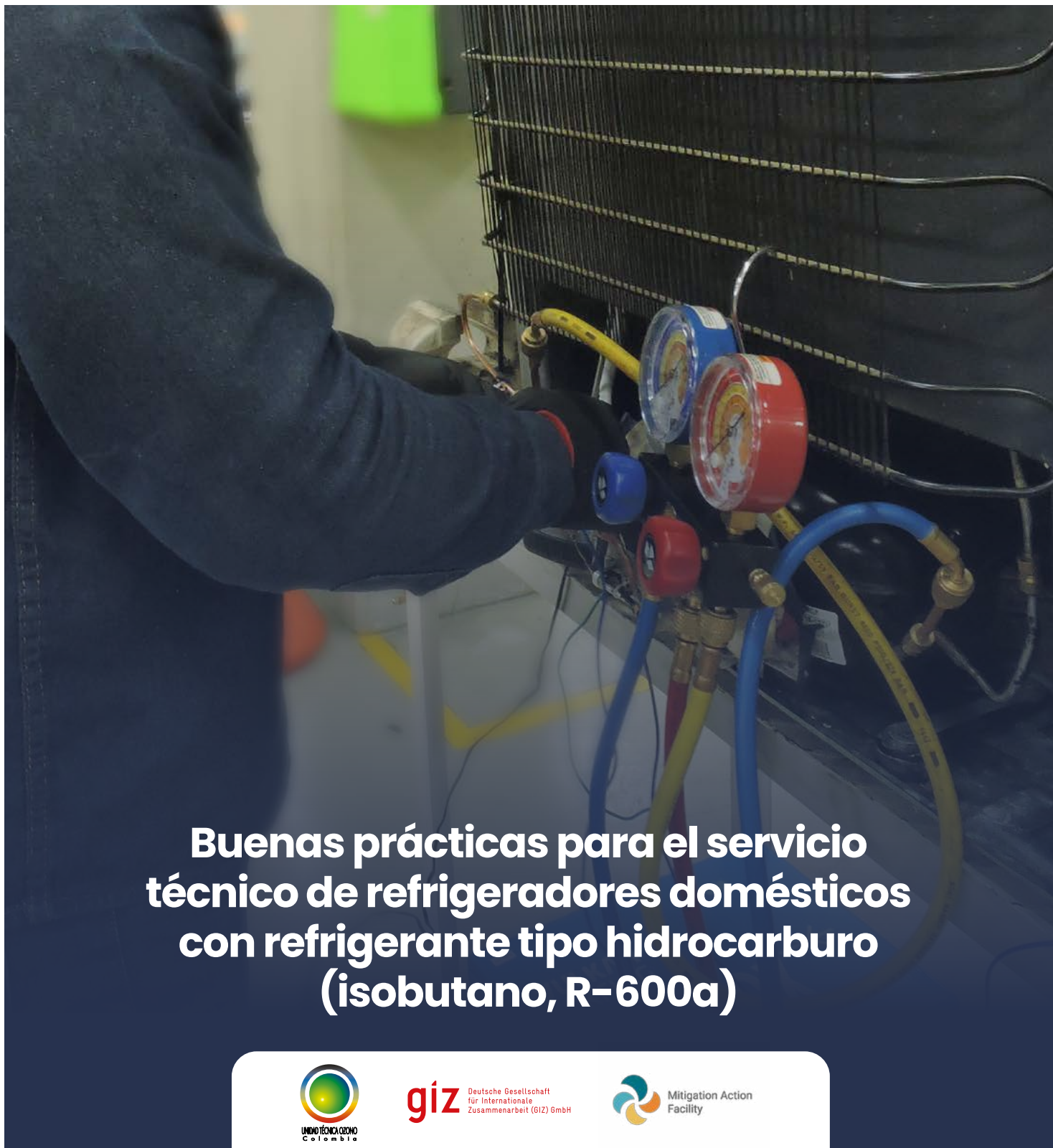




Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



**Buenas prácticas para el servicio
técnico de refrigeradores domésticos
con refrigerante tipo hidrocarburo
(isobutano, R-600a)**



Como empresa federal, la GIZ asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad

Bonn y Eschborn, Alemania

Proyecto NAMA para el sector de la refrigeración
doméstica en Colombia
Calle 125 # 19-24, oficina 702, Bogotá, Colombia

E info@giz.de

I www.giz.de/en

Proyecto

Mitigation Action Facility (MAF):
NAMA del sector de refrigeración doméstica en Colombia

REPÚBLICA DE COLOMBIA

Presidente de la República

Gustavo Francisco Petro Urrego

Vicepresidenta de la República

Francia Elena Márquez Mina

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Ministra (e) de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Irene Vélez Torres

Viceministra (e) de Ordenamiento Ambiental del Territorio

Luz Dary Carmona Moreno

Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

Edith Bastidas Calderón

Director de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana

Yiovani Palechor Mopan

UNIDAD TÉCNICA OZONO (UTO)

Jefe Nacional Proyecto UTO

Leydy María Suárez Orozco

Equipo UTO

Alejandra Pilar Bello Valero

Darlis Zabala Hernández

Edwin Mauricio Dickson Barrera

Gina Paola Sánchez Sierra

James Alejandro Mendoza Avendaño

Luis Humberto Espinosa Fula

Nidia Mercedes Pabón Tello

Por encargo de

Mitigation Action Facility

Köthener Straße 2

10963 Berlín, Alemania

En nombre del Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWK), el Departamento de Seguridad Energética y Cero Neto del Reino Unido, el Ministerio del Clima, Energía y Servicios de Dinamarca (KEFM), la Unión Europea y la Children's Investment Fund Foundation.

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Mitigation Action Facility. Su contenido es responsabilidad exclusiva de la GIZ y de la Unidad Técnica Ozono de Colombia, y no necesariamente refleja los puntos de vista de los donantes del fondo.

© GIZ, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2026

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2026

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.

Responsables

Peter Foerster, director del proyecto

Peter.Foerster@giz.de

Camilo Herrera, asesor

Camilo.herrera@giz.de

Autor

Fernando del Castillo Uribe

Revisión temática y edición

Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (Acaire)

Equipo técnico

Claudia Sánchez Méndez

Bolívar Andrés Monroy Matallana

Melisa Andrea Sarmiento Fontalvo

Nazly Dayanna León Caballero

Santiago Salazar Concha

Primera edición

Enero de 2026

Revisión tipográfica y de estilo

Carolina Orrego Arboleda

Revisión de pruebas

Editorial, Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental

Diseño y diagramación

Camilo Restrepo Quiñones

ISBN (digital)

978-628-7598-58-4

Nombres: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, autor | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, autor | Fernando del Castillo Uribe, autor.

Título: Buenas prácticas para el servicio técnico de refrigeradores domésticos con refrigerante tipo hidrocarburo (Isobutano, R-600a)

Descripción: Primera edición | Bogotá D.C. : Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025. 178 páginas : cuadros, figuras, fotografías y tablas.

Incluye lista de figuras | Incluye Lista de tablas | Incluye siglas y acrónimos | Incluye bibliografía

Identificadores: ISBN (digital): 978-628-7598-58-4

Materias: Tesauro Ambiental para Colombia: Acondicionamiento de aire | Hidrocarburos |

Impacto ambiental | Normas técnicas | Refrigerante | Seguridad en el trabajo | Sustancias químicas

Clasificación: CDD 621.56 -dc21

CO_BoCDM



Contenido

Exención de responsabilidad	11
Introducción	13
1. Referentes normativos de seguridad para el sector RAC en Colombia	14
2. Refrigerantes: características e impacto ambiental	20
2.1 Definición de refrigerante	21
2.2 Denominación de los refrigerantes	21
2.3 Clasificación de los refrigeradores por grupo de seguridad	22
2.4 Unidades de medida del impacto ambiental de los refrigerantes	23
2.4.1 Potencial de agotamiento del ozono (PAO)	24
2.4.2 Potencial de calentamiento atmosférico (PCA)	25
2.4.3 Vida media en la atmósfera	26
2.5. Refrigerantes naturales	26
2.6 Refrigerantes tipo hidrocarburo (HC)	27
2.6.1 Propano (R-290)	27
2.6.2 Isobutano (R-600a)	27
2.7 Aceites lubricantes compatibles con R-600a	29
2.7.1 Aceites minerales	30
2.7.2 Aceites sintéticos	31
3. Buenas prácticas para el mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos con refrigerante R-600a	33
3.1 Alistamiento y verificación de las condiciones de seguridad	34
3.1.1 Precauciones generales	34
3.1.2 Cálculo del área mínima de seguridad para el lugar de trabajo	36
3.1.3 Condiciones del lugar de trabajo	38
3.1.4 Etiquetas y señalización en el lugar de trabajo	41
3.2 Herramientas, equipos y elementos requeridos para el servicio técnico	43
3.2.1 Elementos básicos de protección personal (EPP)	43
3.2.2 Herramientas y equipos básicos	46
3.2.3 Equipos para soldadura y junta fría	49
3.2.4 Herramientas y equipos básicos para trabajo electro-electrónico	51
3.3 Ejecución de las actividades propias de mantenimiento y reparación	52
3.3.1 Servicio técnico correctivo por humedad	53
3.3.2 Servicio técnico correctivo por alta humedad	53
3.3.3 Servicio técnico correctivo por quema de compresor	55
3.4 Procesos preliminares (PP)	56
3.4.1 Proceso PP1: Pruebas electro-electrónicas	56
3.4.2 Proceso PP2: Verificación de la carga de refrigerante	63
3.4.3 Proceso PP3: Venteo o descarga de refrigerante R-600a	65

3.4.3.1 Venteo de R-600a con manguera	67
3.4.3.2 Venteo directo de R-600a	68
3.4.3.3 Recuperación de refrigerante R-600a, mediante recuperadora (ATEX)	69
3.4.4 Proceso PP4: Apertura del sistema	74
3.5 Procesos de barrido y limpieza (PBL)	76
3.5.1 Proceso PBL1: Cambio de filtro y de aceite	77
3.5.2 Proceso PBL2: Barrido con nitrógeno	80
3.5.3 Proceso PBL3: Limpieza con filtro de alta eficiencia	86
3.5.4 Proceso PBL4: Prueba de acidez	89
3.6 Procedimientos complementarios (PC)	93
3.6.1 Proceso PC1: Cambio de compresor y componentes para refrigeradores con R-600a	93
3.6.2 Proceso PC2: Detección y reparación de fugas	98
3.6.2.1 Opción 1: Soldadura fuerte con llama	102
3.6.2.2 Opción 2: Unión en frío	117
3.7 Procedimientos finales (PF)	127
3.7.1 Proceso PF1: Prueba de estanqueidad (hermeticidad)	127
3.7.2 Proceso PF2: Proceso de vacío (evacuación)	133
3.7.2.1 Variación del vacío con la temperatura ambiente	138
3.7.2.2 Variación del tiempo de vacío con la presión absoluta	138
3.7.3 Proceso PF3: Carga de refrigerante R-600a	141
3.7.4 Proceso PF4: Puesta en marcha y estabilización	146

4. Seguridad y Salud en el Trabajo 151

4.1 Lineamientos de seguridad en manejo seguro de R-600a	152
4.1.1 Identificación de riesgos generales con R-600a	152
4.1.2 Manejo y almacenamiento del refrigerante R-600a	152
4.2 Medidas para el control de incendios con R-600a	154
4.3 Riesgos y factores de riesgo	154
4.4 Identificación de riesgos en el manejo adecuado del nitrógeno	155
4.5 Requerimientos para la seguridad de las personas y los bienes, de acuerdo con la NTC 6228 Parte 1	159
4.5.1 Protección personal	162
4.5.2 Marcas/símbolos gráficos de seguridad en el lugar de trabajo, basado en Norma EN/ISO 7010	162
4.6 Ficha de datos de seguridad del R-600a	167

5. Recomendaciones 168

5.1 Recomendaciones generales	169
5.2 Recomendaciones de los fabricantes y de servicio técnico en Colombia	174

Referencias 177

Lista de figuras

Figura 1.	Clasificación de los refrigerantes por grupo de seguridad	22
Figura 2.	Columna total de ozono	24
Figura 3.	Valores de PCA para determinados refrigerantes	25
Figura 4.	Etiqueta de advertencia para inicio de servicio técnico	34
Figura 5.	Tres (3) elementos requeridos para un incendio	36
Figura 6.	Concentración necesaria para la conflagración con HC	37
Figura 7.	Evaluación de riesgos parte 1	39
Figura 8.	Evaluación de riesgos parte 2	40
Figura 9.	Distribución adecuada del lugar de trabajo para el mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos con R-600a	41
Figura 10.	Verificación del funcionamiento del refrigerador	59
Figura 11.	Aspectos para tener en cuenta al realizar la evaluación o diagnóstico básico del ciclo mecánico del refrigerador	61
Figura 12.	Herramientas y terminales eléctricos	62
Figura 13.	Conexión a tierra durante el trabajo para evitar la descarga electrostática (ESD)	62
Figura 14.	Venteo de R-600a con manguera	68
Figura 15.	Escenario de recuperación de gases refrigerantes inflamables y configuración ejemplar del lugar de trabajo en la empresa o el lugar de instalación	70
Figura 16.	Ejemplo de cilindro para almacenar refrigerante HC recuperado	70
Figura 17.	Manera correcta de abrir el circuito por corte de filtro secador	74
Figura 18.	Purga previa del sistema con OFDN	76
Figura 19.	Proceso de barrido con N ₂	80
Figura 20.	Ejemplo de disposición de cilindros OFDN	81
Figura 21.	Conjunto de manómetro de control de presión intermedio	82
Figura 22.	Ejemplo de regulador de presión OFDN	82
Figura 23.	Filtro de alta eficiencia tipo HH o “de quema”	86
Figura 24.	Ejemplo de conjunto para prueba de acidez	92
Figura 25.	Comparación entre un compresor reciprocante convencional y uno lineal electrónico	93
Figura 26.	Tarjeta electrónica tipo Inverter para motor BLDC	94
Figura 27.	Estructura del motor lineal BLDC	95
Figura 28.	Comparativo de hermeticidad	98
Figura 29.	Consecuencias de una fuga de refrigerante	99
Figura 30.	Tecnologías de detección de fugas	99
Figura 31.	Movimiento del sensor sniffer (TCD)	100
Figura 32.	Comparativo de métodos de detección de fugas	101
Figura 33.	Componentes de una soldadura fuerte oxiacetilénica	102
Figura 34.	Temperaturas de trabajo de materiales diferentes de aporte	103
Figura 35.	Tipos de llama oxiacetilénica	104

Figura 36.	Encendido correcto de la llama	105
Figura 37.	Válvulas de retroceso de llama	106
Figura 38.	Limpieza del extremo de los tubos	107
Figura 39.	Accesorios para la limpieza del cobre	108
Figura 40.	Comportamiento del fundente	109
Figura 41.	Fijación de la pieza a soldar	109
Figura 42.	Calentamiento uniforme al soldar	110
Figura 43.	Soldadura con paso de nitrógeno OFDN	111
Figura 44.	Disposición para depositar el material de relleno	112
Figura 45.	Fundente recomendado/tipos de fundentes	113
Figura 46.	Nivel de temperatura de llama según su color	113
Figura 47.	Enfriamiento de la pieza soldada	114
Figura 48.	Eliminación de residuos	114
Figura 49.	Ejemplo de uniones mal soldadas	115
Figura 50.	Ejercicios propuestos de soldadura para certificación de competencia	116
Figura 51.	Posibilidades de reparación con unión Lokring	117
Figura 52.	Componentes básicos unión Lokring	118
Figura 53.	Áreas de la unión Lokring	118
Figura 54.	Corte para ver unión Lokring	119
Figura 55.	Combinaciones posibles de materiales a unir con unión Lokring	119
Figura 56.	Juego de herramientas Lokring	120
Figura 57.	Herramienta de montaje Loktool de Lokring	120
Figura 58.	Mordazas de montaje Lokring	121
Figura 59.	Medición del diámetro del tubo para selección del conector Lokring	121
Figura 60.	Inserción de los tubos	122
Figura 61.	Sellador anaeróbico Lokprep	122
Figura 62.	Compresión de los tubos con las mordazas	123
Figura 63.	Finalización de la unión	123
Figura 64.	Distintos tipos de filtro secador	124
Figura 65.	Posibilidades de unión, sección filtro secador	125
Figura 66.	Unión en la sección del evaporador, línea de succión	125
Figura 67.	Unión en la sección del condensador según su tipo y localización	126
Figura 68.	Unión en la sección del compresor	126
Figura 69.	Proceso de unión en frío Lokring. Instalando conectores en refrigerador	127
Figura 70.	Proceso de unión en frío tipo Lokring en refrigerador	127
Figura 71.	Proceso de prueba de hermeticidad o estanqueidad	128
Figura 72.	Presiones de prueba de hermeticidad	129
Figura 73.	Uso de tanque auxiliar en prueba de hermeticidad	129

Figura 74.	Montaje de prueba de hermeticidad	129
Figura 75.	Bomba de vacío y válvula de gas “ballast”	133
Figura 76.	Zona equivalente del manómetro que trabaja el vacuómetro	134
Figura 77.	Relación presión vs. Temperatura ambiente para el proceso de vacío	138
Figura 78.	Relación presión vs. Tiempo para el proceso de vacío	138
Figura 79.	Montaje completo del proceso de vacío	139
Figura 80.	Instalación de la bomba de vacío y el vacuómetro	139
Figura 81.	Paso a paso y elementos durante la carga del R-600a	141
Figura 82.	Conexiones para el paso a paso durante la carga del R-600a	142
Figura 83.	Montaje de equipos y herramientas durante la carga	142
Figura 84.	Puntos de toma de temperaturas durante la estabilización del refrigerador	147
Figura 85.	Herramientas y proceso de “ponchado” final de tuberías	150
Figura 86.	Etiquetas para manejo de cilindro de R-600a	153
Figura 87.	Paso a paso aplicación norma NTC 6228 para carga R-600a en refrigeradores	159
Figura 88.	Ecuación y método para determinar la carga máxima	161
Figura 89.	Símbolos de seguridad de PROHIBICIÓN	163
Figura 90.	Símbolos de seguridad de OBLIGATORIEDAD	163
Figura 91.	Símbolos de seguridad de ADVERTENCIA	164
Figura 92.	Símbolos de seguridad de RESCATE	164
Figura 93.	Símbolos de seguridad de PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	164
Figura 94.	Etiquetas de seguridad en los extintores de protección CONTRA INCENDIOS	165
Figura 95.	Símbolos de seguridad según su forma	166
Figura 96.	Ejemplos de señalización para el servicio técnico en taller de servicio e instalación del cliente	166
Figura 97.	Ejemplo de FDS. Isobutano R-600a	167
Figura 98.	Tendencia del proceso de desgasificación de refrigerante	169

Lista de tablas

Tabla 1.	Lista general de las normas relacionadas con el uso de hidrocarburos como refrigerantes	15
Tabla 2.	Normas internacionales de referencia para soldadura	18
Tabla 3.	Clasificación de los refrigerantes	21
Tabla 4.	Vida media de algunos refrigerantes comunes	26
Tabla 5.	Características del Isobutano (R-600a) y su presentación típica	28
Tabla 6.	Aceites compatibles con el refrigerante R-600a	30
Tabla 7.	Aceites minerales no siempre compatibles con HC y su clasificación ISO	31
Tabla 8.	Etiquetas y señalización recomendadas para el lugar de trabajo	41
Tabla 9.	Elementos de protección personal (EPP)	44
Tabla 10.	Herramientas y equipos básicos	46
Tabla 11.	Herramientas y equipos para soldadura y junta fría	49
Tabla 12.	Herramientas y equipos básicos para trabajo electro-electrónico	51
Tabla 13.	Procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por humedad	53
Tabla 14.	Procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por alta humedad	54
Tabla 15.	Procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por quema de compresor	55
Tabla 16.	Pasos para el proceso PP1: Pruebas electro-electrónicas	56
Tabla 17.	Proceso PP2: Verificación de carga del refrigerante	63
Tabla 18.	Proceso PP3: Venteo o descarga del refrigerante R-600a	66
Tabla 19.	Resumen proceso de recuperación de refrigerante R-600a, mediante recuperadora (ATEX)	71
Tabla 20.	Resumen proceso de venteo de refrigerante R-600a	72
Tabla 21.	Proceso PP4: Apertura del sistema	75
Tabla 22.	Proceso PBL1: Cambio de filtro y de aceite	77
Tabla 23.	Proceso PBL2: Barrido con nitrógeno	83
Tabla 24.	Resumen del proceso de barrido con nitrógeno	85
Tabla 25.	Instalación del filtro de alta eficiencia para la limpieza	87
Tabla 26.	Paso a paso del proceso de limpieza con cambio de filtro	88
Tabla 27.	Proceso PBL4: Prueba de acidez	90
Tabla 28.	Nivel de acidez según el tipo de aceite	92
Tabla 29.	Proceso PC1: Cambio de compresor y componentes para refrigeradores con R-600a	96
Tabla 30.	Paso a paso del proceso PC1: Cambio de compresor y componentes para refrigeradores con R-600a	97
Tabla 31.	Materiales de relleno para soldadura de cobre	111
Tabla 32.	Proceso PF1: Prueba de hermeticidad	130
Tabla 33.	Resumen del proceso de hermeticidad	131
Tabla 34.	Proceso PF2: Proceso de vacío	134
Tabla 35.	Resumen del proceso de vacío	136

Tabla 36.	Escala comparativa de la medición de vacío	140
Tabla 37.	Proceso PF3: Carga de refrigerante R-600a	143
Tabla 38.	Resumen proceso de carga de refrigerante	145
Tabla 39.	Reporte de temperaturas de funcionamiento	148
Tabla 40.	Reporte de parámetros eléctricos	149
Tabla 41.	Temperaturas de trabajo en las diferentes aplicaciones de equipos RAC	150
Tabla 42.	Datos de presión y temperatura de evaporación en refrigeradores domésticos	150
Tabla 43.	Categorías de ocupación y características generales según la norma NTC 6228	160
Tabla 44.	Clasificación de la localización de los sistemas de refrigeración (RAC) Clase I	160

Exención de responsabilidad

Este documento pretende proporcionar recomendaciones y buenas prácticas, por lo tanto, la GIZ, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y los autores eximen su responsabilidad por cualquier declaración o acción tomada por los lectores o usuarios, como resultado de alguna inferencia hecha a partir de este material y que pueda causar un daño o lesión. Si bien las declaraciones y la información contenida en este documento se consideran confiables y precisas, se presentan sin garantía alguna expresa o implícita.

La información entregada en este documento no libera al lector o usuario de la obligación de llevar a cabo su propia evaluación y análisis de la situación, por lo tanto, el lector deberá asumir todos los riesgos y las responsabilidades por el uso de la información, las acciones y los eventos ocurridos. Los lectores o usuarios no deben dar por sentado que todos los datos de seguridad, medidas y orientaciones indicadas en este documento sean únicos, suficientes o que no se necesiten otras medidas.

Este documento brinda recomendaciones que no compensan las instrucciones u orientación individual. Las pautas, leyes y normas nacionales se deben consultar y seguir bajo toda circunstancia. La manipulación de refrigerantes inflamables, así como sus sistemas y equipos asociados, debe ser realizada solamente por técnicos cualificados.

Siglas y acrónimos

ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (del inglés: American National Standards Institute)
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (del inglés: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)
ATEX	Dispositivos para uso en Atmósferas Explosivas (del francés: Appareils destinés à être utilisés en Atmosphères Explosives)
BPR	Buenas Prácticas en Refrigeración
CAS	Chemical Abstracts Service
CE	Conformidad Europea (del francés: Conformité Européenne)
CFC	Clorofluorocarbonados
DIS	Draft International Standard
DOT	Departamento de Transporte de los Estados Unidos (del inglés: Department Of Transportation)
EN	Norma Europea (del inglés: European Norm)
ESD	Descarga Electrostática (del inglés: Electrostatic Discharge)
EPP	Elementos de protección personal
FDS	Ficha de datos de seguridad
GEI	Gases Efecto Invernadero
HC	Hidrocarburos
HCFC	Hidroclorofluorocarbonados
HFC	Hidrofluorocarbonados
IEC	Comisión electrotécnica internacional (del inglés: International Electrotechnical Commission)
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (del inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISO	Organización Internacional de Normalización (del inglés: International Organization of Standardization)
LBP	Low Back Pressure
LCR	Límite de Concentración de Refrigerante (del inglés: Refrigerant Concentration Limit)
NIOSH	Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional (del inglés: National Institute for Occupational Safety and Health)
NSCL	Norma sectorial de competencia laboral
NTC	Norma Técnica Colombiana
OFDN	Nitrógeno seco libre de oxígeno (del inglés: Oxygen Free and Dry Nitrogen)
OFP	Dispositivo de Protección de Sobrellenado (del inglés: Overfill protection device)
P/T	Presión / Temperatura
PAO	Potencial de agotamiento de ozono (del inglés: Ozone depletion potential)
PBL	Procedimientos de barrido y limpieza
PCA	Potencial de calentamiento atmosférico
PL	Límite práctico de concentración (del inglés: Practical Limit)
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PP	Procedimientos preliminares
PSI	Libras-fuerza por pulgada cuadrada (del inglés: Pounds-force per square inch)
PSIA	Libras-fuerza por pulgada cuadrada, absoluta (del inglés: Pounds per square inch absolute)
PSIG	Libras-fuerza por pulgada cuadrada, manométricas (del inglés: Pounds-force per square inch, gauge)
PTC	Coefficiente de temperatura positivo (del inglés: Positive temperature coefficient)
RAC	Refrigeración y Acondicionamiento de Aire
RVC	Refrigeración, Ventilación y Climatización
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices (del inglés: Society of Automotive Engineers)
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
SOI	Fuente de ignición (del inglés: Source of ignition)

Introducción

El proyecto NAMA para el sector de la refrigeración doméstica en Colombia busca transformar el sector de la refrigeración doméstica en el país y contribuir con esto al cumplimiento de la meta nacional para reducir en 51% las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para 2030. Al mismo tiempo, el proyecto NAMA, entre otras actividades, busca fortalecer las capacidades en el manejo seguro de los refrigerantes tipo hidrocarburo (HC), durante las distintas etapas del ciclo de vida de los refrigeradores domésticos.

Hasta hace unos años, los refrigeradores domésticos contenían refrigerantes tipo hidrofluorocarbono (HFC) (R-134a), sustancias que no tienen potencial de agotamiento del ozono (PAO), pero que sí tienen alto potencial de calentamiento atmosférico (PCA) (mayor a 1000). En el país, la industria de la refrigeración doméstica ha sido el primer sector en eliminar el uso de los refrigerantes tipo HFC en los procesos de manufactura, actualmente todas las fabricantes nacionales producen refrigeradores domésticos con refrigerante tipo hidrocarburo HC, específicamente el isobutano, R-600a, cuyo PAO es cero y PCA es 3.

El refrigerante R-600a es una alternativa amigable con el ambiente, tiene muy buenas propiedades termodinámicas, pero su inflamabilidad representa un riesgo para la salud y la seguridad, por esto es necesario que el personal técnico cuente con el conocimiento para el manejo adecuado de esta sustancia en las etapas de fabricación, instalación, operación, mantenimiento, reparación y disposición final de los equipos que la contienen.

La aplicación de buenas prácticas en refrigeración (BPR), para el mantenimiento de equipos de refrigeración y acondicionamiento de aire, ha sido un factor importante para reducir el consumo y las emisiones de refrigerantes en los países en desarrollo. Por el contrario, las prácticas inadecuadas pueden llevar a menor eficiencia energética, aumento de las tasas de fugas de refrigerante, incremento en el número de fallas y reducción de la vida útil de los sistemas de refrigeración y acondicionamiento del aire (RAC).

En el sector RAC en Colombia existen divergencias de conceptos frente a las BPR en el mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos. Aunque actualmente estas BPR son conocidas, se siguen presentando liberación de refrigerante a la atmósfera, debido a que se realizan prácticas inadecuadas, por el desconocimiento de conceptos básicos, sumado a la falta de uso de equipos idóneos, la poca aplicación de normas de seguridad y el uso inadecuado de elementos de protección personal (EPP).

Estas malas prácticas deben ser corregidas y superadas, ahora que es una realidad el uso masivo de refrigerantes naturales, como el R-600a, debido a que el uso de estas sustancias en refrigeración evita el deterioro de la capa de ozono y el aumento del calentamiento global.

La correcta aplicación de las BPR es necesaria para garantizar que los refrigeradores domésticos cumplan con la función vital de conservar los alimentos en los hogares de las personas, por lo que deberían mantenerse en funcionamiento constante en el tiempo, y permitir que los usuarios los utilicen adecuadamente. En consecuencia, existe una alta demanda por parte de los hogares de servicios de mantenimiento y reparación de los refrigeradores.

El presente documento de Buenas Prácticas para el servicio técnico de refrigeradores domésticos con refrigerante tipo hidrocarburo describe las BPR y los procesos necesarios para evitar inconvenientes, reprocesos y realizar un manejo seguro y confiable del refrigerante R-600a.

Este documento consta de cinco (5) capítulos y ha sido desarrollado desde el proyecto NAMA con el fin de servir como material de consulta para el personal técnico que se desempeña en la cadena productiva y en el servicio técnico de refrigeradores domésticos con refrigerante tipo hidrocarburo (R-600a). De igual forma, se espera contribuir con este documento al fortalecimiento de los procesos de capacitación, evaluación y certificación en el país, bajo las normas sectoriales de competencia laboral (NSCL) para el sector RAC.

1 | Referentes normativos de seguridad para el sector RAC en Colombia



A continuación, se mencionan las normas nacionales e internacionales de mayor relevancia para el manejo y uso seguro de refrigerantes tipo hidrocarburo en el sector RAC, de las cuales se hará referencia a lo largo del documento.

En la tabla 1 se relacionan las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) y del Comité Europeo de

Normalización (EN, por sus siglas en inglés), así como los referentes normativos nacionales relacionados con aspectos de seguridad para refrigeradores. Adicionalmente, se incluyen las Normas Sectoriales de Competencia Laboral (NSCL), como referente en el país, para la certificación del desempeño del personal técnico en el área de refrigeración y acondicionamiento del aire.

Tabla 1

Lista general de las normas relacionadas con el uso de hidrocarburos como refrigerantes

REFERENTE NORMATIVO	TÍTULO	ÁMBITO DE APLICACIÓN
IEC/EN 60335-2-24	Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 2-24: Requisitos particulares para aparatos de refrigeración, fabricación de helados y de hielo.	Refrigeración doméstica.
IEC/EN 60335-2-40	Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 2-40: Requisitos particulares para bombas de calor eléctricas, acondicionadores de aire y deshumidificadores.	Cualquier aplicación de acondicionamiento de aire y bombas de calor.
IEC/EN 60335-2-89	Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 2-89: Requisitos particulares para aparatos de refrigeración para uso comercial con una unidad de condensación de fluido refrigerante o un compresor incorporado o a distancia.	Cualquier equipo de refrigeración para uso comercial.
EN 378	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales.	Todos los equipos de refrigeración, acondicionamiento de aire y bombas de calor domésticos, comerciales e industriales.

REFERENTE NORMATIVO	TÍTULO	ÁMBITO DE APLICACIÓN
ISO (DIS) 5149	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales.	Todos los equipos de refrigeración, acondicionamiento de aire y bombas de calor domésticos, comerciales e industriales.
EN378-2: (equivalente a ISO 5149)	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 2: Diseño, fabricación, ensayos, marcado y documentación.	Equipos de refrigeración y bombas de calor.
EN378-3: (equivalente a ISO 5149)	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 3: Instalación <i>in situ</i> y protección de las personas.	Equipos de refrigeración y bombas de calor.
EN14276-1	Equipos a presión para sistemas de refrigeración y bombas de calor. Parte 1: Recipientes. Requisitos generales.	Equipos de refrigeración y bombas de calor.
NTC 6228-1 (*)	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 1: Definiciones, clasificación y criterio de selección.	Especifica la clasificación de los sistemas de refrigeración, brinda criterios para seleccionar el tipo de sistema de refrigeración adecuado para aplicaciones en particular.
NTC 6228-2 (*)	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 2: diseño, construcción, realización de ensayos, marcado y documentación.	Aplicado al diseño, construcción e instalación de sistemas de refrigeración y todo lo asociado a dichos sistemas.
NTC 6228-3 (*)	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 3: Sitio de instalación.	Especifica los requisitos de seguridad para el sitio que son necesarios, debido al sistema de refrigeración, aunque no está directamente relacionado.
NTC 6228-3 (*)	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 3: Sitio de instalación.	Especifica los requisitos de seguridad para el sitio que son necesarios, debido al sistema de refrigeración, aunque no está directamente relacionado.

REFERENTE NORMATIVO	TÍTULO	ÁMBITO DE APLICACIÓN
NTC 6228-4 (*)	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 4: Operación, mantenimiento, reparación y recuperación.	Aspectos de seguridad y ambientales relacionados con la operación, el mantenimiento y la reparación de los sistemas de refrigeración.
NSCL 291901031_2	Intervenir el sistema de refrigeración según manuales de buenas prácticas en refrigeración y tipo de refrigerante.	Ámbito de la NSCL: A. Refrigerantes no inflamables, no tóxicos. B. Refrigerantes inflamables. C. Refrigerantes tóxicos. D. Refrigerantes a altas presiones.
NSCL 291901058_1	Instalar sistemas de climatización y refrigeración de acuerdo con especificaciones técnicas y manuales de fabricantes.	Ámbito de la NSCL: A. Comercial. B. Industrial.
NSCL 291901059_1	Mantener sistemas de climatización y refrigeración según procedimientos y normativa técnica.	Ámbito de la NSCL: A. Comercial. B. Industrial.

(*) Es importante aclarar que la NTC 6228-1 aplica para refrigeración doméstica en el momento de intervenir el circuito de refrigeración y de manera específica para el cálculo del área mínima de trabajo. Asimismo, debe considerarse la aplicación de la NTC 6228-4.

Fuente: elaboración propia.

Debido a que, para las actividades de mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos, se utilizan refrigerantes inflamables, es importante durante el proceso de soldadura tener en cuenta las medidas de seguridad y demás requerimientos técnicos propios de esta actividad. En la tabla 2 se listan las principales normas relacionadas con soldadura, materiales y habilidades del

personal técnico. En particular, la norma ISO 13585-2012 (la cual sustituyó a la norma EN 13133-200) está relacionada con la certificación de competencia en soldadura y abarca la cualificación del personal, los procedimientos de inspección y el área de aplicación.

