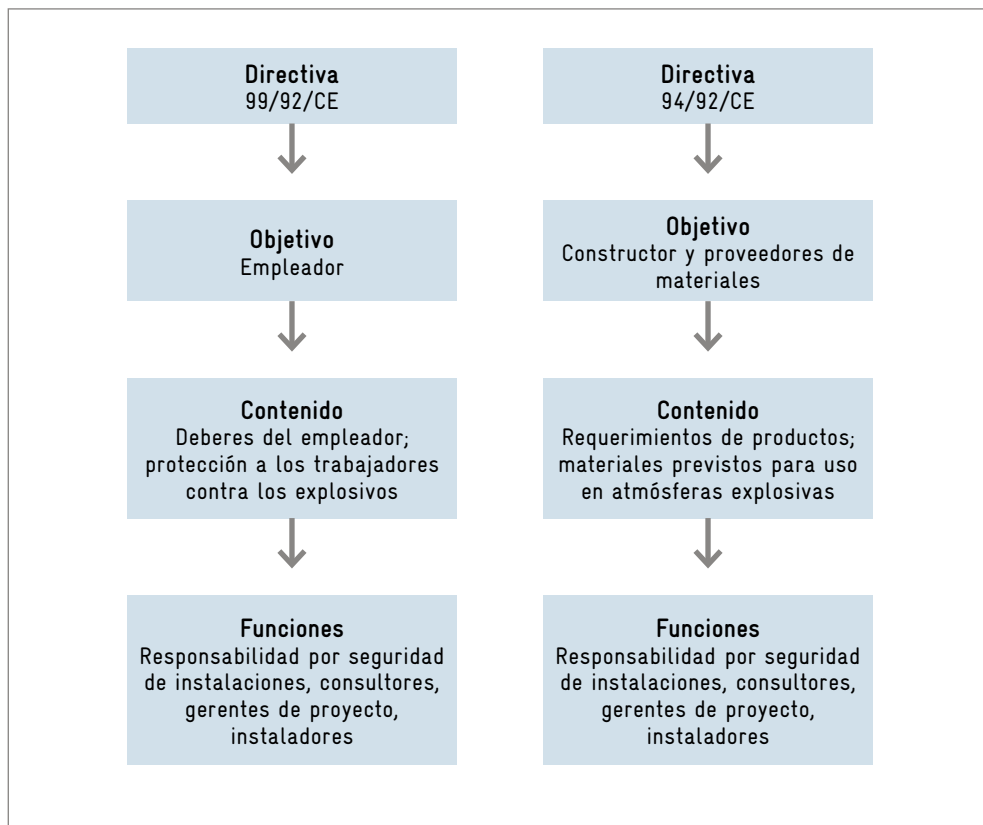
En un sitio de trabajo, sea en un espacio abierto o cerrado, donde haya presencia de sustancias inflamables en grandes o pequeñas cantidades, almacenadas o en uso, se debe considerar el ambiente y procesos bajo las directivas ATEX.

Es importante enfatizar que las directivas ATEX no necesariamente contemplan la construcción de equipos o instalaciones especializadas. Más bien son una manera de saber si nos encontramos en un área de peligro y si es necesario comportarse de una manera apropiada y/o usar el equipo designado, hecho de acuerdo a las normas.

Las directivas, representadas en el diagrama en la Figura A3-2, aplicadas para sitios de trabajo con riesgo explosivo son:

- 99/92/CE que establece las normas para la protección de los trabajadores, y
- 94/9/CE que establece las normas para los materiales y equipos designados para el uso en áreas potencialmente explosivas.

Figura A3-2: Directivas aplicadas a sitios de trabajo con riesgo de atmósferas explosivas



Conformidad de Directiva 99/92/CE

Identificar y comprender los problemas que surgen del uso de sustancias inflamables en una instalación es primordial para la seguridad de todo el personal involucrado. La directiva 99/92/CE establece las consideraciones para la protección de los trabajadores. Se pueden tomar dos amplios pasos: primero, identificar las áreas peligrosas en el sitio de trabajo y clasificar las áreas de acuerdo con las zonas estándar; segundo, evaluar los riesgos de explosión, que involucra considerar y analizar todas las áreas y situaciones posibles propensas a una explosión, y tomar las medidas para la prevención.

PASO 1: Identificar áreas de peligro

Una vez que se haya tomado la opción de la sustancia inflamable para el ciclo de producción, es importante, como primer paso, evaluar dónde, cómo y de qué forma aparecerán las áreas peligrosas. Esto se hace aplicando la Directiva 99/92/CE de la siguiente manera:

1. Identificar las sustancias inflamables usadas en el proceso.
2. Aplicar la norma EN 60079-10-1 para atmósferas explosivas en forma de gas, vaho o vapores.
3. Redactar un documento en el cual se indican las áreas peligrosas como una función del estado físico de la sustancia y la frecuencia y duración de una atmósfera explosiva.

El documento consiste de un informe editado por un experto en el campo acompañado por un plano de la instalación indicando las áreas definidas como peligrosas. Las áreas de peligro se clasifican por el tipo de gas inflamable, vapor y/o vaho presente y se dividen en tres clases de zonas o áreas, que se muestran en la Tabla A3-1.

Tabla A3-1: Zonas de peligro

ZONAS	NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA
0	Alto	Presencia de una atmósfera explosiva constante por largos períodos de tiempo. En otras palabras, el área que está constantemente con una mezcla de aire y sustancia inflamable en forma de gas, vapor o vaho.
1	Mediano	Áreas en las cuales la formación de una constante atmósfera explosiva con una mezcla de aire y sustancia inflamable en forma de gas, vapor o vaho puede ocurrir ocasionalmente.
2	Bajo	Áreas en las cuales durante una actividad normal no ocurrirá la formación de una constante atmósfera explosiva con una mezcla de aire y sustancia inflamable en forma de gas, vapor o vaho. Si ocurre, sería debido a un malfuncionamiento o algún daño, y la duración sería sólo por un período corto.

PASO 2: Evaluar riesgo de explosión

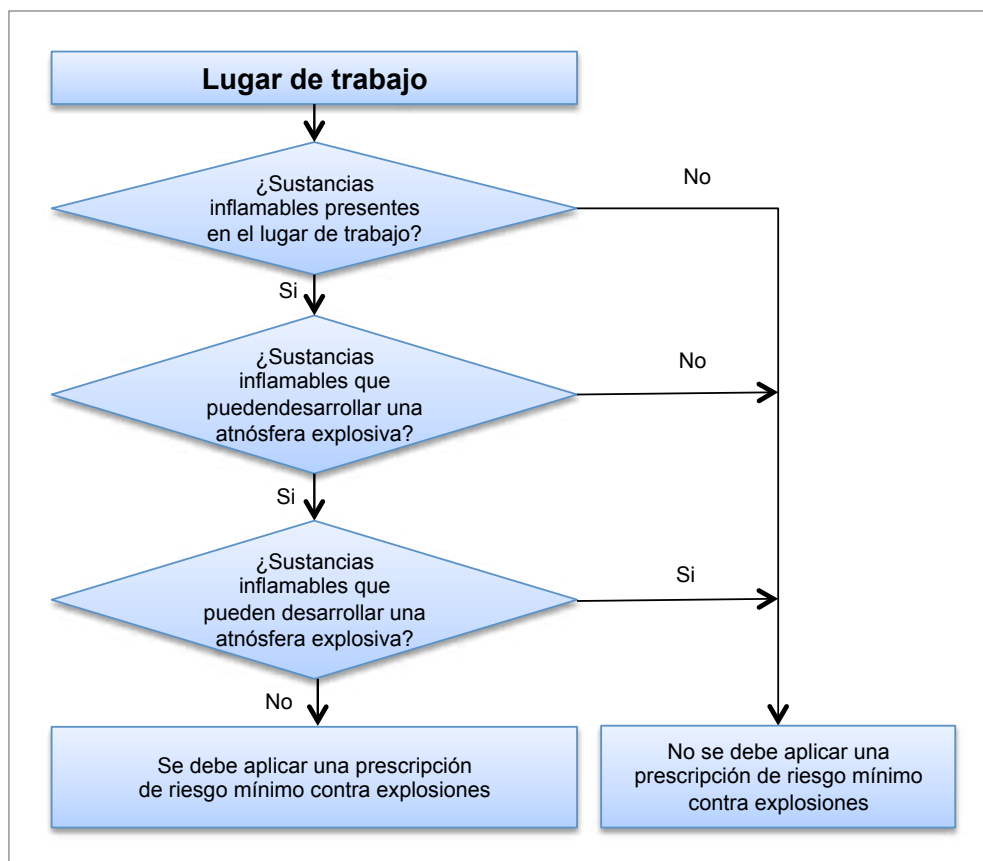
Una vez que se hayan identificado las áreas de peligro, se debe evaluar el riesgo de explosión. Es importante mencionar que los estándares europeos sólo se refieren a la atmósfera explosiva en el aire bajo condiciones normales con una presión de 0.8-1.1 bar y temperaturas entre -20 y +60° C, ya que son las condiciones más comunes.

El riesgo de explosión se puede excluir cuando:

- No hay sustancias inflamables presentes;
- Hay presencia de sustancias inflamables, pero no se puede desarrollar una atmósfera explosiva, por ejemplo, si la temperatura de las sustancias inflamables permanecen constantemente bajo el punto de inflamación, o si no tienen contacto con el aire;
- La atmósfera explosiva puede desarrollarse, pero en un volumen reducido (zona de extensión insignificante) que no constituye ningún riesgo para el personal presente.

Se puede usar un diagrama de flujo, como se ilustra en la Figura A3-3, para aplicar medidas de seguridad mínima en los lugares de trabajo.

Figura A3-3: Diagrama de flujo de aplicación de medidas de seguridad mínimas



Es de extrema importancia que un experto certificado con experiencia efectúe un análisis específico para el riesgo de explosión. Las medidas se deben tomar, por ejemplo en el caso en que un proveedor indique que el contenedor de sustancia no presenta ningún riesgo, pero en realidad en la fábrica se usa tal cantidad de contenedores que la suma SÍ presenta un riesgo.

¡La responsabilidad para verificar si la prescripción mínima contra una explosión debe ser aplicada o no está únicamente en manos del usuario y NO del proveedor de materia prima!