Tabla 2 Normas internacionales de referencia para soldadura

REFERENTE NORMATIVO	TÍTULO	ÁMBITO DE APLICACIÓN
ISO 13585	Ensayo de cualificación de soldadores y operadores soldadores de soldeo fuerte.	Especifica los requisitos básicos en los ensayos de aptitud de los soldadores y operadores. Indica las condiciones, ensayos, controles, criterios y rangos de cualificación para los certificados en soldeo fuerte.
EN 12735-1(ASTM-B280>US)	Especificación estándar para tubos de cobre sin costura para servicio de campo de aire acondicionado y refrigeración.	Abarca los requisitos para tubos de aleación de cobre sin costura que se usan para conexión, reparaciones o alternancia de unidades de refrigeración o aire acondicionado. Esto cubre los requisitos para los tubos UNS C10200, C12000 o C12200, el fabricante puede usar cualquiera de ellos, a menos que se indique lo contrario.
EN 1254-1	Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 1: Accesorios para soldeo o soldeo fuerte por capilaridad para tubos de cobre.	Accesorios con extremos para soldeo o soldeo fuerte por capilaridad para la conexión de tubos.
DIN 8905-1:	Tubos para instalaciones frigoríficas con compresores herméticos y semiherméticos; diámetro exterior hasta 54 mm; condiciones técnicas de suministro.	Tubos para sistemas de refrigeración con compresores herméticos y semiherméticos; diámetro exterior hasta 54 mm; condiciones técnicas de suministro.
EN 1254-1	Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios de fontanería. Parte 1: Accesorios con extremos para soldar por capilaridad a tubos de cobre.	Accesorios para tuberías: racores con extremos para soldar capilarmente o para soldar capilarmente a tubos de cobre.

REFERENTE NORMATIVO	TÍTULO	ÁMBITO DE APLICACIÓN
EN 1254-4	Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 4: Accesorios para soldar por capilaridad o de compresión para montar con otros tipos de conexiones.	Accesorios para tuberías: accesorios que combinan otras conexiones finales con extremos capilares o de compresión.
EN 1254-5	Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios de fontanería. Parte 5: Accesorios capilares con extremos cortos para soldar a tubos de cobre.	Accesorios de tubería: accesorios con extremos cortos para soldadura fuerte capilar en tubos de cobre.
ISO 1767	Soldeo fuerte. Metales de aportación.	Especifica los rangos de composición de una serie de metales de llenado, que se utilizan en la soldadura fuerte. Los metales de relleno se encuentran divididos en siete clases, según su composición. Esta norma solo reconoce los productos que contienen metales de relleno de soldadura fuerte con otros constituyentes, como fundente o aglutinantes.
EN 1045	Soldadura fuerte – Fundentes para soldadura fuerte – Clasificación y condiciones técnicas de entrega.	El documento clasifica los fundentes utilizados para la soldadura en dos categorías (activos e inactivos) y caracteriza estos fundentes en función de sus propiedades y uso, proporcionando las condiciones técnicas de entrega y precauciones de salud y seguridad.
EN 12735-1	Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos, sin soldadura, para aire acondicionado y refrigeración. Parte 1	Tubos redondos, sin soldadura.
DIN 2607-5	Tubo curvo – Para soldadura a tope de cobre	Se aplica para tubos curvados con soldadura de cobre utilizado en sistemas de tubería de agua y gas que soporten presiones y temperaturas adecuadas.

Fuente: elaboración propia.

2

Refrigerantes: características e impacto ambiental



En esta sección se desarrolla información técnica sobre la función, denominación y clasificación de los refrigerantes, así como por su impacto ambiental y sobre las características de los aceites lubricantes compatibles con los hidrocarburos.

2.1 Definición de refrigerante

Un fluido refrigerante es una sustancia que puede absorber y transportar calor, por lo que si se encuentra en fase líquida, absorbe calor a baja presión y cambia a fase vapor (evaporación). Luego de esta etapa, el calor absorbido es liberado a alta presión y se transforma a fase líquida (condensación). Los refrigerantes se pueden clasificar según su función (interacción con su objetivo primario):

- **Refrigerantes primarios:** absorben calor al evaporarse a cierta temperatura y presión, para transferirlo hacia la atmósfera.
- **Refrigerantes secundarios:** aquellos fluidos enfriados mediante un refrigerante primario que circulan como fluidos de transferencia de calor para retirar la carga térmica del sistema.

2.2 Denominación de los refrigerantes

La nomenclatura de los refrigerantes se asocia a algunas características de su origen, lo que lleva a conformar las series conocidas universalmente. En la tabla 3 se muestra la clasificación, de acuerdo con el estándar ANSI/ASHRAE 34.

El estándar (ANSI/ASHRAE Standard 34) asigna un código alfanumérico para identificar a cada refrigerante, que consiste en la letra R seguido por un número. Este código se establece a partir de su fórmula química, así:

- La letra minúscula denota un gas isómero e indica la simetría en pesos atómicos. El más simétrico no tiene letra y al aumentar la asimetría se colocan las letras a, b, c, etc., por ejemplo, en el R-134a1.

Tabla 3

Clasificación de los refrigerantes

SERIE	NOMBRE	EJEMPLO
000	Derivados del metano	R-12
100	Derivados del etano	R-134a
200	Propanos	R-290
400	Mezclas zeotrópicas	R-410A
500	Mezclas azeotrópicas	R-502
600	Orgánicos	R-600a
700	Inorgánicos	R-717
1000	Orgánicos no saturados	R-1234yf

Fuente: ANSI/ASHRAE Standard 34 (2019).

- La letra mayúscula denota una mezcla zeotrópica (mezcla de dos o más refrigerantes puros con diferentes volatilidades) y su referencia es la serie 400. Por ejemplo, en el R-410A, las letras A, B, C, a la derecha del número se utilizan para diferenciar mezclas con los mismos componentes, pero con diferente proporción. Ejemplos: R-401A, R-401B, R-407C.
- Si la mezcla es azeotrópica (mezcla de dos o más gases de punto de ebullición similar que se comportan como una sustancia pura) queda en la serie 500 y el número es arbitrario, debido a que corresponde al orden de aparición del refrigerante. Ejemplos: R-502, R-507.
- Los compuestos orgánicos misceláneos tienen asignada la serie 600, por ejemplo, R-600a para el isobutano.
- Para los refrigerantes inorgánicos se reserva la serie 700 y 7000. Cuando la masa molecular sea menor a 100, el número será 700 y sumando la masa molecular. Ejemplo: R-717 que es el amoníaco. Cuando la masa

molecular sea mayor o igual a 100, el número será 7000 y sumando la masa molecular. También se hace uso de las letras en mayúscula para diferenciar los refrigerantes inorgánicos con masas molares similares.

- El primer dígito, de derecha a izquierda en los compuestos que carezcan de bromo, representa el número de átomos de flúor en la molécula.
- El siguiente dígito hacia la izquierda representa el número de átomos de hidrógeno más 1.
- El tercer dígito hacia la izquierda representa el número de átomos de carbono menos 1 (no se usa cuando es igual a cero).
- El cuarto dígito hacia la izquierda corresponde al número de enlaces dobles.
- Cuando la sustancia contiene bromo se adiciona una B posterior a los números y el número de átomos de bromo. De igual forma, se designa cuando la sustancia contiene yodo, pero usando la letra I.

2.3 Clasificación de los refrigeradores por grupo de seguridad

La clasificación por grupo de seguridad de los fluidos refrigerantes se basa en las propiedades de toxicidad e inflamabilidad. Los refrigerantes, se encuentran divididos en¹ dos categorías definidas por el tiempo máximo de exposición y el indicador de toxicidad, basado en los índices TLV y TWA:

TLV (Threshold Limit Value):

concentración máxima permisible para exposición de personas a este refrigerante, de 8 a 12 horas por día, 5 días a la semana, durante 40 años.

TWA (Time-Weighted Average):

concentración ponderada en el tiempo expresada en horas por día, de exposición al fluido refrigerante.

En la figura 1 se presenta la clasificación de los refrigerantes por grupo de seguridad, según el estándar ANSI/ASHRAE 34. Para esta clasificación, la letra indica su toxicidad, y el número, su inflamabilidad.

Figura 1 Clasificación de los refrigerantes por grupo de seguridad

	Baja toxicidad	Ejemplos	Alta toxicidad	Ejemplos
Sin propagación de llama	A1	R-22, R-744, R-134a, R-410A, R-404A	B1	R-123, R-245a
Baja flamabilidad	A2L	R-22, R-744, R-134a, R-410A, R-404A	B2L	R-717
Flamable	A2	R-22, R-744, R-134a, R-410A, R-404A	B2	R-30
Alta flamabilidad	A3	R-22, R-744, R-134a, R-410A, R-404A	B3	R-1140

Más requisitos

Más requisitos

Fuente: ANSI/ASHRAE Standard 34 (2019).

¹La letra a utilizar y la combinación de letras puede variar según la serie a la que pertenece el isómero (serie etano, propano y propeno). Se recomienda remitirse al estándar ANSI/ASHRAE 34 para los casos puntuales.

Según la **TOXICIDAD**, los refrigerantes están divididos en dos clases:

- **Clase A:** baja toxicidad. Refrigerantes que presentan toxicidad no identificada a concentraciones iguales o superiores a 400 ppm (400 ml/m³).
- **Clase B:** alta toxicidad. Refrigerantes con evidencia de toxicidad a concentraciones inferiores a 400 ppm (400 ml/m³).

En cuanto a su grado de **INFLAMABILIDAD**, los refrigerantes se dividen en cuatro grupos como se muestra a continuación:

Clase 1: sin propagación de llama. Refrigerantes que no muestran propagación de llama en ensayos en aire a 60 °C (140 °F) y a presión atmosférica estándar (14,7 psia o 101,3 kPa).

- **Clase 2L:** inflamabilidad baja. Refrigerantes que muestran propagación de llama cuando ensayados en aire a 60 °C (140 °F) y a presión atmosférica estándar (14,7 psia o 101,3 kPa). Presentan un límite inferior de inflamabilidad superior a 0,10 kg/m³ a 23 °C y 101 kPa, un calor de combustión inferior a 19 000 kJ/kg y una velocidad de propagación de la llama inferior o igual a 10 cm/s.
- **Clase 2:** inflamable. Refrigerantes que muestran propagación de llama cuando se ensayan en aire a 60 °C (140 °F) y a presión atmosférica estándar (14,7 psia o 101,3 kPa). Presentan un límite inferior de inflamabilidad superior a 0,10 kg/m³ a 23 °C y 101 kPa y un calor de combustión inferior a 19 000 kJ/kg.
- **Clase 3:** inflamabilidad alta. Refrigerantes que muestran propagación de llama cuando se ensayan en aire a 60 °C (140 °F) y a presión atmosférica estándar (14,7 psia o 101,3 kPa). Presentan un límite inferior de inflamabilidad inferior o igual a 0,10 kg/m³ a 21 °C, 101 kPa o un calor de combustión superior o igual a 19 000 kJ/kg.

Otra medida para tener en cuenta en la clasificación de los refrigerantes es el límite práctico (PL, por sus siglas en inglés). Este

representa el nivel de concentración más alto admisible de un refrigerante en un espacio cerrado. Este se determina a partir del límite de concentración de refrigerante (RCL), que es la máxima concentración de un refrigerante en el aire establecida para reducir el riesgo de toxicidad aguda, asfixia o inflamabilidad.

2.4 Unidades de medida del impacto ambiental de los refrigerantes

El desarrollo de nuevos refrigerantes en la industria de la refrigeración se ha acelerado debido al descubrimiento del impacto negativo de refrigerantes sintéticos sobre la atmósfera terrestre, y su contribución al agotamiento de la capa de ozono y al calentamiento global.

En 1987, se aprobó el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), cuyo objetivo es contribuir a la protección y recuperación de la capa de ozono, a través de la implementación de diferentes estrategias orientadas a cumplir con los cronogramas de reducción y eliminación de la producción y el consumo de las SAO.

Para 2016, la Enmienda de Kigali, parte del Protocolo de Montreal, estableció la reducción progresiva del grupo de refrigerantes químicos que afectan la capa de ozono, por lo que la industria ha avanzado en la sustitución de los refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC) e hidroclorofluorocarbonados (HCFC), introduciendo una tercera clase de productos químicos fluorados, los hidrofluorocarbonados (HFC), los cuales reportan cero potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) y alto potencial de calentamiento atmosférico (PCA).

En los próximos años se proyectan cambios en la dinámica ambiental del planeta, basados en modelos de simulación. La gran mayoría se ha concentrado sobre los efectos en la atmósfera ocasionados por las SAO y los GEI, para lo cual se utilizan las unidades de medida descritas a continuación.

2.4.1 Potencial de agotamiento del ozono (PAO)

El ozono es un gas incoloro, inestable, de olor característico, que está presente en la atmósfera terrestre de manera natural. Las moléculas de ozono son químicamente idénticas, cada una con tres átomos de oxígeno, pero su concentración varía con la altura. En la estratosfera nos protege de la radiación ultravioleta del sol, mientras que, en la troposfera, tiene efectos tóxicos en los seres vivos.

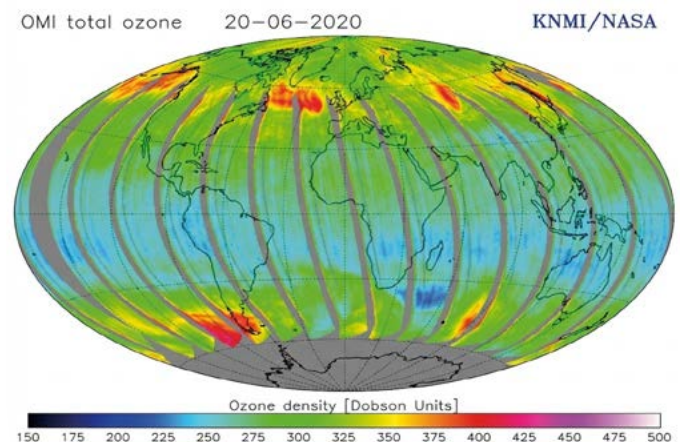
Las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) son sustancias que afectan la capa de ozono de la estratosfera de la Tierra. Las SAO incluyen los CFC, como el R-12 y el R-502, los HCFC, como el R-22, el R-123 y el R-141b y las mezclas como el R-408A. Estos últimos siguen como refrigerantes en muchos equipos del sector RAC.

El agotamiento de la capa de ozono o disminución de la cantidad de moléculas de ozono en la estratosfera aumenta la cantidad de radiación ultravioleta tipo B que llega a la superficie de la Tierra y produce impactos negativos para la vida, con efectos a la salud humana (cáncer de piel y cataratas) y consecuencias en plantas, ecosistemas marinos y sobre los ciclos bioquímicos. Hacia 1980, la comunidad científica mundial demostró el daño que ciertos productos químicos le ocasionan a la capa de ozono, denominados halocarbonos que son compuestos con cloro, flúor, bromo, carbono e hidrógeno, y su alta persistencia en la atmósfera y la acción del cloro libre sobre las moléculas de ozono, generan dichas repercusiones. Se estima que cada átomo de cloro de estos compuestos

halocarbonos puede destruir unas 100 000 moléculas de ozono antes de desaparecer de la estratosfera.

Mil unidades Dobson equivalen a una columna de ozono de un centímetro de espesor en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm y 273 K). Cuando el espesor de la capa de ozono es menor de 200 unidades Dobson, se considera un agujero de ozono (por ejemplo, sobre la Antártida). La figura 2 muestra los valores de la columna total de ozono en la Tierra para una fecha específica.

Figura 2 Columna total de ozono



Fuente: Valks, de Haan, Veeffkind, van Oss, & Balis (2004).



El potencial de agotamiento del ozono (PAO) es la medida para determinar la capacidad de agotamiento del ozono. El dato utilizado como referencia es CFC-11 que tiene un PAO de uno (1), por lo que cuanto más alto sea el valor de PAO, más contribuirá una sustancia al agotamiento del ozono.

2.4.2 Potencial de calentamiento atmosférico (PCA)

El calentamiento global es una problemática ambiental generada por la emisión de GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC y SF_6), los cuales al aumentar su concentración en la atmósfera actúan como un blindaje de la radiación infrarroja, la atrapan y provocan un aumento de la temperatura del planeta.

El calentamiento global ocasiona alteración en el clima, afectación de los ciclos hídricos, las lluvias y la disponibilidad de agua, así como cambios abruptos de temperatura y presión en la atmósfera, generando tornados, huracanes y tormentas tropicales con mayor frecuencia e intensidad.

Otras afectaciones también impactan a ecosistemas al aumentar sus temperaturas y pérdida de distintas especies. Los bosques tropicales y manglares están desapareciendo, debido a los nuevos climas locales más cálidos o por la elevación del nivel del mar en la costa.

La atmósfera más calurosa acelera también el derretimiento de los glaciares y casquetes polares, lo que provoca mayor cantidad de agua que eleva el nivel del mar. Adicionalmente, el aumento en la temperatura de la superficie de la tierra trae consecuencias negativas para la salud, como enfermedades respiratorias y cardiovasculares, e infecciosas causadas por mosquitos y plagas tropicales.

El potencial de calentamiento atmosférico (PCA) es un valor que mide el potencial de calentamiento global de una sustancia. Este dato se calcula en función de dos factores: la vida media en la atmósfera y las propiedades de absorción de energía infrarroja de la sustancia.

Asimismo, define el impacto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce la liberación instantánea de 1 kg de un GEI, en comparación con el causado por el CO_2 y se calcula sobre escalas de tiempo de 20, 100 o 500 años.



Para tener en cuenta

El dato utilizado como referencia es CO_2 que tiene un PCA de uno (1). Cuanto más alto sea el valor de PCA, más contribuirá una sustancia al calentamiento atmosférico.

En la figura 3 se presentan los valores de PCA para algunos refrigerantes.

Figura 3

Valores de PCA para determinados refrigerantes



Fuente: adaptado de UNEP (2010).

El sector de refrigeración ha implementado diversas prácticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estas incluyen la adopción de buenas prácticas con métodos más rigurosos de control de fugas, así como la recuperación y reciclaje

de refrigerantes sintéticos. Además, se está promoviendo el uso de sustancias de bajo impacto ambiental como alternativas refrigerantes (WMO, 2007; IPCC, 2005).

2.4.3 Vida media en la atmósfera

La vida media de un refrigerante es el tiempo necesario para que la concentración inicial de dicha sustancia en la atmósfera disminuya a la mitad, ya sea por acción de las transformaciones químicas o por remoción. Cuando la presencia de un refrigerante en la atmósfera es prolongada, se dice que ese refrigerante es estable y altamente persistente, indicando que sus efectos dañinos seguirán sucediendo con la misma intensidad. Por lo tanto, al seleccionar una alternativa para sustituir un refrigerante, es importante optar por elegir sustancias con una vida media corta, que aseguran un menor impacto ambiental. La tabla 4 muestra los datos de la vida media de algunos refrigerantes utilizados.

2.5. Refrigerantes naturales

Estos refrigerantes se caracterizan por tener un Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO) igual a cero, y un muy bajo Potencial de calentamiento atmosférico (PCA). Por esta razón, en la actualidad se han convertido en una solución ambiental y técnicamente viable, no solo en la refrigeración doméstica, sino también en otros subsectores RAC, tanto comercial como industrial.

Dentro de estos refrigerantes naturales se encuentran los hidrocarburos (HC). Otros refrigerantes naturales son el agua (R-718), el amoníaco (R-717) y el dióxido de carbono (R-744). Todas estas sustancias son ampliamente utilizadas hoy en el sector de refrigeración y acondicionamiento del aire comercial e industrial.

Tabla 4 Vida media de algunos refrigerantes comunes

Nombre	Vida media (años)	Nombre	Vida media (años)
CFC		Hidrocarburos	
R-11	25	R-170	<1
R-12	100	R-290	<1
HCFC		R-600a	<1
R-22	11,8	Inorgánicos	
R-123	1,4	Agua	-
R-141b	9,2	Amoníaco	<1
HFC		Dióxido de carbono	20
R-23	260		
R-134a	13,8		

Fuente: adaptado de MinAmbiente (2014).

2.6 Refrigerantes tipo hidrocarburo (HC)

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno, como son el etano (R-170), el propano (R-290) y el isobutano (R-600a).

Es muy importante trabajar con refrigerantes hidrocarburos de alta pureza, debido a que impurezas como sulfuros, agua u otros, pueden contribuir a la degradación de los aceites lubricantes de la instalación, rotura del compresor, entre otros. Adicionalmente, estas alteraciones pueden contener otros hidrocarburos, lo que varía drásticamente las propiedades físicas y termodinámicas del original (GAS-SERVEI, 2019).

De igual forma, en los procesos de diseño, fabricación y mantenimiento de los equipos y sistemas RAC que contienen refrigerantes hidrocarburos, se debe considerar su carácter inflamable, es por esto que se exige la adopción de buenas prácticas, por ejemplo, la adecuada ventilación, la prevención de fugas de refrigerante, el aislamiento de los componentes eléctricos o con dispositivos antichispas ATEX² y el uso de técnicas apropiadas de soldadura en sistemas ya cargados (evitando las operaciones de soldadura térmica o de llama).

2.6.1 Propano (R-290)

El propano es un gas inflamable, incoloro, con un ligero olor en altas concentraciones, más pesado que el aire. Se utiliza como materia prima para diversos procesos químicos como reformación de vapor, cloración y nitruración. De acuerdo con la nomenclatura ASHRAE, el propano se denomina R-290.

El R-290 en aplicaciones de refrigeración requiere niveles de pureza altos (99,5%). Actualmente se utiliza en acondicionamiento del aire y en refrigeración comercial e industrial.

2.6.2 Isobutano (R-600a)

El isobutano es un gas licuado comprimido incoloro, de olor característico ligero, más pesado que el aire y puede extenderse a ras del suelo con posible ignición. De acuerdo con la nomenclatura ASHRAE, el isobutano se denomina R-600a.

Se utiliza en equipos como refrigeradores domésticos o pequeños aparatos de frío comercial. Este refrigerante se ha convertido en una alternativa práctica que está siendo adoptada por las empresas fabricantes de refrigeradores domésticos en el mundo, como sustituto de los CFC y HFC (tabla 5).

² La directiva ATEX es aplicable en la Unión Europea y describe qué tipo de equipamiento y ambiente es permitido para el trabajo en una atmósfera explosiva. Recibe el nombre de ATEX por la directiva 94/9/EC Francesa.

Tabla 5 Características del isobutano (R-600a) y su presentación típica

CARACTERÍSTICAS DEL ISOBUTANO (R-600a)

- El isobutano (R-600a) pertenece al grupo de los refrigerantes hidrocarburos.
- Su potencial de agotamiento del ozono-PAO es cero.
- Su potencial de calentamiento atmosférico (PCA) es muy bajo (cerca de 3).
- No es tóxico y no afecta al ambiente.
- Al igual que otros refrigerantes hidrocarburos, en un espacio cerrado, su límite práctico de concentración - PL es de 8 g/m³ de refrigerante.
- Es altamente inflamable cuando su concentración en el aire está entre 1,8 % y 8,5 % en volumen.
- Tiene una capacidad volumétrica inferior en un 50 %, en relación con el R-134a.
- Su temperatura de autoignición es de 460 °C.
- Tiene baja humedad.
- El R-600a no es gas licuado de petróleo (GLP).
- Su nivel de pureza es de mínimo 99,5 % en peso (máx. 10 ppm de agua).
- No es fácilmente detectable en el caso de fuga. A diferencia del GLP, no contiene mercaptanos, sustancias adicionadas para producir un olor de advertencia y que pueden dañar los compresores herméticos y bloquear los filtros.



Fuente: elaboración propia.

2.7 Aceites lubricantes compatibles con R-600a

El compresor, en un sistema de refrigeración mecánico, debe ser lubricado para reducir la fricción y evitar el desgaste. El tipo especial de lubricante utilizado en los sistemas de refrigeración se llama aceite lubricante para refrigeración.

Además de lubricar las partes móviles del compresor, el aceite reduce el rozamiento, el desgaste y las pérdidas de energía, forma un sello entre el rotor y las paredes internas de la cámara de compresión para retener el vapor de refrigerante mientras está siendo comprimido, permite alcanzar la vida útil prevista para cada punto de fricción, amortigua el ruido generado por las partes móviles dentro del compresor, protege contra la corrosión y reduce los gastos de mantenimiento.

El aceite lubricante debe cumplir con ciertas propiedades especiales que le permitan realizar su función lubricante, independientemente del servicio propio del refrigerante y las amplias variaciones de temperatura y presión del compresor.

Las principales propiedades de estos aceites lubricantes son:

- **Estabilidad térmica:** con el fin de eliminar el exceso de residuos de carbón en los puntos calientes del compresor (por ejemplo: las válvulas o puntos de descarga).
- **Estabilidad química:** debe resistir o evitar la posible reacción química con el refrigerante o con los materiales que habitualmente se usan en los sistemas.
- **Bajo punto de fluidez:** capacidad del aceite de mantenerse fluido a la más baja temperatura del sistema.

- **Viscosidad apropiada:** capacidad de mantener buenas propiedades de lubricación a temperaturas elevadas y buena fluidez a bajas temperaturas para proporcionar una buena película lubricante todo el tiempo.
- **Bajo contenido parafínico:** la separación de la parafina de la mezcla del aceite lubricante puede tapar los orificios de control.

El isobutano (R-600a), lo mismo que el resto de los refrigerantes del tipo HC, tienen en general muy buena miscibilidad (propiedad para mezclarse en cualquier proporción formando una disolución), lo que los hace compatibles con cualquier tipo de aceite lubricante. Siempre se debe utilizar el lubricante recomendado por el fabricante del compresor y seguir las instrucciones (GAS-SERVEI, 2019).

Los aceites lubricantes para refrigeración, en general, y para el R-600a, se obtienen a partir de los aceites de origen mineral (derivados del petróleo) o de origen sintético (elaborados a partir de reacciones químicas), según las propiedades requeridas. En la tabla 6 se relacionan de manera general los aceites compatibles con el refrigerante R-600a (GAS-SERVEI, 2019).

Los lubricantes que contienen silicona o silicatos no son recomendables para trabajar con el refrigerante R-600a (GAS-SERVEI, 2019).

Tabla 6 Aceites compatibles con el refrigerante R-600a

LUBRICANTE	COMPATIBILIDAD
MINERAL (M)	Compatible con refrigerantes de tipo hidrocarburos. Presentan excesiva solubilidad en aplicaciones de alta temperatura. Se puede compensar esta situación utilizando aceites minerales de mayor viscosidad.
ALQUIBENCENICOS (AB)	Totalmente compatible.
SEMISINTÉTICOS (M+AB)	La mezcla de aceite mineral y alquibencénico es la más apropiada para trabajar con este tipo de refrigerantes.
POLIOLÉSTER (POE)	Demasiada solubilidad con los hidrocarburos. Puede requerir utilizar POE de mayores viscosidades.
POLIALQUILENGLICOLES (PAG)	Solubles, dependiendo de las condiciones de trabajo.
POLIALFAOLEFINAS (PAO)	Solubles, recomendado para aplicaciones de baja temperatura.

Fuente: adaptado de GAS-SERVEI (2019).

2.7.1 Aceites minerales

Los aceites minerales son mezclas de hidrocarburos obtenidos por el proceso de destilación del petróleo crudo. Dentro de sus características están que se mezclan fácilmente con los refrigerantes y son un poco menos higroscópicos (propiedad de absorber humedad del ambiente) que los aceites sintéticos.

Los aceites minerales se clasifican dependiendo de su familia principal de compuestos químicos base (MUNDOHVAC&R, 2014):

- **Parafínicos:** presentan altos contenidos de cera y problemas de solubilidad. Alto índice de viscosidad. No son utilizados en refrigeración.
- **Nafténicos:** presentan bajos contenidos de cera, bajo punto de ebullición y tienen bajo índice de viscosidad. Son los más utilizados en refrigeración porque forman menor cantidad de ceras y tienen excelente comportamiento dieléctrico.
- **Aromáticos:** presentan una baja estabilidad y alta reactividad, lo que reduce su viscosidad. No son utilizados en refrigeración.

Algunos aceites minerales presentan un bajo índice de viscosidad y, por esto, son poco estables ante las variaciones de temperatura, por lo tanto, **los aceites minerales NO SIEMPRE son compatibles con los HC**. En la tabla 7 se incluyen los nombres comerciales de los aceites minerales, que no siempre son compatibles con HC, como también su clasificación ISO correspondiente.

Tabla 7

Aceites minerales no siempre compatibles con HC y su clasificación ISO

NOMBRE COMERCIAL	Clasificación ISO
Witco Suniso 3GS	32
Suniso 4GS	68
Texaco Capella WF32	32
Capella Oil WF68	68
Calumet RO15	15
Witco (2,3) LP-200	200
Penreco (2,3) Sontex 200-LT Shritene	200
Esso Zerice R68	68

Fuente: MinAmbiente (2014).

2.7.2 Aceites sintéticos

Son fluidos fabricados por medio de reacciones químicas con el fin de ser utilizados con refrigerantes nuevos que cumplen características específicas, dado que los aceites minerales pueden ocasionar daños con el refrigerante R-600a.

Las ventajas de los aceites sintéticos para el sector de la refrigeración son:

- Temperaturas más bajas de congelación.
- Mayor estabilidad química y térmica.
- Miscibilidad con los refrigerantes de nueva generación y totalmente libres de ceras.

Sin embargo, **la gran debilidad de los aceites sintéticos es que son más higroscópicos que los aceites minerales**; además, algunos de ellos, producen reacciones químicas al entrar en contacto con los refrigerantes las cuales generan efectos dañinos en el sistema.

Los aceites sintéticos se preparan individualmente para que tengan una estructura molecular controlada con propiedades predecibles, lo que los hace aptos para determinados equipos y aplicaciones.

Los aceites sintéticos compatibles con el refrigerante R-600a son:

- Alquilbenceno (AB)
- Poliolester (POE)
- Polialquilglicol (PAG)
- Polialfaolefina (PAO)

Los aceites lubricantes sintéticos que mejor resultado muestran en equipos de refrigeración con R-600a son del tipo alquilbenceno.



Para tener en cuenta

Recomendación práctica acerca de compresores y sus aceites.

A la pregunta técnica:

¿Cuál es el mejor refrigerante para la aplicación?

La respuesta siempre debe ser:

EL QUE DETERMINÓ EL FABRICANTE

Y por extensión para el aceite:

¿Cuál es el mejor ACEITE para el compresor?

La respuesta siempre debe ser:

EL QUE RECOMIENDA EL FABRICANTE

3

Buenas prácticas para el mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos con refrigerante R-600a



Los equipos de refrigeración doméstica pueden presentar fallas en su funcionamiento, debido a diferentes factores de origen eléctrico o electrónico, por la inadecuada carga de refrigerante al sistema o por la presencia de cualquiera de los cinco (5) contaminantes: humedad, gases no condensables, ácidos, aceites y partículas en suspensión como limaduras metálicas y otros.

Las labores de mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos se realizan con el propósito de detectar, identificar y solucionar fallas en el funcionamiento de los equipos. En un procedimiento de mantenimiento correctivo o servicio técnico, se deben tener en cuenta varios procesos y actividades, los cuales implican diferentes tareas a cumplir, riesgos asociados y requisitos de seguridad.

Estos procesos y actividades se agrupan en dos etapas principales: la etapa de alistamiento y verificación de las condiciones de seguridad y la etapa de ejecución de las actividades propias de mantenimiento y reparación. En los numerales 3.1 y 3.3 se describen las buenas prácticas para llevar a cabo estas dos etapas.

3.1 Alistamiento y verificación de las condiciones de seguridad

En los siguientes numerales se presentan los principales aspectos que deben ser considerados para el alistamiento y la verificación de las condiciones de seguridad, teniendo en cuenta las medidas de carácter general y aquellas relacionadas con la estimación del área mínima de seguridad, las condiciones, distribución sugerida, etiquetas y señalización del lugar de trabajo, así como las herramientas y equipos requeridos.

3.1.1 Precauciones generales

En la figura 4 se muestra la etiqueta de advertencia con información sobre las medidas de precaución y seguridad necesarias para manipular equipos de refrigeración doméstica que utilizan HC como refrigerantes.

Figura 4 Etiqueta de advertencia para inicio de servicio técnico



Fuente: adaptado de Challenger (s. f.).

A continuación, se amplía la descripción de las recomendaciones a tener en cuenta para realizar el servicio técnico de los refrigeradores.

LO QUE SE DEBE HACER

- Las labores de mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos con R-600a deben ser realizadas **solo por personas dedicadas al servicio técnico que hayan sido capacitadas en la manipulación y el uso seguro de refrigerantes inflamables**.
- Realizar siempre un análisis de riesgos, previo al inicio de las actividades.
- Mantener **el lugar de trabajo ordenado y limpio** en todo momento: antes, durante y al finalizar el servicio técnico.
- Asegurar y revisar que la **etiqueta de la botella del refrigerante** corresponde a R-600a.
- Verificar que no existen fuentes de ignición o superficies calientes cercanas, que pudieran provocar la inflamación del refrigerante R-600a, en caso de una fuga o escape accidental.
- **Garantizar la ventilación** suficiente durante el diagnóstico y la intervención del refrigerador.
- Asegurar que el condensador esté libre de polvo o suciedad y que ningún elemento obstruya las vías de circulación de aire.
- **Utilizar una manguera plástica (1/4" de espesor y 10 m de largo), para retirar el refrigerante** del sistema, con el fin de liberarlo al exterior (venteo). En caso de no tener la manguera, trasladar el refrigerador a un área abierta y ventilada para llevar a cabo el proceso.
- **Utilizar el detector electrónico de fugas de HC** para asegurarse de que no hay refrigerante inflamable en el área circundante. Es importante seleccionar y usar el tipo de detector adecuado, según con lo descrito en el numeral 3.7.2 (proceso PC2 "Detección y reparación de fugas").
- **Reemplazar los componentes eléctricos** defectuosos o que produzcan chispa.

LO QUE NO SE DEBE HACER

- **Soldar con llama.** No se pueden realizar trabajos de apertura del sistema o tuberías utilizando soldadura con llama.
- **Usar el teléfono móvil** mientras se esté realizando el proceso de carga del refrigerante R-600a.
- **Fumar** en el lugar de trabajo.
- **Reemplazar los dispositivos sellados o electrónicos** de estado sólido por componentes electromecánicos que puedan provocar chispas.
- **Reposicionar los componentes eléctricos.** En caso de requerir su reposición, se deben utilizar componentes de iguales características.



**EVITAR HACER
CAMBIOS O EVADIR
LAS ANTERIORES
RECOMENDACIONES
DE SEGURIDAD.**

3.1.2 Cálculo del área mínima de seguridad para el lugar de trabajo

El riesgo de incendio durante el mantenimiento o la reparación de un refrigerador doméstico con R-600a es de 10 a 1000 veces mayor, que, durante otras etapas del ciclo de vida del equipo, debido a que existen más fuentes de ignición e incremento de la probabilidad de escape y fuga de refrigerante de los envases y equipos, respectivamente.

Para que se presente un incendio se necesita la combinación de tres elementos, como se presenta en la figura 5:

- Combustible en la concentración correcta
- Suministro de un agente oxidante (generalmente el aire)
- Una fuente de ignición (SOI)

Si se controlan al menos uno, o preferiblemente dos de estos elementos, se puede prevenir un incendio.

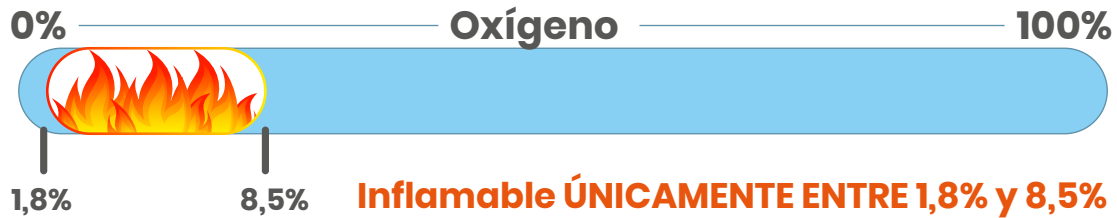
El refrigerante R-600a, como se ha mencionado anteriormente es inflamable. Sin embargo, cuando su concentración está por debajo del límite inferior de inflamabilidad (LII) establecido en 1,8 % por volumen en el aire, no hay una cantidad suficiente de R-600a para la combustión. Asimismo, si la concentración está por encima del límite superior de inflamabilidad (LSI) de 8,5%, no hay suficiente oxígeno para la combustión. Lo anterior, se resumen en la figura 6.

Figura 5 Tres (3) elementos requeridos para un incendio



Fuente: adaptado de GIZ (2019).

Figura 6 Concentración necesaria para la conflagración con HC



Fuente: adaptado de GIZ (2019).

En este contexto, cuando se trabaja en un espacio cerrado, es necesario no exceder el límite práctico – PL de 11 g/m³ del refrigerante R-600a (Tabla B.1.NTC 6228 - 1). Esta medida previene la acumulación del refrigerante en una mezcla con el aire en caso de fuga.

Adicionalmente, tomando en consideración la carga de refrigerante en gramos, y lo establecido en la norma NTC 6228-1 “Sistemas

de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales”, es posible calcular el área segura para el mantenimiento y reparación de un refrigerador con R-600a, utilizando las ecuaciones que se presentan más adelante:

Basado en este cálculo, se determina que el área segura para el mantenimiento y reparación de un refrigerador con R-600a será de **2,41 m²**.

$$V = \frac{m_{R600-a}}{PL} = \frac{61 \text{ gr}}{11 \text{ gr/m}^3} = 5,54 \text{ m}^3 \quad \text{Ecuación 1}$$

La altura conocida del recinto $h_0 = 2,3 \text{ m}$

$$A = \frac{V}{h_0} = \frac{5,54 \text{ m}^3}{2,3 \text{ m}} = 2,41 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

3.1.3 Condiciones del lugar de trabajo

Para intervenir los sistemas de refrigeración, es necesario tener en cuenta las condiciones ambientales en las que se realizan estas operaciones y deben ajustarse a los siguientes lineamientos:

- **Intervenir el sistema de refrigeración en espacios abiertos**, ya sea en el domicilio del cliente o en el taller de servicio, garantizando el área mínima de seguridad, de acuerdo con la norma NTC 6228-1 "Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales", tal como se presenta en el numeral 3.1.2.
- Contar con suficiente área y ventilación para lograr una fácil disipación del calor del condensador.
- Mantener puertas y ventanas abiertas durante la carga y venteo del refrigerante.
- Verificar la inclinación del refrigerador, **evitando desniveles en el procedimiento**.
- Durante la intervención, se debe controlar y **evitar fuentes de calor activas en un área mínima de 3 metros**. Se deben evitar procedimientos de soldadura, manipulación de equipos electrónicos que puedan producir chispas o cualquier proceso que genere temperaturas iguales o superiores a los 460 °C.
- Cerrar los registros de gas domiciliario.
- Asegurar que el **refrigerador no se encuentre ubicado en lugares con fuentes de calor activa**.
- Evitar lugares de almacenamiento o uso de gases combustibles, vapores volátiles.
- Evitar lugares con zonas expuestas a radiación solar directa, con presencia de equipos que emitan ondas de alta frecuencia (equipos de radio, médicos) o equipos de soldadura.
- Disponer de un **extintor para clase de fuego B o A, B y C**. Con las siguientes características: clase B deben ser de 10 lb (4,54 kg) y una tasa de descarga de 1 lb/s (0,45 kg/s), de acuerdo con lo indicado en la NTC 2885.
- Facilitar el flujo de aire por medio de ventilación natural o cuando la ventilación del área es limitada, se recomienda instalar ventiladores mecánicos tipo ATEX, respetando los 3 metros del área de seguridad.
- Realizar la **evaluación de riesgos de última hora** que se muestra en las figuras 7 y 8, antes de comenzar cualquier trabajo de mantenimiento o reparación.

Figura 7 Evaluación de riesgos parte I

SGSSL, Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Laboral										giz	
!!!ESTE CHEQUEO ES OBLIGATORIO ANTES DEL INICIO DE ACTIVIDADES!!!											
EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA TRABAJOS DE SERVICIO TÉCNICO, INSTALACIÓN y MANTENIMIENTO											
Nombre del técnico:			Tipo de trabajo:		Instalación		Servicio, Mixto				
Centro del servicio:			Orden de trabajo #:								
Nombre del cliente:			Correo electrónico:								
Fecha:											
Nota: Si no se necesita, puede utilizar el espacio en blanco por detrás de la hoja.											
1. Resultados de la evaluación de riesgos:											
- El lugar de trabajo se encuentra en buenas condiciones:											
☐	Sin obstáculos	Sí ☐	No ☐	-Levantamiento/transporte de cargas pesadas			Sí ☐	No ☐			
☐	Piso	Sí ☐	No ☐	-Partes móviles:			☐	Dispositivos de elevación			
☐	Iluminación	Sí ☐	No ☐	-Transporte:			☐	Montacarga			
☐	Ventilación	Sí ☐	No ☐	-Herramientas/otros equipos de trabajo			Sí ☐	No ☐			
☐	Rutas de escape existentes y sin obstáculos	Sí ☐	No ☐	-Trabajo con riesgo de caídas:			Sí ☐	No ☐			
-Espacios confinados, contenedores, ductos en el suelo, techos intermedios			Sí ☐	No ☐	-Elementos para alturas, trabajos en plataformas:			Sí ☐	No ☐		
-Condiciones de trabajo					☐	☐	☐	☐			
☐	Polvo	☐	Calor	☐	Frio	Sí ☐	No ☐	Humedad/Deslizamiento			
-Ruidos			Sí ☐	No ☐	-¿Se conoce el acceso seguro al lugar de trabajo?			Sí ☐	No ☐		
-EX-área			Sí ☐	No ☐	-Se requieren barreras en el lugar de trabajo:			Sí ☐	No ☐		
-Peligro de incendio/chispas			Sí ☐	No ☐	-Trabajo en instalaciones eléctricas:			Sí ☐	No ☐		
-Sustancias peligrosas			Sí ☐	No ☐	-Trabajo en sistemas de detección de gases:			Sí ☐	No ☐		
R-717 - R-744 - R-290 - R-600a - otro			Sí ☐	No ☐	-Trabajos con sistemas de seguridad de ventilación:			Sí ☐	No ☐		
-Agua caliente/ácida/agua residual			Sí ☐	No ☐	-Trabajos con sistemas de detección de fuego:			Sí ☐	No ☐		
-Bordes afilados			Sí ☐	No ☐	-Otros:			Sí ☐	No ☐		
2. ¿Existe un riesgo inmediato para usted o para los demás? ¿Medidas necesarias por parte de los supervisores?								Sí ☐	No ☐		
En caso afirmativo, hágase participar durante el análisis de riesgos y haga que todos los involucrados firmen el análisis. Anote aquí sus conclusiones:											
3. Medidas según el análisis de riesgos (los riesgos deben ser eliminados por) - selección de los EPP requeridos con una X:											
Ropa protectora para:		☐	Soldadura fuerte	☐	Soldadura blanda	Eléctrico	Ropa protectora para (especifique):				
Herramientas aisladas eléctricas		RCD				Tapete de aislamiento eléctrico					
Guantes de seguridad - Describa la función de protección						Detector personal de gases					
Gafas de seguridad - Describa la función de protección						Ventilador de aire personal					
Botas de seguridad - Describa la función de protección						Conexión a tierra ESD					
Casco de seguridad - Describa la función de protección						Máscara de gas (tipo de filtro)					
Tapa dura - Describa la función de protección						Máscara de polvo/especifique					
Protección auditiva - Describa la función de protección						Extintor de fuego					
						Sistema de protección contra caídas					

Fuente: GIZ (2019).

Figura 8 Evaluación de riesgos parte 2

3.1 Observaciones adicionales para la realización del trabajo (de ser necesario, utilice el reverso de este documento)					
4. Medidas adicionales					
4.1 ¿Las áreas más afectadas son informadas?	Si ☐	No ☐	Si su respuesta es afirmativa, ¿cuáles?		
4.2 ¿Se requieren certificados de autorización (ej. certificado para soldadura)?	Si ☐	No ☐	Si su respuesta es afirmativa, ¿cuáles?		
4.3 ¿Deben respetarse los requisitos adicionales? (Preguntar al cliente)	Si ☐	No ☐	Si su respuesta es afirmativa, ¿cuáles?		
4.4 ¿El ensamble de la válvula de seguridad de CO2 secundaria (de servicio) se verifica para su correcta posición/función?	Si ☐	No ☐			
4.5 ¿El sistema de ventilación de seguridad funciona (o se proporciona suficiente ventilación natural)?	Si ☐	No ☐			
4.6 ¿El sistema de alerta de gas fijo está operando y se encuentra en buen estado?	Si ☐	No ☐			
4.7 ¿Nitrógeno (OFON) para el barrido del sistema está disponible?	Si ☐	No ☐			
5. Análisis de riesgo ejecutado por:			Cliente:		
Nombre:			Nombre:		
Función:					
Fecha:			Fecha:		
Firma:			Firma:		

Fuente: GIZ (2019).

En la figura 9, se presenta la distribución en dos zonas para el lugar de trabajo durante el mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos con R-600a.

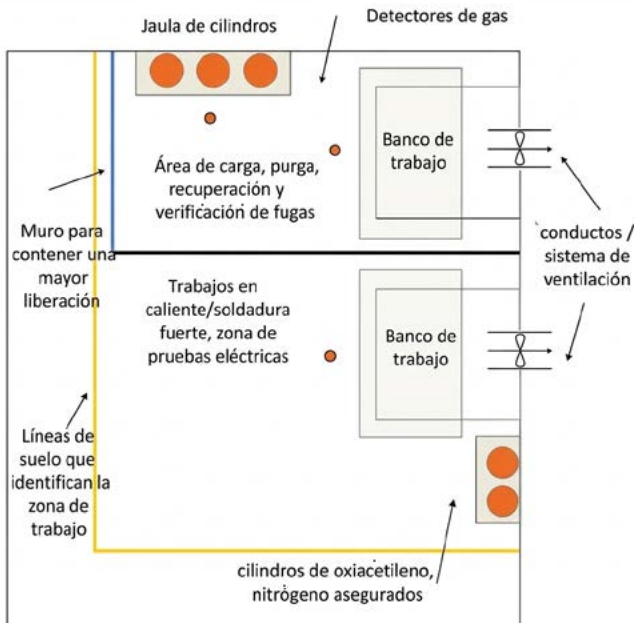
En la primera zona se realiza la manipulación del refrigerante (recuperación, carga, venteo, etc.) y, además, debe ser señalizada como “zona peligrosa” o “zona inflamable temporal”. La segunda sección es para realizar trabajo con equipos de soldadura y equipos eléctricos con posible fuente de ignición.

El lugar de trabajo debe ser señalizado adecuadamente, en especial en las entradas se deben exponer avisos que indiquen la presencia de refrigerantes tipo hidrocarburo. Es recomendable contar con un muro de contención rodeando el área de carga de refrigerante de aproximadamente 0,5 m - 1,0 m de alto. Asimismo, el piso debe contar con señalización.

Para más información y detalle de las áreas peligrosas, se deben consultar las normas y directrices nacionales e internacionales.

Figura 9

Distribución adecuada del lugar de trabajo para el mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos con R-600a



Fuente: elaboración propia.

3.1.4 Etiquetas y señalización en el lugar de trabajo

En la tabla 8 se presentan los diferentes tipos de etiquetas y señales que deben ser utilizadas en el lugar de trabajo.

Es importante que exista una cantidad suficiente de estos avisos y señales para informar o alertar de manera adecuada y oportuna a las personas.

Tabla 8

Etiquetas y señalización recomendadas para el lugar de trabajo

ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
	EXTINTOR DE INCENDIO Símbolo de protección contra incendios.

ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
	PROHIBIDO EL PASO Símbolo de prohibición. No transitar por esta área.
	NO FUMAR Símbolo de prohibición. Prohibido fumar.
	EXTINTOR DE INCENDIO Símbolo de protección contra incendios. Directorio rápido de emergencias.
	EXTINTOR DE INCENDIO PARA R-600a Símbolo de señalización de ubicación del extintor.
	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) Símbolo de obligatoriedad. Obligatorio el uso de EPP.
	MATERIAL INFLAMABLE Símbolo de advertencia. Advertencia para zonas con sustancias inflamables.

ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
	ADVERTENCIA Símbolo de advertencia.
	PUNTO DE ENCUENTRO Símbolo de rescate. Punto de encuentro.
	RUTA DE EVACUACIÓN Símbolo de rescate. Salida de emergencia a la izquierda.

Fuente: adaptado de GIZ (2019).

3.2 Herramientas, equipos y elementos requeridos para el servicio técnico

Las herramientas, equipos y elementos necesarios para el mantenimiento y reparación de refrigeradores domésticos con R-600a, se dividen en cuatro (4) grupos:

1. Elementos de protección personal (EPP)
2. Herramientas y equipos básicos
3. Equipos para soldadura y junta fría
4. Herramientas y equipos para trabajo electro-electrónico

3.2.1 Elementos básicos de protección personal (EPP)

Los elementos de protección personal (EPP) están diseñados para proteger al trabajador de posibles riesgos en el lugar de trabajo, con el fin de prevenir lesiones, enfermedades o muertes.

En la tabla 9 se brinda la información acerca de los diferentes elementos de protección personal que deben ser utilizadas en el lugar de trabajo.

Tabla 9 Elementos de protección personal (EPP)

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	GAFAS PARA SOLDADURA Uso: procesos de soldadura. Características: banda elástica, con lentes color gris degradado para soldadura oxiacetilénica.
	GAFAS DE SEGURIDAD Uso: general en cualquier procedimiento. Características: antiempañ, antirayones y antiestática con 99 % de protección ultravioleta.
	GUANTES DE NITRIL Uso: manejo de refrigerantes. Características: guantes combinados nylon-poliéster-nitrilo tipo <i>power flex</i>.
	GUANTES DE LÁTEX Uso: manejo de alimentos, retirar alimentos dentro del equipo en el domicilio del cliente. Características: guantes quirúrgicos sin polvillo.
	GUANTES DE TRABAJO Uso: trabajo general. Características: guantes de trabajo cómodos y ajustados con cierre de goma plástica térmica con gancho y presilla.



GUANTES DE VAQUETA

Uso: trabajo general.

Características: vaqueta flexible con refuerzo en dedos y palma.



CASCO DE SEGURIDAD

Uso: trabajo general.

Características: casco dieléctrico clase E y G. Suspensión compuesta de araña, corona y banda antisudor con sistema de amortiguación y barbuquejo de tres apoyos con mentonera.



PROTECCIÓN AUDITIVA

Uso: estos son solamente requeridos en caso de trabajar en un ambiente con contaminación auditiva.

Características: protección auditiva de inserción resistente al arco eléctrico con copa protectora de orejeras.



MANILLA ANTIESTÁTICA

Uso: trabajar de manera segura con equipos electrónicos.

Características: resistencia: <10 kOhm (correa para la muñeca) 1 MOhm $\pm$ 10 % (del cable). Longitud del cable de tierra: 1,80 mt.



BOTAS DE SEGURIDAD

Uso: trabajo general.

Características: botas con puntera reforzada de acrílico y dieléctricas.



ROPA DE TRABAJO

Uso: trabajo general.

Características: traje completo o de dos piezas para trabajo, con mangas largas en brazos y piernas.

Fuente: adaptado de GIZ (2019).

3.2.2 Herramientas y equipos básicos

Las herramientas y equipos básicos sugeridos para realizar tareas específicas de reparación o mantenimiento de refrigeradores domésticos con R-600a se relacionan en la tabla 10.

La utilización de los elementos presentados a continuación está sujeta a diversos factores,

tales como el conocimiento y capacitación del técnico, el tipo de equipo y el mantenimiento que se esté llevando a cabo. Se sugiere utilizar los elementos necesarios que se ajusten a los criterios las de buenas prácticas para cada caso particular.

Tabla 10 Herramientas y equipos básicos

		
1. JUEGO DE MANÓMETROS DE 4 VÍAS PARA REFRIGERANTES HC - Conexiones para manómetros 3 x 1/4" SAE y 1 x 3/8" SAE. Accesorios incluidos: - Dos mangueras flexibles de refrigerante de 1500 mm; conexión recta SAE de 1/4" x 1/4", mangueras de color rojo y azul y dos mangueras de repuesto. - Dos válvulas de acceso. Válvula de bloqueo 1/4" SAE - Opcional: una manguera de descarga de vapor de 5 m de largo.	2. MÁQUINA DE VACÍO CON MOTOR ATEX Capacidad de bombeo 46 L/min con vacío final de 1 x 10-2 mbar. 3 a 6 cfm. Conexión de escape 1/4" NPT-F. Bomba de vacío de doble etapa de 40 L/min (1,44 PCM) a 280 L/min (9,64 PCM); vacío final de 0,16 mbar (12 micrones); equipada con válvula de lastre de gas (GIZ Proklima, 2010). Cableado de red duro. Longitud mínima 5 m.	3. VACUÓMETRO ELECTRÓNICO Vacuómetro digital con pantalla LCD y dos conexiones de manguera de refrigerante SAE de 1/4". Escala de μm, PSI, inHg, mbar, Pa, Torr y mTorr. Datos técnicos: - Rango de vacío de 0 a 12000 μm (0 - 1600 Pa) - Resolución 5 μm (201-500 μm)- Precisión +/- 10 %.
		
4. TERMÓMETRO "PENTA" Termómetro electrónico con juego completo de cinco (5) sondas tipo K equipadas con cinta de fijación. Datos técnicos: -Rango de temperatura de -200°C a 1370°C -Resolución 0,1°C -Precisión +/-0,05% de la lectura -Dimensiones 133 x 31 x 25 mm -Peso 150 g -Certificación CE	5. DETECTOR DE GASES HC Sensible a los HC, con una sonda flexible, señal audible variable, varios LED para indicar fugas y ajuste automático (puesta a cero). Datos técnicos: - La sensibilidad del detector debe ser de 5 ppm (metano, propano, isobutano). - Sonda cromada de 43 cm de largo - Temperatura de funcionamiento 0 °C a 40 °C - Conforme CE, UL 913 y ATEX	6. PROBADOR DE PRESIÓN Manómetro con sectores de pruebas de presión. Datos técnicos: - Calibre de clase 1,0 con 80 mm de diámetro e indicado de posición y tornillo de calibración. - Fijado con una manguera de refrigerante flexible y una válvula de bola de final de línea de unos 220 mm de longitud y conexiones SAE/UNF de 1/4". - Presión de trabajo mínima de 52 bar. - Presión de rotura mínimo de 275 bar.



7. CORTA TUBOS DE COBRE

Cortatubos de cobre completo con rueda de repuesto.

Datos técnicos:

- El diámetro exterior de los tubos es de aproximadamente 4 - 28 mm (1/8" - 1-1/8")



8. ESCARIADOR

Quita rebabas internas y externas.



9. CORTA TUBO CAPILAR

Corta tubo para corte exacto de tubos capilares de todas las dimensiones sin alterar el diámetro interno y sin colapsar o estrechar el tubo.



10. ALICATE PINCHA TUBO

Alicate de perforación para tubos de cobre 1/4"-7/8" (6 - 22 mm). Ajustable para cobre con función de bloqueo para ajuste preciso y con aguja y calzos reemplazables.



11. PINZA PONCHATUBO

Pinza de apriete como amasador de trabajo pesado que deforma y cierra los tubos de cobre.

Datos técnicos:

- Dimensiones aprox. 250 x 80 x 20 mm
- Peso aprox. 0,36 kg



12. NITRÓGENO "OFDN"

Nitrógeno comprimido (N2) seco libre de oxígeno (OFDN) de uso industrial

CAS n.º 7727-37-9



13. EQUIPO DE VACÍO Y CARGA DE REFRIGERANTE (OPCIONAL)

Estación de vacío y carga para refrigerante R-600a que incluye (todos los equipos cuentan con certificación CE):

1. **Máquina de vacío con motor ATEX:** capacidad de 46 L/min, 1 x 10-2 mbar.
2. **Manómetros para refrigerantes HC:** conexiones para manómetros 3 x 1/4" SAE y 1 x 3/8" SAE.
3. **Balanza electrónica de carga:** capacidad de 5 kg, resolución de 1 g.



14. Aplicación de celular para regla "P vs. T" o "PT"

Realiza cálculos de presión vs. temperatura y brinda información sobre los refrigerantes, PCA, PAO, tipos de aceite, familias de refrigerantes, composición de refrigerantes, grupos de seguridad, sistema internacional y sistema inglés de unidades.



15. MANGUERA DE VENTEO

Manguera de PVC de 10 m de longitud, para uso en refrigeradores y congeladores.

Con conexión giratoria SAE hembra de 1/4" y diluidor de refrigerante de latón o bronce.



16. ADAPTADORES PARA CARGA DE REFRIGERANTE

Adaptador hembra a macho de 1/4" hembra SAE x 3/8" macho SAE.

Adaptador hembra a macho de 3/8" hembra SAE x 1/4" macho SAE.



17. VÁLVULA PARA CARGA DE REFRIGERANTE

Válvula de extracción para cilindros/latas de refrigerante R-600a.

Se debe comprobar que la válvula se ajusta al cilindro/lata del refrigerante R-600a.



18. CILINDRO/LATA DE REFRIGERANTE R-600a

Nivel de pureza requerida mínimo de 995 % (máx. 10 ppm de agua).



19. DISPOSITIVO PARA CONTROL DE FUGA DE REFERENCIA

Dispositivo para detectores electrónicos de gas refrigerante propano o isobutano.

Conexión de tuerca de ensanchamiento para facilitar su uso con equipos de refrigeración estándar.

Datos técnicos:

- Caudal de refrigerante de 5 g /año
- Utilizable para R-290 y R-600a
- De latón 1/4" y tuerca acampanada SAE
- Conformidad con EN 1426 y SAE 1627



20. VENTILADOR PORTÁTIL ATEX

Ventilador con carcasa, motor y accesorios libres de mantenimiento, homologados ATEX y con motor conmutado electrónicamente.

Datos técnicos:

- Caudal de aire aprox. 700 m³/h
- Consumo máximo de potencia 50 W
- Nivel sonoro máximo de 70 dB (A)
- Homologación ATEX
- Cableado de red duro de longitud mínima de 5 m
- Alimentación 120 V / 1 Ph / 60 Hz



21. BALANZA ELECTRÓNICA

- Capacidad de 5 kg con resolución de 1g
- 2 soportes de carga para el cilindro/lata de R-290 o R-600a
- Incluye mangueras de carga con válvula de bola
- Maletín de transporte robusto para todos los componentes
- Todos los equipos con certificación CE



22. EXTINTOR DE INCENDIO

Extintor clase de fuego "B" tipo CO₂, para incendios de líquidos o eléctricos. La capacidad del extintor sugerida 10 lb.

Extintor clase de fuego "A, B y C" tipo polvo seco, para materiales; líquido, gas y fuego eléctrico.

Fuente: adaptado de GIZ (2019).

3.2.3 Equipos para soldadura y junta fría

Las herramientas y equipos para soldadura y unión en frío (junta fría) que son necesarios

para llevar a cabo las tareas de reparación o mantenimiento de refrigeradores domésticos con R-600a se presentan en la tabla 11.

Tabla 11 Herramientas y equipos para soldadura y junta fría

		
1. EQUIPO DE SOLDADURA	2. KIT COMPLETO DE JUNTA FRÍA	3. SELLADOR LOKPREP
Unidad de soldadura fuerte de oxígeno/propano. Juego completo con botellas, kit regulador de presión de propano, regulador de presión de oxígeno con manómetros, pararrayos, manija con perillas de ajuste y mangueras. Datos técnicos: - Cilindro de propano para un mínimo de 2 kg de contenido de gas. - Cilindro de oxígeno con un volumen mínimo de 5 L. - Una lanza de 160 L/h boquilla LP – (Low Pressure).	Equipo de prensado para junta fría Lokring. El kit incluye paquete de herramientas de prensado y conectores, así: - Herramienta de montaje Lokring - Tapones de latón - Sellador anaeróbico Lokprep - Conectores y reductores de aluminio y latón en T - Tubos de carga y secadores - Herramienta de montaje y mordazas - Inserto NTR (VULKAN, 2023) - Conectores NAV	Sellador anaeróbico para conectores de prensado de junta fría. Debe utilizarse siempre las herramientas de montaje Lokring. Compensa cualquier desnivel en la superficie del tubo y asegura que cada conexión Lokring esté herméticamente sellada.
		
4. ACOUPLE RÁPIDO 6,35 mm (1/4")	5. ACOUPLE RÁPIDO 5 mm (1/4")	6. CORTA TUBO
Para uso en tubos de cobre DN 6,35 mm (1/4") y con SAE de 1/4" con conexión de la manguera de refrigerante. Se fija directamente en los tubos rectos para un flujo máximo mientras se hace barrido con OFDN, pruebas de presión y evacuaciones, así como para la carga de refrigerante. Datos técnicos: - Resistencia al vacío de 0,013 mbar (10 µm) y presión hasta 52 bar.	Para tubos de cobre DN 5 mm y con SAE de 1/4" con conexión de manguera de refrigerante. Se fija directamente en los tubos para un flujo máximo mientras se hace barrido con OFDN, pruebas de presión y evacuaciones y carga de refrigerante. Datos técnicos: - Resistencia al vacío de 0,013 mbar (10 µm) y presión de hasta 52 bar.	Para corte preciso de tubos de aluminio, cobre y acero con espesor de pared de 1 mm y diámetro exterior de 4 mm a 10 mm.



7. UNIÓN LOKRING SIMÉTRICA

Unión tipo Lokring de diferentes diámetros 1/4", 5/16", según el tipo de refrigerador.



8. UNIÓN LOCKRING REDUCTORA

Unión tipo Lokring reductora de 1/4" x el diámetro según el tubo capilar del refrigerador



9. CALIBRADOR "PIE DE REY"

Calibrador digital de acero inoxidable para medición digital de las dimensiones interiores, exteriores y de profundidad de tubos y componentes de cobre y acero.



10. ADAPTADORES RÁPIDOS

Conectores de tubos de cobre de proceso rápido. Para tubos con diámetro de 6 mm y 1/4". Compuestos por:

- Un conector rápido de 1/4" NPT/6mm con juntas de goma
- Un acoplamiento rápido hembra de 1/4" NPT
- Un acoplamiento rápido macho de 1/4" NPT
- Una pieza de conexión rosca R1/4" K x 1/4" SAE M



11. ESPEJO TELESCÓPICO

Espejo retrovisor para inspección con mango telescópico.

Datos técnicos:

- Aprox. 80 mm x 40 mm (largo/ancho)
- Longitud total de unos 300 mm extensible a unos 450 mm



12. ESPONJILLA DE LIMPIEZA

Esponjilla de fibra o paño para la limpieza de superficies, en general, constituida por fibras sintéticas tipo poliamida, no tejidas, en construcción abierta, con partículas abrasivas distribuidas y unidas al producto por medio de un adhesivo durable y termo endurecido. No debe presentar oxidación o desgaste por uso.

Dimensiones: 10 x 14 cm.



13. CHISPERO

Encendedor de piedra completo con cinco (5) piedras de recambio.



14. GRATA O CEPILLO DE ACERO

Cepillo de cerdas de acero para remover suciedad, partículas, pintura o excesos de fundente o soldadura de las superficies.



15. REGULADOR N₂

Manoregulador de nitrógeno con capacidad de presión de hasta 500 psig en el manómetro de salida hacia el sistema de prueba.

Nota: este procedimiento se lleva a cabo después de la intervención y antes de la carga del refrigerante, con el objetivo de evaluar la hermeticidad del equipo.

Fuente: adaptado de GIZ (2019).

3.2.4 Herramientas y equipos básicos para trabajo electro-electrónico

Las herramientas y equipos para soldadura y junta fría que son necesarios para llevar a cabo

el proceso de reparación o mantenimiento de refrigeradores domésticos con R-600a se presentan en la tabla 12.

Tabla 12 Herramientas y equipos básicos para trabajo electro-electrónico

		
1. PONCHADORA PARA CABLES ELÉCTRICOS	2. MULTÍMETRO	3. PROBADOR DE SEGURIDAD ELÉCTRICA
Juego de pinzas para prensar conectores de cable. Incluye: - Alicates de prensado de precisión - Caja de plástico rígida con dos inserciones apilables y seis moldes - Conectores de diferentes tamaños y con diferentes diámetros	Multímetro de pinza con pantalla digital y juego de cables de prueba. Datos técnicos: - Máximo de lectura de 3999 - Medición de corriente alterna de hasta 600 A - Medición de ohmios, diodos, continuidad, capacitancia - Con función de retención de datos - Aprobación EN 61010-1 - Categoría de sobretensión III 1000V - Certificación CE	Dispositivo portátil de medición de parámetros electro electrónicos de los refrigeradores. Datos técnicos: - Medición de la resistencia del conductor de protección: 0 - 20 Ω - Corriente de medición: 200 mA - Medición de resistencia de aislamiento 0-20 MΩ - Tensión nominal: 500 V/DC, 1 mA - Corriente de fuga de repuesto: 0-20 mA/AC - Corriente diferencial 0-20 mA - Clase de protección: Carcasa IP40 - Procedimientos de prueba de acuerdo con: VDE 0701-0702:2008-06

Fuente: adaptado de GIZ (2019).

3.3 Ejecución de las actividades propias de mantenimiento y reparación

Una vez concluidas las actividades de alistamiento y verificación de las condiciones de seguridad, se procederá a ejecutar el mantenimiento y reparación para dar solución a los diversos problemas que se pueden encontrar en la práctica diaria en el sistema de refrigeración y algunos relacionados con el sistema electro-electrónico.

Al iniciar, es necesario identificar el tipo de falla a solucionar para definir el servicio técnico asociado. En este documento técnico se determinan tres tipos de servicio técnico:

- Servicio técnico correctivo por humedad
- Servicio técnico correctivo por alta humedad
- Servicio técnico correctivo por quema de compresor

Estos tipos de servicio técnico comprenden la ejecución de los siguientes procesos:

1. Procesos preliminares (PP)

- **Proceso PP 1:** Pruebas electro-electrónicas
- **Proceso PP 2:** Verificación de carga
- **Proceso PP 3:** Descarga o venteo de refrigerante
- **Proceso PP 4:** Apertura del sistema

2. Procesos de barrido y limpieza (PBL)

- **Proceso PBL 1:** Cambio de filtro y de aceite
- **Proceso PBL 2:** Barrido con nitrógeno
- **Proceso PBL 3:** Limpieza con filtro de alta eficiencia
- **Proceso PBL 4:** Prueba de acidez

3. Procesos complementarios (PC)

- **Proceso PC 1:** Cambio de compresor y componentes para R-600a
- **Proceso PC 2:** Detección y reparación de fugas (soldadura)

4. Procesos finales (PF)

- **Proceso PF 1:** Prueba de estanqueidad
- **Proceso PF 2:** Proceso de vacío
- **Proceso PF 3:** Carga de refrigerante R-600a
- **Proceso PF 4:** Puesta en marcha, estabilización

A continuación, se detallan los procesos aplicables, de acuerdo con el tipo de servicio técnico requerido.

3.3.1 Servicio técnico correctivo por humedad

La humedad se entiende como la presencia de agua en el interior del sistema de refrigeración, puede originarse por un poro en alguno de los componentes del sistema, normalmente en las tuberías. Este problema no reviste una gravedad significativa, si es corregido rápidamente.

La presencia de humedad en el equipo puede causar taponamiento en el evaporador, en el tubo capilar por su pequeño diámetro o congelamiento en su interior. En estos casos, el

flujo de refrigerante cesa, provoca una presión alta en el condensador, eleva la temperatura y al mismo tiempo genera presión de succión de compresión más baja o vacío, siendo más crítico debido a las presiones de trabajo del refrigerante R-600a.

En la tabla 13 se presentan los procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por humedad.

3.3.2 Servicio técnico correctivo por alta humedad

La humedad es considerada un problema que debe corregirse de manera oportuna. Si el poro que ocasiona la humedad se encuentra en la línea de succión y el problema persiste durante días, semanas o meses, empieza un proceso de

Tabla 13 Procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por humedad

SERVICIO TÉCNICO CORRECTIVO POR HUMEDAD			
Causas	Efectos	Procesos aplicables	Ver página
- Exposición al aire. - Condensación de la humedad del aire que ha ingresado. - Mal ensamble o fabricación o servicio técnico mal ejecutado.	- Formación de hielo en el tubo capilar y en el evaporador, restringiendo el flujo de refrigerante y en algunos casos obstruyéndolo por completo. - Formación de frecuencia del taponamiento es baja.	Procesos Preliminares (PP)	
		PP1. Pruebas electro electrónicas	56
		PP2. Verificación de carga de refrigerante	63
		PP3. Descarga o venteo de refrigerante	65
		PP4. Apertura del sistema	74
		Procesos de Barrido y Limpieza (PBL)	
		PBL1. Cambio de filtro y de aceite	77
		PBL2. Barrido con nitrógeno	80
		Procesos Complementarios (PC)	
		PC2. Detección y reparación de fugas	98
		Procesos Finales (PF)	
		PF1. Prueba de estanqueidad	127
		PF2. Proceso de vacío	133
		PF3. Carga de refrigerante R-600a	141
		PF4. Puesta en marcha, estabilización	146

Fuente: elaboración propia.

degradación generalizado en todo el sistema de refrigeración.

Una de las causas más comunes de la presencia de alta humedad en el sistema es el evaporador perforado y, en el caso que el refrigerante maneje aceite sintético higroscópico, la situación tiende a empeorar porque el agua reacciona con el aceite y con los demás contaminantes que pudieron haber ingresado o que ya se encontraban en el sistema.

Con esta reacción se inicia la formación de

ácidos que desvanecen la laca dieléctrica que protege el bobinado del motor, hasta producir corto eléctrico, desprendiéndose lacas, restos de barnices y hollín, como también lodos y gomas, todos productos de la degradación del aceite.

En la tabla 14 se presentan los procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por alta humedad.