Lo primero que se debe hacer, cuando se evalúa el riesgo de explosión, es excluir en lo posible la presencia de una atmósfera explosiva. Si esto no es posible, entonces proceder a evaluar el riesgo de explosión en diferentes áreas y bajo diferentes condiciones. Finalmente, se deben organizar medidas y acciones para señalar los riesgos.

La Figura A3-4 ilustra el procedimiento de evaluación, las áreas y los asuntos que se deben considerar y las acciones que se deben tomar al evaluar los riesgos de explosión.

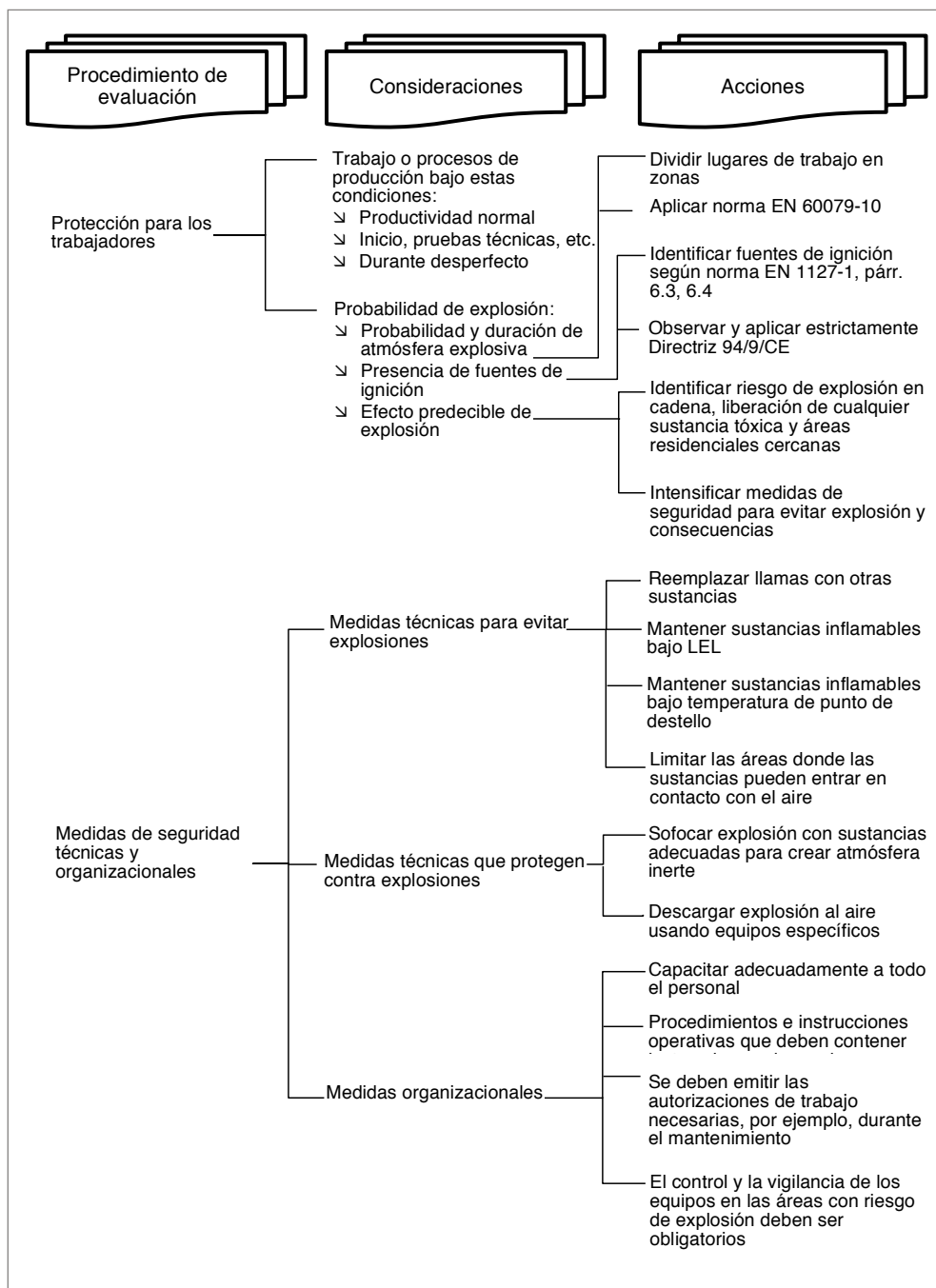
Conformidad de Directiva 94/9/CE

La directiva 94/9/CE establece las normas para los materiales y equipos designados para el uso en áreas potencialmente explosivas. Es importante comprender que al elegir un equipo conforme a las normas garantiza que dichos productos no crearán fuentes de combustión eficiente, y si no existen condiciones de un ambiente especial, no es necesario evaluar la fiabilidad del producto, ya que eso ya lo habrá hecho el elaborador.

Comprender la conformidad de ciertos productos significa comprender si un producto es apropiado para la instalación en un área de peligro. Lo apropiado del producto o equipo que incluye dispositivos de seguridad para el control y la regulación y componentes relacionados, se determina a través de la evaluación de conformidad del equipo de parte del elaborador.

El equipo que será instalado en las áreas de peligro definido por ATEX lleva un distintivo que tiene marcado: un número que representa la categoría del equipo seguido por una letra (“G” para peligros que surgen de gas, vapor o vaho, y “D” para peligros que surgen debido a polvo). Tabla A3-2 explica las categorías del equipo que llevan la letra “G”. En refrigeración doméstica las áreas de peligro son principalmente debido a gas, vapor o vaho.

Figura A3-4: Procedimiento de evaluación, consideraciones y acciones para la evaluación de riesgo de explosiónⁱⁱⁱ



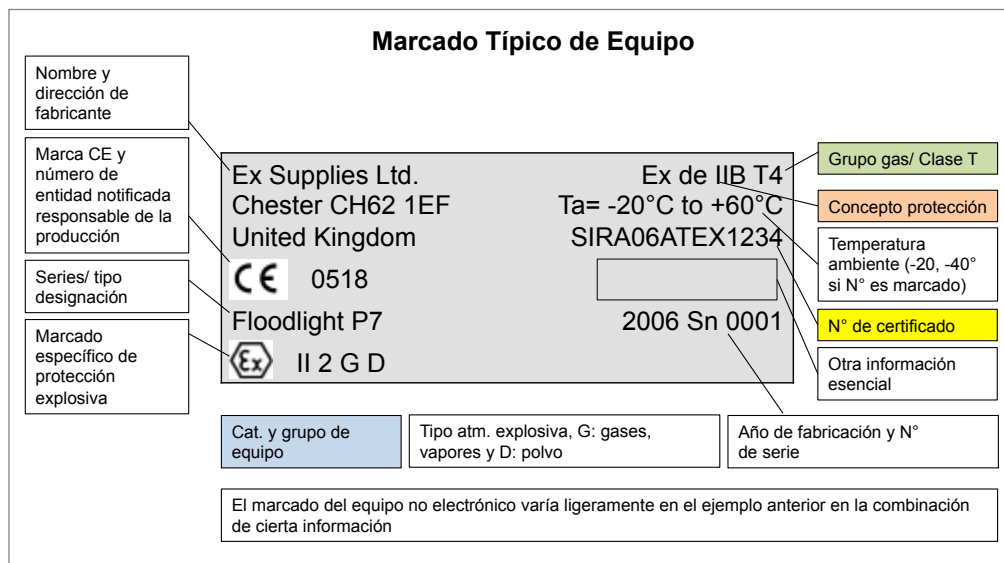
iii Adaptado de Croiset et al., 2011

Tabla A3-2: Categorías de equipos para instalar en áreas restringidas debido al gas

CATEGORÍA DE EQUIPO	REQUERIMIENTOS	ZONA ADECUADA				
16	<ul style="list-style-type: none"> - el equipo debe tener un Certificado de Tipo EC emitido por una autoridad competente - el productor debe usar un sistema de calidad aprobado para la producción - el productor debe realizar inspecciones siguiendo las directivas nacionales - el productor debe ser controlado por autoridad competente requerido por la Directiva. 	0				
26	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%; vertical-align: top; border-right: 1px dashed black; padding-right: 5px;">1. Equipo eléctrico o motores de explosión</td> <td style="padding-left: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> - el equipo debe tener un Certificado de Tipo EC emitido por una autoridad competente - el productor debe usar un sistema de calidad aprobado por autoridades competentes - el productor debe declarar, bajo el control de autoridades competentes, que el producto está en conformidad con el prototipo aprobado. </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top; border-right: 1px dashed black; padding-right: 5px;">2. Equipo no eléctrico</td> <td style="padding-left: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> - no es necesario que pase por el examen CE realizado por autoridades competentes - es suficiente que el productor proporcione la documentación técnica demostrando la conformidad del equipo, asegurando entregar el documento a la autoridad competente. </td> </tr> </table>	1. Equipo eléctrico o motores de explosión	<ul style="list-style-type: none"> - el equipo debe tener un Certificado de Tipo EC emitido por una autoridad competente - el productor debe usar un sistema de calidad aprobado por autoridades competentes - el productor debe declarar, bajo el control de autoridades competentes, que el producto está en conformidad con el prototipo aprobado. 	2. Equipo no eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - no es necesario que pase por el examen CE realizado por autoridades competentes - es suficiente que el productor proporcione la documentación técnica demostrando la conformidad del equipo, asegurando entregar el documento a la autoridad competente. 	1
1. Equipo eléctrico o motores de explosión	<ul style="list-style-type: none"> - el equipo debe tener un Certificado de Tipo EC emitido por una autoridad competente - el productor debe usar un sistema de calidad aprobado por autoridades competentes - el productor debe declarar, bajo el control de autoridades competentes, que el producto está en conformidad con el prototipo aprobado. 					
2. Equipo no eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - no es necesario que pase por el examen CE realizado por autoridades competentes - es suficiente que el productor proporcione la documentación técnica demostrando la conformidad del equipo, asegurando entregar el documento a la autoridad competente. 					
36	<ul style="list-style-type: none"> - No se requiere el examen CE realizado por las autoridades competentes. Es suficiente que el productor proporcione la documentación técnica a la autoridad competente. 	2				

En la Figura A3-5 se ilustra una placa típica que marca el CE, y un ejemplo de Certificado CE proporcionado en la Figura A3-6.