3.3.3 Servicio técnico correctivo por

Tabla 14 Procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por alta humedad

SERVICIO TÉCNICO CORRECTIVO POR ALTA HUMEDAD			
Causas	Efectos	Procesos aplicables	Ver página
- Exposición al aire. - Poros en el lado de baja, presión es menor. - Evaporador perforado. - Reacciones químicas internas en el sistema. - Descomposición del aislante del motor del compresor, cortos parciales del bobinado. - Condensación de la humedad del aire que ha ingresado al equipo.	- Formación de hielo en el tubo capilar y en el evaporador, restringiendo el flujo de refrigerante y en algunos casos obstruyéndolo por completo. - La frecuencia del taponamiento es alta. - Descomposición química del refrigerante y del aceite. - Hidrólisis del refrigerante formando ácidos y más humedad. - Polimerización del aceite, descomponiéndolo en otros contaminantes adicionales.	Procesos Preliminares (PP)	
		PP1. Pruebas electro electrónicas	56
		PP2. Verificación de carga de refrigerante	63
		PP3. Descarga o venteo de refrigerante	65
		PP4. Apertura del sistema	74
		Procesos de Barrido y Limpieza (PBL)	
		PBL1. Cambio de filtro y de aceite	77
		PBL2. Barrido con nitrógeno	80
		PBL3. Limpieza con filtro de alta eficiencia	86
		PBL4. Prueba de acidez (Cuando aplique)	89
		NOTA: Cuando se sospecha humedad, se realiza una prueba de acidez con el aceite contenido en el equipo y otra que es indispensable después de terminado el procedimiento de limpieza. Es necesario que el equipo pase la prueba satisfactoriamente.	
		Procesos Complementarios (PC)	
		PC2. Detección y reparación de fugas (soldadura)	98
		Procesos Finales (PF)	
		PF1. Prueba de estanqueidad	127
		PF2. Proceso de vacío	133
		PF3. Carga de refrigerante R-600a	141
		PF4. Puesta en marcha, estabilización	146

Fuente: elaboración propia.

quema de compresor

La tabla 15 abarca los procesos de servicio técnico por quema de compresor. Las causas de esta falla están asociadas a exceso de calor, alto o bajo voltaje, baja carga de refrigerante, carga del sistema con refrigerante equivocado o por contaminantes como solventes, anticongelantes, polvo, partículas metálicas, etc. Asimismo, si la falla de alta humedad no es

corregida, el proceso generará la quema del compresor.

Para realizar el servicio técnico se aplican los mismos procesos descritos para la falla por alta humedad, con algunas variaciones.

Tabla 15 Procesos aplicables para el servicio técnico correctivo por quema de compresor

SERVICIO TÉCNICO CORRECTIVO POR QUEMA DE COMPRESOR			
Causas	Efectos	Procesos aplicables	Ver página
- Calor excesivo por condensación insuficiente o por falta de ventilación. - Sobrecalentamiento excesivo del vapor de succión. - Alto o bajo voltaje. - Baja carga de refrigerante. - Carga de refrigerante equivocado. - Contaminantes del aire y humedad. - Suciedad y partículas metálicas, fundente excesivo, rebabas y limalla internos. - Anticongelantes y solventes. aplicados. - Fallas mecánicas.	- Ácidos - Carbón suave u hollín - Carbón duro y barniz - Hidrólisis del refrigerante formando ácidos y más humedad. - Polimerización del aceite, descomponiéndolo en otros contaminantes adicionales.	Procesos Preliminares (PP)	
		PP1. Pruebas electro electrónicas	56
		PP2. Verificación de carga de refrigerante	63
		PP3. Descarga o venteo de refrigerante	65
		PP4. Apertura del sistema	74
		Procesos de Barrido y Limpieza (PBL)	
		PBL1. Cambio de filtro y de aceite	77
		NOTA: Cambio de aceite dos veces, el primero para lavado (con aceite nuevo) y el segundo para dejarlo permanente en el equipo.	80
		PBL2. Barrido con nitrógeno	86
		PBL3. Limpieza con filtro de alta eficiencia	89
		PBL4. Prueba de acidez (Cuando aplique)	
		NOTA: indispensable después de terminado el procedimiento de limpieza. Es necesario que el equipo pase la prueba satisfactoriamente.	
		Procesos Complementarios (PC)	
		PC1. Cambio de compresor y componentes	93
		PC2. Detección y reparación de fugas	98
		Procesos Finales (PF)	
		PF1. Prueba de estanqueidad	127
		PF2. Proceso de vacío	133
		PF3. Carga de refrigerante R-600a	141
		PF4. Puesta en marcha, estabilización	146

Fuente: elaboración propia.

3.4 Procesos preliminares (PP)

Son generalmente procedimientos de rutina de todo servicio técnico, los cuales permiten realizar el diagnóstico del refrigerador doméstico. Consisten en pruebas electro-electrónicas y de verificación de parámetros de funcionamiento y de carga de refrigerante.

Adicionalmente, estos procesos preliminares comprenden el venteo de refrigerante y la apertura del sistema de refrigeración para poder intervenirlo.

A continuación, se describen los procesos con los pasos que deben seguirse en cada uno de ellos:

3.4.1 Proceso PP1: Pruebas electro-electrónicas

Para iniciar el diagnóstico del refrigerador se deben realizar las pruebas electro-electrónicas de rutina debido a que, en la práctica, las fallas relacionadas con elementos eléctricos y electrónicos se presentan con mayor frecuencia que las fallas mecánicas.

En la tabla 16 se detallan los pasos para la ejecución de este proceso, explicando la actividad a implementarse, las razones para realizarla y el procedimiento a seguir.

Tabla 16 Pasos para el proceso PP1: Pruebas electro-electrónicas

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Asegurar que haya una conexión a tierra adecuada para conectar el refrigerador a la red eléctrica y verificar que la fuente de energía a la que se conecta el refrigerador tenga el voltaje y la corriente indicados por el fabricante del equipo.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Seleccionar la posición del multímetro en voltaje, corriente alterna.
NOTA: el multímetro se puede dañar si la perilla se coloca en la posición de corriente continua.
- Conectar las terminales del multímetro a la fuente de energía (toma). Verificar y medir fase, neutro y tierra, asegurando que el neutro y la tierra no arrojen la misma medición.



Razón (¿Por qué?)

- El neutro del equipo y la tierra (suministro de energía) no pueden ser el mismo conductor ni estar conectados entre ellos.
- Si no hay tierra (suministro de energía) no debe conectar el refrigerador y debe hacer la anotación y reportar. En este caso, se sugiere no hacer la intervención del refrigerador en sitio.
- El equipo no funcionará si la corriente que requiere no es suministrada.
- Un alto voltaje o un bajo voltaje son peligrosos y pueden dañar el compresor.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Verificar la posición del termostato, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

NOTA: algunos refrigeradores se gradúan automáticamente (tarjeta electrónica) de acuerdo con el clima en el que se encuentran funcionando.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Identificar el termostato del refrigerador y anotar la posición en la que se encuentra.
- Comparar la posición encontrada con la recomendación del fabricante del equipo. Por ejemplo, para termostatos convencionales, la posición recomendada puede estar entre 1 y 3 para clima frío, entre 3 y 5 en climas templados y entre 5 y 7 para climas cálidos.



Razón (¿Por qué?)

- Algunos refrigeradores presentan variación en la graduación del termostato.
- El equipo no funcionará si la graduación es incorrecta, si el termostato está en cero (apagado) o si el sensor o terminal correspondiente de la tarjeta electrónica está mal posicionado, flojo o desconectado.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Verificar si hay interrupción en la bobina del motor del compresor (probar el bobinado).



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Identificar los bornes del compresor.
- Con un ohmímetro, colocar una de las puntas de prueba en el borne común y otra en el borne principal o auxiliar.
- Medir las resistencias de las bobinas principal y auxiliar.
NOTA: En compresores electrónicos, medir cualquier par de bornes.
- El resultado puede arrojar que la resistencia óhmica medida puede variar más o menos 8 % en relación con los manuales del fabricante del compresor (para un compresor convencional).
NOTA: si es compresor electrónico, los bornes miden igual o según catálogo del fabricante.



Razón (¿Por qué?)

- El hecho de que no se encuentre continuidad en la bobina del motor del compresor, indica que este debe ser sustituido.

Paso 4



Paso principal (¿Qué?)

Probar el protector térmico, ya sea del tipo 4TM o tarjeta electrónica.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Protector térmico de tipo 4TM: verificar si hay oxidación en los terminales. Verifique también si existe paso de corriente entre los terminales. Debe ser NC (normalmente cerrado).
- En caso de avería o de no haber paso de corriente, sustituir el protector y verifique también el relevo de arranque.
 - Si es tipo PTC debe estar NA (normalmente abierto).
 - En caso de avería o de no haber paso de corriente en el protector 4TM, sustituir el protector.
 - La protección en la tarjeta electrónica se encuentra integrada en el circuito principal y tiene diagnóstico por "número de falla" según código de fabricante.



Razón (¿Por qué?)

- El protector térmico puede estar averiado.
- Puede no haber paso de corriente por el protector térmico.

Paso 5



Paso principal (¿Qué?)

Comprobar el funcionamiento del relevo tipo PTC o los bornes de tarjeta electrónica correspondiente.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- **Relé electrónico "PTC" coeficiente positivo de temperatura:** Con un ohmímetro, medir la resistencia óhmica entre sus terminales.
- En temperatura ambiente, los valores deben estar próximos a los presentados por el fabricante.



Razón (¿Por qué?)

- Garantiza la seguridad eléctrica del equipo.
- Verificar el estado de los sistemas de protección.
- Verificar las conexiones de la tarjeta electrónica, dispositivos de control y seguridad.

Paso 6



Paso principal (¿Qué?)

Verificar que el ventilador del condensador funcione correctamente.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Comprobar que los capacitores de marcha y arranque estén en buen estado.



Razón (¿Por qué?)

- Cuando el equipo cuente con este dispositivo, este permite la disipación adecuada del calor.
- Promover el uso eficiente de la energía con el control de operación.

Fuente: elaboración propia.

Para identificar la falla y antes de intervenir el refrigerador e iniciar la revisión mecánica, es

esencial obtener impresiones visibles, táctiles y audibles, tal como se muestra en la figura 10.

Figura 10

Verificación del funcionamiento del refrigerador



Fuente: GIZ Proklima (2010).

Asimismo, la figura 11 muestra aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar la evaluación o diagnóstico básico del ciclo mecánico del refrigerador. El proceso en detalle consiste en:

- Verificar temperatura del condensador: con el compresor operando, el condensador debe estar caliente, con una reducción gradual de la temperatura desde la entrada (descarga del compresor) hasta la salida (filtro secador).
- Verificar temperatura del compresor: buscar signos de sobrecalentamiento como soportes de goma del compresor o bandeja de condensado carbonizada.
- Revisar si el nivel de ruido del compresor es normal.

Para el compartimiento refrigerado:

- Revisar el patrón de hielo (escarcha) en el evaporador (poca cantidad).
- Revisar si las juntas de la puerta sellan de forma correcta.
- Revisar si la puerta acciona el interruptor de luz (encendido/apagado).
- Revisar si el ventilador del evaporador (si lo hay) está ubicado correctamente en el eje del motor y las aspas al derecho.
- Revisar si el bulbo sensor del termostato está ubicado de forma correcta.
- Revisar si el tubo capilar del termostato está en su lugar y no está en contacto con el evaporador, no produzca ruido o falso contacto.
- Verificar la graduación correcta del termostato.



Para tener en cuenta

Comprobación de los valores de conmutación del termostato. La sonda de temperatura del termómetro debe tener buen contacto térmico directo con el punto de fijación (punto de detección) del bulbo sensor del capilar del termostato.

La zona de detección se encuentra en el extremo del tubo capilar (aproximadamente los últimos 10 cm), y en el bulbo sensor (abultamiento en el extremo del tubo capilar), en estos puntos se asegura mantener una tolerancia mínima para medir la temperatura de corte o apagado del termostato y del refrigerador. En general, es aconsejable probar el termostato con el valor de calibración más cálido (alto), ajustado o seleccionado.

Figura 11

Aspectos para tener en cuenta al realizar la evaluación o diagnóstico básico del ciclo mecánico del refrigerador

VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL TERMOSTATO EN EL REFRIGERADOR. Para realizar pruebas funcionales el refrigerador debe funcionar con la puerta cerrada y el cuerpo del termómetro afuera. La ubicación correcta del termómetro y la sonda de medición del termómetro es en la punta o bulbo sensor del capilar.



Graduación del termostato



Mala ubicación de termómetro



Un refrigerador que funciona bien muestra escarcha en la superficie de los evaporadores.



Demasiada escarcha puede ser baja capacidad del compresor, poco refrigerante, fuga o empaque de la puerta defectuoso.

Fuente: GIZ Proklima (2010).

Es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

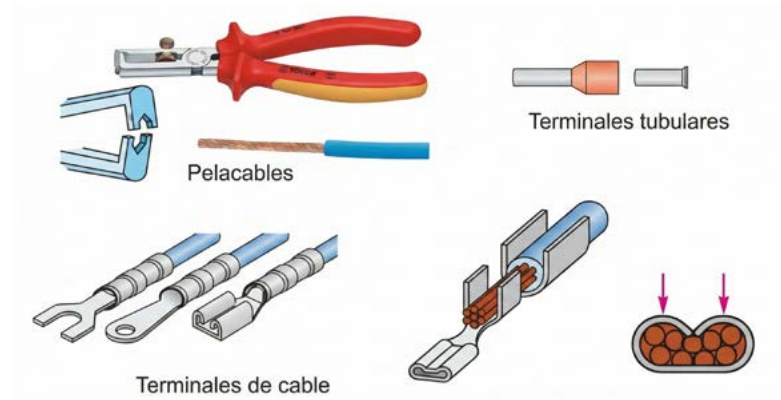
- En caso de tener termostato tipo contacto, el bulbo sensor del tubo capilar siempre debe estar en la posición más fría del congelador, pero si es termostato tipo ambiental, debe ubicarse a la salida de la caja de distribución de aire o "clapp" del refrigerador, en el paso del aire de suministro.
- El capilar principal (excepto el bulbo sensor de detección) no debe estar en contacto con el evaporador.
- El largo restante del tubo capilar debe enrollarse y la bobina debe almacenarse dentro o cerca de la carcasa del termostato.
- Nunca doblar el tubo capilar en ningún punto.
- Hay que asegurar que el evaporador no tenga hielo y muestre un nivel de escarcha adecuado, muy poca.

Las conexiones eléctricas deben ser confiables, es decir con protectores y terminales, como se indica en la figura 12.

La figura 13 representa el proceso para evitar la descarga electrostática (ESD). Es importante seguir los procedimientos para reducir o eliminar la corriente eléctrica. La conexión a tierra es esencial para bloquear la ESD, por lo que se debe verificar que todo en el entorno de trabajo esté acoplado a un sistema de conexión a tierra fiable:

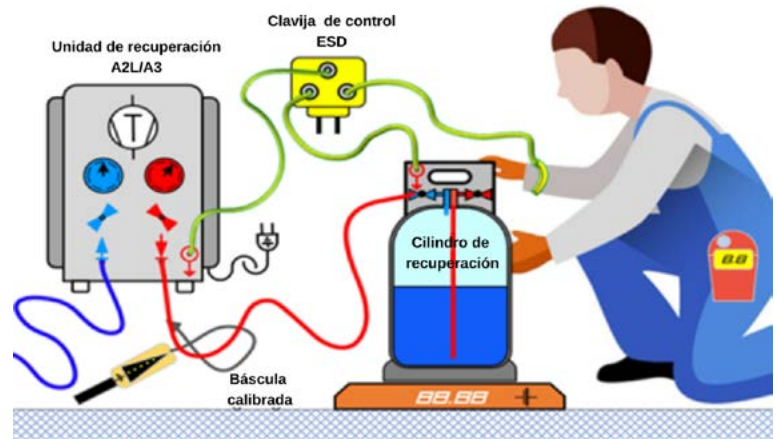
- Utilizar una correa de tierra entre el puerto de servicio de latón del aparato/sistema en el que se ha trabajado, el cilindro de carga/recuperación de gas inflamable y la unidad de recuperación (si procede).
- Las correas de tierra deben estar en contacto con la superficie metálica desnuda para asegurar la continuidad y la descarga electrostática.
- Las pulseras de tierra o la correa antiestática portadas en la muñeca se conectan a un conductor de tierra, como una alfombrilla de tierra o una toma de tierra, con el fin de dirigir de forma segura la electricidad estática a la tierra.
- Las alfombras antiestáticas o de tierra conectadas a una toma de corriente proporcionan una superficie de conexión a tierra utilizada para absorber la electricidad estática.

Figura 12 Herramientas y terminales eléctricos



Fuente: GIZ (2019).

Figura 13 Conexión a tierra durante el trabajo para evitar la descarga electrostática (ESD)



Fuente: GIZ (2019).

3.4.2 Proceso PP2: Verificación de la carga de refrigerante

Luego de verificar que la falla del equipo no es de origen electro-electrónico, ni mecánico básico, se procede a evaluar la carga de refrigerante, según las indicaciones detalladas en la tabla 17.

Este procedimiento se realiza basado en las presiones que registre el manómetro con el equipo en estado de reposo (presión de

igualación), como también con las presiones de baja y de alta durante el funcionamiento (se recomienda usar filtro de 3 vías). Estas presiones dependen del refrigerante R-600a del refrigerador y las temperaturas de trabajo, las cuales pueden ser consultadas en la tabla Presión vs. Temperatura (PT) disponible en la aplicación móvil correspondiente.

Tabla 17 Proceso PP2: Verificación de carga del refrigerante

Paso 1	
	Paso principal (¿Qué?)
Verificar presión de estabilización	
	Proceso recomendado (¿Cómo?)
• Observar qué tanto el manómetro de alta como el de baja presenten presiones iguales, estando el equipo apagado. • Monitorear que la presión de estabilización exista y se mantenga constante.	
	Razón (¿Por qué?)
• Evidenciar que en todo el sistema exista la misma presión. • Detectar posibles fugas en el sistema si dichas presiones están en cero, por debajo de la indicada, o experimentan una disminución.	

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Conectar el juego de manómetros a las líneas de alta y de baja.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Conectar la manguera azul del manómetro a la succión del refrigerador, línea de baja.
- Conectar la manguera roja del manómetro a la línea de descarga del refrigerador, línea de alta (tubo apéndice filtro 3 vías, si lo tiene) (se recomienda preferiblemente usar filtro de 3 vías).



Razón (¿Por qué?)

- Comparar la lectura de cada manómetro en la escala de psi (libras por pulgada cuadrada manométricas), según la tabla P/T para R-600a, leída en la App

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Verificar presiones y temperaturas correspondientes de trabajo.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Con el sistema en funcionamiento, medir presión y temperatura en línea de baja, comparando la relación con la tabla P/T.
- BAJA: -8,5 inHg (-4,1 psi)
($T_e = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Con el sistema en funcionamiento medir presión y temperatura en línea de alta, comparando la relación con la tabla P/T.
- ALTA 53 a 85 psi
($T_c = 35\text{ a }50\text{ }^{\circ}\text{C}$)



Razón (¿Por qué?)

- Garantizar que la presión de evaporación sea la correspondiente a la aplicación deseada, equipo en congelación ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y su valor en psi).
- Garantizar que la presión de condensación sea la correspondiente a las condiciones del ambiente donde trabaja el refrigerador. Ambiente más $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
($T_{\text{cond.}} = T_{\text{ambiente}} + 15\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Fuente: elaboración propia.



Para tener en cuenta

Cuando el compresor inicie su funcionamiento, el manómetro de baja presión (azul) debe bajar hasta indicar la presión de trabajo, de acuerdo con la tabla P/T del refrigerante R-600a, leída en la aplicación de teléfono o documento impreso. La presión de trabajo en un refrigerador convencional debe corresponder a una temperatura en un rango entre -18°C y -23°C , según fabricante (3 estrellas) y aplicación LBP, de baja. De la misma manera, para el refrigerador que usa R-600a, a temperatura de -20°C , la presión correspondiente es ($-4,18$ psi, en vacío), que es lo mismo que ($-8,51$ pulgadas de mercurio, in. Hg, escala de vacío) en el manómetro de baja.

NOTA. Se recomienda usar filtro secador de 3 vías, en todo refrigerador de R-600a, para poder medir la presión de alta, en el tubo apéndice con el manómetro de alta presión. Este deberá subir hasta lograr la presión que indique la tabla P/T del refrigerante. En el R-600a corresponde a la temperatura de condensación del lugar y es aproximadamente igual a

$T_{\text{condensación}} (^{\circ}\text{C}) = \text{Temperatura ambiente} + 15^{\circ}\text{C}$ (constante experimental)

Por ejemplo, para una temperatura ambiente de 20°C , en un equipo que trabaja con R-600a, la condensación debe ser cercana a los 35°C , ($20^{\circ}\text{C} + 15^{\circ}\text{C} = 35^{\circ}\text{C}$) y le corresponde una presión de trabajo de $52,71$ psi, según tabla P/T para el refrigerante R-600a.

Luego de verificar que el problema del equipo es causado por la carga del refrigerante, se procede a realizar el venteo del refrigerante R-600a.

3.4.3 Proceso PP3: Venteo o descarga de refrigerante R-600a

Este es un proceso nuevo que se aplica para los refrigerantes inflamables como el R-600a, debido a que este refrigerante tiene un PAO = 0 y un PCA = 3, lo que indica que es amigable con el ambiente y se puede ventear hacia la atmósfera de manera controlada.

En la tabla 18 se especifica con detalle el proceso, así como las condiciones y características asociadas a su aplicación.



Para tener en cuenta

Durante el servicio técnico no es necesario el barrido con nitrógeno seco libre de oxígeno (OFDN) si no se tiene humedad, o es poca o baja. Sin embargo, si se recomienda hacerlo si la contaminación es alta (los micrones de vacío logrados están muy por encima de 1000 micrones). Para realizarlo se debe hacer obligatoriamente y por seguridad el venteo del refrigerante R-600a, previo a la apertura e intervención del sistema y de los procesos de soldadura y demás.

Tabla 18 Proceso PP3: Venteo o descarga del refrigerante R-600a

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Identificación de línea de succión y línea de descarga.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- La línea de succión se encuentra entre el tubo capilar y el compresor.
- La línea de descarga se encuentra entre el compresor y el condensador.



Razón (¿Por qué?)

- Para garantizar que al momento de ventear el refrigerante se ejecute por la línea correspondiente.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Conexión del juego de manómetros al sistema y a la manguera plástica de venteo (1/4" diámetro).



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Verificar que todas las válvulas del juego de manómetros tanto la de baja (azul), como la de servicio (amarilla) se encuentren cerradas.
- Conectar la manguera azul a la línea de succión y el otro extremo al puerto del manómetro del mismo color.
- Conectar la manguera amarilla a la línea de servicio del árbol de manómetros y el otro extremo a la manguera plástica de venteo (1/4" diámetro).
- Se puede realizar este procedimiento adicionalmente por la línea de descarga en caso de que el filtro secador tenga tubo apéndice.



Razón (¿Por qué?)

- Para prevenir que se escape refrigerante al sitio de trabajo sin control.
- La identificación por colores de las líneas de baja (azul), alta (roja) y servicio (amarilla) se hace por seguridad para evitar confusión al momento de manipular los elementos que intervienen en el proceso y evitar accidentes.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Conexión de la manguera plástica de venteo.
Manguera plástica transparente de ¼" de diámetro y por lo menos 10 metros de largo con válvula de servicio o schrader en uno de sus extremos.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- En la herramienta se debe tener una manguera plástica de ¼" de diámetro para el venteo.
- Las válvulas del juego de manómetros deben estar cerradas.
- Conectar la válvula schrader de la manguera al puerto de servicio del juego de manómetros.
- Posicionar el extremo libre de la manguera a la parte ALTA de una ventana o abertura al exterior del recinto.
- Abrir controladamente la válvula de baja (azul) del juego de manómetros y dejar salir lentamente el refrigerante hacia el exterior del recinto.
- Después de unos minutos del venteo del refrigerante, verificar con el detector de gases que ya no hay presencia de refrigerante para poder continuar.



Razón (¿Por qué?)

- Para prevenir que se escape refrigerante al área de trabajo.
- Para controlar las condiciones de seguridad del espacio de trabajo sin sobrepasar el LFL del refrigerante.
- Para controlar que en el espacio no se sobrepase la máxima capacidad de refrigerante por volumen, LFL (8 gramos por cada metro cúbico) y así evitar accidentes por inflamación de este.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con las condiciones físicas del lugar en donde se realiza el servicio técnico y las herramientas y equipos disponibles, se cuenta con tres opciones de proceso de venteo. La más recomendable será la que nos ofrezca mayor seguridad. La primera opción es si se cuenta con manguera y zona despejada exterior. La segunda es por venteo directo y la tercera cuando se dispone de recuperadora antichispa (ATEX). Para las opciones segunda y tercera se recomienda trasladar el refrigerador a una zona de aire libre o al taller de servicio de la empresa.

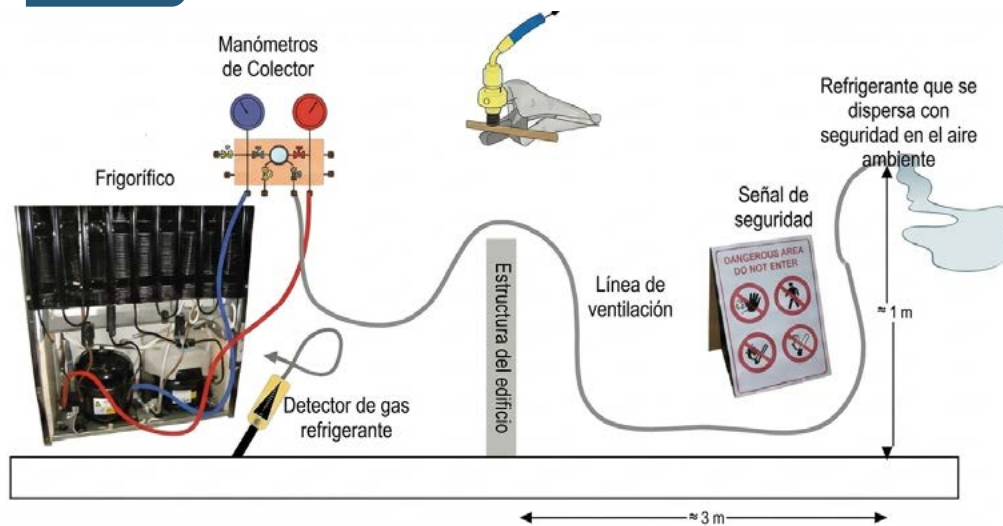
3.4.3.1 Venteo de R-600a con manguera

Con el fin de minimizar los riesgos asociados a la manipulación de los sistemas de refrigeración, como ya se ha mencionado, es importante tener claro el manejo seguro de refrigerantes como el R-600a. Uno de los procedimientos de especial atención es el venteo de R-600a con manguera, el cual se realiza como se muestra en la figura 14.

Para realizar este venteo se deben seguir algunos pasos que aseguran el trabajo óptimo y la seguridad del técnico y del entorno. A continuación, se describen las acciones a ejecutar en el proceso.

- Conectar la pinza ponchadora al tubo de proceso y al filtro secador.
- Conectar la línea de ventilación a la pinza ponchadora.
- Verificar que el sello esté en buenas condiciones.
- Ajustar la pinza y adaptarla al tubo.
- Verificar que el otro extremo de la línea de ventilación esté hacia afuera y alta.
- Perforar el tubo de proceso o el filtro secador.
- Ventear el refrigerante R-600a.

Figura 14 Venteo de R-600a con manguera



Fuente: GIZ (2019).

3.4.3.2 Venteo directo de R-600a

En cuanto al venteo directo de R-600a, también se tienen algunas consideraciones para mantener la seguridad en el trabajo y mitigar los posibles riesgos ambientales asociados con este procedimiento, los cuales se listan a continuación:

- Trabajar al aire libre o en el taller de servicio de la compañía.
- Mantener el refrigerador fuera del recinto donde el HC se disperse de manera segura.
- Cortar el tubo de proceso o el filtro secador.
- Ventear el refrigerante R-600a.

3.4.3.3 Recuperación de refrigerante R-600a, mediante recuperadora (ATEX)

Los procedimientos de recuperación convencionales son utilizados para cualquier refrigerante, incluidos los hidrocarburos (HC), realizando algunos ajustes. Se debe prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- La máquina de recuperación utilizada debe ser adecuada para el uso con refrigerantes inflamables. Debe cumplir con normas ATEX o ser antichispa o a prueba de ellas.
- No debe tener ninguna fuente potencial de ignición (los requisitos son los mismos exigidos para un sistema de refrigeración).
- Las mangueras deben estar completas con acoplamientos de desconexión sin fugas y en buenas condiciones.
- Antes de utilizar la máquina de recuperación comprobar que funciona, que ha sido mantenida correctamente y que todos los componentes eléctricos asociados están sellados para evitar la ignición, en caso de que se produzca una liberación de refrigerante. Para más información, consultar al fabricante.
- El cilindro recuperador debe ser adecuado para el refrigerante utilizado (específicamente, en términos de presión nominal y compatibilidad de las juntas de las válvulas).
- Se debe asegurar que todos los cilindros que se vayan a utilizar estén etiquetados para ese refrigerante. Los cilindros deberán contar con la válvula de alivio de presión y las válvulas de cierre, las cuales deben estar en buenas condiciones de funcionamiento.
- Cuando se conecten las mangueras entre el sistema de refrigeración, los manómetros, la máquina de recuperación y el cilindro de recuperación, verificar que las conexiones sean seguras y que no haya fuentes potenciales de ignición cerca.

- Purgar las mangueras, el colector y la máquina de recuperación antes de la recuperación para evitar la entrada de aire. Minimizar la emisión de refrigerante.
- Verificar que siempre esté en funcionamiento el ventilador en el sitio de trabajo. El ventilador también debe ser de tipo ATEX para evitar fuentes potenciales de ignición.

Los aspectos mencionados anteriormente se muestran en las figuras 15 y 16.



Para tener en cuenta

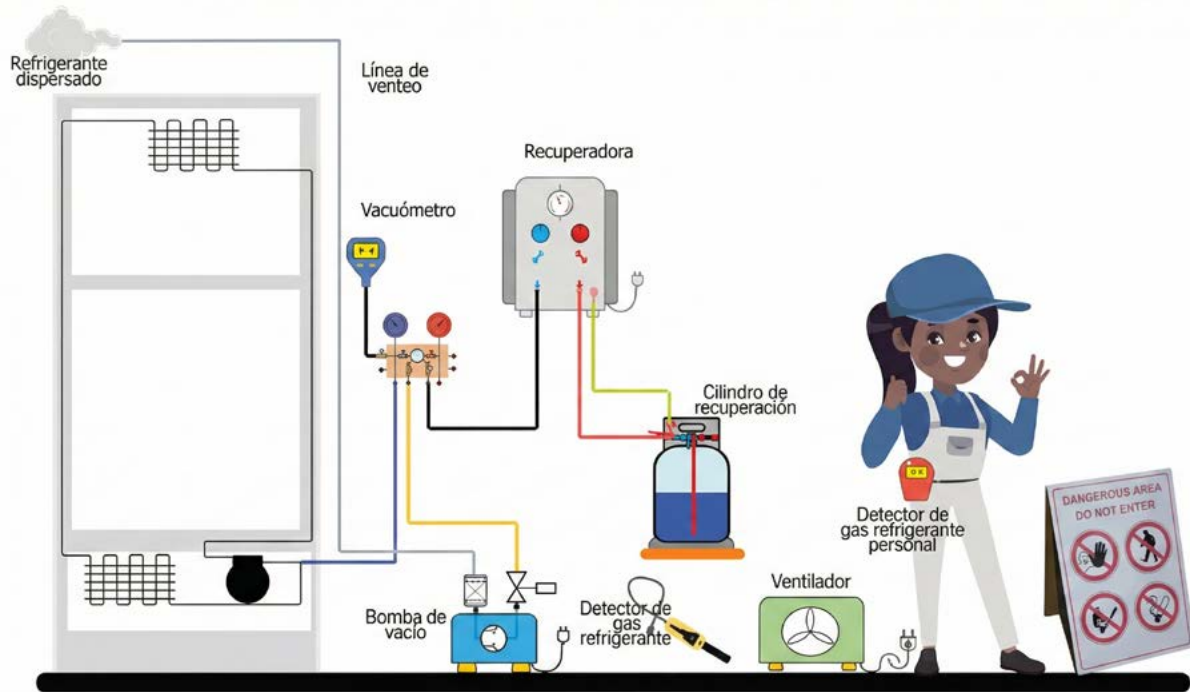
Debe evitarse el contenido de oxígeno enriquecido en el entorno de trabajo circundante (por ejemplo, no recuperar cerca del equipo de soldadura fuerte).

La energía mínima de ignición puede reducirse considerablemente a niveles elevados de oxígeno o a temperaturas elevadas. Los límites de inflamabilidad se amplían a temperaturas y presiones elevadas. Esto significa que el límite inferior de inflamabilidad se puede desplazar hacia abajo y el límite superior de inflamabilidad hacia concentraciones más altas.

La máquina recuperadora especial para R-600a tipo ATEX puede seguir recuperando refrigerante aún después de apagada, debido a la diferencia de presiones. Entonces, la manguera acumula algo de refrigerante que se debe recoger con el método de purga procedimiento descrito más adelante. Para información detallada del proceso, se pueden consultar las tablas 19 y 20.

Figura 15

Escenario de recuperación de gases refrigerantes inflamables y configuración ejemplar del lugar de trabajo en la empresa o el lugar de instalación



Fuente: GIZ (2019).

Figura 16

Ejemplo de cilindro para almacenar refrigerante HC recuperado



Cilindro DOT:

- Capacidad de agua 11,9 kg (26,2 lb)
- Diseño/Construcción según DOT04BA400
- Presión mínima de prueba = 400 PSIG/27,8 bar
- Conexión de válvula de cilindro para mangueras de refrigerante - X* SAE.
- Válvula de doble puerto para la eliminación de líquido y gases
- Tubo de inmersión
- Válvula de Seguridad



NOTA: Estos cilindros de recuperación no se recomiendan para el uso con refrigerante R-32.

Fuente: GIZ (2019).

Tabla 19

Resumen proceso de recuperación de refrigerante R-600a, mediante recuperadora (ATEX)

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Apertura de válvulas y encendido de la máquina recuperadora de R-600a tipo ATEX



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Abrir las válvulas en orden, desde el manómetro de baja presión del juego de manómetros pasando luego por las válvulas del cilindro de paso y por las del cilindro de almacenamiento de refrigerante.
- Conectar la máquina de recuperación a la fuente de energía (en una toma a más de 3 metros) sin pulsar botón de encendido que ya está accionado.



Razón (¿Por qué?)

- Para iniciar la recuperación del refrigerante siguiendo el orden correcto.
- Para no producir chispas en el área asegurada de 3 metros mínimo.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Funcionamiento de la máquina recuperadora de R-600a.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Apenas la máquina recuperadora se apague se debe oprimir el botón de alto vacío por unos segundos.



Razón (¿Por qué?)