Figura A3-5: Una placa típica que marca el CE



Sustancias en uso

Cualquier sustancia inflamable usada en una instalación requiere la verificación de conformidad ATEX, independientemente de las cantidades que se usen. La responsabilidad, en todos los casos, está en manos del usuario de los productos y no del productor de la sustancia inflamable. Por eso es altamente recomendable que la sustancia usada y las composiciones sean verificadas con mucho detalle para considerar también combinaciones propias y componentes inflamables.



Donde se usan mezclas de líquidos, se recomienda una verificación cuidadosa debido a los diferentes puntos de ebullición en los cuales éstos se pueden separar. A pesar de que como mezcla, las combinaciones no son inflamables, los componentes individuales lo pueden ser y por ello se deben seguir todas las precauciones de seguridad.

Atmósfera potencialmente explosiva:

Para que ocurra una explosión debe haber tres componentes al mismo tiempo mezclados en proporciones dentro de los límites de inflamabilidad:

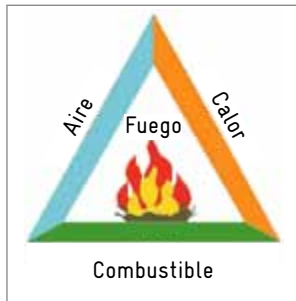
- Presencia de sustancia inflamable dentro de las concentraciones correctas
- Oxidante, el oxígeno en el aire circundante, que está cerca del 21% de oxígeno
- La fuente de ignición, por ejemplo descarga electrostática, calor, etc. La norma EN 1127-1 identifica 13 diferentes tipos de fuentes potenciales de combustión.

Figura 3-6: Un ejemplo de certificado CE

	CERTIFICADO CE
	[1] CERTIFICADO DE EXAMEN DE PRO
	[2] Componente destinado para el uso con aparatos o sistemas protectores previstos para el uso en atmósferas potencialmente explosivas Directiva /9/CE
[3] Número de Certificado de Examen de Tipo:	
[4] Componente:.....	
[5] Fabricante:.....	
[6] Dirección:.....	
[7] Este componente v sus variaciones aceptables están especificados en el programa para este certificado y los documentos que se mencionan en él.	
[8] (Nombre y no. de reg. de autoridad competente).....de acuerdo con Artículo 9 de 94/9/CE de la Directiva del Consejo de la UE del 23 de Marzo de 1994, certifica que este componente se encuentra en cumplimiento con los requisitos de seguridad y salud relacionados con el diseño y la construcción de equipos y sistemas de protección para el uso en atmósferas potencialmente explosivas, como se describe en el Anexo II a la Directiva. Los resultados del examen y de la prueba se registran en el No de Evaluación y Prueba confidencial.....	
[9] La conformidad con requisitos de seguridad y salud esencial se asegura por conformidad con: EN 60079-0:2006 EN 61241-0:2006 EN 60079-11:2007 EN 61241-1:2004	
[10] El símbolo "U" que se encuentra después del número de certificado indica que este certificado no se debe considerar como certificado para aparatos o sistemas de protección. Este certificado parcial se puede usar como base para aparatos o sistemas de protección.	
[11] Este Certificado de Tipo CE se relaciona solo al diseño y la construcción del sistema de protección o aparato específico de acuerdo con la Directiva 94/9/CE. Más requisitos de esta Directiva apelan a la elaboración y el suministro de este componente. Estos requisitos no están cubiertos por este certificado.	
[12] La marca del componente debe incluir II 2 GD Eex IIC IP 66/67 Este certificado, adjunto incluido, se puede reproducir sólo completo  y sin variación.	
Fecha de emisión:	
Procesado:	Aprobado:
(Nombre, Apellido)	(Nombre, Apellido)

Gas, vapor y vaho se consideran inflamables si, cuando se mezclan en una proporción correcta con oxígeno y cuando pueden causar una explosión. Es importante considerar la diferencia entre los gases aparte de las sustancias explosivas. Las sustancias explosivas contienen ambas la sustancia de combustible y el comburente, y por ello puede explotar en ausencia de oxígeno. Esto da el triángulo de fuego, ilustrado en la Figura A3-7.

Figura A3-7: Triángulo del fuego



Límites de explosión

Los límites de explosión o de inflamabilidad de un gas o vapor líquido son límites que identifican el rango de concentración en el cual, si la mezcla aire-vapor o gas inflamable se enciende, como por ejemplo por una chispa, ocurre la combustión de la mezcla. Esta combustión puede resultar en una explosión o deflagración, dependiendo de varios factores, por ejemplo, la concentración de combustible, el tipo de contenedor, etc. La cobertura del acontecimiento se limita por un mínimo y un máximo porcentaje de combustible en el aire, o menos frecuente, otros agentes combustibles. Estos porcentajes se llaman Límite Explosivo Inferior (LEL, Lower Explosive Limit) y Límite Explosivo Superior (UEL, Upper Explosive Limit).

Para las concentraciones inferiores a LEL, no hay suficiente combustible para que la llama se propague.

Para concentraciones superiores a UEL, la atmósfera está saturada de combustible (es decir, sin suficiente aire) y no hay suficiente oxígeno para que la reacción se propague.

La situación de las concentraciones superiores a UEL es típica para un tanque que contiene líquido inflamable, como un solvente, pentano, petróleo, etc. almacenado a presión atmosférica. El vapor creado por los líquidos inflamables hace que la atmósfera esté constantemente saturada y por ende que esté por encima del UEL, sin embargo se considerará como Zona 0. Desafortunadamente esto puede cambiar durante los procesos de llenado/ vaciado o durante el mantenimiento. En general, el uso de sustancias que exceden el UEL debiera aplicarse con sumo cuidado.

El control de la concentración de sustancias inflamables es uno de los principales problemas en el área de seguridad cuando se usan sustancias peligrosas. En algunos casos, para reducir la concentración de un gas que es explosivo, se pueden usar gases inertes como nitrógeno para reemplazar el aire (el oxidante) para que la mezcla sea menos peligrosa. Esta operación se llama “inertización”.

ÁREAS ATEX

Las áreas o zonas de peligro dentro de una instalación consisten en los departamentos en los cuales se usan o almacenan sustancias inflamables. Dentro de la instalación, las áreas ATEX pueden estar en los siguientes lugares:

1. Tanque de almacenamiento de refrigerante
2. Lugar en que el camión cisterna se detiene para cargar el refrigerante en el tanque
3. En la(s) bomba(s) al alimentar la bomba de alta presión
4. Dentro de la sala de bomba de alta presión
5. Dentro del recinto en que se carga el refrigerante
6. A lo largo de la línea de alimentación de gas a los circuitos
7. Dentro de la bodega de productos terminados

La forma más segura y fácil para clasificar los lugares es aplicando la norma EN 60079-10-1 – “Aparatos eléctricos para atmósferas de gases explosivos, parte 10 - Clasificación de áreas de peligro”.

Para obtener una aplicación precisa de la norma como para especificar exactamente el lugar en la instalación de áreas peligrosas, será necesario contratar a un experto en el área, que

- Aplicará la norma EN 60079-10
- Considerará todas las condiciones: químicas, climáticas, geométricas y topográficas de la instalación, etc.
- Editará un proyecto

Otras regulaciones, leyes y normas aplicables son las indicadas en la Tabla A3-3.

Tabla A3-3: Leyes, regulaciones y normas aplicables dentro de áreas ATEX

Regulaciones y normas	Contenidos	Directivas
Declaración de conformidad	Directiva de máquina EG	89/392/EWG, edición revisada 91/368/EEC
Protección de medio ambiente, suelo y agua contra contaminación	Control de emisiones de almacenamiento y distribución de petróleo Descargas Tratamiento de aguas residuales	94/63/EC; 1999/31/EC; 91/271/ EEC
Regulación de vasija de presión	Vasijas de presión europeas	97/23/EC
Almacenamiento, llenado y transporte de líquido inflamable	Equipo para almacenamiento, llenado, y transporte de líquidos inflamables por tierra	12/13/96
Normas electromecánicas	Conjunto de conmutadores de baja tensión y de controlador homologado, Seguridad eléctrica de maquinaria; Seguridad eléctrica de maquinaria y de aplicaciones de acuerdo con la resistencia a la aislación, resistencia al conductor de tierra, funciones; Aparato eléctrico para la detección y la medición de gas combustible; Requisitos generales y métodos de pruebas	IEC 60073; IEC/EN 60439-1/A2; IEC/EN/UL/SABS; 60204-1; IEC 1310-2; EN 50054; EN 50054; EN 50054
Normas para tanques de líquidos inflamables	Especificación para diseño y elaboración de tanques de acero hechos para el lugar, de superficie, verticales, cilíndricos, y soldados con base plana para el almacenamiento de líquidos en temperatura ambiente y superior; Especificación para placas cortafuegos de ventilación del tanque; Aparato de prueba y método de prueba para un espacio de seguridad máxima en experimentos; Placa Cortafuegos para Uso General	EN 14015; ASTM F1273-91; IEC 600079-1A; BS 7244

Tabla A3-3: Leyes, regulaciones y normas aplicables dentro de áreas ATEX

Regulaciones y normas	Contenidos	Directivas
Equipo no eléctrico	Equipo no eléctrico previsto para el uso en atmósferas potencialmente explosivas, requisitos y métodos básicos; Equipo no eléctrico previsto para el uso en atmósferas potencialmente explosivas, protección por seguridad en la construcción; Placa cortafuegos: requisitos de rendimiento, métodos de ensayos y límites de uso	EN 13463-1 EN 13463-5 EN 12874
Protección contra fuego	Protección contra fuego	EN 2-3
Regulaciones técnicas para ventiladores en zonas EX	A prueba de EX o chispas para ventiladores; Máquinas de caucho y plásticos, máquina de moldeo de reacción, requisitos de seguridad	VDMA 24169 Part 1, ADPE, EN 1612-2
Requisitos de seguridad	Requisitos de seguridad para sistemas automatizados de fabricación; Sistemas de refrigeración y bombas de calor, requisitos ambientales y de seguridad; Equipo de Procesamiento Térmico; Compresores y Bombas de Vacío	VDI 2854 EN 378 EN 746-2 EN 1012-2
Normas de administración de calidad	Atmósferas potencialmente explosivas, aplicación de sistemas de administración de calidad	EN 13980

APÉNDICE 4: CONTENIDOS PARA NORMA DE CAPACITACIÓN EN REFRIGERACIÓN

Introducción

Este Apéndice contiene información relacionada con el conjunto de competencias para los técnicos que, de alguna manera, trabajan con algún sistema de refrigeración. Estos fueron desarrollados por la Asociación Europea de Acondicionamiento de Aire Nacional y Asociaciones de Contratistas de Refrigeración (AREA). AREA es una organización europea de contratistas de aire acondicionado, refrigeración y bombas de calor, y se estableció en 1988. AREA expone los intereses de 23 miembros nacionales de 20 países europeos, representando más de 9.000 compañías a lo largo de Europa (principalmente empresas de tamaño medio), que emplean a unas 125.000 personas y con una facturación anual cercana a los €20 billones.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE TRABAJO DEL ÁREA Trabajador en Refrigeración "ARC"

Ambiente laboral	<p>Las/ Los maestros en refrigeración (ARC) trabajan en diferentes ubicaciones, por ejemplo, en el taller de su compañía, lugares de construcción, tiendas de ventas al por menor, fábricas, áreas industriales, etc. El tipo de instalación, el equipo con el que trabaja y la complejidad del diseño varían con su orden específica.</p> <p>La mayoría de los ARCs trabaja en compañías contratantes de refrigeración de tamaño pequeño (3-10 personas) y mediano (11-50 personas). Estas compañías ofrecen servicios en los ámbitos de instalación, ventas, mantenimiento, reparación, inspección y rediseño de sistemas existentes. Los subsectores, donde cubren la mayor parte de los servicios básicos, incluyen la refrigeración comercial, la refrigeración industrial y el aire acondicionado de confort. Las actividades de transporte de refrigeración, refrigeración para fábricas de procesos y aire acondicionado móvil también se realizan, pero no muy a menudo.</p> <p>A parte de los sistemas de refrigeración, las compañías realizan instalaciones electro-técnicas y de tratamiento de aire. Generalmente trabajan a nivel de país, pero a veces a nivel regional o internacional. Un importante número de las compañías contratantes de refrigeración son miembros de las asociaciones de miembros nacionales de AREA.</p> <p>Los clientes de costumbre son vendedores al por menor, vendedores al por mayor, almacenaje en frío, industrias alimentarias y farmacéuticos o médicos, negocios agrarios, industrias manufactureras y constructores de edificios de oficinas u operadores.</p>
Contenido laboral	<p>Con la ayuda de instrucciones de trabajo, el ARC planifica, prepara y realiza el montaje de todas las partes de los sistemas de refrigeración, que luego serán encargados y puestos al servicio. También mantiene, inspecciona, revisa y repara los sistemas de refrigeración cuando hay un problema. Siempre controla su propio trabajo y registra sus tareas en el diario relacionado a una instalación específica. En todo momento respeta los requisitos importantes que conciernen al medio ambiente, a la calidad, la seguridad y a la eficiencia energética. También se preocupa en el momento del fin de vida útil del equipo.</p>
Responsabilidades	<p>El ARC es responsable de la preparación y la ejecución de sus propias tareas, de acuerdo con las instrucciones de trabajo que recibe. No es responsable de terceros o del trabajo de otra gente, con la excepción de sus asistente(s).</p>
Actitud profesional	<p>Se espera cierta cantidad de independencia del ARC. Siempre recibe sus instrucciones de trabajo de su supervisor, pero la mayor parte del tiempo está solo en camino hacia un cliente y realiza sus labores independientemente de los demás. El ARC también debe tener un sentido de responsabilidad. Debe esforzarse por lograr buena calidad en su trabajo, y permanentemente debe estar consciente de la importancia en cumplir los requisitos ambientales y de seguridad.</p> <p>Tradicionalmente el ARC necesita tener una actitud de motivación por el servicio, especialmente cuando debe explicar su progreso de trabajo al cliente o cuando debe comunicarse con el cliente para ver el mejor procedimiento de trabajo para no interferir con las operaciones de la compañía del cliente.</p>

DESCRIPCIÓN GENERAL DE TRABAJO DEL ÁREA Maestro en Refrigeración "ARC"

TENDENCIAS

<p>Cambios de mercado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Para evitar un aumento de carga de líquido refrigerante en un sistema de refrigeración, se usan más sistemas en cascada e indirectos. El uso de refrigerantes que respetan el medio ambiente es estudiado. Existen asuntos de seguridad relacionados. - El ARC estará incluso más dispuesto al servicio: Hay una creciente diversidad en servicios para el cliente, por ejemplo, ofrecer contratos específicos de mantenimiento y arriendo. Los clientes se concentran en su negocio principal - La industria intenta dar soluciones a una recurrente escasez de personal calificado en la mayoría de los países. - Muchas veces las compañías contratantes de refrigeración se fusionan. - Globalización: ver más abajo en armonización europea
<p>Regulaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hay un número creciente de reglas en desarrollo sobre seguridad, salud y protección del consumidor y regulaciones medio ambientales, principalmente legislación europea; pero también reglas sobre calidad, cuidado y certificación (Ejemplos: PED, EN 378, y regulaciones de gas F). Los requisitos de seguridad incumben refrigerantes e instalaciones. - La durabilidad ahora es una tendencia sustentada y bien establecida.
<p>Progresos técnicos y tecnológicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El uso de Amoníaco como un refrigerante está aumentando en comparación con gases F. Esto llevará a cambios orientados al medio ambiente y seguridad (Ejemplo: certificación y otros requisitos de regulaciones de gas F). - Existen más instalaciones de refrigeración indirectas: menos refrigerante, distribución a través de portadores térmicos secundarios y sistemas de gasoductos más grandes. Esto afecta el diseño, montaje y operaciones de mantenimiento. - Unidades más estandarizadas y piezas prefabricadas simplificarán actividades de montaje. - Técnicas de conexión y soldadura están evolucionando, más soldadura TIG. - Los progresos ocurren en el ámbito de técnicas de control y mediciones: menos piezas neumáticas y eléctricas, más instrumentación mecánica y electrónica. - Generalmente, encontramos mejores equipos, más grandes, más sofisticados, instrumentos más precisos, dispositivos que descubren las fallas, diarios digitales y nuevos medios de comunicación.
<p>Cambios organizacionales y administrativos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Más regulaciones significan más procedimientos y más trabajo administrativo. El ARC tiene más que informar, y por ende, en la oficina de la compañía hay más trabajo en el manejo de los procedimientos y para actuar de acuerdo a los resultados de los informes del ARC.
<p>Armonización europea</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El mutuo reconocimiento y el movimiento libre de bienes aumenta las actividades transfronterizas. - La legislación europea se adapta a esta situación para permitir que el Mercado Interno sea operativo.

ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL ÁREA Trabajador en Refrigeración

Éstas son las siguientes:

1. PRE-ENSAMBLADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
2. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
3. INFORMES, REVISIONES Y ADMINISTRACIÓN TÉCNICA
4. PUESTA EN SERVICIO
5. MONITOREO E INSPECCIÓN
6. ENCONTRAR FALLA Y REPARAR
7. DESMONTAJE DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

ACTIVIDAD PRINCIPAL 1: PRE-ENSAMBLADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
Proceso	El ARC recibe las instrucciones, listas de material y dibujos para la parte de la instalación que él debe preensamblar. Revisa materiales, equipo e instrumentos que necesita para su trabajo. Se asegura que no pueda ingresar humedad o mugre al preensamblado.
Rol y responsabilidades	El ARC preensambla de manera independiente el sistema de refrigeración y electro-técnico siguiendo las instrucciones de trabajo recibidas. La mayoría de las veces este trabajo lo realiza en el taller de su compañía o en un taller en el lugar del cliente, bajo la supervisión de un jefe.
Complejidad	Mientras realiza las tareas claves, el ARC sigue las instrucciones de trabajo aplicables a varias actividades habituales como el cableado eléctrico, soldadura de sistemas de gasoductos.
Relaciones	El ARC debe tratar con supervisores, otros colegas y asistente(s).
Recursos	Para rendir adecuadamente, el ARC necesita herramientas y equipos como una mesa de trabajo, aparatos para curvado, materiales para soldadura.
Calidad de proceso y resultados	El ARC debe realizar la tarea dentro del tiempo disponible, de acuerdo a las instrucciones de trabajo y seguir los procedimientos legalmente prescritos; debe cumplir con el registro y la documentación administrativa.
Opciones y dilemas	El ARC debe tomar en cuenta que: <ul style="list-style-type: none">- no tiene una visión general del lugar final donde se va a ubicar la pieza prefabricada en la instalación y cómo;- un colega debería ser capaz de sustituir su trabajo en cualquier momento;- un colega debería ser capaz de ubicar su pieza preensamblada en la instalación final.

ACTIVIDAD PRINCIPAL 2: INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Proceso	<p>El ARC ensambla las instalaciones de refrigeración y/o aire acondicionado de acuerdo con las indicaciones de su compañía, las instrucciones de trabajo del proyecto y los dibujos y diagramas importantes. Estos son sistemas de refrigeración específicos (compresores, condensadores, válvula de expansión, uno o dos evaporadores, y componentes específicos). Los materiales se mencionan en una lista que especifica los principales componentes, tuberías de cobre u otro tipo de tubería, cableado e interruptores eléctricos, instrumentación y materiales de aislación flexible.</p> <p>Parte de los materiales que se necesitan se pueden tomar de su furgón de servicio. Él revisa la cantidad comparando con la cantidad de materiales que están en su furgón al inicio del proyecto. Discute con el cliente el trabajo que realizará y la interferencia que puede haber en las operaciones de la compañía del cliente. Por ello, el ARC debe tomar en cuenta las operaciones del cliente al planificar su trabajo.</p>
Rol y responsabilidades	<p>El ARC es responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none">- la buena comunicación con el cliente- la calidad de su trabajo y del de su(s) asistente(s)- hacer el trabajo dentro del marco de tiempo dado- La instalación de última generación de todas las piezas en la instalación de refrigeración
Complejidad	<p>El ARC debe tomar en cuenta los intereses de su propia compañía, como también los intereses de la compañía del cliente. Durante su trabajo, debe cumplir con los aspectos de seguridad y medioambientales de la instalación y de la compañía del cliente. Debe adaptar su trabajo a las circunstancias en el lugar.</p>
Relaciones	<p>El ARC muchas veces trabaja junto a un asistente. También tiene relación con la organización del cliente, con personal de subcontratistas y personal que realiza otros trabajos para el cliente.</p>
Recursos	<p>El ARC usa las herramientas que se ponen a su disposición por su empleador o que ha alquilado especialmente.</p>
Calidad de proceso y resultados	<p>Del ARC se espera que entregue la instalación lista y funcionando como planificado y diseñado, y dentro del marco de tiempo dado. Así la instalación puede contribuir a los objetivos del cliente.</p>
Opciones y dilemas	<p>El ARC trabaja en el establecimiento del cliente, las circunstancias pueden ser diferentes y pueden ocurrir cambios imprevistos. Esto puede influenciar la calidad y la fecha de entrega esperada y el ARC debe reaccionar adecuadamente. Constantemente debe considerar los intereses del cliente y los de su compañía. Cuando hay conflicto de intereses, él debe informar a la parte involucrada sin que afecte la relación comercial.</p>