- Para garantizar la extracción total del refrigerante.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Desmontaje de elementos empleados en el proceso.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

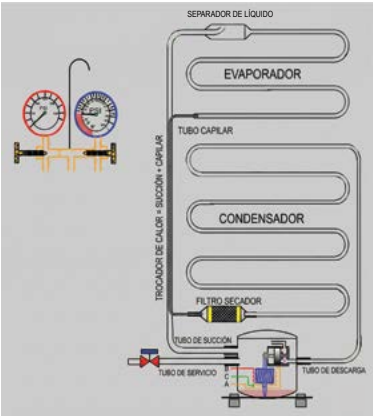
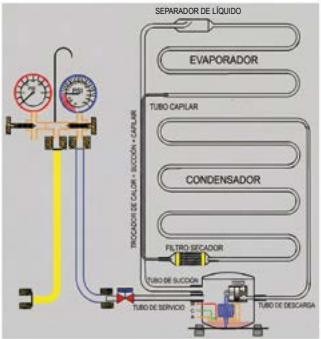
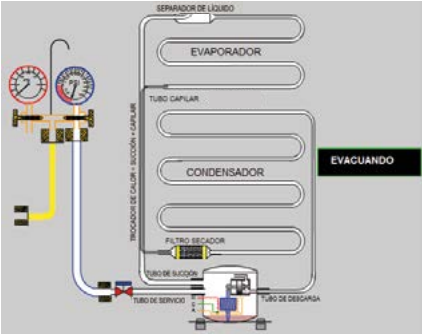
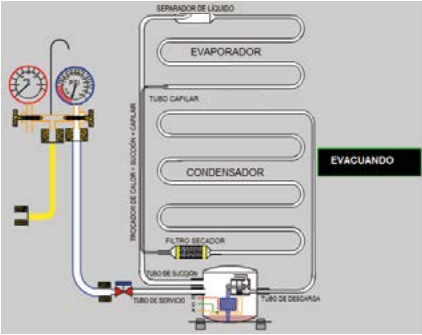
- Para iniciar el desmontaje de los elementos primero se deben purgar las mangueras (extraer residuos de refrigerante R-600a) con ayuda del botón de alto vacío y siguiendo el orden correspondiente
- Retirar con precaución la manguera que conecta la salida de la máquina de recuperación.

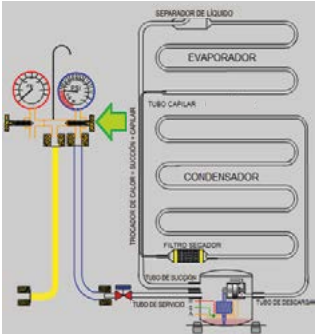
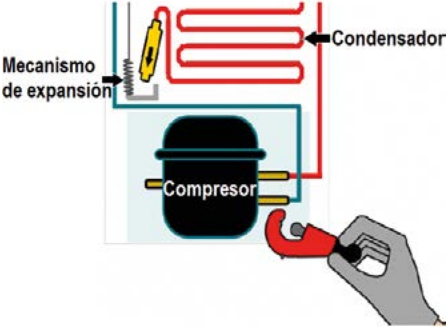
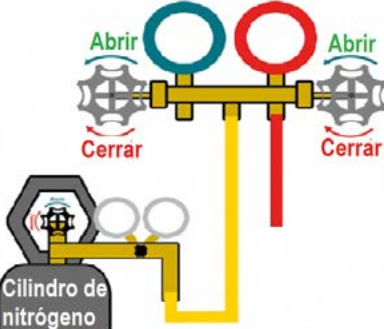


Razón (¿Por qué?)

- Minimizar el escape de refrigerante R-600a a la atmósfera por seguridad.
- Evitar accidentes graves por quemadura por ser inflamable el refrigerante.

Tabla 20 Resumen proceso de venteo de refrigerante R-600a

Actividad	Imagen
1. Pinchar el tubo de servicio acoplando la válvula ponchadora.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el proceso de venteo. Se ha conectado una válvula ponchadora al tubo de servicio. El sistema incluye un separador de líquido, un evaporador, un tubo capilar, un condensador, un filtro secador y un tubo de succión. El tubo de servicio está conectado a la válvula ponchadora.
2. Verificar que la válvula ponchadora ajuste bien al tubo de servicio.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el proceso de venteo. Se ha conectado una válvula ponchadora al tubo de servicio. El sistema incluye un separador de líquido, un evaporador, un tubo capilar, un condensador, un filtro secador y un tubo de succión. El tubo de servicio está conectado a la válvula ponchadora.
3. Conectar la manguera plástica transparente de ¼" de diámetro, con su extremo roscado al puerto de servicio (puerto de la manguera amarilla) en el manómetro y la manguera de baja (manguera azul) al tubo de servicio.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el proceso de venteo. Se ha conectado una manguera plástica transparente al puerto de servicio y una manguera de baja al tubo de servicio. El sistema incluye un separador de líquido, un evaporador, un tubo capilar, un condensador, un filtro secador y un tubo de succión. El tubo de servicio está conectado a la manguera de baja.
4. Conectar el otro extremo de la manguera plástica hacia el exterior del recinto.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el proceso de venteo. Se ha conectado una manguera plástica transparente al puerto de servicio y una manguera de baja al tubo de servicio. El sistema incluye un separador de líquido, un evaporador, un tubo capilar, un condensador, un filtro secador y un tubo de succión. El tubo de servicio está conectado a la manguera de baja. El proceso se está realizando en un espacio etiquetado como 'EVACUANDO'.

Actividad	Imagen
5. Abrir las llaves del manómetro para proceder con la evacuación del refrigerante R-600a.	
6. Retirar el filtro cortando la tubería con el cortatubo y taponar el extremo del tubo.	
7. Acoplar las mangueras para el proceso de barrido.	

Fuente: elaboración propia.

3.4.4 Proceso PP4: Apertura del sistema

Este procedimiento implica retirar el filtro secador, para esto, es prohibido hacer uso de llama, como se ejemplifica en la figura 17. Siempre que se abra el sistema, el filtro secador debe ser cambiado. Al mismo tiempo se aísla o se retira el compresor, en caso de ser necesario por quema; adicionalmente, se hace el barrido en los casos indicados ya definidos. El proceso para la apertura del sistema se detalla en la tabla 21.

La manipulación de sistemas con carga es esencial para garantizar el buen funcionamiento de los equipos, por lo tanto, se deben tener en cuenta algunas precauciones para cuidar el equipo.

A continuación, se mencionan las pautas a tener en cuenta durante las operaciones relacionadas con sistemas con carga:

- **Los sistemas con carga nunca deben abrirse utilizando una fuente de llama abierta.** Los compresores de instalaciones o equipos cargados con refrigerante (R-600a) deben purgarse para extraer los residuos de refrigerante del aceite.
- Se debe asegurar que los acoplamientos en las conexiones del mano regulador de nitrógeno con la válvula de la botella sean coincidentes.
- La válvula de la botella de nitrógeno se abrirá siempre lentamente. La salida de esta se colocará en sentido contrario a la posición del operario y nunca en dirección a otras personas, no se emplearán otras herramientas diferentes a las facilitadas o aconsejadas por el proveedor.
- La limpieza interna (barrido) de la unidad sellada no puede hacerse con refrigerante R-600a, debe ser efectuada a través de la circulación de nitrógeno tipo OFDN (Oxygen Free Dry Nitrogen), nitrógeno seco libre de oxígeno.

Figura 17

Manera correcta de abrir el circuito por corte de filtro secador



Fuente: GIZ (2019).

- Por ningún motivo utilice fuentes calóricas como sopletes o equipo de soldadura para retirar las uniones del artefacto y siga las recomendaciones de manipulación dadas por el fabricante. Se recomienda cortar la tubería a través de un cortatubo.

Tabla 21 Proceso PP4: Apertura del sistema

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Retirar filtro secador y apertura del sistema.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Ubicar el filtro secador.
- Para desconectar el filtro de la tubería que lo une con el condensador, utilizar un cortatubo. **NO** usar soplete.
- Cortar o punzonar con un corta capilar antes de desconectar del tubo capilar que lo une con el evaporador.



Razón (¿Por qué?)

- Para abrir el circuito y asegurar el espacio de trabajo adecuado.
- Estas herramientas son las adecuadas y recomendadas para llevar a cabo el corte de tuberías en sistemas de refrigeración.
- Para evitar la explosión e inflamación del refrigerante R-600a contenido en el filtro secador (taponamiento) y así evitar quemaduras graves.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Retirar el compresor. SOLO EN CASO DE QUEMA DEL COMPRESOR.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Ubicar el compresor.
- Desconectar el circuito electro electrónico.
- Desconectar las líneas de baja y alta, cortándolas con cortatubos.
- Instalar tapones en las tuberías abiertas del compresor.



Razón (¿Por qué?)

- Para preparar el espacio de trabajo adecuado.
- Para permitir el retiro del compresor y no afectar el circuito con la manipulación de este.
- Se debe cortar la tubería con cortatubo para garantizar que no se propaguen o generen más contaminantes de los que ya existen o se distribuya la humedad y ácidos en todo el sistema, NO emplear el equipo de oxiacetileno o Mapp para cortar.
- Evitar el mínimo contacto del aceite con la atmósfera, previniendo la contaminación del ambiente y hacer la disposición final del mismo.

Fuente: elaboración propia.

3.5 Procesos de barrido y limpieza (PBL)

Son los procesos que permiten ejecutar la remoción de todo tipo de contaminantes y la humedad. Los contaminantes en un sistema son:

- Partículas en suspensión
- Gases no condensables
- Humedad
- Aceite contaminado
- Ácidos y lodos

Para la preparación del sistema de refrigeración, se debe realizar la purga previa del sistema con OFDN (Nitrógeno Seco Libre de Oxígeno), por sus siglas en inglés. Este procedimiento es crítico y se representa en la figura 18 y se ejecuta a través de los pasos que se describen a continuación:

1. Verificar el retiro del R-600a en el refrigerador.
2. Conectar el cilindro de nitrógeno seco con el regulador de presión a la pinza perforadora o ponchadora y al sistema de refrigeración a través de la manguera.
3. Cortar el filtro secador con un cortafrío para retirar los restos de R-600a **(NUNCA retirar con llama o desoldar porque SE PUEDEN PRODUCIR QUEMADURAS GRAVES)**.
4. Lavar el sistema con nitrógeno seco, grado 4,0 (99,99%) ≤ 30 ppm (mg/kg) de agua y mantener la inertización del circuito refrigerante.

Figura 18

Purga previa del sistema con OFDN



Fuente: GIZ Proklima (2010).



Para tener
en cuenta

Se debe hacer corte,
NUNCA utilizar LLAMA.

Los dos procesos, **BARRIDO Y LIMPIEZA**, no se deben confundir, pues el objetivo de cada uno es diferente y además no es necesario hacerlos en todos los casos o combinarlos.

El BARRIDO no tiene la capacidad de eliminar la humedad, es un proceso que solo elimina las partículas en suspensión y gases no condensables. Es importante destacar que este método no retira LA HUMEDAD, NI LOS ÁCIDOS O ACEITES presentes en el sistema.

La LIMPIEZA en cambio es para retirar humedad, ácidos, aceites, lodos y otros residuos.

3.5.1 Proceso PBL: Cambio de filtro y de aceite

El aceite para refrigeración se requiere para la operación adecuada del compresor en un sistema de refrigeración y para lubricar sus partes móviles. El procedimiento detallado se encuentra descrito en la tabla 22.

El aceite realiza las siguientes funciones:

- Remueve el calor de los cojinetes y lo transfiere al exterior del compresor.

- Ayuda a formar un sello más efectivo cuando están cerradas las válvulas de succión y descarga.
- Amortigua el ruido generado por las partes móviles dentro del compresor.

Ningún aceite para refrigeración debe contener humedad que pueda afectar al sistema. Un aceite debe ser tan seco, como sea posible. La cantidad de humedad que contiene un aceite se expresa en partes por millón (ppm). Un aceite para refrigeración, al momento de su salida de fabricación, normalmente tiene como máximo 30 ppm de agua, sin embargo, por ser higroscópicos, es decir que tienen la habilidad de absorber la humedad del aire, la cantidad de humedad puede incrementarse durante el envasado, traslado y almacenamiento. Por esta razón, se deben tomar todo tipo de precauciones para no dejar el aceite expuesto al ambiente.

Es importante recordar que los aceites sintéticos a base de polioléster, por ejemplo, son aproximadamente 10 veces más higroscópicos que los aceites minerales o de alquilbenceno.

Tabla 22 Proceso PBL: Cambio de filtro y de aceite

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Extraer el aceite usado del compresor.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Girar el compresor, hasta extraer todo el aceite existente.



Razón (¿Por qué?)

- Para garantizar la completa extracción del aceite usado.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Cargar el compresor con el aceite nuevo en la cantidad recomendada por el fabricante del compresor.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Atender la recomendación del fabricante del aceite para el llenado del compresor, puede ser por llenado con pipeta, con bomba o con la misma succión del compresor.
- Atender la recomendación del fabricante del compresor, este indica la cantidad de aceite que se debe agregar.



Razón (¿Por qué?)

- El exceso de lubricación aumenta la fricción, representada por la viscosidad dinámica, aumento de temperatura y disminución de la viscosidad, más allá de la especificación mínima.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

- Montar el nuevo filtro
 - Filtro de referencia indicada por el fabricante del refrigerador
 - Filtro de alta eficiencia o tipo HH, o "de quemado", en caso de quema del compresor.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Posicionar el nuevo filtro secador retirando sus tapones de goma solo en el momento de la soldadura
- Este filtro quedará en la tubería de líquido.
- Para el filtro de alta eficiencia o tipo HH, o "de quemado", usado en caso de quema del compresor. Este filtro se retirará luego de 24 horas de trabajo y se instalará entonces el filtro convencional recomendado por el fabricante.



Razón (¿Por qué?)

- Asegurar el cierre del circuito por medio de soldadura oxiacetilénica, Mapp o en frío tipo Lockring.

Paso 4



Paso principal (¿Qué?)

EN CASO DE QUEMA DE COMPRESOR Retirar el compresor del sistema.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Desconectar los dispositivos electro electrónicos de arranque y protección, 4TM, PTC o bornes a tarjeta electrónica.
- Remover todo el óxido y la pintura con una lija en las zonas de las tuberías en donde se realizará la soldadura para facilitar la unión posterior.
- Cortar las tuberías con la finalidad de separar el compresor del sistema y luego soltar los seguros que unen la base del compresor a la base (tornillos, arandelas, pasadores y demás). NUNCA CALENTAR LA TUBERÍA PARA DESMONTAR EL COMPRESOR.



Razón (¿Por qué?)

- Asegurar que los componentes electro electrónicos del compresor no se quemen o dañen en el proceso de desmonte y soldadura.
- Retirar el óxido es importante para que los componentes no sigan reaccionando y la soldadura sea de calidad.
- Si se calienta la tubería con soplete el problema de humedad se agrava y se distribuye a otras partes del circuito.

Paso 5



Paso principal (¿Qué?)

EN CASO DE QUEMA DE COMPRESOR Montar el compresor en el equipo.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Después de cargar el compresor con la cantidad de aceite indicada, colocar tapones de caucho en los tubos de conexión del compresor.
- Asegurar el compresor al equipo por medio de los tornillos, arandelas, pasadores y demás. No olvidar que algunos compresores traen eliminadores de ruido de caucho, que lo aíslan eléctricamente y que amortiguan las vibraciones. Estos deben quedar nivelados y con el apriete correcto.
- Conectar los dispositivos electro electrónicos de arranque y protectores, 4TM, PTC o bornes a tarjeta electrónica.



Razón (¿Por qué?)

- Impedir la entrada de aire al interior de los tubos del compresor y así evitar la contaminación por humedad del aceite nuevo.

Fuente: elaboración propia.

3.5.2 Proceso PBL2: Barrido con nitrógeno

El barrido es una práctica que se debe realizar cuando se tiene la sospecha de la presencia de elementos extraños dentro del sistema que pueden reducir la eficiencia del ciclo de refrigeración. Estos elementos extraños son partículas en suspensión y gases no condensables como partículas sólidas, polvo, limaduras o residuos de soldadura que pueden estar presentes en el sistema como consecuencia de la instalación de tuberías de segunda mano o por su incorrecta manipulación.

El barrido solo debe hacerse con nitrógeno seco libre de oxígeno (OFDN, por sus siglas en inglés), que es un gas natural y no contribuye a la contaminación ambiental si se expulsa a la atmósfera, tampoco es inflamable y no favorece la combustión, adicionalmente es insípido, inodoro e incoloro.

En condiciones normales, el N_2 es inerte, es decir, no reacciona con otras sustancias. Los gases inertes se utilizan para evitar reacciones, como la combustión.

El barrido con el nitrógeno OFDN puede barrer una gran parte del contenido de humedad de agua restante dentro de un circuito de refrigeración del refrigerador, además de que cumple con otras funciones como:

- Presurización del circuito de refrigeración con nitrógeno OFDN, para eliminar partículas en suspensión y para liberar componentes y capilares bloqueados en las obstrucciones.
- Protección como “gas protector” si se carga en un sistema o componentes de montaje para evitar la introducción de aire y humedad.
- Barrer las superficies de los intercambiadores de calor (condensador) de polvo y suciedad.

La figura 19 muestra el proceso previamente mencionado.

Figura 19 Proceso de barrido con N_2



Fuente: GIZ (2019).

Adicionalmente se debe realizar el ensayo de estanqueidad, que se realiza en combinación con una solución débil de agua jabonosa (prueba de burbujas) con el fin de:

- Probar la presión (prueba de resistencia) del sistema del refrigerador.
- Identificar la formación de fugas en combinación con detectores, la cual se realiza con hidrógeno y concentraciones mixtas (95 % de nitrógeno y 5 % de hidrógeno).

Por otra parte, la inertización con el nitrógeno puede prevenir atmósferas inflamables y evitar reacciones químicas desfavorables durante el trabajo en caliente y cumple con las siguientes funciones:

- Purgar el aire de las tuberías antes de calentarlas y durante la soldadura fuerte (para evitar la formación de óxidos de cobre en la superficie interior de las tuberías).
- Purgar las tuberías y componentes del sistema de refrigeración antes de la soldadura fuerte para eliminar el contenido de gases inflamables y evitar situaciones peligrosas.

- Purgar las tuberías y los componentes del sistema de refrigeración durante la soldadura fuerte para evitar la producción de productos extremadamente tóxicos, ácidos y nocivos.

La figura 20 presenta la disposición de los cilindros comprimidos, los cuales requieren un regulador de presión fiable y adecuado para reducir de forma segura la presión del gas a un nivel controlado. El gas OFDN solo debe transferirse al circuito de refrigerante mediante el uso de mangueras de transferencia diseñadas y certificadas para este fin. En la mayoría de los casos, las mangueras de transferencia de refrigerante pueden tener esta clasificación.

Se recomienda verificar tanto las mangueras de refrigerante como el regulador de presión para garantizar su uso y fiabilidad en el manejo del gas OFDN comprimido.

Figura 20 Ejemplo de disposición de cilindros OFDN



Fuente: GIZ Proklima (2010).

En la actualidad, se encuentran disponibles *kits* de prueba de presión con nitrógeno OFDN diseñados específicamente para sistemas de refrigeración. El manómetro intermedio (figura 21), que se instala entre el sistema y el regulador de presión OFDN (figura 22), indicará el valor de prueba de presión correcto de acuerdo con el refrigerante utilizado.

Por lo general, un rendimiento máximo (presión de trabajo) se encuentra en el rango de 40 a 60 bar para cubrir de manera efectiva los refrigerantes HC y sus requisitos de prueba de presión. El técnico de servicio debe controlar la presión absoluta dentro del sistema RAC para evitar sobrepresurizar el sistema y causar daños o una situación peligrosa.

Figura 21 Conjunto de manómetro de control de presión intermedio

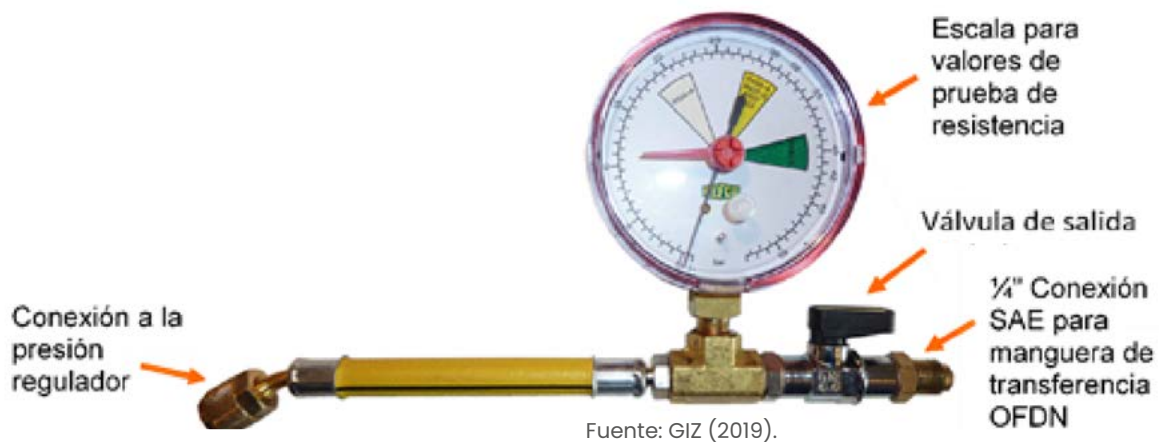


Figura 22 Ejemplo de regulador de presión OFDN



Las tablas 23 y 24 resaltan los aspectos relevantes del proceso para realizar el barrido con nitrógeno.

Tabla 23 Proceso PBL2: Barrido con nitrógeno

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Verificación de las presiones de carga del cilindro y de trabajo del Manoregulador del nitrógeno.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Ajustar el conjunto Manoregulador (que consiste en manómetro de presión del cilindro, manómetro de presión de trabajo y regulador de presión), a una presión de trabajo de 80 a 120 psig.



Razón (¿Por qué?)

- Para garantizar la presión de trabajo adecuada y no afectar tuberías y sus juntas por presión de trabajo inadecuada.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Conexión del cilindro de nitrógeno al juego de manómetros.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Conectar la salida del regulador del cilindro de nitrógeno a la línea de servicio del juego de manómetros con la manguera amarilla.
- Conectar la salida del manómetro de alta a la manguera roja.



Razón (¿Por qué?)

- Debido a que se van a trabajar presiones cercanas a los 120 psig, es adecuado trabajar con el manómetro de alta.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Barrido por la línea de baja.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Conectar manómetro de alta a la salida del evaporador con la manguera roja.
- Abrir lentamente la válvula del cilindro de nitrógeno y luego la válvula del manómetro de alta.
- Obstaculizar el flujo del nitrógeno intermitentemente adecuando una manguera con una válvula en el tubo capilar variando las presiones del manómetro entre 80 psig y 120 psig.
- Asegurar que el nitrógeno que está saliendo no presente contaminantes.
- Cerrar válvulas del manómetro de alta y del cilindro de nitrógeno.



Razón (¿Por qué?)

- Lograr el barrido del tubo capilar y el evaporador garantizando la recomendación de hacer el barrido contrario al flujo del refrigerante.
- Evitar daño de los componentes del regulador y el manómetro por cambios abruptos de presión.
- Aumentar presión para expulsar contaminantes controlando el incremento de la presión, de esta manera asegurar que el barrido haya sido satisfactorio.

Paso 4



Paso principal (¿Qué?)

Barrido por la línea de alta.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Conectar manómetro de alta a la salida del condensador con la manguera roja.
- Abrir lentamente la válvula del cilindro de nitrógeno.
- Retener el flujo del nitrógeno manualmente en la entrada del condensador variando las presiones del manómetro a 120 psig.
- Verificar que el nitrógeno que sale no presente contaminantes.



Razón (¿Por qué?)

- Lograr el barrido del condensador garantizando la recomendación de hacer el barrido contrario al flujo del refrigerante.

Paso 5



Paso principal (¿Qué?)

Barrido por cambio de compresor.

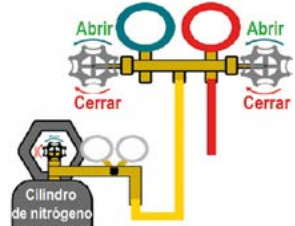
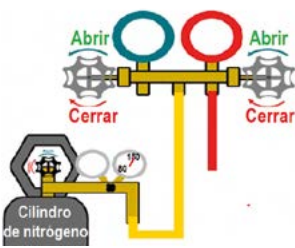
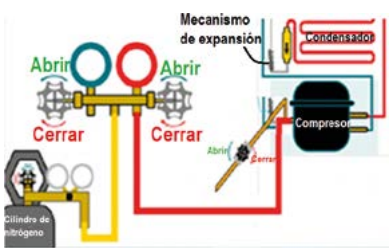


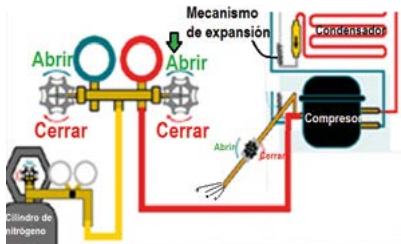
Proceso recomendado (¿Cómo?)

- El barrido se recomienda siempre que haya quema en el compresor como complemento a la limpieza. Adicionalmente es importante para encontrar las fugas en el sistema (poros, perforaciones, etc.) y corregirlas.
- Recordar que el nitrógeno debe ser calidad OFDN, nitrógeno seco libre de oxígeno y calidad 99,99 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24 Resumen del proceso de barrido con nitrógeno

	Actividad	Imagen
1.	Conectar el nitrógeno a la manguera de servicio del manómetro (manguera amarilla).	
2.	Acoplar la válvula a tubo de servicio.	
3.	Conectar la manguera de descarga (manguera amarilla) al manómetro y la manguera de baja (manguera azul) a la válvula de tubo de servicio.	

Actividad	Imagen
4. Ubicar el otro extremo de la manguera hacia el exterior del recinto.	

Fuente: elaboración propia.

3.5.3 Proceso PBL3: Limpieza con filtro de alta eficiencia

El proceso de limpieza ha sido debatido desde hace varios años, debido a que es uno de los procedimientos en el que se cometen errores y se contamina el ambiente usando sustancias prohibidas como; R-11, R-141b, thinner, solventes, métodos de “flushing” con solventes, aire comprimido y alcoholes.

En el ámbito de la refrigeración doméstica y en el funcionamiento de los refrigeradores, a menudo se pasa por alto el método adecuado, que ha sido empleado con éxito en la refrigeración comercial e industrial, mediante los filtros de alta eficiencia, de piedra o los conocidos como de “quema”, como se muestra en la figura 23. Estos filtros, fabricados con características especiales, son comúnmente conocidos entre las personas dedicadas al servicio técnico como “filtros de quema” y son para casos extremos de humedad y limpieza.

La tabla 25 aborda el procedimiento de instalación del filtro de alta eficiencia, destacando su importancia como paso fundamental en el mantenimiento de sistemas de refrigeración. Por otro lado, en la tabla 26 se muestra el paso a paso del proceso.

Figura 23 Filtro de alta eficiencia tipo HH o “de quema”



Fuente: Sporlan (2002).

Tabla 25 Instalación del filtro de alta eficiencia para la limpieza

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

- Preparar las tuberías para la conexión del filtro de alta eficiencia.
 - No se debe usar filtro tipo rosca, solo tipo soldar.
 - Verificar el sentido correcto de conexión del filtro de alta eficiencia al sistema por medio de la flecha indicadora del filtro.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Preparar los dos tramos de tubería; del capilar y del tubo que va hacia el evaporador en la línea de líquido y alistarlos con el eliminador de rebaba o rebabador adecuado.
- Introducir el filtro de alta eficiencia en cada uno de los extremos de los tubos



Razón (¿Por qué?)

Para asegurar que cada tramo de tubo acople con cada extremo del filtro

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Soldar ambos extremos de los tubos que comunican con el filtro.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Es necesario que el proceso de soldadura sea lo más rápido posible para evitar la exposición prolongada del filtro al calor excesivo.
- Es aconsejable cubrir el filtro con un trapo húmedo durante la soldadura
- Mientras se hace la soldadura se debe hacer paso de nitrógeno.

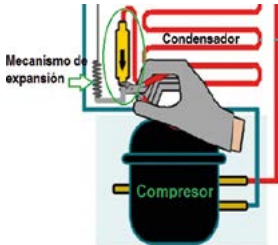
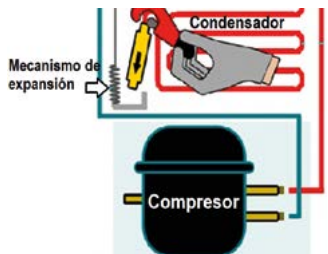
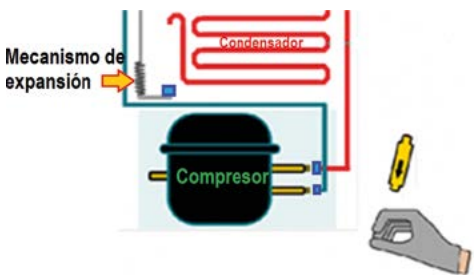
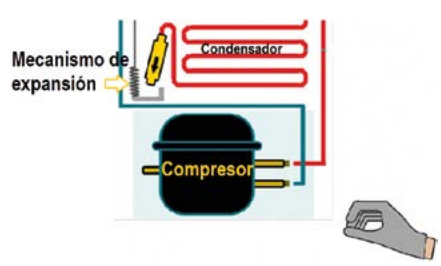


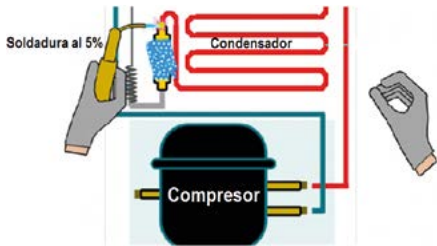
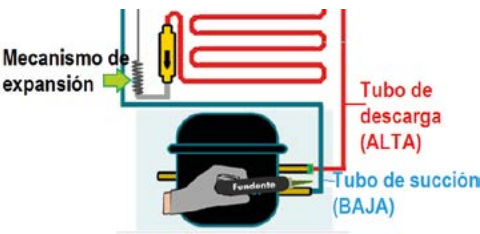
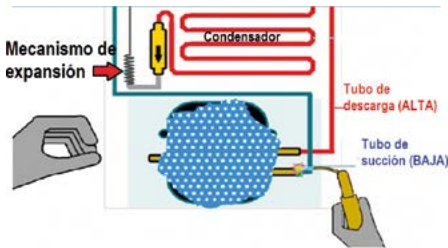
Razón (¿Por qué?)

- Se debe garantizar total hermeticidad en el sistema y que el filtro no haya sufrido daños durante el proceso.
- Para evitar las impurezas dentro de las tuberías.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26 Paso a paso del proceso de limpieza con cambio de filtro

	Actividad	Imagen
1.	Cortar el tubo capilar del filtro.	
2.	Retirar el filtro secador.	
3.	Taponar el tubo de unión condensador-filtro secador y también el extremo libre del capilar.	
4.	Instalar el filtro nuevo ubicando el filtro entre capilar y condensador.	

Actividad	Imagen
5. Retirar los tapones y soldar el capilar y el condensador al nuevo filtro con soldadura de plata al 5 %.	
6. Con ayuda del fundente realizar la soldadura al 35 % de plata en los tubos de servicio de baja.	
7. Con ayuda del fundente realizar la soldadura al 35 % de plata en los tubos de servicio de alta.	

Fuente: elaboración propia.

3.5.4 Proceso PBL4: Prueba de acidez

La prueba de acidez es la verificación que se puede realizar en el taller de servicio, para determinar si el contenido de ácido del aceite se encuentra dentro de los límites de operación segura para el compresor. La prueba se basa en la reacción química de soluciones con la muestra de aceite tomada.

Un sistema de refrigeración que se sospeche tenga una condición de aceite ácido se le debe realizar una prueba de acidez, con el fin de determinar si el contenido de ácido del aceite está dentro de los límites aceptables, antes que ocurra un daño extensivo y una quema de motor hermético.

Los kits para Prueba de acidez son herramientas de servicio directas, simples y confiables. Estas pruebas están diseñadas para determinar si el contenido de ácido del aceite se encuentra dentro de los límites de una operación segura y es posible realizarlas en las instalaciones o en el taller de servicio. La información necesaria para llevar a cabo estas pruebas se muestra en la tabla 27.

El resultado se indica a través de un color determinado al mezclar las soluciones y añadir el refrigerante. El efecto debe ser evaluado inmediatamente, debido a que con el transcurso del tiempo podría arrojar datos falsos o imprecisos.

La tabla 28 proporciona la información acerca de los puntos de cambio de color de un *kit* comercial con aceite mineral, alquilbenceno y polioléster.

Las soluciones en los *kits* son estables, pero son sensitivas a la luz y el calor. Es importante conservar el *kit* en su caja correspondiente como se muestra en la figura 24, almacenándolo

en un lugar fresco y seco. Además de estas precauciones, siempre se deben seguir las recomendaciones del fabricante del equipo. El *kit* ofrece otra alternativa en la medición de contenido de ácido en aceites polioléster indicando la cantidad relativa de ácido en el aceite.



Los *kits* no deben usarse en sistemas que contengan un aditivo para detección de fugas en el aceite. Los aditivos pueden interferir con los puntos de cambio de los *kits* para prueba de acidez.

Tabla 27 Proceso PBL4: Prueba de acidez

Paso 1

Paso principal (¿Qué?)

Tomar muestra de aceite del compresor. Solo se necesita una pequeña cantidad.

Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Con el compresor retirado del sistema, tomar muestra a través del tubo apéndice (tubo de servicio).
- La cantidad necesaria está definida en las instrucciones del *kit* de prueba.

Razón (¿Por qué?)

Para ejecutar prueba de acidez.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Llenar el recipiente con la muestra de aceite hasta la marca.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Verter el aceite retirado del compresor en el frasco correspondiente y hasta el nivel que indique el empaque o instrucciones.



Razón (¿Por qué?)

Seguir las indicaciones del fabricante de la prueba.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Llenar recipiente del reactivo hasta la marca.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Verter en el envase del reactivo suministrado en el *kit* de prueba.



Razón (¿Por qué?)

Seguir las indicaciones del fabricante de la prueba.

Paso 4



Paso principal (¿Qué?)

Agitar el recipiente con los componentes ya mezclados.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

Tapar el frasco del reactivo con los componentes mezclados dentro de él.



Razón (¿Por qué?)

Mezclar los componentes y agitar.

Paso 5



Paso principal (¿Qué?)

Observar el color final que presenta la mezcla de aceite y reactivo (acidez).



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Si el color de la mezcla es igual al color del reactivo, generalmente violeta, el aceite no contiene acidez.
- Si el color de la mezcla es diferente al color del reactivo, generalmente tono verde, el sistema tiene algo de acidez, aunque podría trabajar un tiempo más. Si el tono es amarillo, el aceite contiene acidez.



Razón (¿Por qué?)

Validar el proceso de verificación del aceite. Es importante seguir las instrucciones del fabricante en cuanto al proceso y significado de los colores.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28 Nivel de acidez según el tipo de aceite

TIPO DE ACEITE	NIVEL DE ACIDEZ SATISFACTORIO		NIVEL DE ACIDEZ MARGINAL		INSATISFACTORIO	
	Color de solución	Número de ácido	Color de solución	Número de ácido	Color de solución	Número de ácido
Mineral o alquilbenceno	Morado o rojo	Menor que 0,05	-	-	Naranja o amarillo	0,05 o mayor
Polioléster	Morado o rojo	Menor que 0,17	Naranja	0,17 a 0,23	Amarillo	0,23 o mayor

Fuente: MinAmbiente (2014).

Figura 24

Ejemplo de conjunto para prueba de acidez



Fuente: NuCalgon (2023).