ACTIVIDAD PRINCIPAL 3: INFORMES, REVISIONES Y ADMINISTRACIÓN TÉCNICA

Proceso	En todo momento el ARC debe respetar la legislación relacionada al medio ambiente, seguridad y salud, especialmente después de poner en servicio una instalación. La instalación debe ser entregada como un producto seguro, confiable y eficiente, siguiendo los requisitos del mercado CE de la Directiva de Maquinaria. Él trabaja con diferentes tipos de refrigerantes y cada uno tiene sus propias restricciones ambientales y de seguridad, en el ámbito nacional e internacional. El/la ARC es un actor clave, que tiene un gran impacto en el resultado final del producto o servicio proporcionado.
Rol y responsabilidades	El ARC es responsable del ensamblaje correcto de los componentes, en particular de las válvulas, de acuerdo con las indicaciones de la compañía y las instrucciones técnicas del equipo instalado. Es responsable de su propio trabajo y del trabajo de su(s) asistente(s). Debe prestar especial atención al trabajo de tuberías y de las conexiones de tubos por soldadura.
Complejidad	Como el ARC trabaja en diferentes sitios, debe ser capaz de realizar su trabajo bajo diferentes y cambiantes circunstancias.
Relaciones	El ARC muchas veces trabaja junto a un asistente. También tiene relación con la organización del cliente, con personal de subcontratistas y personal que realiza otros trabajos para el cliente.
Recursos	El ARC recibe las indicaciones de diario y las instrucciones de trabajo de su empleador. El empleador es responsable de la calificación personal y la certificación del ARC.
Calidad de proceso y resultados	Del ARC se espera que conozca el contenido de las indicaciones e instrucciones de trabajo y que tenga el conocimiento correspondiente a sus certificados personales.
Opciones y dilemas	El ARC podría caer en situaciones conflictivas entre los intereses de su propia compañía, la posición de la compañía del cliente y las limitaciones reguladoras.

ACTIVIDAD PRINCIPAL 4: PUESTA EN SERVICIO

Proceso	<p>La instalación se pone en servicio en el recinto del cliente. Durante el progreso de la instalación, los requisitos de la Directiva de Equipos de Presión deben ser respetados. El ARC revisa el sistema refrigerante en las siguientes unidades:</p> <ul style="list-style-type: none">- control de suministro y proceso eléctrico,- control de fuga a través de la prueba de presión,- evacuación del sistema y pruebas de vacío para que no quede nada de humedad. <p>El ARC debiera trabajar de acuerdo a las regulaciones importantes y debiera registrar todos los datos a un protocolo. El ARC llena el sistema con refrigerante. Hace una segunda revisión de fuga del sistema. Pone el sistema de refrigeración en funcionamiento de acuerdo con las condiciones del diseño. Él registra todos los datos y cifras en el diario del sistema. El ARC redacta un informe para el cliente y su compañía, y escribe el protocolo de transferencia.</p>
Rol y responsabilidades	<p>El ARC es responsable de poner el sistema de refrigeración en servicio en el lugar, de acuerdo con las condiciones del diseño. Él se asegura de que en el proceso inicial se sigan todos los procedimientos legales y de la compañía.</p>
Complejidad	<p>El ARC toma en cuenta que trabaja bajo la administración de su compañía, pero en el recinto del cliente. El sistema de refrigeración a veces es parte de un proceso completo de producción del cliente y él sólo es responsable del sistema de refrigeración, de manera que está dependiendo de su proceso de producción.</p>
Relaciones	<p>El ARC debe trabajar en cooperación con supervisores de otras compañías en el mismo recinto del cliente.</p>
Recursos	<p>El ARC ha recibido sus herramientas y equipo de su compañía para llevar a cabo su trabajo.</p>
Calidad de proceso y resultados	<p>Del ARC se espera que entregue la instalación de acuerdo con las cifras del diseño y a tiempo, de manera que la instalación pueda contribuir a los objetivos del cliente.</p>
Opciones y dilemas	<p>El ARC trabaja en el establecimiento del cliente, las circunstancias pueden ser diferentes y pueden ocurrir cambios imprevistos. Esto puede influir en la calidad y en la fecha de entrega esperada. El ARC debe considerar constantemente los intereses del cliente y los de su compañía.</p> <p>Cuando los intereses están en conflicto, debe informar a la parte involucrada sin que afecte la relación comercial.</p>

ACTIVIDAD PRINCIPAL 5: MONITOREO E INSPECCIÓN

Proceso	El cliente llama al ARC para que revise si el sistema de refrigeración está funcionando de acuerdo a las condiciones del diseño. También debe ver si todo está respetando las regulaciones de seguridad y de medio ambiente. El ARC debe escribir un informe con sus detecciones y conclusiones y, si es necesario, aconsejar lo que el cliente debe hacer para que el sistema de refrigeración vuelva a las buenas condiciones de funcionamiento. Una copia de su informe es para la compañía instaladora.
Rol y responsabilidades	El ARC es responsable de revisar el sistema de refrigeración de acuerdo con las indicaciones aplicables y en particular de observar que no haya fuga. Es responsable del contenido de su informe y de llegar a las conclusiones correctas.
Complejidad	El ARC tiene contacto directo con el cliente, él entiende la relación contratista y comercial entre su compañía y el cliente y las consecuencias de ello, pero él debe hacer su trabajo independientemente y considerar sólo las cifras reales y las observaciones fácticas.
Relaciones	El ARC debe hacer su trabajo en buena cooperación con la persona responsable de la organización del cliente.
Recursos	El ARC recibe sus herramientas y equipo de su compañía para llevar a cabo su trabajo.
Calidad de proceso y resultados	El ARC debe hacer su trabajo mientras la instalación esté en funcionamiento sin interrumpir el proceso de trabajo del cliente. El resultado debe ser: entregar al cliente un sistema de refrigeración que funcione bien y sea confiable a futuro para que la instalación pueda contribuir a los objetivos del cliente.
Opciones y dilemas	El ARC debe hacer su trabajo mientras la instalación está en servicio sin interrumpir el proceso de trabajo del cliente. Pero esto no siempre es posible. El ARC debe negociar sus condiciones de trabajo con el cliente para que le permita trabajar de forma profesional como planificado. Cuando el ARC identifica un problema, tiene que negociar la mejor solución, teniendo en mente la relación comercial entre el cliente y su compañía.

ACTIVIDAD PRINCIPAL 6: ENCONTRAR FALLA Y REPARAR

Proceso	El cliente llama al ARC para que investigue y encuentre la falla y para que repare las piezas o componentes del sistema de refrigeración, porque no funciona de acuerdo a las condiciones del diseño o las regulaciones de seguridad y ambientales. El ARC debe repararlo lo más rápido posible y de forma segura. El ARC debe escribir un informe explicando los resultados de su trabajo y, si es necesario, aconsejar lo que el cliente debe hacer para que el sistema de refrigeración esté en buenas condiciones de funcionamiento para el futuro. Una copia de su informe es para la compañía instaladora.
Rol y responsabilidades	El ARC es responsable de los resultados de su detección de fallas y de reparar el sistema de refrigeración de acuerdo con la información recibida y de revisar que no haya fuga después de su trabajo de reparación, especialmente en la pieza/componente reparado o repuesto. Él es responsable del contenido de su informe.
Complejidad	El ARC tiene contacto directo con el cliente, y puede sentirse presionado por la relación comercial que existe entre su compañía y el cliente, pero él debe hacer su trabajo lo más rápido posible y seguir las indicaciones legales y reguladoras.
Relaciones	El ARC debe llevar a cabo su trabajo con un buen espíritu de cooperación y negociar con la persona responsable del cliente.
Recursos	El ARC recibe sus herramientas y equipo de su compañía para llevar a cabo su trabajo.
Calidad de proceso y resultados	El ARC debe trabajar normalmente mientras la instalación esté en funcionamiento, sin interrumpir el proceso de trabajo del cliente, pero la mayoría de las veces eso no es posible, así que debe negociar de manera que se pierda el mínimo de tiempo productivo durante su intervención. El resultado debe ser: entregar al cliente un sistema de refrigeración que funcione bien y sea confiable a futuro para que la instalación pueda contribuir a los objetivos del cliente.
Opciones y dilemas	La dificultad radica en trabajar mientras la instalación está en funcionamiento. El ARC debe hacer su trabajo profesionalmente y rápido. Cuando el ARC descubre que no es posible mantener el funcionamiento del sistema de refrigeración, debe negociar la mejor solución, incluso si esto crea conflictos en la relación comercial entre el cliente y su compañía.

ACTIVIDAD PRINCIPAL 7: DESMONTAJE DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Proceso	Antes del desmontaje, el ARC recupera todo el refrigerante y lo lleva a una planta de tratamiento de acuerdo con las regulaciones aplicables. El ARC escribe los informes necesarios y le da una copia a su compañía para que puedan registrar que el sistema de refrigeración está fuera de servicio y que se han preocupado del refrigerante recuperado.
Rol y responsabilidades	El ARC es responsable del desensamblaje correcto de los componentes y válvulas de acuerdo con las indicaciones de la compañía y las instrucciones del equipo relacionado. Él es responsable de su propio trabajo y del trabajo de su asistente. La contribución más importante es retirar de manera segura todo el refrigerante del sistema de refrigeración.
Complejidad	Como el ARC trabaja en diferentes lugares, debe ser capaz de realizar su trabajo bajo diferentes y cambiantes circunstancias, especialmente en este caso, donde la mayor parte del tiempo no hay ventaja comercial y cuando generalmente el sistema de refrigeración está en malas condiciones.
Relaciones	El ARC debe llevar a cabo su tarea con buena cooperación y negociar con la persona responsable del cliente, teniendo en mente que no hay interés comercial.
Recursos	El ARC recibe sus herramientas, equipo y cilindros de reciclaje de su compañía para llevar a cabo su trabajo.
Calidad de proceso y resultados	Del ARC se espera que conozca el contenido de las indicaciones e instrucciones de trabajo y que tenga el conocimiento correspondiente a sus certificados personales. El resultado debe ser que no haya contaminación ambiental al desmontar el sistema de refrigeración.
Opciones y dilemas	El ARC podría caer en situaciones conflictivas, por estar entre su compañía, la compañía del cliente y la legislación aplicable debido a la ausencia de interés comercial y la dificultad de manipular un sistema en malas condiciones.

Competencia laboral	Actividades principales																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
1.1 Termodinámicas básicas																				
Descripción:		El ARC es capaz de entregar la explicación teórica sobre un sistema básico de refrigeración de compresión.																		
Criterio de Éxito																				
1.1.1	Saber las unidades ISO básicas como para la temperatura, presión, masa, densidad, energía																			
1.1.2	Entender términos básicos de refrigeración, tal como: sobrecalentamiento, lado de alta presión, calor de compresión, entalpía, efecto de refrigeración, lado de baja presión, subenfriamiento, calidad de vapor, succión saturada																			
1.1.3	Describir las líneas de un diagrama P/h de registro de un refrigerante																			
1.1.4	Usar las tablas de saturación de un refrigerante																			
1.1.5	Dibujar un esquema de un ciclo único de refrigeración de compresión																			
1.1.6	Describe el funcionamiento y la función de los principales componentes usados en un sistema refrigeración como compresor, condensador, válvula de expansión, evaporador																			
1.1.7	Describe la operación y función de los siguientes componentes usados en un sistema de refrigeración																			
1.1.8	Válvulas (válvulas de bola, diafragma, válvulas de globo, válvulas de relieve)																			
1.1.9	Control de temperatura y presión																			
1.1.10	Mirillas de nivel e indicadores de humedad																			
1.1.11	Controles de deshielo																			
1.1.12	Protectores de sistema																			
1.1.13	Dispositivos de medición como termómetro																			
1.1.14	Sistema de control de aceite																			
1.1.15	Receptores																			
1.1.16	Separadores de líquido y aceite																			
Resultados																				
El ARC le explica al cliente "el funcionamiento del sistema de refrigeración".																				
El ARC analiza el funcionamiento del sistema de refrigeración y escribe sus conclusiones en un informe.																				

Competencia laboral

1.1 Termodinámicas básicas

Descripción:

El ARC es capaz de entregar la explicación teórica sobre un sistema básico de refrigeración de compresión.

Criterio de Éxito

1.1.1 Saber las unidades ISO básicas como para la temperatura, presión, masa, densidad, energía

1.1.2 Entender términos básicos de refrigeración, tal como: sobrecalentamiento, lado de alta presión, calor de compresión, entalpía, efecto de refrigeración, lado de baja presión, subenfriamiento, calidad de vapor, succión saturada

1.1.3 Describir las líneas de un diagrama P/h de registro de un refrigerante

1.1.4 Usar las tablas de saturación de un refrigerante

1.1.5 Dibujar un esquema de un ciclo único de refrigeración de compresión

1.1.6 Describe el funcionamiento y la función de los principales componentes usados en un sistema refrigeración como compresor, condensador, válvula de expansión, evaporador

1.1.7 Describe la operación y función de los siguientes componentes usados en un sistema de refrigeración

1.1.8 Válvulas (válvulas de bola, diafragma, válvulas de globo, válvulas de relieve)

1.1.9 Control de temperatura y presión

1.1.10 Mirillas de nivel e indicadores de humedad

1.1.11 Controles de deshielo

1.1.12 Protectores de sistema

1.1.13 Dispositivos de medición como termómetro

1.1.14 Sistema de control de aceite

1.1.15 Receptores

1.1.16 Separadores de líquido y aceite

Resultados

El ARC le explica al cliente "el funcionamiento del sistema de refrigeración".

El ARC analiza el funcionamiento del sistema de refrigeración y escribe sus conclusiones en un informe.

Actividades principales

Prensamblado

Instalación

Informes

Técnicos

Puesta en

servicio

Monitoreo

Encontrar

Fallas

Desmontaje

Para certificar

Competencias, las Autoridades Nacionales deben asegurar que las Regulaciones, Directivas y Normas Europeas y Nacionales obedecen a las particulares como se menciona abajo

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

EN 13313

Competencia laboral	Actividades principales							Para certificar Competencias, las Autoridades Nacionales deben asegurar que las Regulaciones, Directivas y Normas Europeas y Nacionales obedecen a las particulares como se menciona abajo
	Preensamblado	Instalación	Informes Técnicos	Puesta en servicio	Monitoreo	Encontrar Fallas	Desmontaje	
2.1 Componente: Compresor								
Descripción:	El ARC es capaz de instalar, poner en funcionamiento y llevar a cabo el mantenimiento de compresores de pistón, helicoidales y espirales, de uno y dos escalones hasta una alimentación de 25 Kw.							
Criterio de Éxito	1	2	3	4	5	6	7	
2.1.1 Explicar la función del compresor en el sistema	x	x	x	x	x	x	x	EN 13313
2.1.2 Explicar el funcionamiento del compresor	x	x	x	x	x	x	x	EN 13313
2.1.3 Explicar el sistema de lubricación del compresor		x	x	x	x	x	x	EN 13313
2.1.4 Explicar el control de capacidad del compresor		x	x	x	x	x	x	EN 13313
2.1.5 Instalar los diferentes tipos de compresores mencionadas arriba	x	x						prEN 378-2 art. 5.1
2.1.6 Conectar los interruptores de control y seguridad	x	x						prEN 378-2 art. 5.1
2.1.7 Instalar las válvulas de descarga y succión	x	x						prEN 378-2 art. 5.1
2.1.8 Instalar el sistema de retorno de aceite	x	x						prEN 378-2 art. 5.1
2.1.9 Poner en marcha y cerrar este tipo de compresores		x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 6.3
2.1.10 Hacer mediciones durante funcionamiento de compresor		x	x	x	x	x	x	prEN 378-4 art. 5
2.1.11 Revisar la buena condición de funcionamiento del compresor			x	x	x	x	x	prEN 378-4 art. 5
2.1.12 Escribir un informe sobre la condición del compresor			x	x	x	x	x	prEN 378-4 art. 4.3
2.1.13 Tomar la decisión de reparar el compresor			x	x	x	x	x	prEN 378-4 art. 4.3
2.1.14 Tomar la decisión de reponer el compresor				x	x	x	x	prEN 378-4 art. 4.3
Resultados								
Un compresor que funciona perfectamente contribuye a un bajo consumo de energía y un rendimiento confiable como planificado para el cliente.								

Competencia laboral	Actividades principales																					
	Preensamblado	Instalación	Informes Técnicos	Puesta en servicio	Monitoreo	Encontrar Fallas	Desmontaje															
2.3 Componente: Evaporador																						
Descripción:	El ARC es capaz de instalar, poner en funcionamiento y llevar a cabo el mantenimiento de evaporadores enfriados por aire y líquidos.																					
Criterio de Éxito																						
2.3.1	Explicar la función del evaporador en el sistema	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	EN 13313	
2.3.2	Explicar el funcionamiento del evaporador	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	EN 13313	
2.3.3	Explicar las diferentes maneras de descongelar el evaporador		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	EN 13313	
2.3.4	Ajustar un control de presión de evaporación del evaporador		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 5.1	
2.3.5	Instalar los tipos de evaporadores mencionados arriba		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 5.1	
2.3.6	Conectar los interruptores de control y seguridad		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 5.1	
2.3.7	Instalar las tuberías de líquido y succión en la posición correcta		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 5.1	
2.3.8	Instalar la tubería de deshielo congas caliente en la posición correcta		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 5.1	
2.3.9	Instalar la tubería de gas caliente para proteger un evaporador refrigeración por agua contra presión baja evaporación		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 5.1	
2.3.10	Poner en marcha y cerrar todo tipo de evaporadores																					
2.3.11	Hacer mediciones durante funcionamiento de sistema de refrigeración		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-2 art. 6.3	
2.3.12	Revisar la buena condición de funcionamiento del evaporador		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-4 art. 4	
2.3.13	Revisar la superficie del evaporador		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	prEN 378-4 art. 4	
2.3.14	Escribir un informe sobre la condición del evaporador																				prEN 378-4 art. 4.3	
2.3.15	Tomar la decisión de reparar una parte del evaporador																				prEN 378-4 art. 4.3	
2.3.16	Tomar la decisión de reponer el evaporador																				prEN 378-4 art. 4.3	
Resultados																						
	Un compresor que funciona perfectamente contribuye a un bajo consumo de energía y un rendimiento confiable como planificado para el cliente.																					

Competencia laboral		Actividades principales							Para certificar Competencias, las Autoridades Nacionales deben asegurar que las Regulaciones, Directivas y Normas Europeas y Nacionales obedecen a las particulares como se menciona abajo
		Preensamblado	Instalación	Informes Técnicos	Puesta en servicio	Monitoreo	Encontrar Fallas	Desmontaje	
3.1 Tubería Descripción: El ARC es capaz de instalar un sistema de tuberías de cobre estanco en una instalación de refrigeración.									
Criterio de Éxito		1	2	3	4	5	6	7	
3.1.1	Trabajar con tubos de cobre desde un diámetro de 1/4" (6mm) a 7/8" (28mm) y desde 35mm a 54 mm	x	x				x	x	prEN378-2 art. 6.2
3.1.2	En particular de las siguientes formas								
3.1.3	-diámetro de juntas dilatadas de 1/4" (6mm) a 3/4" (18mm)	x	x				x	x	prEN378-2 art. 6.2
3.1.4	-diámetro de codos de cobre de 1/4" (6mm) a 3/4" (18mm)	x	x				x	x	
3.1.5	-diámetro de conexiones fijas por soldadura fuerte de 1/4" (6mm) a 7/8" (28mm) y de 35mm a 54 mm	x	x				x	x	EN 13133
3.1.6	Hacer juntas de soldadura fuerte para las siguientes conexiones:								
3.1.7	• cobre-cobre	x	x				x		EN 13133
3.1.8	• cobre-acero	x	x				x		EN 13133
3.1.9	• cobre-latón	x	x				x		EN 13133
3.1.10	Instalar válvulas en la posición correcta	x	x				x		prEN 378-2 art. 5.1
3.1.11	Instalar solenoide, válvulas de control y otros dispositivos en tuberías	x	x				x		prEN 378-2 art. 5.0
3.1.12	Instalar aislación flexible	x	x				x		prEN 378-2 art. 5.1
3.1.13	Hacer abrazaderas soportatubos	x	x				x		prEN378-2 art. 6.3
3.1.14	Realizar prueba de resistencia de presión	x	x						prEN378-2 art. 6.3
3.1.15	Realizar prueba de hermeticidad	x	x				x		prEN378-2 art. 6.3
3.1.16	Realizar prueba de funcionalidad	x	x				x		prEN378-2 art. 6.3
3.1.17	Realizar prueba de conformidad de instalación completa		x	x					prEN378-2 art. 6.3
Resultados									
Sistema de tubería de refrigeración responsable con el medio ambiente y la seguridad sin fuga al poner en marcha.									
Sistema de tubería de refrigeración responsable con el medio ambiente y la seguridad sin fuga durante el funcionamiento.									