3.6 Procedimientos complementarios (PC)

Los procedimientos complementarios son los que se realizan luego de eliminar la contaminación y alta humedad del equipo, o después del arreglo convencional o fases previas del servicio técnico. Estos procedimientos aseguran que el mantenimiento es exitoso y que en el futuro no habrá mal funcionamiento, pérdida de eficiencia, consumo exagerado de energía, paradas del equipo, molestia y falta de credibilidad del usuario, por lo que se considera una buena práctica de refrigeración. A continuación, se describen estos procesos.

3.6.1 Proceso PC1: Cambio de compresor y componentes para refrigeradores con R-600a

Cuando se presenta quema del compresor, se debe tener en cuenta el tipo de máquina, es decir, si el refrigerador trabaja con compresor tradicional eléctrico, tipo “jaula de ardilla” o compresor electrónico de nueva generación. En los refrigeradores actuales se encuentran compresores electrónicos modernos. Estos compresores para R-600a son del tipo Inverter, también conocidos como lineales que, a diferencia de los compresores recíprocos convencionales, no tienen tantas piezas o subconjuntos y, por ello, son más confiables, mucho más seguros y sobre todo más eficientes. Se conocen como BLDC.

El compresor recíprocante convencional necesita de cuatro subconjuntos para realizar la compresión: el bloque, el eje cigüeñal, los elementos de unión y giro como bielas, cojinetes y otros, más el pistón. El compresor lineal electrónico solamente tiene el bloque y el pistón con sus resortes. En la figura 25 se puede observar la comparación entre un compresor recíprocante convencional y uno lineal electrónico. Las diferencias radican en el número de partes y concepción de diseño, lo que hace que el compresor lineal electrónico presente menos fricción y ruido, más confiabilidad, mayor eficiencia en el consumo de energía, menor temperatura de trabajo y más años de garantía (hasta 10 años).

Figura 25

Comparación entre un compresor recíprocante convencional y uno lineal electrónico

Compresor Convencional



Compresor Lineal



Fuente: LG (2009-2023).



Para tener en cuenta

MOTOR BLDC. “Brush Less Direct Current” o BLDC MOTOR, significa “motor de corriente directa sin escobillas”, hoy se usa ampliamente debido a su eficiencia, mejores características de velocidad frente al par, mayor rango de velocidad y funcionamiento silencioso.

Se le llama INVERTER a un dispositivo electrónico que es capaz de regular el voltaje, la corriente y frecuencia de alimentación del refrigerador. Es decir que un Inverter es un circuito electrónico de conversión de la energía eléctrica de alimentación. Aplicado al refrigerador, el dispositivo electrónico Inverter modifica la corriente eléctrica que alimenta al compresor.

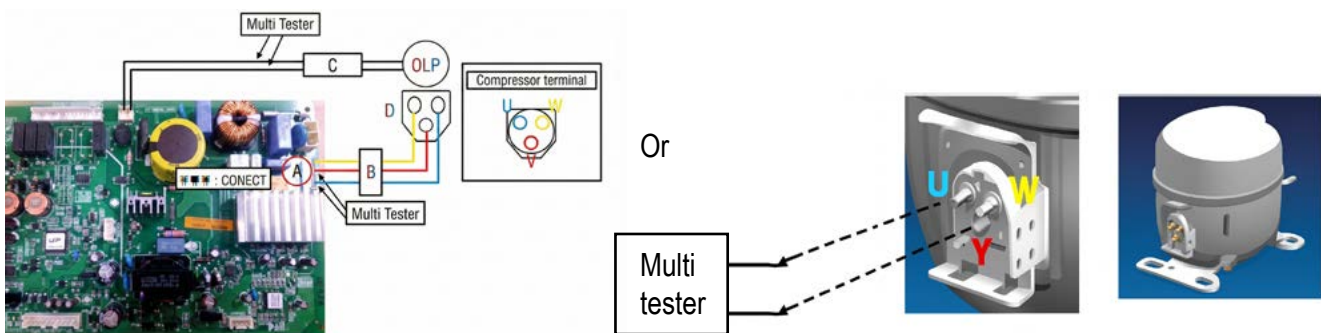
Modificando la frecuencia, intensidad o voltaje de la corriente de alimentación del compresor, se puede conseguir también variar las revoluciones de funcionamiento de este y, por ende, el caudal de refrigerante que circula por el circuito, así que se consigue que el compresor gire a distintas velocidades en función de las necesidades de carga térmica de cada momento, permitiendo además al sistema adaptarse eficazmente a la demanda de cada instante, reduciendo también el consumo de energía eléctrica y proporcionando mayor eficiencia al reducir las pérdidas. Las tarjetas electrónicas utilizadas para estos procesos ejecutan parte fundamental del sistema inverter, un ejemplo de dichas tarjetas se muestra en la figura 26.

El motor BLDC que se representa en la figura 27 tiene tres fases y la conmutación se realiza electrónicamente. Para hacer funcionar el motor es necesario un inversor trifásico. La detección de la posición del rotor es muy importante para generar secuencias de conmutación adecuadas para el inversor trifásico. Para hacerlo, se proporcionan tres sensores con el motor BLDC para tres fases del motor. Este sistema de accionamiento también puede cambiar su velocidad.

El microcontrolador detecta las señales de hall del motor y la señal PWM que se genera a partir de un circuito electrónico. El pulso generado por el microcontrolador se envía al circuito controlador que domina el inversor trifásico.

El microcontrolador es muy útil debido a sus diversas características, como velocidad más rápida, tamaño de chip pequeño, bajo costo y, lo que es más importante, resolución de problemas fácilmente. Entonces, en este diseño, el microcontrolador se usa para generar la conmutación requerida para el inversor trifásico.

Figura 26 Tarjeta electrónica tipo Inverter para motor BLDC



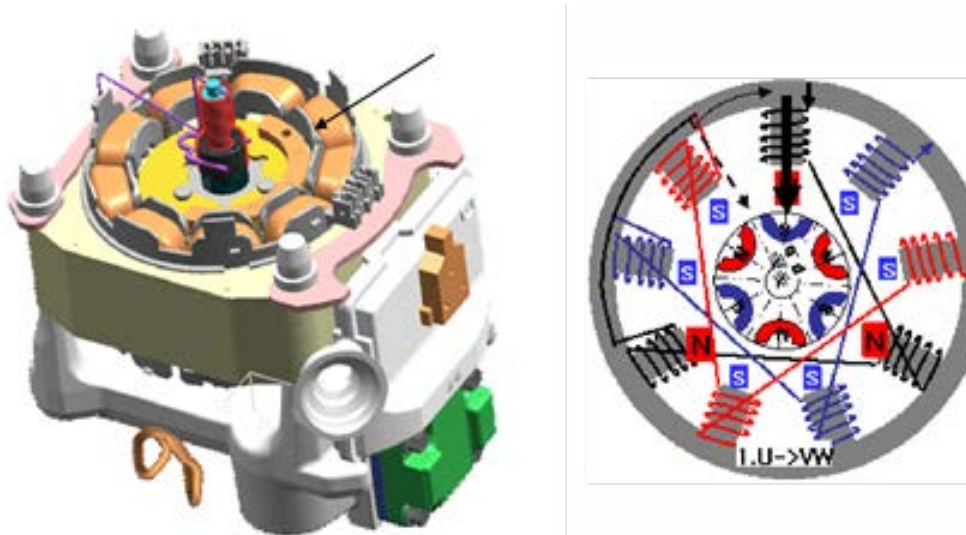
Fuente: LG (2009-2023).

Su propósito es lograr circuitos de refrigerante sellados, **evitando conexiones desarmables**. Tener en cuenta que para los refrigeradores domésticos las tecnologías de **conexiones permanentes** reducen el riesgo de fugas y aumentan la confiabilidad del sistema. Estas son algunas de sus características:

- **Estructura:** es similar al recíprocante, (externamente).
- Motor es de 3 fases (U, V, W) cada U-V, U-W, V-W tiene la misma resistencia del motor.
- La dirección U, V, W es sentido antihorario.

Considerando todos los elementos mencionados anteriormente, se debe tener en cuenta la información presentada en las tablas 29 y 30, al llevar a cabo el proceso de cambio del compresor y sus componentes.

Figura 27 Estructura del motor lineal BLDC



Fuente: LG (2009-2023).

Tabla 29 Proceso PC1: Cambio de compresor y componentes para refrigeradores con R-600a

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Instalar un compresor nuevo.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Verificar el método de fijación del compresor, guías, tornillos, trabas, u otros para asegurarlo de manera adecuada según fabricante.
- Verificar que la posición de los tubos de succión y descarga correspondan con el resto del sistema.
- Preparar los tubos de succión y descarga, quitar rebabas, poner extremo a 90 grados y quitar óxido.
- Retirar tapones protectores del compresor solo en el momento de efectuar la soldadura.
- Con el equipo de soldadura Mapp, oxiacetilénica o de unión en frío Lokring, unir el compresor entre la salida del tubo de descarga y el tubo de succión.
- Al momento de soldar con llama, emplear fundente sin excesos protegiendo con un trapo húmedo el compresor.



Razón (¿Por qué?)

- Para iniciar proceso de soldadura.
- El fundente asegura la fusión de las tuberías a soldar (cobre con hierro cobrizado).
- El trapo húmedo evita que el aceite del compresor reaccione químicamente por el calor generado de la llama empleada en el momento de soldar, lo que garantiza la protección del compresor y el correcto trabajo posterior de este.
- En los sistemas modernos domésticos, a raíz de la aplicación de refrigerantes hidrocarburos HC se está utilizando y popularizando la unión en frío Lockring, en vez de la soldadura Mapp y oxiacetilénica.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Instalar componentes electro-electrónicos del nuevo compresor.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Verificar si la instalación corresponde a compresor convencional con protector térmico 4TM y relevo PTC.
- Verificar si es con compresor Inverter electrónico con terminales o puertos a tarjeta electrónica.



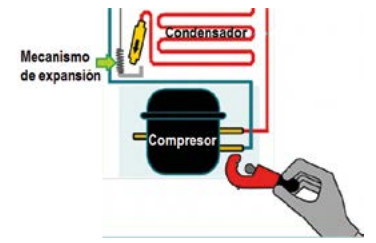
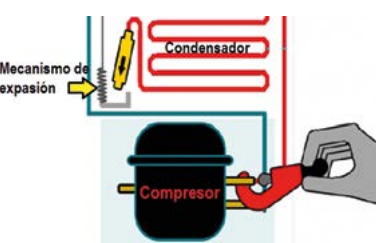
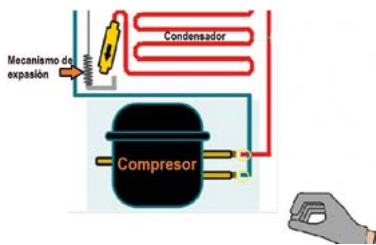
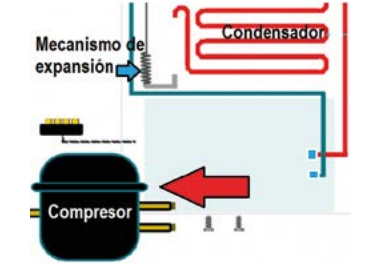
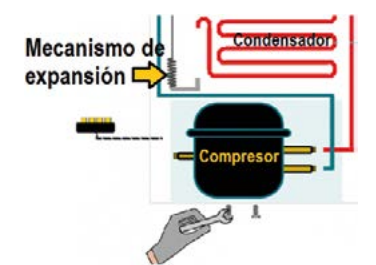
Razón (¿Por qué?)

- Verificar la conexión del circuito electro electrónico. Después de soldar, facilita la protección de los elementos durante el proceso y evita daño de estos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 30

Paso a paso del proceso PCI: Cambio de compresor y componentes para refrigeradores con R-600a

	Actividad	Imagen
1.	Cortar el tubo de baja y taponar el extremo del tubo.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el ciclo de refrigeración. El tubo de baja (línea azul) ha sido cortado y su extremo se está sellando con un tapón rojo. El tubo de alta (línea roja) y el mecanismo de expansión (línea azul) permanecen intactos. El compresor está etiquetado como 'Compresor'.
2.	Cortar el tubo de alta y taponar el extremo del tubo.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el ciclo de refrigeración. El tubo de alta (línea roja) ha sido cortado y su extremo se está sellando con un tapón rojo. El tubo de baja (línea azul) y el mecanismo de expansión (línea azul) permanecen intactos. El compresor está etiquetado como 'Compresor'.
3.	Siempre taponar los extremos de los tubos de alta y baja, además del tubo de servicio.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el ciclo de refrigeración. Los extremos de los tubos de alta (línea roja) y baja (línea azul) están sellados con tapones rojos. El mecanismo de expansión (línea azul) y el compresor (etiquetado como 'Compresor') permanecen intactos.
4.	Desmontar el compresor.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el ciclo de refrigeración. El compresor ha sido desmontado y etiquetado como 'Compresor'. El tubo de alta (línea roja) y el tubo de baja (línea azul) permanecen intactos. El mecanismo de expansión (línea azul) también está etiquetado como 'Mecanismo de expansión'.
5.	Montar el compresor nuevo.	 Diagrama de un refrigerador que muestra el ciclo de refrigeración. El compresor nuevo ha sido montado y etiquetado como 'Compresor'. El tubo de alta (línea roja) y el tubo de baja (línea azul) permanecen intactos. El mecanismo de expansión (línea azul) también está etiquetado como 'Mecanismo de expansión'.

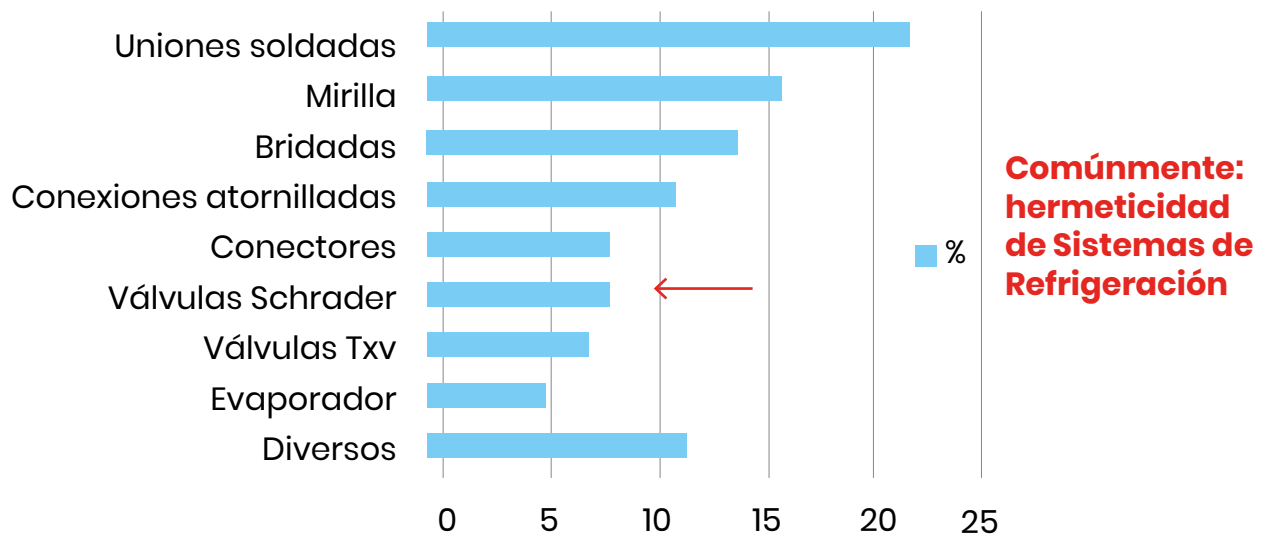
Fuente: elaboración propia.

3.6.2 Proceso PC2: Detección y reparación de fugas

Este procedimiento consiste en identificar las posibles fugas, ya sea mediante métodos básicos como la prueba de burbujeo (que complementa el proceso) o utilizando

detectores especializados diseñados para el refrigerante R-600a. Es esencial tener en cuenta la hermeticidad de los componentes al llevar a cabo esta detección; la figura 28 presenta los diversos niveles herméticos asociados con cada componente.

Figura 28 Comparativo de hermeticidad



Fuente: LG (2009-2023).

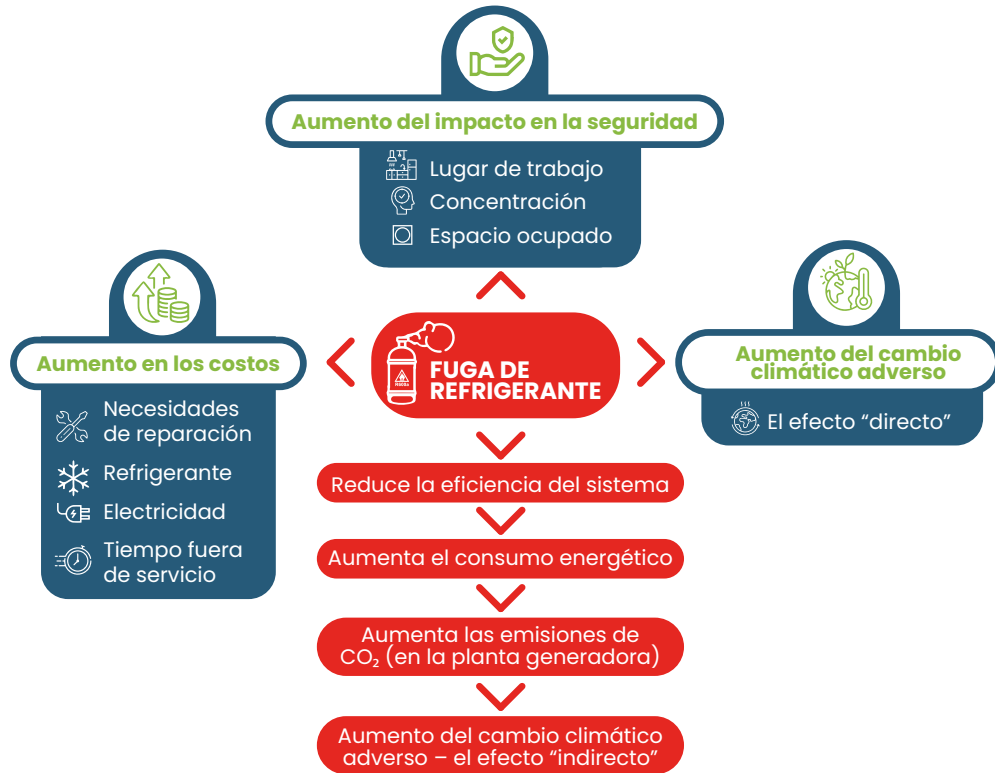
- La detección de refrigerante (R-600a) no es la detección de fugas.
 - Detección de fuga = detección de R-600a + persona.
 - Saber que los detectores de gas ayudan a identificar fugas, pero se recomienda contar con otras medidas que redunden en encontrarlas.
- La seguridad es básica en la reparación de fugas.
- Una fuga en un equipo RAC significa menor desempeño del equipo (5 % de fuga, 10 % más de consumo de energía). En el caso de refrigeración doméstica es aún más

definitivo el menor desempeño (debido a las bajas cargas).

- Para la detección de fugas se deben usar dispositivos confiables, modernos y precisos. Los TCD son sensibles a rangos de fuga tan pequeños como 3 g/año.
- Para comprobar el desempeño del detector de gas, previamente se debe hacer una prueba con un dispositivo o sustancia de referencia de fuga (5 g/año).

En relación con lo mencionado en la figura 29 se presentan algunas posibles consecuencias de una fuga del refrigerante.

Figura 29 Consecuencias de una fuga de refrigerante



Fuente: GIZ (2019).

En la figura 30 se pueden observar las tecnologías empleadas comúnmente para la detección de fugas de refrigerante y, a continuación, se describen algunas de ellas.

Figura 30 Tecnologías de detección de fugas



Fuente: GIZ (2019).

Los detectores electrónicos de gas (sniffer) basados en la tecnología de detección de conductividad térmica (TCD, por sus siglas en inglés) tienen un elemento en la punta de la sonda que crea una emisión eléctrica

en presencia del refrigerante, que envía una señal visual o audible. Esto le permite al técnico aproximarse muy cerca a la fuga. A continuación, se presentan recomendaciones para el uso de estos detectores:



Para tener en cuenta

RECOMENDACIONES PARA USAR EL DETECTOR ELECTRÓNICO DE GAS

- Se deben utilizar detectores electrónicos de fugas diseñados para R-600a, aunque existen algunos detectores para múltiples tipos de refrigerantes como, HFC, HFCF o HC.
- La regulación europea DIN EN 14624 de 2012 describe el “Desempeño de detectores de fuga portátiles y monitores de cuartos para refrigerantes halogenados”. Los criterios de desempeño de detectores electrónicos de fuga de refrigerante se encuentran en la norma SAE 1627. Estas normas deben ser revisadas por las personas dedicadas al servicio técnico.
- Es importante verificar que el dispositivo sea compatible con el refrigerante R-600a al cual se le aplicará la prueba de fugas.
- El técnico debe conocer las capacidades de su detector de fugas y también saber qué no puede detectar.
- Después de encontrar el área donde se detectó la fuga, usar algunos tipos de detectores con mayor sensibilidad para indicar la zona exacta de la fuga.
- Luego, cubrir el área de la fuga con solución jabonosa para verificar el punto exacto de esta.
- En el momento de la detección de fugas, verificar que ni el monóxido de carbono ni el alcohol estén presentes, ya que pueden afectar la sensibilidad de algunos detectores electrónicos de gas.
- Revisar el dispositivo por lo menos una vez al año para asegurar confiabilidad y precisión. Usar una fuente de fuga como referencia para la calibración. En la mayoría de los casos es posible conseguir estas fuentes.
- Utilizar el detector revisando con un movimiento a velocidad baja de aproximadamente 0,2 cm por segundo, como se muestra en la figura 31.

Figura 31 Movimiento del sensor sniffer (TCD)



Fuente: GIZ (2019).

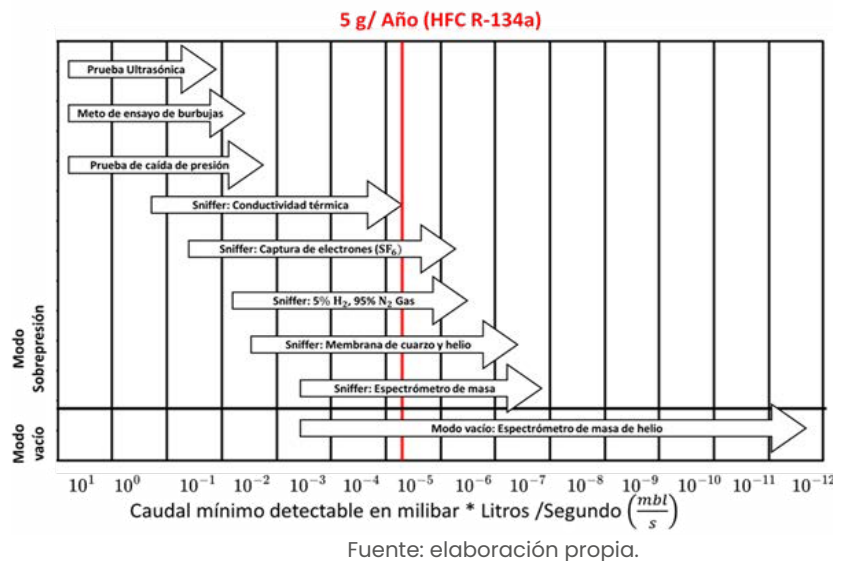


Advertencia: La mayoría de estos detectores electrónicos de gas no son recomendables para usarlos en atmósferas que contengan vapores o refrigerantes inflamables o explosivos. Es posible que el sensor opere a una temperatura extremadamente alta. Si dicho sensor llega a estar en contacto con un gas combustible, ocurrirá una ignición.

Figura 32

Comparativo de métodos de detección de fugas

En la figura 32 se muestra una gráfica comparativa de diferentes métodos de detección de fugas y hasta qué caudal mínimo son útiles para detectar las fugas.



EL MÉTODO DE VERIFICACIÓN DE FUGA POR BURBUJA (AGUA JABONOSA): DETECTA FUGAS ENTRE 50 Y 200 g/año, LO IDEAL ES DETECTAR FUGAS DE 5 g/año.

Luego de detectar la fuga, se procede a su reparación. A continuación, se presentan los distintos tipos de soldadura existentes y, entre estos, los más recomendados cuando se trabaja con refrigeradores domésticos que contienen refrigerante R-600a.

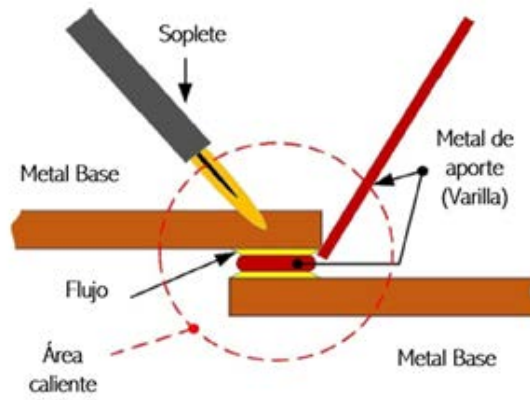
Para los refrigeradores que trabajan con R-600a, el procedimiento de soldadura es uno de los más críticos y que mayor seguridad exige. En esta parte del documento se definen en detalle los protocolos de seguridad que se

deben cumplir. Hay que asegurar que la unión sea perfecta con cualquier método utilizado para evitar riesgos del R-600a. Los métodos de reemplazo de componentes para equipos con HC son:

- 1. Soldadura fuerte con llama:** Mapp, oxiacetileno, oxipropano o propano como se muestra en la figura 33.
- 2. Unión en frío:** Lokring

Figura 33

Componentes de una soldadura fuerte oxiacetilénica



Fuente: GIZ (2019).

A continuación, se muestra el detalle de cada uno de estos métodos:

3.6.2.1 Opción 1: Soldadura fuerte con llama

Los fundamentos y requisitos para uso del cobre en la soldadura son:

- Las extraordinarias y variadas propiedades de los materiales de cobre los hacen ideales para el uso en el sector de refrigeración y acondicionamiento del aire. Desde hace décadas están a la vanguardia en este campo y están incorporados en las normas y reglamentaciones pertinentes.
- Debe tenerse en cuenta que solo se utilizan tuberías y accesorios, de acuerdo con estas normas y reglamentos para las tecnologías RACHP, con el fin de cumplir con los requisitos de seguridad y salud en el trabajo y para hacer valer las reclamaciones de garantía técnica y legal, si es necesario.
- El cobre es un material de muy baja temperatura y muestra una resistencia y elasticidad cada vez mayor esa medida que disminuye la temperatura. Esto distingue a los materiales de cobre fundamental y decisivamente de todos los demás materiales técnicos.
- Por lo tanto, el material cobre se puede utilizar para temperaturas de $(-269\text{ °C a } +250\text{ °C})$.

- El cobre es adecuado para casi todos los refrigerantes de uso común (incluyendo la mayoría de los refrigerantes naturales). Estos son, en particular, todos los refrigerantes seguros, los refrigerantes de dióxido de carbono e hidrocarburos combustibles y sus mezclas.

Aspectos para tener en cuenta:

- La **soldadura fuerte** es un proceso que permite la unión de metales similares o diferentes mediante el uso de un tercer metal (aporte) como “pegamento” y aplicación de calor.
- La **soldadura fuerte** no implica la fusión de los componentes del revestimiento.
- La soldadura fuerte crea uniones que pueden soportar la presión, las vibraciones, los choques, la tensión, etc.
- **Se utiliza para conexiones de cobre/cobre, cobre/aluminio o cobre/acero.**
- El metal base (es decir, el metal o los metales que están intentando unir) nunca se funde, como en la soldadura convencional, pero el metal base debe alcanzar la temperatura adecuada para permitir la unión molecular con el metal de aporte.
- Temperaturas de trabajo hasta 450 °C - soldadura suave.

- Temperaturas de trabajo encima de 450 °C - soldadura fuerte.
- El metal de aporte tiene una temperatura de fusión superior a 450 °C (840 °F), pero inferior al punto de fusión de los metales que se unen.

La temperatura ideal para la soldadura fuerte depende del material de relleno elegido, ya que se funden a diferentes temperaturas. Siempre tiene que estar por debajo de la temperatura de fusión de los metales base.

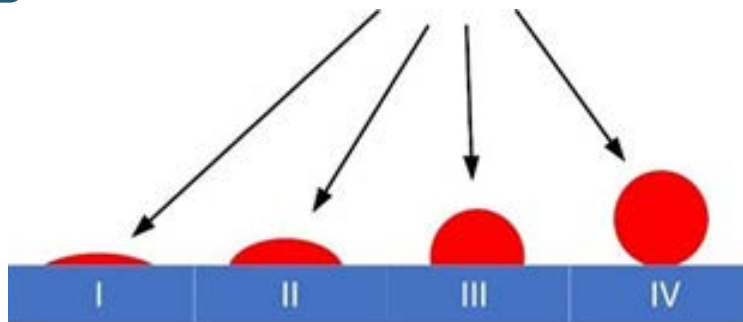
La figura 34 muestra las diferencias entre los materiales que solo contienen cobre y los que contienen plata. Los materiales que contienen plata tienen muy buenas condiciones de humectación a temperaturas mucho más bajas.

A continuación, se describe el paso a paso para la soldadura fuerte:

- Verificar que se realicen los procesos de venteo o recuperación del refrigerante R-600a del sistema y el barrido con OFDN (inertización).
- Cortar el filtro secador con un cortafrío. **¡NO aplicar llama. ¡Un filtro secador obstruido puede explotar!** y producir quemaduras graves.
- Volver a soldar todas las conexiones en un área demarcada y bien ventilada.
- Sellar el tubo de carga del sistema en dos partes contiguas, a 90 y a 45 grados, usando un ponchatubo o amasador, y reforzar los ponchados mediante aplicación de soldadura fuerte. **¡NO debe quedar ninguna válvula Schrader en el sistema!**
- Limpiar las uniones de cobre o acero y los extremos de las tuberías con un cepillo para eliminar los residuos de fundente (susceptible a la corrosión).

Figura 34

Temperaturas de trabajo de materiales diferentes de aporte



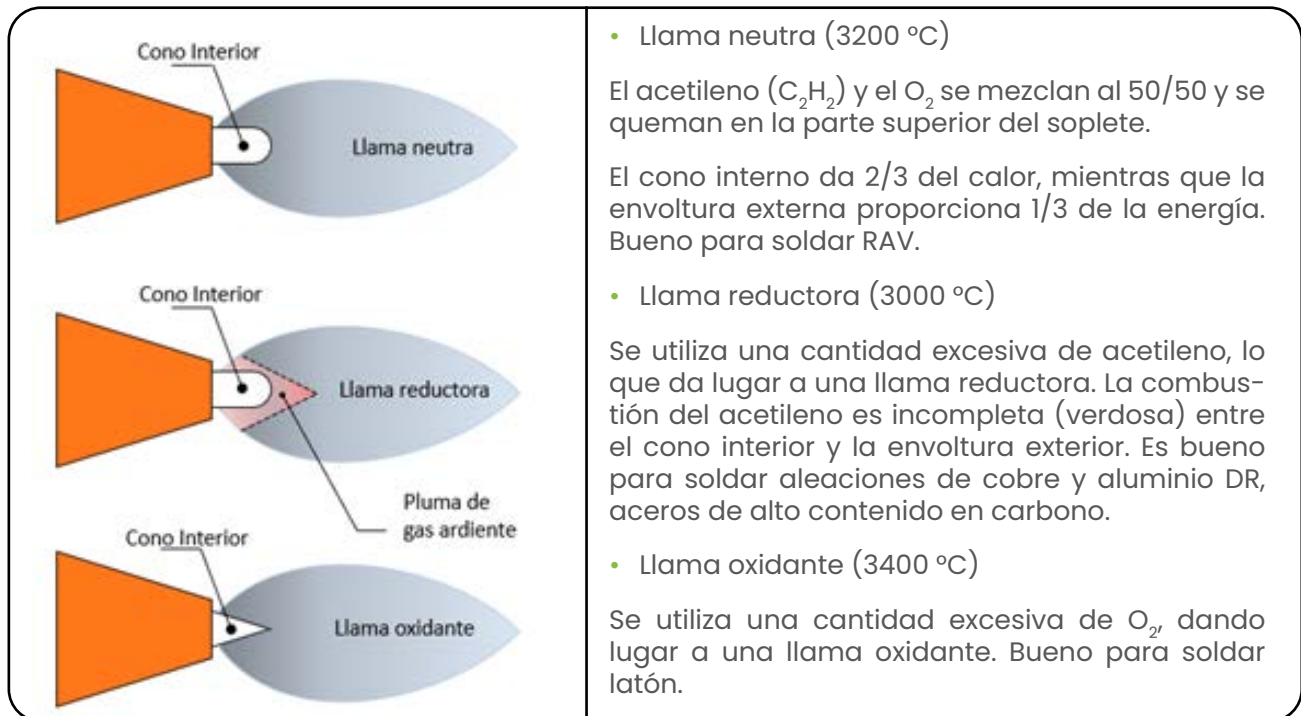
		Solo cobre (L-CuP6)	Plata (L-Ag45Sn)
I	Muy buena humectación	730 °C	670 °C
II	Buena humectación	710 °C	640 °C
III	Mala humectación	650 °C	600 °C
SUERO	Sin mojar	600 °C	550 °C

Fuente: GIZ (2019).

Para las uniones con soldadura fuerte se pueden utilizar tres tipos de llama, sin embargo, la llama neutra es la más usada. La llama oxidante y la reductora se utilizan para algunas

aplicaciones. En la figura 35 se especifican las características de estos tipos de llamas, las cuales se generan mediante el equipo de soldadura oxiacetilénica.

Figura 35 Tipos de llama oxiacetilénica



Fuente: GIZ (2019).

Al momento de soldar, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Ensamblar todos los materiales necesarios para la soldadura. Esto incluye piezas, antorcha, nitrógeno OFDN, fundente, soldadura, accesorios, herramientas de manipulación y equipo de seguridad.
- Limpiar las piezas para eliminar cualquier tipo de aceite, óxido u otros contaminantes. Utilizar un cepillo de alambre si es necesario para eliminar el óxido.
- Ensamblar y fijar las piezas en su lugar. Las piezas deben ser estables para una buena línea de soldadura fuerte.

- Disponer de ladrillos cerámicos, alicates y pinzas en el sitio de soldadura de los accesorios.

Para el encendido y ajuste de la llama se debe usar elementos como los encendedores de piedra, como se muestra en la figura 36, los cuales pueden encender la antorcha de forma segura sin llamas abiertas. Por lo tanto, deben utilizarse siempre en lugar de los encendedores, mecheros o candelas comerciales (usados usualmente para encender cigarrillos). Cuando se enciende la llama, el recinto debe estar ventilado y estar libre de objetos o material fácilmente inflamable.

Figura 36 Encendido correcto de la llama



Fuente: GIZ (2019).

La correcta ejecución del proceso de soldadura requiere que la sección a soldar esté claramente marcada y seccionada.

Para poner en marcha un soplete de soldadura con acetileno como gas combustible, primero se abre ligeramente la válvula de oxígeno y luego la válvula de acetileno. Después se enciende la mezcla de gases en la boquilla y se regula la llama de soldadura con las válvulas. Si el acetileno se enciende primero sin suministro de oxígeno, la llama de hollín podría dañar el soplete. Al apagar, la válvula de acetileno se cierra primero.

Para apagar el equipo de soldadura, la válvula de acetileno se cierra primero. Si se utiliza gas GLP (propano) el oxígeno también se cierra primero durante la extinción de la llama.

A continuación, se listan unas recomendaciones para el proceso de soldadura:

- Para las uniones de soldadura puestas verticalmente una encima de la otra, la soldadura se ejecuta de abajo hacia arriba.
- Al soldar tubos de gran diámetro, el soplete se desplaza sobre la costura de soldadura y el material de relleno se funde por zonas.
- Se debe tener cuidado de que las partículas extrañas no queden atrapadas durante la soldadura. Si es posible, después del proceso de soldadura, las secciones soldadas deben ser limpiadas (y las partículas atrapadas son sopleteadas) con OFDN.
- El flujo de OFDN se mantiene hasta que la pieza de trabajo se enfría.
- Ocasionalmente sucede que la llama de oxiacetileno se apaga repentinamente con un fuerte "bang" y se enciende de nuevo sobre la pieza de trabajo caliente y continúa ardiendo normalmente. Esto se llama "flashback" o "chasquido" de la llama de la antorcha de acetileno. Es por esto por lo que se deben emplear las válvulas de retroceso de llama, con el fin de garantizar la seguridad en el uso de antorchas de acetileno al prevenir el retroceso no deseado de la llama a lo largo de la línea de suministro de gas. El funcionamiento detallado de estas válvulas se muestra detalladamente en la figura 37.



- Si se utiliza gas GLP (propano), solo se abre la válvula de gas combustible y luego se enciende. El oxígeno sólo se añade después.
- El tamaño de la llama se controla mejor con las diferentes boquillas (puntas) que con la válvula de gas combustible.

- El “estallido” es el resultado de la alta velocidad de la llama y de la baja temperatura de ignición del acetileno. Las causas pueden ser condiciones de flujo incorrectas en el sujetado de la antorcha, un sujetado de la antorcha bloqueado o una presión de acetileno baja.
- La solución es enfriar el adaptador de la antorcha (en agua), limpiar el orificio del adaptador de la antorcha con la aguja de la boquilla adecuada o aumentar la presión del acetileno.
- En caso de incendio del cilindro de acetileno son necesarias medidas de emergencia (incluyendo la participación de los bomberos).
- Es peligroso cuando la llama se enciende de nuevo en la antorcha y continúa prendida con un silbido en el tubo de mezcla de la antorcha.
- Esto libera la energía de la llama primaria que luego falta durante la soldadura, pero calienta el mango hasta que el técnico lo deja caer.
- Para evitar accidentes graves por flashbacks (la llama se vuelve a encender) se recomienda utilizar válvulas antirretornos de *flashback*, en línea con el equipo de soldadura.

Figura 37 Válvulas de retroceso de llama



Fuente. GIZ Proklima (2010).



Para tener en cuenta



¡Si se produce un *flashback* en una aplicación, los efectos pueden llegar a ser muy peligrosos! Manijas y mangueras reventadas, incendios en el reductor de presión o, en el peor de los casos, la explosión del cilindro de gas comprimido o del tanque de gas.

Paso a paso de la soldadura de las uniones de tubería:

Paso 1 – Limpieza

Las capas de óxido y materiales extraños, como el óxido y las escamas, deben eliminarse de forma mecánica o química de las uniones de soldadura fuerte. Para este proceso, se utilizan los siguientes elementos, herramientas e insumos: trapo para limpiar cuando hay una fuerte contaminación, almohadilla de limpieza suave (no metálica) para limpieza general, cepillo de metal (grata) para remover óxido, exceso de fundente, disolventes para eliminar capas gruesas de grasa o aceite (si las hay), ejemplo con acetona, para los componentes sensibles. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que no se deben limpiar los componentes pulidos y que el fundente

disuelve cualquier resto de óxido. La limpieza de los extremos de los tubos debe hacerse con un movimiento de rotación, para asegurarse de que estén limpios y libres de pintura u otras impurezas de la superficie.

En la figura 38 se puede observar el proceso de limpieza del extremo de los tubos, y en la figura 39 se muestran algunos de los elementos que permiten llevar a cabo las buenas prácticas en refrigeración, en la ejecución de este proceso.

Figura 38 Limpieza del extremo de los tubos



Fuente: GIZ (2019).

Figura 39 Accesorios para la limpieza del cobre

Manta abrasiva	Papel delija (resistente a la abrasión)	Escariador de tubos
		
• Para limpiar los extremos de los tubos sin rayarlos. • Apto para todas las superficies. • Resistente a los disolventes. • Dimensiones: 158 mm x 224 mm.	• Para la limpieza de los extremos de los tubos. • Grano 120. • Dimensiones: 230 mm x 280 mm.	• Para la eliminación de rebabas. • Para todos los tubos de cobre y aluminio.

Fuente: GIZ (2019).

Paso 2 - Aplicación del fundente

Un fundente es un compuesto químico que puede prevenir la oxidación de los metales. La oxidación es la reacción del metal con el oxígeno del aire a altas temperaturas. La oxidación impide que el material de relleno se adhiera a los metales y, por lo tanto, provocará una mala conexión. La figura 40 permite visualizar las variaciones en el comportamiento del fundente a través de su aplicación.

Los fundentes utilizados en la unión de tuberías de cobre para sistemas de refrigeración deben estar activos en un rango de temperatura de (600 °C a 750 °C) y normalmente se basan en fluoruros alcalinos. A continuación, se presentan unas recomendaciones para el proceso de aplicación del fundente:

- Decidir si se requiere fundente (cobre a cobre sin fundente).
- Aplicar la pasta fundente a la pieza de trabajo en frío con un cepillo u otro equipo adecuado.
- Aplicar el fundente con una varilla de material de relleno recubierto (soldadura de plata).
- Evitar el contacto con la piel, especialmente con heridas. La mayoría de los fundentes son ligeramente corrosivos.
- **Los residuos de fundente deben eliminarse después de la soldadura, ya que pueden generar corrosión.**

Figura 40 Comportamiento del fundente

**Fundente recién aplicado
(temperatura ambiente)**



**Evaporación del agua
(aprox. 100 °C)**



**La pasta se seca y se expande
debido a la evaporación de
agua químicamente combinada
(aprox. 350 °C)**



**El fundente se funde
transparente, la fundición es
transparente (aprox. 550 °C)**



Fuente: GIZ (2019).

Paso 3 - Fijar la pieza para soldar

Las piezas para unir deben fijarse en la posición correcta hasta que los metales de relleno para soldadura fuerte se endurezcan, como se muestra en la figura 41. Se debe ajustar,

siempre que sea posible, las piezas a una distancia estrecha de soldadura de entre 0,05 mm y 0,2 mm y mantener el flujo de OFDN para la soldadura con gas inerte.

Figura 41 Fijación de la pieza a soldar



Fuente: GIZ (2019).

Paso 4 – Calentamiento uniforme de las uniones de soldadura

La llama debe comprimirse ligeramente, reduciendo el suministro de oxígeno. En la figura 42 se aprecia el procedimiento adecuado para calentar la soldadura uniformemente hasta alcanzar la temperatura de soldadura (rojo cereza), para que el metal de relleno de soldadura pueda llenar la separación. Se debe colocar la llama sobre la superficie de la pieza y evitar el sobrecalentamiento. A continuación, se listan dos recomendaciones para realizar el calentamiento de las uniones de soldadura. La llama debe comprimirse ligeramente, reduciendo el suministro de oxígeno. En la figura 43, se aprecia el procedimiento adecuado para calentar la soldadura uniformemente hasta alcanzar la temperatura de soldadura (rojo cereza), para que el metal de relleno de soldadura pueda llenar la separación. Se debe colocar la llama sobre la superficie de la pieza y evitar el sobrecalentamiento. A continuación, se presentan dos recomendaciones para realizar el calentamiento de las uniones de soldadura.

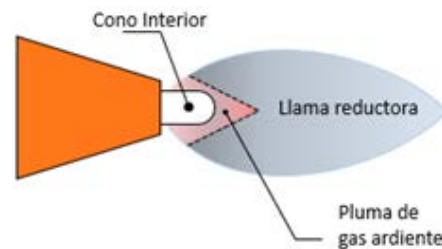
Un ciclo de refrigeración debe funcionar siempre limpio, seco y herméticamente sellado. Para lograrlo se debe soldar con paso de nitrógeno seco y libre de oxígeno (OFDN) en todos los procesos de soldadura fuerte como gas inerte, con una tasa de flujo muy baja (solo para desplazar el oxígeno).

El uso de nitrógeno está prescrito como bombas de calor llamadas RACHP por todos los fabricantes de compresores y de equipos. Asimismo, usar nitrógeno es una norma técnica aprobada en todos los campos de la instalación, servicio y mantenimiento de refrigeración y aire acondicionado. Se debe usar nitrógeno OFDN de 99,99 de pureza (gas técnico 4,0) ≤ 30 ppm (mg/kg) de agua.

El óxido de cobre que se forma en el exterior de los tubos se puede eliminar con un cepillo o con un trapo. Sin embargo, el óxido que se forma al interior de la tubería no se puede eliminar

Figura 42

Calentamiento uniforme al soldar



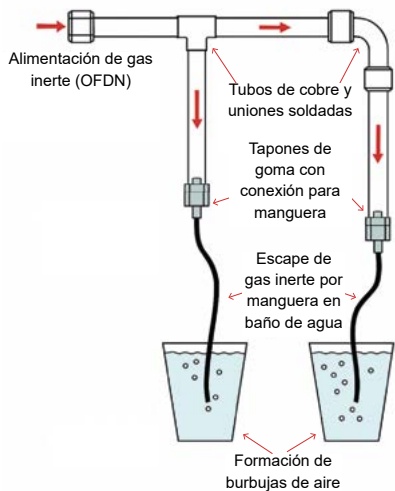
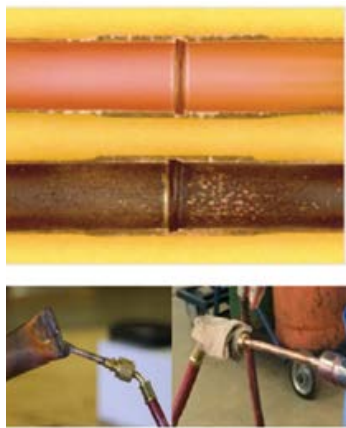
Fuente: GIZ (2019).

después de realizada la soldadura, por esta razón, se recomienda hacer circular nitrógeno a una presión en el interior de las tuberías, para eliminar el aire y evitar así la formación de óxido de cobre mientras se está soldando, tal como se observa en la figura 43. Con esta buena práctica se logra:

- Prevenir la humedad y partículas en suspensión en un ciclo de refrigeración para evitar daños en el compresor, fallos generales del sistema y bloqueo de los filtros y las válvulas.
- Prevenir la interacción entre el aceite, partículas en suspensión, humedad y altas temperaturas lo cual causará la creación de ácidos fuertes.

Figura 43

Soldadura con paso de nitrógeno OFDN



Fuente: GIZ (2019).

Paso 5 – Colocación del material de relleno para soldadura

El material de relleno para soldadura, llamado soldadura o aleación de soldadura, se funde para rellenar los espacios entre las superficies de los componentes que se van a unir y se forma cuando se enfría. Consiste en diferentes metales para crear ciertas propiedades y características como la temperatura a la que se funde, su comportamiento de flujo y la resistencia mecánica de la conexión.

El proceso de soldadura fuerte se puede realizar con barras de cobre-fósforo o barras de plata profundidas o de plata no fundidas con fundente aplicado externamente.

Especialmente el contenido de plata tiene una influencia decisiva en las propiedades más importantes, como la temperatura de procesamiento, las propiedades de flujo del material de aportación de soldadura fuerte, la resistencia mecánica y el tiempo necesario para la soldadura fuerte. Un mayor contenido de plata suele indicar propiedades más favorables.

La elección del material de relleno depende del rango de temperatura en el que se va a utilizar la aplicación, tal y como se muestra en la tabla 31.

Tabla 31

Materiales de relleno para soldadura de cobre

RACHP Temperatura de aplicación	Contenido plata	Especificación	Temperatura de trabajo
$\leq -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	0 %	L-CuP6	730 °C
$\leq -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	2 %	L-Ag2P	710 °C
$\leq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$	5 %	L-Ag5P	700 °C
$\leq -70\text{ }^{\circ}\text{C}$	15 %	L-Ag15P	670 °C
$\leq -200\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\geq 34\text{ }%$	L-Ag34 (45) Sn	630 °C a 730 °C

Fuente: GIZ (2019).

La figura 44 abarca la regla de la mano para determinar la cantidad de material de relleno en función de un tubo con un diámetro exterior de 3 veces su diámetro.



Los metales de relleno para la soldadura fuerte están asociados a un fundente definido por el fabricante en los tubos y accesorios correspondientes.

Figura 44

Disposición para depositar el material de relleno



Regla de la mano para la cantidad de material de llenado:
3 x tubo OD

Fuente: GIZ (2019).

Las conexiones de cobre a cobre no requieren fundente si se usa relleno de cobre-fósforo. El componente de fósforo actuará como fundente en este caso. Esto es posible con las aleaciones CP 203 y CP 105. Si se utiliza, se recomienda cubrir la conexión con una capa protectora (por ejemplo, una capa de base a base de resina epóxica en dos paquetes). No se debe utilizar pintura de polvo de zinc.

Estas son algunas recomendaciones para tener en cuenta:

- Usar soldadura de cobre con bajo contenido en plata como L-Ag2P o L-Ag5P. La acción fundente se consigue mediante la formación de meta fosfato de cobre.
- Cuando se ha alcanzado la temperatura de soldadura, el metal de relleno puede colocarse en la ranura de unión de la soldadura fuerte hasta que el fundente se funda y se obtenga una capa transparente uniforme.
- Agregar suficiente material de relleno para asegurar una buena unión.
- Evitar aplicar la llama directamente sobre la varilla. Dejar que la temperatura de las piezas derrita el material de relleno.
- Llenar con el metal de aporte los estrechos espacios de unión y dirigirlo hacia arriba contra la fuerza gravitacional, aprovechando el calor.
- Evitar el sobrecalentamiento, puede dañar el metal de relleno para soldadura y la pieza.
- Evitar la formación de vapores del fundente.

Por otra parte, para las **conexiones de cobre a latón, cobre a acero o cobre/fundición roja**, se debe usar soldadura con alto contenido de plata como L-Ag15Sn o superior y hay que añadir fundente.

El fundente recomendado durante la soldadura es el Tipo FH 21 según norma europea EN 1045 (flujo de soldadura universal; temperatura de trabajo 750 °C a 1100 °C, no corrosivo), que se puede ver en la figura 45.

El fundente se puede aplicar sobre las superficies internas de una junta previamente. Este método se realiza especialmente a las juntas de metales base diferentes. Algunos materiales de relleno de soldadura fuerte están recubiertos con fundente.

Figura 45

Fundente recomendado/
Tipos de fundentes



Fuente: GIZ (2019).

Paso 6 – Aplicación de calor / niveles de temperatura

Para los procesos de soldadura se debe aplicar la llama hasta alcanzar temperaturas ideales de trabajo. Estas temperaturas generan una coloración particular en cobre que sirve como indicador de temperatura. En la figura

46 se muestran las aplicaciones de calor y uso correcto para obtener una buena unión soldada.

Figura 46

Nivel de temperatura de
llama según su color

Para L-AgSP, soldadura de cobre: Rojo cereza entre 700 °C y 800 °C

A temperaturas superiores a 700 °C, el cobre inicia su proceso de fundición, manifestándose mediante el distintivo color rojo cereza.



El fósforo empieza a derretir la soldadura a temperatura de trabajo más baja, llama verdosa.

**Sobrecalentamiento,
calor excesivo**



**Calentamiento
correcto de la unión**

Fuente: elaboración propia.

Paso 7 – Enfriamiento

Cuando el metal de relleno para soldadura ha llenado la unión, la pieza de trabajo debe dejarse enfriar en el sitio (o al aire libre) hasta que se solidifique, como se muestra en la figura 47.

El flujo de OFDN se mantiene hasta que la pieza de trabajo se enfríe para que el componente del OFDN pueda ser retirado del accesorio posteriormente.

Figura 47

Enfriamiento de la pieza soldada



Fuente: GIZ (2019).

Paso 8- Eliminación de residuos de fundente

Se deben eliminar, en la medida de lo posible, los restos de fundente con agua o mecánicamente, por ejemplo, con un cepillo de alambre. Esto porque los residuos de fundente pueden provocar corrosión.

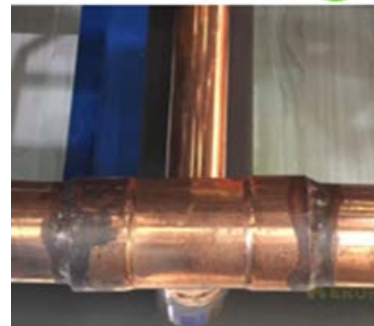
Asimismo, se deben evitar trabajos de repaso sobre las uniones que han sido soldadas correctamente y que se ven lisas y limpias y se debe evitar cubrir con pintura las áreas en donde se aplique fundente.

La figura 48 muestra la eliminación adecuada de residuos de fundente corrosivo, los cuales, como ya se ha mencionado, deben ser retirados posteriormente al proceso de soldadura.

Figura 48

Eliminación de residuos

Limpio y Perfecto



Oxidación



Fuente: GIZ (2019).

Las uniones mal soldadas pueden parecer similares a las bien soldadas, aunque tienen resistencia muy baja. Esta situación se ejemplifica en la figura 49. El metal utilizado para unir las dos partes puede ser de un color diferente al de las partes que se van a unir. Esto puede presentar un problema. Los efectos a largo plazo de metales diferentes que estén en

constante contacto necesitan ser examinados para las aplicaciones especiales.

A continuación, se listan las recomendaciones de lo que se debe y no se debe hacer durante el proceso de soldadura.

Figura 49 Ejemplo de uniones mal soldadas



Metal de relleno no penetrado completamente



Sobrecalentamiento, visibles pequeñas burbujas

Fuente: GIZ (2019).

En el proceso de la soldadura siempre garantice

- Antes de cualquier actividad de soldadura, comprobar si el equipo está dañado.
- Usar tuberías limpias.
- Eliminar impurezas.
- Usar siempre paso con nitrógeno al soldar.
- Proteger las válvulas de servicio con trapos húmedos o material reductor de calor.
- Utilizar únicamente los rellenos recomendados para las diferentes juntas.
- Mantener un espacio mínimo entre las juntas.

Errores durante el proceso de la soldadura

- NUNCA manipular un equipo de soldadura con daños visibles (mangueras y herramientas).
- No soldar a una distancia corta de las mangueras de gas combustible o de transferencia de oxígeno u otros materiales combustibles.
- No utilizar superficies metálicas sucias para formar la unión.
- No sobrecalentar la unión de soldadura fuerte.
- No dejar que el flujo o el agua penetre en el tubo interior.
- No dejar la tubería sin usar/sin terminar abierta a la atmósfera (cerrar con tapones apropiados).

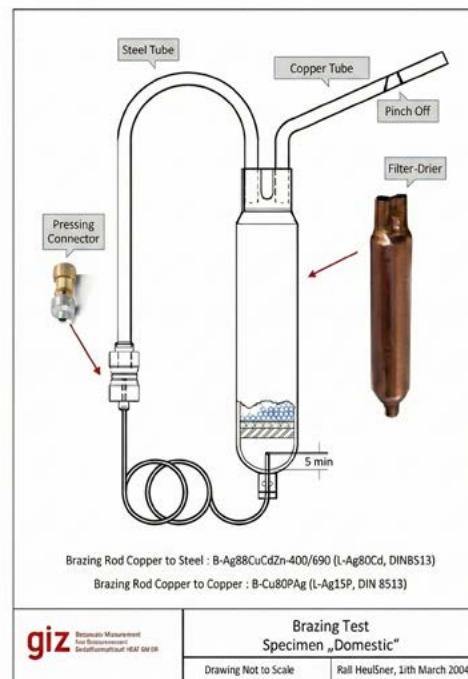
Muestra de ensayo de cualificación en refrigeración doméstica

La penetración de la soldadura no fue suficiente. Esta falla podría resultar en una reducción de la estabilidad de la presión y de la estabilidad frente a las vibraciones. Para comprobar que el

personal técnico se encuentra calificado para realizar el proceso de soldadura, se deben incluir ejercicios prácticos como parte del proceso de la evaluación de la competencia laboral. En la figura 50, se incluye un ejemplo de este tipo de ejercicios.

Figura 50

Ejercicios propuestos de soldadura para certificación de competencia



Fuente: GIZ (2019).

3.6.2.2 Opción 2: Unión en frío

Este tipo de uniones es una alternativa a la soldadura, ya que es un método de unión mecánico de tuberías para circuitos de refrigeración. Para esta opción será necesario tener en cuenta al material del tubo, sus dimensiones y tolerancias y una herramienta de montaje.

Las aplicaciones típicas de la unión en frío lockring son equipos de refrigeración doméstica (refrigeradores, congeladores, enfriadores de vino), equipos de refrigeración listos para usar (armarios refrigerados, bares, vitrinas mostradoras refrigeradas), o también equipos de refrigeración para hotelería (refrigeradores de mostrador, refrigeradores de exhibición, sistemas de refrigeración portátiles).

A continuación, se listan las ventajas que trae este tipo de uniones en frío lokring:

- Adecuada cuando no es permitida la soldadura.
- No se requiere certificación en soldadura.
- Adecuada para refrigerantes inflamables.

- Aplicable en lugares donde los refrigeradores están situados en espacios reducidos.
- Servicio *in situ* de fácil manejo para el cliente con costos logísticos reducidos.
- Limpio, rápido y fiable.
- El montaje es posible en zonas de alta combustión, incluso con mucho tráfico de personas o durante las operaciones comerciales.
- Montaje sencillo sin conexión eléctrica.
- Pesado de soldadura.
- Sin problemas de calidad relacionados con la soldadura.

La unión en frío lokring puede ser utilizada en diferentes partes de la reparación como tubo de alta y baja del compresor, entrada y salida del filtro-secador, reemplazo del tubo de carga o apéndice, reparación de conexiones soldadas con fugas, ejemplo de unión más compleja, uniones del evaporador con los tubos; capilar y tubo de succión. Estas posibilidades se muestran en la figura 51.

Figura 51 Posibilidades de reparación con unión Lokring



Fuente: GIZ (2019).

Figura 52 Componentes básicos unión Lokring

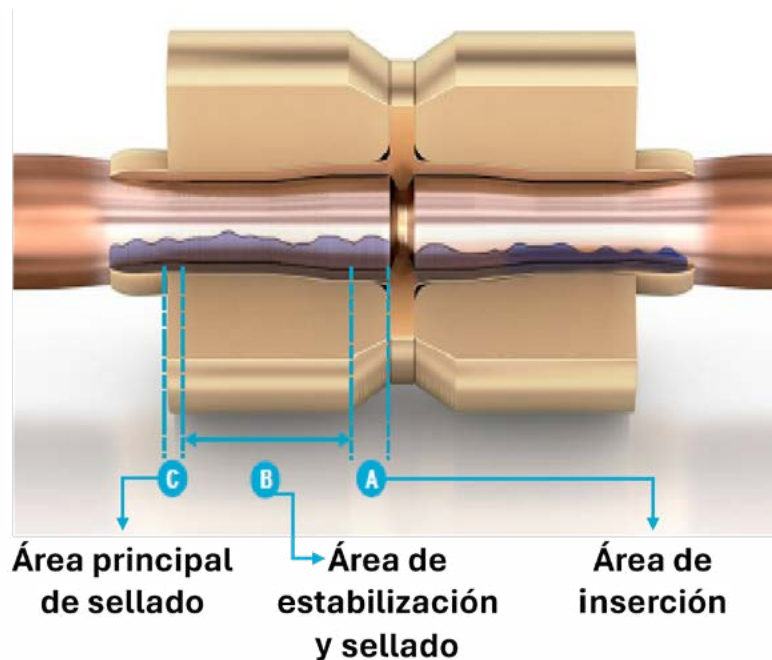
Para comprender mejor el funcionamiento de este tipo de uniones, se muestra en la figura 52 los diferentes componentes de la unión en frío lokring. En la figura 53 se identifican las diferentes áreas en corte durante la unión de los tubos y finalmente se muestra en la figura 54 la vista en corte de la unión ya terminada.



Fuente: GIZ (2019).

Figura 53 Áreas de la unión Lokring

En la figura 53 se identifican las diferentes áreas de la unión en frío lokring.



Fuente: GIZ (2019).

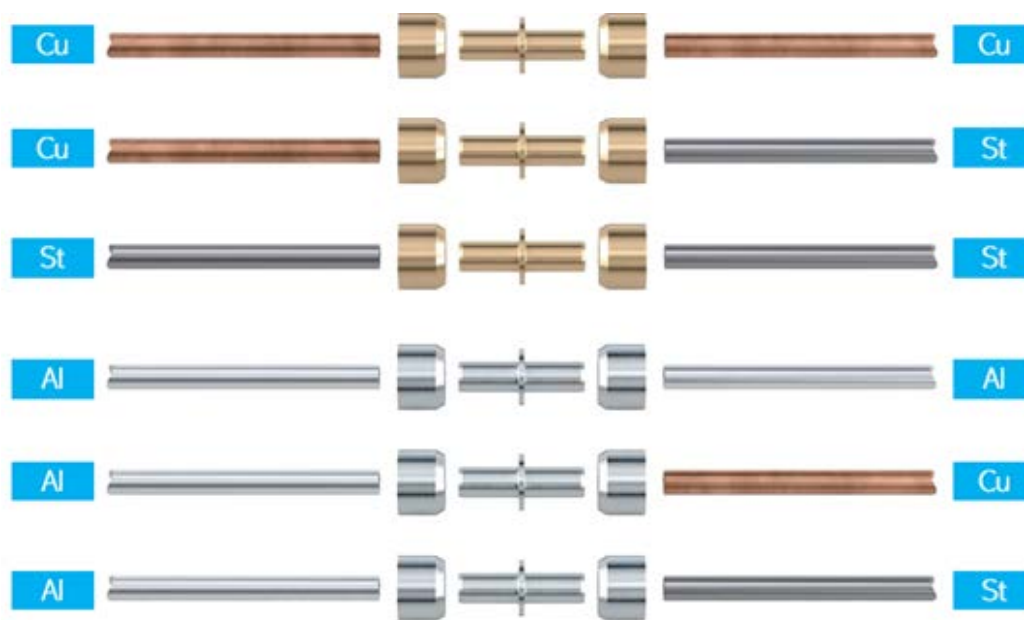
Figura 54 Corte para ver unión Lokring



Fuente: GIZ (2019).

A continuación, se muestra la figura 55 con las diferentes combinaciones posibles entre materiales presentes en las uniones.

Figura 55 Combinaciones posibles de materiales a unir con unión Lokring



Fuente: Hackforth Holding GmbH & Co (2023).

Para la reparación de equipos de refrigeración y acondicionamiento de aire con la unión en frío Lokring, se requiere tener el juego de elementos que se muestran en la figura 56, los cuales vienen en un maletín o caja dura. Este maletín contiene los siguientes elementos:

- Herramienta manual de montaje,
- Mordazas de montaje
- Sellador anaeróbico (Lokprep)
- Papel de lija
- Filtros de secado
- Conectores rectos
- Conectores reductores rectos

Figura 56 Juego de herramientas Lokring



Fuente: GIZ (2019).

A continuación, se presenta la descripción detallada de cada una de las herramientas que hacen parte del maletín de Lokring.

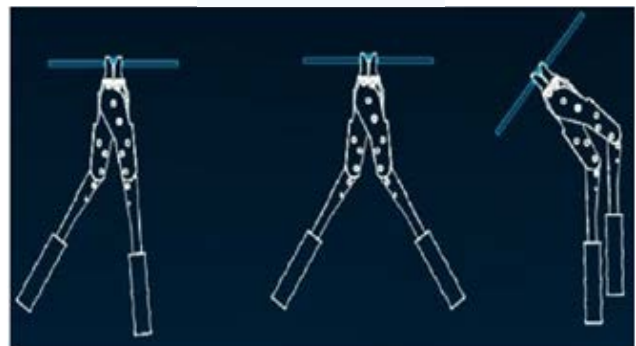
a. Componente 1. Herramienta manual de montaje- Loktool HMRK-V

La figura 57 presenta la herramienta de montaje Loktool de Lokring, esta cuenta con las siguientes características.

- Especialmente desarrollado para el montaje de Lokring.
- Mecanismo de palanca patentado para el montaje con el mínimo esfuerzo.
- Las mordazas de montaje son fáciles de cambiar para diferentes diámetros de tubo.

Ambos mangos se doblan para su uso en zonas de difícil acceso.

Figura 57 Herramienta de montaje Loktool de Lokring



Fuente: GIZ (2019).

b. Componente 2. Mordazas de montaje

Las mordazas que se muestran en la figura 58 cuentan con las siguientes características:

- Adecuadas para las herramientas de montaje manual LOKTOOL HMRK-V y HMRK-L.
- Adecuadas para el montaje a doble cara de conexiones tipo LOKRING 00.
- Referencia MB 8 para tubo $\varnothing$ exterior 1,6 -8,5 mm. Medidas (1/16" -5/16").
- Referencia MB 10 para tubo $\varnothing$ exterior 9 -11 mm. Medidas (3/8").
- Referencia MB 12 para tubo $\varnothing$ exterior 12 -13 mm. Medidas (1/2").

Figura 58 Mordazas de montaje Lokring

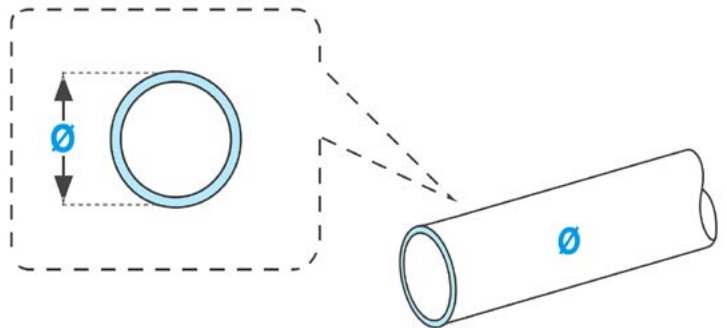


Fuente: GIZ (2019).

c. Componente 3. Herramienta para medición de conectores Lokring

En cuanto a la selección del conector Lokring requerido, se debe tomar la medida del diámetro exterior del tubo, la cual se determina mediante el uso de un calibrador digital tipo "pie de rey". Una vez determinada esta medida, se procederá a seleccionar el conector correspondiente, tal como se muestra en la figura 59.

Figura 59 Medición del diámetro del tubo para selección del conector Lokring



Fuente: GIZ (2019).

A continuación, se muestra el proceso para realizar las uniones en frío Lokring.

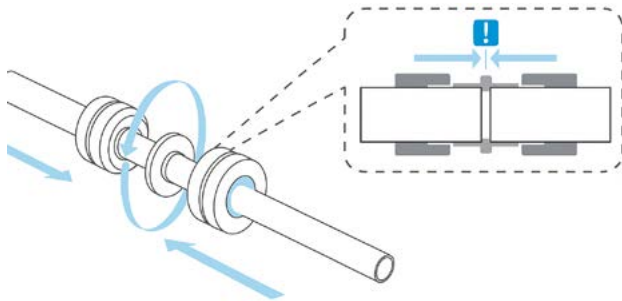
Paso 1 - Inserción de tubos

La figura 60 muestra la orientación adecuada para la inserción de tubos, considerando los siguientes aspectos:

- Insertar ambos extremos del tubo en el conector hasta que los tubos lleguen al tope.

- Girar el conector Lokring 360° para distribuir la Lokprep 65G uniformemente.
- Compensar cualquier desnivel en la superficie del tubo.

Figura 60 Inserción de los tubos



Fuente: GIZ (2019).

Paso 2 - Aplicación de sellador anaeróbico Lokprep (G65)

El sellador anaeróbico que se muestra en la figura 61, es ideal para prevenir fugas de refrigerante y asegurar una unión hermética en el sistema de refrigeración. Su aplicación se debe realizar del siguiente modo:

- Aplicar Lokprep 65G en los extremos de los tubos.
- Esperar **10 segundos**, para curado del Lokprep 65G (endurece por exclusión de oxígeno y en contacto con iones metálicos libres).
- Hacer la conexión Lokring en menos de **20 segundos** después de aplicar el Lokprep.
- El Lokprep mantiene elástica y asegura que la conexión Lokring esté siempre hermética.

Figura 61 Sellador anaeróbico Lokprep

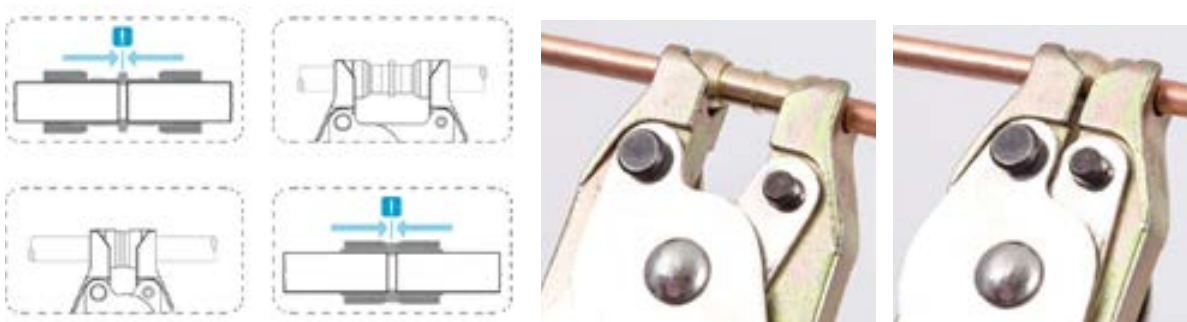


Fuente: GIZ (2019).

Paso 3 – Compresión de los anillos sobre la unión

Presione la unión del tubo hasta que los anillos del conector Lokring estén alineados con el tope de montaje del conector Lokring como se muestra en la figura 62.

Figura 62 Compresión de los tubos con las mordazas



Fuente: GIZ (2019).

Paso 4 – Finalización de la unión

Después de esperar mínimo 10 minutos de aplicado el LOKPREP 65G. Se debe ejecutar para el circuito refrigerante, que ahora está preparado:

- Prueba de presión.
- Evacuación o vacío.
- Carga con refrigerante.
- Estabilización de la operación.

Finalmente, en la figura 63 se visualiza la unión que ya se encuentra debidamente preparada.

Figura 63 Finalización de la unión



Fuente: GIZ (2019).

La unión fría Lokring puede ser utilizada para ciertas reparaciones mediante el uso de filtros secadores. Es importante resaltar que estos deben ser instalados en la línea de líquido. En la figura 64 se presentan diversos tipos de filtros secadores, destacando las posibles reparaciones mediante la aplicación de la unión fría Lokring.