Competencia laboral		Actividades principales							Para certificar Competencias, las Autoridades Nacionales deben asegurar que las Regulaciones, Directivas y Normas Europeas y Nacionales obedecen a las particulares como se menciona abajo		
		Preensamblado	Instalación	Informes Técnicos	Puesta en servicio	Monitoreo	Encontrar Fallas	Desmontaje			
5.1. Mediciones y Análisis Descripción: El IARC es capaz de hacer mediciones y análisis de datos físicos y de hacer un diagnóstico correcto.		Criterio de Éxito	1	2	3	4	5	6	7		
		5.1.1	Uso de juego de manómetro			x	x	x	x	x	EN 13313
		5.1.2	Usar un termómetro			x	x				EN 13313
		5.1.3	Usar vacuómetro calibrado en torr			x					EN 13313
		5.1.4	Usar escalas para pesar refrigerante		x		x				EN 13313
		5.1.5	Usar un anemómetro				x	x			EN 13313
		5.1.6	Usar un kit de prueba de ácido para revisar una muestra de aceite				x	x			EN 13313
		5.1.7	Usar un conjunto de recuperación				x		x		EN 13313
		5.1.8	Manipular un cilindro refrigerante				x		x		EN 13313
		5.1.9	Eliminar aceite del sistema				x		x		EN 13313
		5.1.10	Usar multímetro para medir Volt/Amp/Ohm				x	x	x		EN 13313
		5.1.11	Usar un dispositivo electrónico de detección de fuga				x	x	x		EN 13313
		5.1.12	Usar una bomba de vacío				x				EN 13313
		5.1.13	Poner los datos en un diagrama P/h Log				x	x	x		EN 13313
		5.1.14	Poner los datos en un diagrama h/x				x	x	x		EN 13313
		5.1.15	Usar información del producto				x	x	x		EN 13313
		5.1.16	Usar un programa de computación para controlar el sistema				x	x	x		EN 13313
5.1.17	Escriba un informe en base a los resultados de las mediciones y dibujar las conclusiones correctas.				x	x	x	x	Regulación de gas F		
Resultados											
Información correcta sobre la condición del sistema en el momento de medición/ análisis, para que se registre y permita una revisión histórica y un uso a futuro.											

Competencia laboral	Actividades principales										Para certificar Competencias, las Autoridades Nacionales deben asegurar que las Regulaciones, Directivas y Normas Europeas y Nacionales obedecen a las particulares como se menciona abajo
	Preensamblado	Instalación	Informes Técnicos	Puesta en servicio	Monitoreo	Encontrar Fallas	Desmontaje				
7.1. Regulaciones ambientales y de seguridad Descripción: El AARC es capaz de manipular el sistema de refrigeración de manera que no haya perdida de refrigerante y el trabajo sea seguro.											
Criterio de Exito	1	2	3	4	5	6	7				
7.1.1 Ser consciente y conocer las normas ambientales y de seguridad	x	x	x	x	x	x	x				prEN378-4 art. 4.1
7.1.2 Realizar una prueba de presión para revisar la potencia del sistema	x	x									prEN378-1 art. 6.3.3
7.1.3 Realizar prueba de presión para revisar hermeticidad del sistema				x		x					prEN378-1 art. 6.3.4
7.1.4 Evacuar el sistema a nivel 270 Pa		x		x		x					prEN378-4 art. 5.3
7.1.5 Llenar el sistema con refrigerante sin perder refrigerante		x		x		x					prEN378-4 art. 5.4
7.1.6 Controlar la carga del refrigerante				x	x	x					prEN378-4 art. 5.4
7.1.7 Hacer una inspección visual de todo el sistema, especialmente en las juntas		x	x	x	x	x					prEN378-4 art. 5.1
7.1.8 Hacer una prueba de fuga al sistema			x	x	x	x					prEN378-4 art. 5.1
7.1.9 Ingresar los datos en la bitácora			x	x	x	x					prEN378-1 art. 6.4.2.5
7.1.10 Ingresar el certificado de la prueba de presión			x	x		x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.11 Ingresar el certificado de la prueba de evacuación			x	x		x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.12 Ingresar el certificado de la prueba de hermeticidad/fuga			x	x	x	x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.13 Ingresar informe de cifras de inicio			x	x		x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.14 Ingresar informe de cifras en funcionamiento			x	x	x	x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.15 Ingresar informe de refrigerantes usados			x	x		x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.16 Ingresar informe de eliminación de refrigerante sucio			x			x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.17 Ingresar informe de refrigerante eliminado del sistema			x			x					prEN 378-4 art. 4.3
7.1.18 Ingresar informe de desmantelamiento del sistema			x			x					Regulación de gas F
Resultados											
Emissiones mínimas estrictas de refrigerante.											
Los auditores ambientales pueden monitorear la historia del sistema.											

APÉNDICE 5: CRITERIO DE VALORACIÓN DE EJEMPLO PARA TÉCNICOS

Resultado de aprendizaje (El aprendiz será capaz de...)	Criterio de valoración (El aprendiz es capaz de...)
(I) Comprender los requisitos específicos de salud y seguridad que se aplican a la instalación, el servicio y mantenimiento y el cierre definitivo de los sistemas de RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los peligros asociados con refrigerantes HC: Inflamabilidad, punto de ebullición bajo, asfixia (más pesado que el aire), LFL, UFL, fuentes de ignición, límites prácticos, densidad • Decir e identificar las denominaciones de refrigerantes más comunes • Exponer los requisitos de las valoraciones de riesgo específicas de HC • Identificar extinguidores de fuego apropiados para el trabajo en sistemas de RAC HC
(II) Comprender los procedimientos legislativos y organizacionales para la instalación, el servicio y mantenimiento y el cierre definitivo de sistemas de RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Declarar las fuentes apropiadas de información sobre salud y seguridad en el momento de la instalación, el servicio y mantenimiento y el cierre definitivo de sistemas de RAC • Exponer las regulaciones, los códigos de práctica, y las recomendaciones de fábrica apropiadas para la instalación, el servicio y mantenimiento y el cierre definitivo de sistemas de RAC, incluido el trabajo con refrigerantes • Exponer las clasificaciones de ocupación y limitaciones de tamaño de carga para los sistemas de refrigeración • Establecer las limitaciones de tamaño de carga para el calentamiento y enfriamiento para la comodidad humana en sistemas de aire acondicionado
(III) Comprender la diferencia entre sistemas de Hidrocarburo halogenado y de RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los dispositivos y componentes específicos del sistema que presentan los sistemas HC: dispositivos eléctricos, montaje eléctrico, dispositivos eléctricos asociados(incluidos los sistemas de hidrocarburos halogenados), compresores (incluido cebadores y materiales eléctricos asociados) • Identificar rasgos y características de: sistemas de carga críticos, compatibilidad de lubricantes, estado de las propiedades, ventajas y desventajas de refrigerantes HC, incluido: <ul style="list-style-type: none"> - Repercusiones de fuga (directas e indirectas) - Propiedades termodinámicas - Capacidad de enfriamiento y eficiencia energética - Densidad - Sin hedor • Explicar porqué los HCs no son apropiados para el retro-llenado en sistemas de hidrocarburos halogenados • Identificar aplicaciones típicas de sistemas de RAC HC: (sistemas de conexión) integral, enfriadores de líquido, sistemas en cascada de CO₂ de alta presión, sistemas de AC divididos, refrigeradores-congeladores domésticos (isobutano)

Resultado de aprendizaje (El aprendiz será capaz de...)	Criterio de valoración (El aprendiz es capaz de...)
(IV) Comprender los procedimientos para planificar y preparar el trabajo en sistemas de RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los requisitos para completar una evaluación de riesgo para trabajar en sistemas de RAC HC • Exponer los requisitos para crear y mantener un área de trabajo seguro, incluido los requisitos para la delimitación de zonas temporaria • Identificar herramientas apropiadas y equipos para trabajar en sistemas de RAC HC
(V) Poder planificar y preparar el trabajo en sistemas de RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Completar una evaluación de riesgo específica para una locación (usando una plantilla dinámica de evaluación de riesgo) • Establecer y mantener un área de trabajo seguro • Seleccionar herramientas apropiadas, equipos y EPI (equipo de protección individual) para trabajar en sistemas de RAC HC
(VI) Comprender los requisitos específicos para instalar y probar los sistemas de RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar clase de ocupación • Identificar la carga máxima de refrigerante en base a la clase de ocupación • Calcular la carga máxima en base al límite práctico. Determinar los cálculos, la carga máxima específica para el sistema • Exponer los métodos y procedimientos para: prueba de integridad de fuerza, prueba de hermeticidad, prueba de fuga, evacuación y deshidratación • Establecer los procedimientos para cargar refrigerantes HC al sistema • Establecer los procedimientos para determinar cuándo la carga está correcta • Exponer los registros que deben ser completados antes de la entrega • Establecer los requisitos para etiquetar de forma segura los sistemas de RAC HC • Especificar la información que se debe proporcionar a los clientes, incluido: funcionamiento del sistema y controles, sólo con ayuda de personal de servicio capacitado apropiadamente, restricciones en la reubicación del equipo
(VII) Comprender las diferencias entre los procedimientos de servicio y mantenimiento de hidrocarburo halogenado y HC	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar componentes de reposición "igual a igual" para lo siguiente: dispositivos eléctricos, gabinetes eléctricos, dispositivos eléctricos asociados (incluidos sistemas de hidrocarburos halogenados), compresores (incluidos aparatos de arranque y materiales eléctricos asociados) • Exponer la importancia de mantener la integridad de gabinetes eléctricos sellados • Exponer métodos apropiados para acceder a y sellar sistemas HC • Especificar los requisitos para recuperar los refrigerantes HC, incluso en situaciones en que puede ser seguro ventilar los refrigerantes a la atmósfera • Exponer los requisitos para el uso seguro de bombas al vacío al evacuar sistemas HC

Resultado de aprendizaje (El aprendiz será capaz de...)	Criterio de valoración (El aprendiz es capaz de...)
(VIII) Poder hacer el servicio y la mantención a sistemas de RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular el peso de llenado seguro para el cilindro de recuperación (diferencia de densidad entre HFCs y HCs) • Conectar equipos en preparación para la recuperación • Recuperar el refrigerante HC para una presión prescrita • Llenar el sistema con nitrógeno a una presión prescrita y liberarlo a la atmósfera • Desoldar componentes específicos • Desoldar componentes específicos mientras se depura el nitrógeno a través tuberías • Hacer pruebas de presión de juntas (contención) • Evacuar a menos de 2000 micrones • Recargar con peso de refrigerante específico • Hacer funcionar el sistema y revisar funcionamiento • Retirar equipo de carga • Sellar el sistema y completar prueba de fuga con equipo apropiado • Completar registros de servicio como corresponde
(IX) Entender los procedimientos de desmantelamiento de los sistemas RAC HC	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los procedimientos seguros para la manipulación de materiales potencialmente peligrosos del sistema, incluyendo: los refrigerantes HC • Identificar secuencias de trabajo para el desmantelamiento y hacer seguro un sistema de acuerdo con los sistemas de procedimientos apropiados de la industria

BIBLIOGRAFÍA

- ¹ Velders et al., 2007: The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(12): 4814–4819
- ² Davotta, S., 1996: Safety aspects of hydrocarbon refrigerators. Information Paper. Ozone Action Information Clearinghouse, UNEP IE Ozone Action Programme Under the Multilateral Fund. 74p
- ³ Colbourne, D., 2010: Barriers to the use of low-GWP refrigerants in developing countries & opportunities to overcome these. United National Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics. 111p
- ⁴ Maté, J., 2008: Cool Technologies: working without HFCs – Part 2: Examples of HFC-free cooling technologies in various industrial sectors. Updated Greenpeace submission to the European Commission Technical Meeting on HCFC Phase-Out, April 5–6, 2008 Montreal, Canada. 15p
- ⁵ Shine, K. P., Fuglestvedt, J. S., Hailemariam, K., Stuber, N., 2004: Alternatives to the global warming potential for climate impacts of emissions of greenhouse gases. *Climatic Change*, 65(4): 281–302
- ⁶ Colbourne, D., 2007: Proc. Symposium on ODS Phase-out and Technology Development of HCFCs Substitution, 7 – 8th December 2007, Beijing, China
- ⁷ IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- ⁸ IPCC/TEAP, 2005: Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change and Technology and Economic Assessment Panel*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom
- ⁹ Velders, G. J. M.; Fahey, D. W.; Daniel, J. S.; McFarland, M.; Andersen, S. O., 2009: The large contribution of projected HFC emissions to future climate forcing. *PNAS*, 106(27): 10949–10954

¹⁰ EIA, 2009: The HFC imperative: essential action for global climate protection. Briefing by the Environmental Investigation Agency (EIA), July 2009. 12p

¹¹ USEPA, 2010: Transition to low-GWP alternatives. Fact Sheets, US Environmental Protection Agency, EPA-430-F-10-042 and EPA-430-F-10-043, October 2010

¹² Croiset, I. C., 2009: Conditions for conversion of XPS foam production to CO₂. In: Natural foam blowing agents, Hasse et al. (Eds). GTZ Proklima publication. 73-81p

¹³ UNEP, 2007: Report of the Nineteenth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Montreal, 17-21 September 2007. UNEP/OzL.Pro.19/7, URL: http://ozone.unep.org/Meeting_Documents/mop/19mop/MOP-19-7E.pdf

¹⁴ UNEP DTI, URL: <http://web2.unep.fr/hcfc/Default.aspx>

¹⁵ Colbourne, D., 2009: Situation report for introduction of hydrocarbon refrigerants to Belize. National Ozone Unit, Department of the Environment, Ministry of Natural Resources and the Environment, Belize. 38p

¹⁶ Hühren, R., 2010: Good practices in refrigeration. German Technical Cooperation (GTZ), Proklima Programme Publication. 180p

¹⁷ Colbourne, D.; Hühren, R.; Schremph, B., 2010: Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants: a handbook for engineers, technicians, trainers and policy-makers for a climate-friendly cooling. German Technical Cooperation (GTZ), Proklima Programme Publication. 315p

¹⁸ Hartman, C. L.; Stafford, E. R.; Polonsky, M. J., 1999: Green Alliances: environmental groups as strategic bridges to other stakeholders. In: Charter and Polonsky (Eds.), 1999: Greener Marketing: A global perspective on green marketing practice. 2nd Ed. Greenleaf Publishing Limited, UK. 164-167p

¹⁹ Peattie, K., 1999: Rethinking marketing: shifting to greener paradigm. In: Charter and Polonsky (Eds.), 1999. Greener Marketing: A global perspective on green marketing practice. 2nd Ed. Greenleaf Publishing Limited, UK. 57-70p

²⁰ EU-Label, URL: <http://www.stromeffizienz.de/eu-label.html>

²¹ Maté, J. And Papathanasopoulos, C., 2010: Cool Technologies: working without HFCs, examples of HFC-free cooling technologies in various industrial sectors. Greenpeace. 30p

²² UNEP, 2010: Report of the refrigeration, air-conditioning and heat pumps, Technical Options Committee. United National Environment Programme, Nairobi. 243p

²³ Hydrocarbons21, 2009. URL: <http://www.hydrocarbons21.com/faq.php>

²⁴ UNEP/TEAP, 2010: Assessment of HCFCs and Environmentally Sound Alternatives. UNEP Technology and Economic Assessment Panel 2010 Progress Report, Vol 1. 131p

²⁵ Grof, T., 2009: Greening of industry under the Montreal Protocol: background paper. United National Industrial Development Organisation (UNIDO), Vienna. 21p

²⁶ Hildt, N., 2001: Appliance and equipment efficiency standards: new opportunities for States. White Paper, Appliance Standards Awareness Project. 5p

²⁷ EC Environment, URL: <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>

²⁸ Wikipedia, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Ecolabel#cite_note-15

²⁹ ASEAN, URL: <http://www.asean.org/7112.htm>

³⁰ International Institute of Refrigeration, URL: www.iifir.org/

³¹ Refrigerants, Naturally!, URL: www.refrigerantsnaturally.com/

³² UNIDO, 2003: Impact and lessons learned – Refrigeration and Alternative Technologies for Domestic Appliances. United Nations Industrial Development Organisation, Vienna. 43p

³³ UNEP, 1994: Cyclopentane: a blowing agent for polyurethane foams for insulation in domestic refrigerator-freezers United Nations Environment Programme (UNEP) Industry and Environment. 47p

³⁴ GIZ-BASF, 2011: Real life comparison between HCFC-141b and Waterblown PUR used in commercial refrigeration GIZ-BASF. Paper to be presented at MOP 2011

³⁵ Albach, R. W., 2009: Innovation and legislation on blowing agents in PU rigid foams. In: Natural foam blowing agents, Hasse et al. (Eds). GTZ Proklima publication. 39-53p

³⁶ Bohlaender, R., 2009: Retrofitting foam plants to use pentane as a blowing agent. In: Natural foam blowing agents, Hasse et al. (Eds). GTZ Proklima publication. 97-114p

³⁷ Devotta, S. and Kulkarni, M. M., 1996: Use of hydrocarbon blends in Indian household refrigerators. In: Hydrocarbon Technology II, GTZ Yearbook 1996, Meyersen et al. [Eds.]. GTZ Eschborn. 259p

³⁸ INFICON, 2010.

URL: <http://www.inficonvacuumgauges.com/en/pgd400piranigaugedisplay.html>

³⁹ Danfoss, 2006: Danfoss compressors – mounting instructions. Fitters notes Danfoss A/S (AC-DSL/MWA), 10-2006.

URL: http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/01256D2E-80A7-4D98-AF24-2EAEE-56468FD/0/104_FN_Troubleshooting.pdf

⁴⁰ Adler, W. D., 2010: Designing and prototyping of refrigerator and freezer cooling circuits. Transfair Engineering GmbH, Germany. 157p

⁴¹ Huehren, R., 2011: Training Manual: Service of Hermetically Sealed Systems using Hydrocarbon Refrigerant (publication in progress)

⁴² Wikipedia, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Swaziland

⁴³ Wikipedia, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas

⁴⁴ IPCC, 2006: IPCC Guidelines for national GHG inventories.

URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

⁴⁵ UNFCCC/CCNUCC, 2007: Tool to calculate the emission factor for an electricity system, Version 01.1, CDM Executive Board Report 35, Annex 12. 23p

URL: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf>

Esta guía tiene como objetivo proporcionar una idea general de las diferentes etapas a la hora de planificar una conversión de un sistema de producción de refrigeradores domésticos existente a uno que utilice hidrocarburos como el isobutano (R600a) o el propano (R290), así como los aspectos importantes que las pequeñas y medianas empresas fabricantes necesitan tener en cuenta. El enfoque holístico de esta guía hace que sea un buen punto de partida de información, no sólo para los directores y gerentes de las empresas encargadas de los aspectos técnicos, desarrollo de productos, la línea de producción y la formación, sino también para los consultores, instituciones de formación, maestros, profesores y técnicos.

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Proklima –
un programa para salvar la capa de ozono

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Germany
Teléfono: +49 61 96 79-1022
Telefax: +49 61 96 79-80 1022

E-Mail: proklima@giz.de
Internet: www.giz.de/proklima