El Lokring es especialmente diseñado para la unión del filtro y se usa con desecante de filtro XH-9. Esto protege el circuito de refrigeración contra humedad, ácidos y partículas, aparte que se puede usar con todos los refrigerantes HC y HFC.

Figura 64 Distintos tipos de filtro secador

De 2 vías o 2 tubos (para soldar)



NO RECOMENDADO

De 3 vías o 3 tubos (para soldar)



RECOMENDADO

Fuente: GIZ (2019).

A continuación, se listan todas las opciones de uso de la unión en frío Lokring en filtros secadores:

- Uniones en filtros secadores (figura 65).
- Uniones en la sección del evaporador (figura 66).
- Uniones en la sección del condensador (figura 67).

- Uniones en la sección del compresor (figura 68).

Estas imágenes son ilustrativas, se deben seguir las recomendaciones del fabricante del equipo y el proveedor de la unión en frío para las uniones que se requieran.

Figura 65 Posibilidades de unión, sección filtro secador



Fuente: GIZ (2019).

Figura 66 Unión en la sección del evaporador, línea de succión



Fuente: GIZ (2019).

Figura 67 Unión en la sección del condensador según su tipo y localización

Para condensador de placas traseras y condensador de placa lateral: 10. Cobre y cobre 11. Cobre y hierro cobrizado	 
En condensador de placa lateral y condensador de placas traseras: 12. En línea de líquido 13. En línea de gas caliente	

Fuente: GIZ (2019).

Figura 68 Unión en la sección del compresor

Tapón para el tubo de carga	
Tapón para tubo de carga con válvula de 1/4" schrader	
Compresor -línea de gas caliente	
Línea de succión -compresor	

Fuente: GIZ (2019).

Las figuras 69 y 70 muestran ejemplos de aplicación de la junta fría Lokring:

Figura 69

Proceso de unión en frío Lokring. Instalando conectores en refrigerador



Fuente: GIZ (2019).

Figura 70

Proceso de unión en frío tipo Lokring en refrigerador



Fuente: GIZ (2019).

3.7 Procedimientos finales (PF)

Luego de superadas las fases de diagnóstico o preliminares, las de barrido, limpieza y de reparación, se deben surtir unos procesos para consolidar el servicio técnico.

3.7.1 Proceso PFI: Prueba de estanqueidad (hermeticidad)

Este proceso permite asegurar el trabajo anterior al probar que el circuito está hermético, esto quiere decir sin ninguna probable fuga y que hacia la fase final del servicio técnico continúe así, con la tranquilidad de que las fases anteriores fueron superadas.

La representación visual de este proceso se encuentra en la figura 71 y las herramientas y los elementos que se deben considerar en el proceso se detallan en las figuras 72, 73 y 74. La información detallada sobre la prueba de hermeticidad se proporciona en la tabla 32, mientras que en la tabla 33 se presenta de manera más concisa y específica el procedimiento asociado.

Paso a paso para la prueba:

- Usar nitrógeno seco y sin oxígeno (OFDN), grado 4,0 (99,99 %) ≤ 30 ppm (mg/kg) de agua.
- Usar el regulador correcto en el cilindro de nitrógeno.
- Mantener la presión de prueba de resistencia MÁXIMA para refrigeradores domésticos en 10 bar (145 psig).
- Mantener la salida máxima recomendada del regulador en 40 bar (580 psi).
- Utilizar de preferencia acopladores rápidos para la conexión del circuito refrigerante.
- Aumentar la presión con lentitud y paso a paso de 1 bar cada vez.
- Comprobar si hay fugas con una solución jabonosa (método de la burbuja) o un aerosol de detección de fugas (espuma).

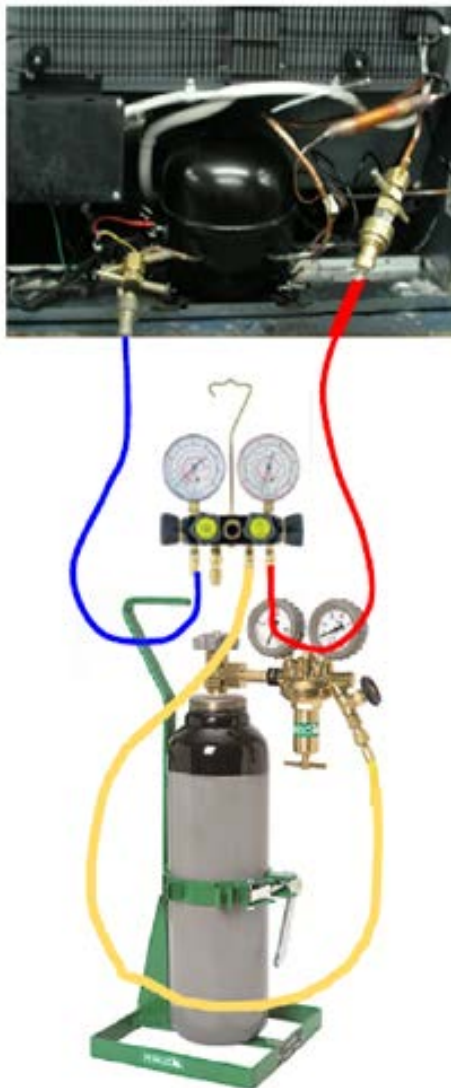
- Ventear el nitrógeno con cuidado.
- Abrir la válvula del manoregulador hasta que el manómetro indique la presión de condensación más el 10 %, para el caso de R-600a, por ejemplo, para temperatura ambiente de 20 °C sería $20 + 15 = 35$ y según la tabla P/T son 52,71 psig. Más el 10 % serían

58 a 60 psig con lo cual el sistema queda presurizado y listo para prueba.

- Frotar con una esponja las juntas de conexión del sistema con una solución jabonosa. El nitrógeno que se escape formará burbujas si hay fugas.

Figura 71

Proceso de prueba de hermeticidad o estanqueidad



Fuente: GIZ Proklima (2010).

Figura 72 Presiones de prueba de hermeticidad



Fuente: GIZ (2019).

Figura 73 Uso de tanque auxiliar en prueba de hermeticidad



Fuente: GIZ (2019).

Figura 74 Montaje de prueba de hermeticidad



Fuente: GIZ (2019).

Tabla 32 Proceso PFI: Prueba de hermeticidad

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Conexión del cilindro de nitrógeno OFDN con tubo de alta, apéndice del filtro secador (o línea de baja si no hay apéndice disponible).



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Conectar la salida del regulador del cilindro de nitrógeno a la línea de servicio del juego de manómetros con la manguera amarilla. Luego, conectar línea del manómetro de alta al tubo apéndice del compresor con manguera roja.



Razón (¿Por qué?)

- Garantizar correcto montaje de los elementos empleando el manómetro adecuado para una lectura de presión correcta.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Carga del sistema con nitrógeno.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Ajustar manoreductor a una presión de 120 psig.
- Abrir lentamente la válvula del cilindro de nitrógeno y luego la válvula del manómetro de alta.
- Cargar el equipo hasta que el manómetro de alta marque una presión de 120 psig.
- Cerrar inmediatamente la válvula del cilindro de nitrógeno.



Razón (¿Por qué?)

- Trabajar con la presión adecuada.
- Para presurizar el sistema.
- Garantizar que el sistema esté cargado con la presión justa y no dañar ningún elemento.
- Evitar afectar la tubería del sistema por presiones elevadas.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

- Detección de fugas.
- Proceso Recomendado (¿Cómo?).



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Frotar solución jabonosa en las juntas de conexión del sistema.
- Monitorear la presión del manómetro de alta durante 10 minutos.



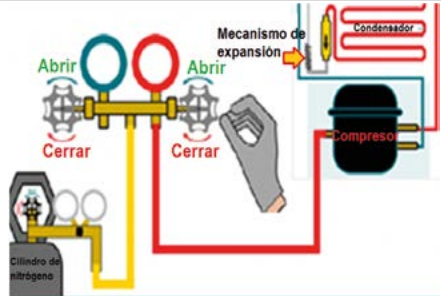
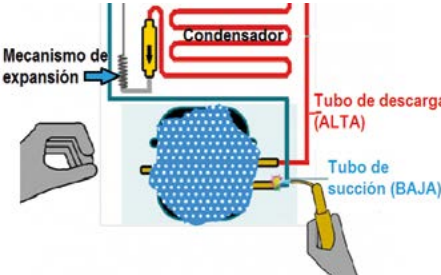
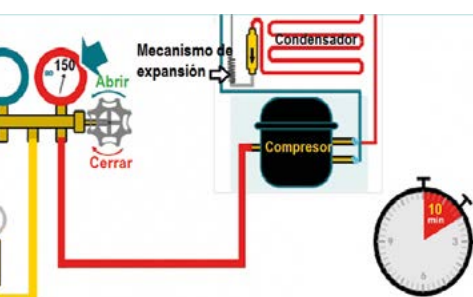
Razón (¿Por qué?)

- Observar que no haya burbujas, síntoma de fugas.
- Para evidenciar que la presión se mantiene justificando así que no hay fugas.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33 Resumen del proceso de hermeticidad

Actividad		Imagen
1.	Conectar el manómetro de alta a la válvula de servicio.	
2.	Conectar el regulador del nitrógeno al manómetro.	
3.	Abrir la llave del manómetro para presurizar el producto.	
4.	Llenar el sistema con nitrógeno OFND a una presión de condensación más 20 %.	

Actividad	Imagen
5. Cerrar la llave del manómetro.	
6. Buscar fugas con solución jabonosa en las uniones del sistema refrigerante.	
7. ¿Existe fuga?	
8. Corregir la fuga y volver a presurizar el sistema.	
9. Dejar presurizado el sistema alrededor de 10 minutos para verificar la presión del sistema.	

Fuente: elaboración propia.

3.7.2 Proceso PF2: Proceso de vacío (evacuación)

El vacío (alto vacío) es el único procedimiento que asegura la completa extracción de humedad y de gases no condensables del sistema. También permite indicar si existen fugas. Antes de cargar el refrigerante, el refrigerador debe evacuarse o someterse a vacío, con el fin de retirar gases no condensables, aire, nitrógeno o refrigerantes residuales, así como la humedad y el vapor de agua.

Para realizar este proceso, se requiere de una bomba de vacío y un vacuómetro para medir la presión de vacío. A continuación, se listan recomendaciones y el procedimiento de uso de los equipos:

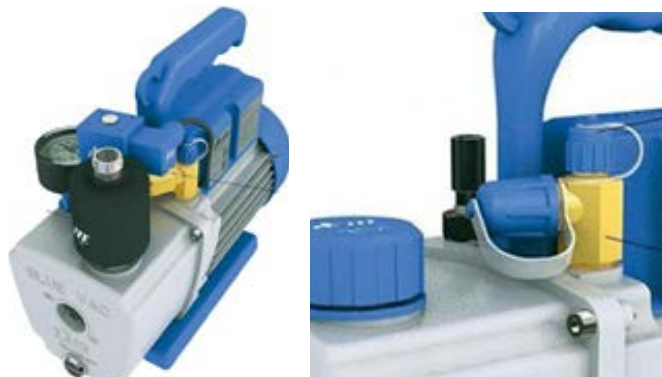
1. Equipo 1. Bomba de vacío

Para usar una bomba genérica de forma segura que no es ATEX, como la que se muestra en la figura 75, se deben seguir las siguientes actividades y recomendaciones:

- Evacuar o purgar con cuidado las mangueras antes de cargar.
- Usar mangueras cortas de 3/8".
- Usar un acoplador rápido para el proceso de vacío.

- Mantener la bomba encendida. Conectar el enchufe a la toma de corriente fuera del área de seguridad (al menos a 3 m del área de trabajo de HC) para evitar chispas (SOI).
- Encender y apagar la bomba en la toma de corriente remota.
- Evacuar desde dos sitios, si es posible (baja presión y de alta presión). Utilice el filtro secador de 3 tubos o tubo apéndice.
- Evacuar hasta llegar al menos a 500 micrones.
- Verificar el vacío con un medidor electrónico de micrones (vacuómetro).
- Comprobar si el vacío se mantiene al menos durante 3 minutos.
- Mantener la bomba de vacío en buen funcionamiento de trabajo.
- Revisar con regularidad el nivel del aceite y revisar si está contaminado.
- Cuando el aceite esté lechoso o contaminado es aconsejable reemplazarlo. No hacer el cambio en el tiempo recomendado por el fabricante o cuando se presente estas condiciones, puede reducir la vida útil de la bomba.
- Operar la válvula estabilizadora de gas de la bomba (gas ballast), cuando se ponga en marcha el procedimiento de evacuación o vacío profundo.

Figura 75 Bomba de vacío y válvula de gas "ballast"



Fuente: GIZ (2019).

2. Equipo 2. Vacuómetro para la medición del vacío

- El vacío se debe medir con un vacuómetro electrónico.
- Solo los medidores electrónicos de micrones pueden confirmar y determinar con precisión un vacío en un circuito refrigerante sin fugas ni GNC que significa gases no condensables.
- Un medidor analógico múltiple solo indica que se está produciendo un vacío hasta (-1 bar) (-30 pulgadas Hg).
- En la figura 76 se marca el rango de 25 000 micras. Este ejemplo muestra que es imposible identificar un vacío suficiente de 500 micras con estos manómetros.

La tabla 34 destaca los aspectos relevantes para llevar a cabo el proceso de vacío, mientras que la tabla 35 resume el paso a paso de cómo llevar a cabo dicho procedimiento.

Figura 76

Zona equivalente del manómetro que trabaja el vacuómetro



Fuente: GIZ (2019).

Tabla 34 Proceso PF2: Proceso de vacío

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Conexión de bomba de vacío al tubo apéndice de alta (o línea de baja si no hay apéndice) del filtro secador.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Conectar la bomba de vacío a la línea de servicio del juego de manómetros con la manguera amarilla. Luego, conectar línea de manómetro de baja a tubo apéndice con la manguera azul.



Razón (¿Por qué?)

- Se debe emplear este manómetro de baja, debido a que en su escala se puede evidenciar el vacío (aproximación visual).

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Ejecución del vacío.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Energizar bomba de vacío desde fuera de 3 metros del área de trabajo. Abrir válvula del manómetro de baja.
- Dejar en funcionamiento la bomba de vacío por el tiempo que sea necesario para que se obtenga una medición de vacío adecuada de 250 a 500 micrones.



Razón (¿Por qué?)

- Para iniciar el proceso de vacío.
- Para permitir extracción de humedad y gases no condensables del sistema.
- No es recomendable dejar en funcionamiento más tiempo la bomba de vacío porque puede extraer el aceite del compresor.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Validación de vacío adecuado.



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Cerrar válvula del manómetro de baja.
- Monitorear el manómetro de baja por un lapso de 3 minutos, verificando que no se suba la medición de micrones.
- Desconectar la manguera amarilla de la bomba de vacío dejando la presión del refrigerador en vacío.
Se comprueba si no hay alto vacío con un ligero aumento en la medida de micrones.
Si el sistema posee todavía humedad, se comprueba con un aumento considerable, más de 1000 micrones.

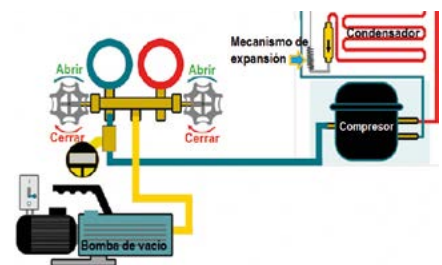
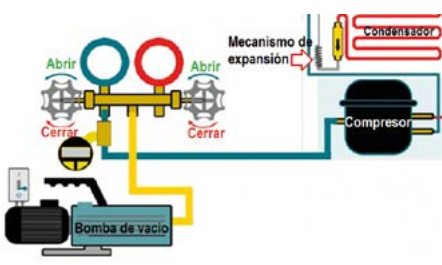
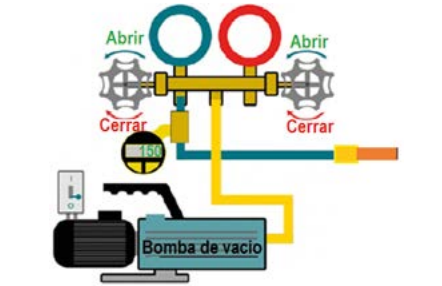


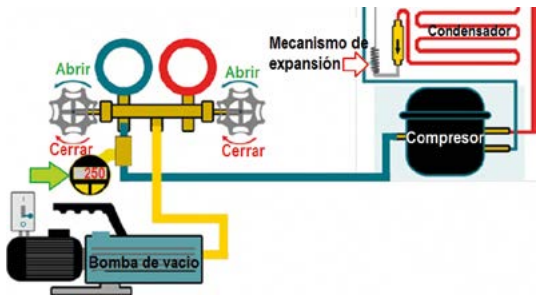
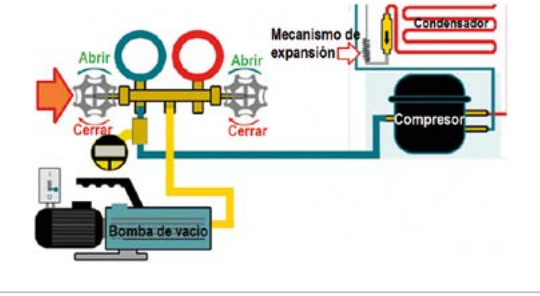
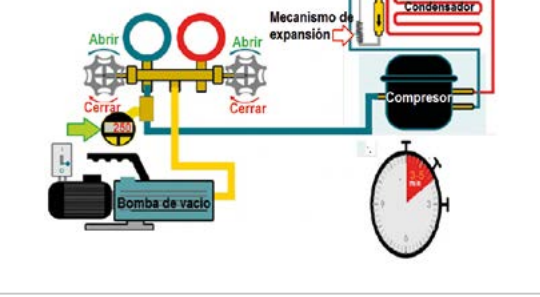
Razón (¿Por qué?)

- Para empezar a monitorear la presión de vacío.
- Evidenciar que la presión se mantiene, validando si el sistema todavía contiene humedad o gases no condensables.
- Para dejar listo el refrigerador para la carga de refrigerante.
- **Presiones recomendadas en un refrigerador con R-600a:**
 - Aceptable 500 micrones.
 - Recomendado 250 micrones.
 - Equipo usado con mucha intervención debe sostenerse por debajo de 1000 micrones al menos durante 3 minutos y se debe programar un servicio técnico más completo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35 Resumen del proceso de vacío

Actividad	Imagen
1. Preparar los equipos necesarios para proceso de vacío.	 Este diagrama muestra un sistema de refrigeración con un compresor, un condensador, un mecanismo de expansión y una bomba de vacío. La bomba de vacío está conectada al sistema a través de un manómetro y un vacuómetro. Las válvulas de servicio están etiquetadas como 'Abrir' (verde) y 'Cerrar' (rojo). La bomba de vacío está desconectada del sistema.
2. Conectar la bomba de vacío a la manguera de servicio (manguera amarilla) del manómetro y el vacuómetro a la manguera azul.	 Este diagrama muestra el mismo sistema de refrigeración, pero ahora la bomba de vacío está conectada al sistema a través de la manguera amarilla del manómetro y la manguera azul del vacuómetro. Las válvulas de servicio siguen estando etiquetadas como 'Abrir' (verde) y 'Cerrar' (rojo).
3. Por medio de válvulas Schrader en el extremo verificar la bomba de vacío y el conjunto de manómetros y mangueras hasta lograr 150 micrones.	 Este diagrama muestra el mismo sistema de refrigeración, pero ahora la bomba de vacío está conectada al sistema a través de la manguera amarilla del manómetro y la manguera azul del vacuómetro. El manómetro muestra una lectura de 150 micrones. Las válvulas de servicio siguen estando etiquetadas como 'Abrir' (verde) y 'Cerrar' (rojo).

Actividad	Imagen
4. Ejecutar el vacío.	 Diagrama de un sistema de refrigeración con la bomba de vacío conectada y las válvulas de servicio abiertas para evacuar el sistema.
5. Dejar en proceso de vacío hasta llegar a un rango de 250 a 500 micrones.	 Diagrama de un sistema de refrigeración con la bomba de vacío conectada y las válvulas de servicio abiertas, mostrando el manómetro en un rango de 250 a 500 micrones.
6. Cerrar la válvula del manómetro y apagar la bomba de vacío.	 Diagrama de un sistema de refrigeración con la bomba de vacío desconectada y las válvulas de servicio cerradas.
7. Realizar una espera entre 3-5 minutos. Así se asegura que no haya humedad y exista hermeticidad en el sistema.	 Diagrama de un sistema de refrigeración con la bomba de vacío desconectada y las válvulas de servicio cerradas, mostrando el manómetro en un rango de 250 a 500 micrones.

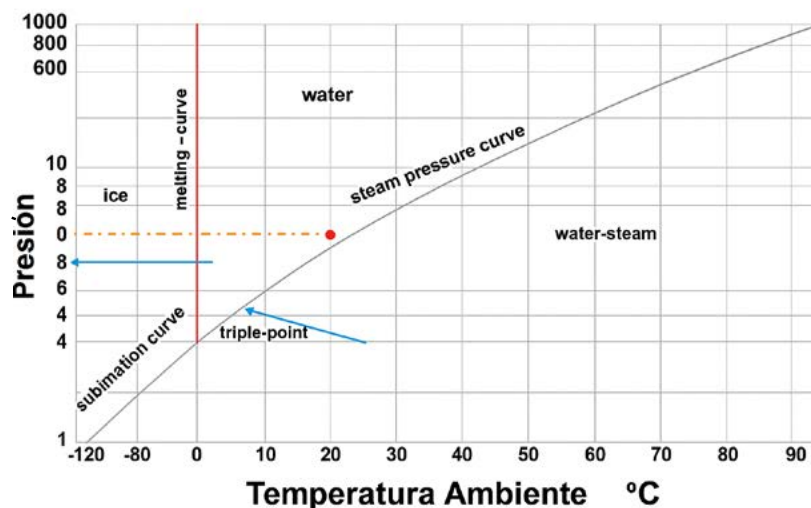
Fuente: elaboración propia.

3.7.2.1 Variación del vacío con la temperatura ambiente

El vacío varía de acuerdo con la temperatura ambiente del lugar donde se está realizando el proceso. En la figura 77 se puede ver el efecto y se puede comprobar mediante un ejemplo:

Para una temperatura en el lugar a 20 °C, la presión en milibares sería de 23,1 mbares = 17326 micrones = 0,682 psig.

Figura 77 Relación presión vs. Temperatura ambiente para el proceso de vacío

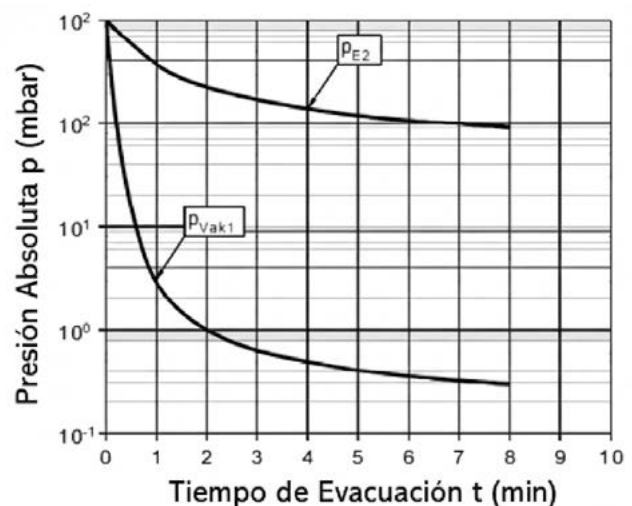


Fuente: adaptado de GIZ (2019).

3.7.2.2 Variación del tiempo de vacío con la presión absoluta

El tiempo de vacío varía de acuerdo con la presión absoluta del lugar en donde se está realizando el proceso. En la figura 78 se puede ver el efecto y lo podemos comprobar con el ejemplo en las curvas relacionadas, donde para una presión absoluta más baja (P_{vak1}), se requiere de menos tiempo para llegar a la presión de vacío.

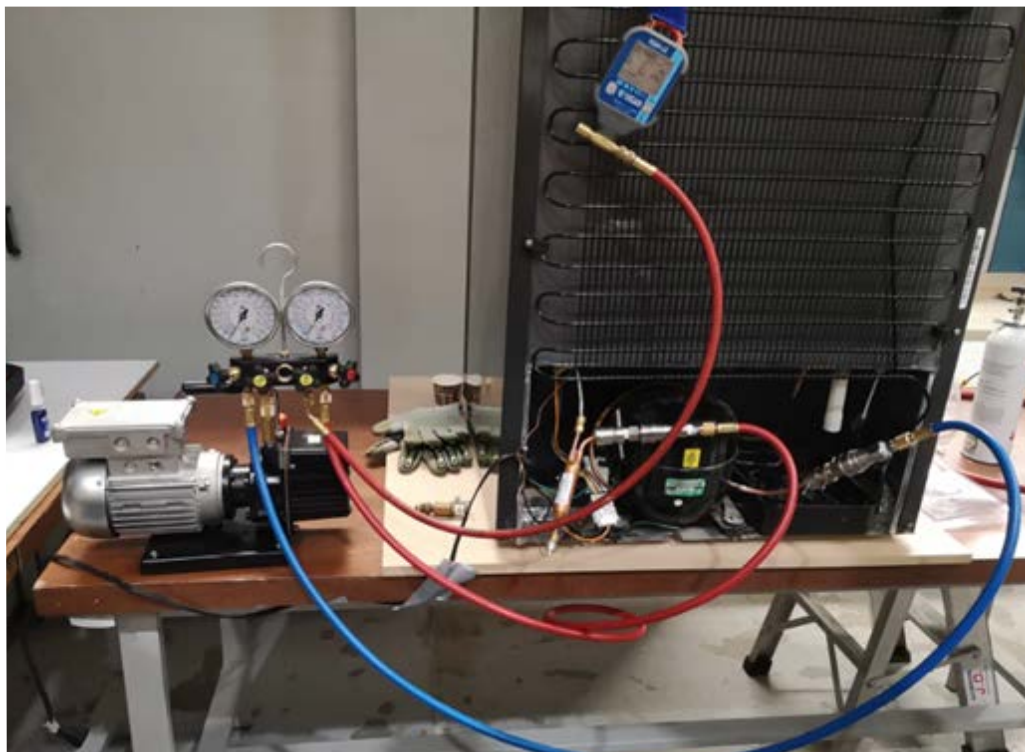
Figura 78 Relación presión vs. Tiempo para el proceso de vacío



Fuente: GIZ (2019).

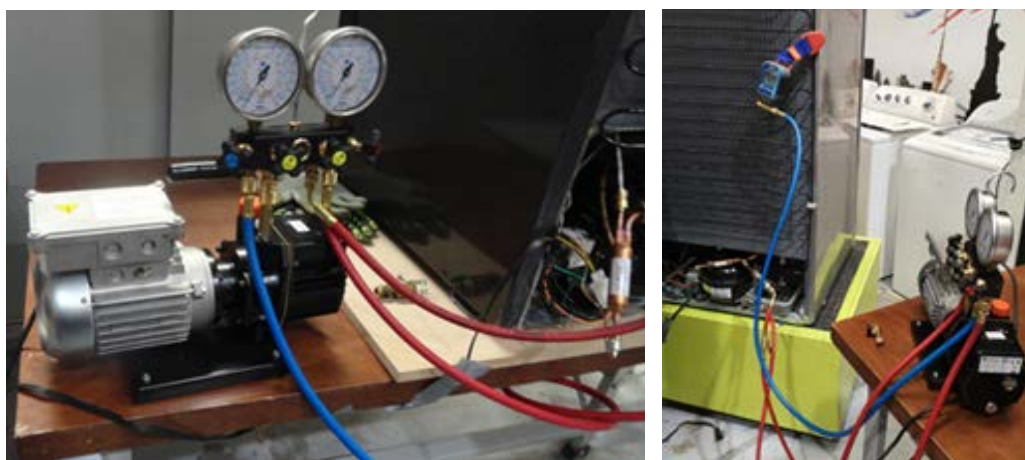
Las figuras 79 y 80 muestran cómo se lleva a cabo el proceso de vacío.

Figura 79 Montaje completo del proceso de vacío



Fuente: GIZ (2019).

Figura 80 Instalación de la bomba de vacío y el vacuómetro



Fuente: GIZ (2019).

La medición del vacío con mayor precisión se logra mediante el uso del vacuómetro, en la tabla 36 se muestran diferentes unidades para medirlo, sin embargo, la precisión únicamente se da en la unidad de micrones, donde para una

escala de 29,90 a 29,905 inHg, no es evidente el cambio, pero en micrones es equivalente a 254 y 500, respectivamente. Esta misma escala permite leer los datos con mayor facilidad.

Tabla 36 Escala comparativa de la medición de vacío

Evaporación H ₂ O °F	Evaporación H ₂ O °C	mbar	Microns	PSI	Torr	Inch Mercury (Hg) medidor	% Vacío
212	100,0	1013,070	759.968,00	14,69800	759,968	0,00	0
205	96,1	713,150	535.000,00	10,34690	535,000	8,86	29,59
194	90,0	700,530	525.526,00	10,16200	525,530	9,23	30,63
176	80,0	473,340	355.092,00	6,86600	355,100	15,94	53,13
158	70,0	311,500	233.680,00	4,51900	233,680	20,72	69,15
140	60,0	199,090	149.352,00	2,88000	149,350	24,04	80,29
122	50,0	123,240	92.456,00	1,78800	92,460	26,28	87,8
104	40,0	73,470	55.118,00	1,06600	55,120	27,75	92,72
86	30,0	42,320	31.750,00	0,61400	31,750	28,67	95,81
80	26,7	33,860	25.400,00	0,49100	25,400	28,92	96,65
76	24,4	30,470	22.860,00	0,44200	22,860	29,02	96,98
72	22,2	27,090	20.320,00	0,39300	20,320	29,09	97,32
69	20,6	23,700	17.780,00	0,34400	17,780	29,12	97,65
64	17,8	20,550	15.420,00	0,29500	15,420	29,31	97,96
59	15,0	16,930	12.700,00	0,24600	12,700	29,42	98,32
53	11,7	13,540	10.160,00	0,19600	10,160	29,55	98,65
45	7,2	10,150	7.620,00	0,14700	7,620	29,62	98,99
32	0,0	6,090	4.572,00	0,08800	4,570	29,82	99,4
21	-6,1	3,390	2.540,00	0,04900	2,540	29,84	99,66
6	-14,4	1,690	1.270,00	0,02450	1,270	29,86	99,83
1,4	-17,0	1,330	1.000,00	0,01934	1,000	29,88	99,87
-4	-20,0	0,990	750,00	0,01450	0,750	29,89	99,9
-9,4	-23,0	0,670	500,00	0,00967	0,500	29,90	99,93
-24	-31,1	0,340	254,00	0,00490	0,254	29,905	99,97
-35	-37,2	0,170	127,00	0,00245	0,127	29,910	99,98
-40	-40,0	0,133	100,00	0,00193	0,100	29,916	99,986
-60	-51,1	0,034	25,40	0,00049	0,025	29,917	99,996
-70	-56,7	0,017	12,70	0,00024	0,013	29,918	99,998
-90	-67,8	0,003	2,50	0,00005	0,002	29,919	99,999
		0,000	0,00	0,00000	0,000	29,920	100

Fuente: GIZ (2019).



Para tener
en cuenta

Nunca se debe intentar realizar el vacío con el compresor del mismo equipo de refrigeración o acondicionador de aire (auto vacío), debido a que solo se logra medio vacío y la humedad nunca se desaloja del equipo. Se debe utilizar la máquina de vacío y lograr sosteniendo vacío:

- 250 micrones cuando el equipo usa aceite Polioléster.
- 500 micrones cuando el equipo usa aceite Mineral.
- 1000 micrones máxima medición admitida (en sostenimiento de vacío).

3.7.3 Proceso PF3: Carga de refrigerante R-600a

Se debe realizar la carga del refrigerante R-600a, teniendo en cuenta todas y cada una de las indicaciones del paso a paso.

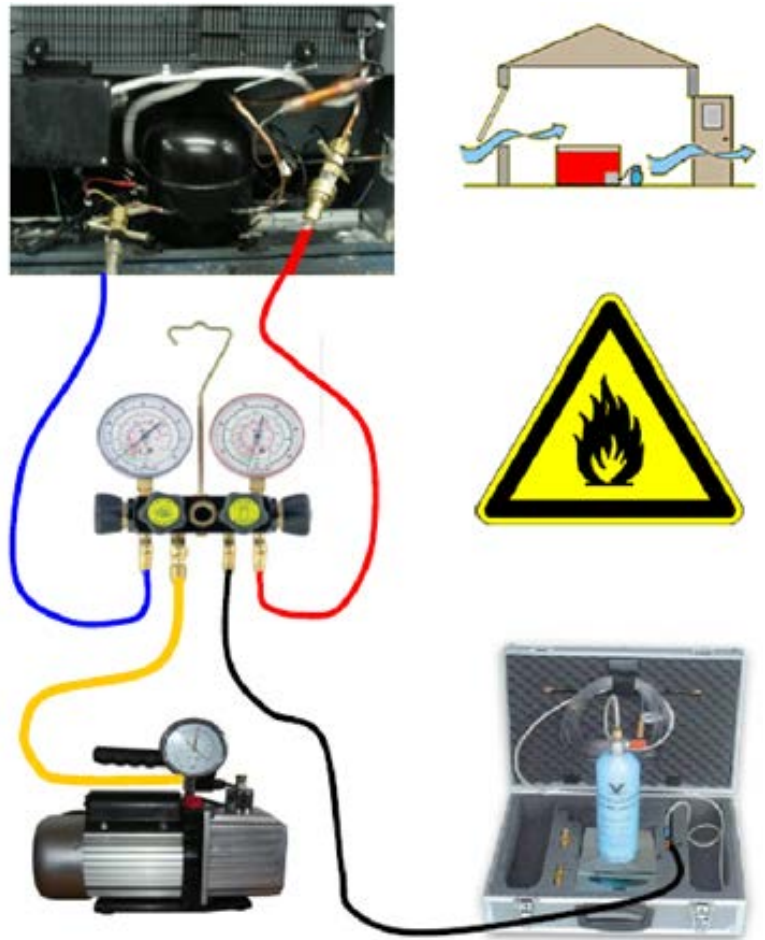
En la tabla 37 se describe el proceso de carga de R-600a y en la tabla 38 se presenta de manera resumida este procedimiento.

Recomendaciones para la carga del refrigerante R-600a:

- Considerar el desempeño del sistema y el consumo referenciado (datos del fabricante).
- Asegurar la ventilación cruzada, el valor práctico de 8 g/m^3 .
- Asegurar el área, zona temporal inflamable, 3 metros, usar señales de seguridad.
- Usar juego de manómetros con mangueras cortas.
- Utilizar balanza de carga para medir el peso del refrigerante con balanza de carga. Para refrigeradores domésticos se recomienda medir el peso con una balanza que tenga resolución de 1 gramo.
- Cargar lentamente en pequeñas cantidades el refrigerante R-600a, agregando la cantidad exacta según la placa de datos del fabricante del refrigerador.

Figura 81

Paso a paso y elementos durante la carga del R-600a



Fuente: GIZ (2019).

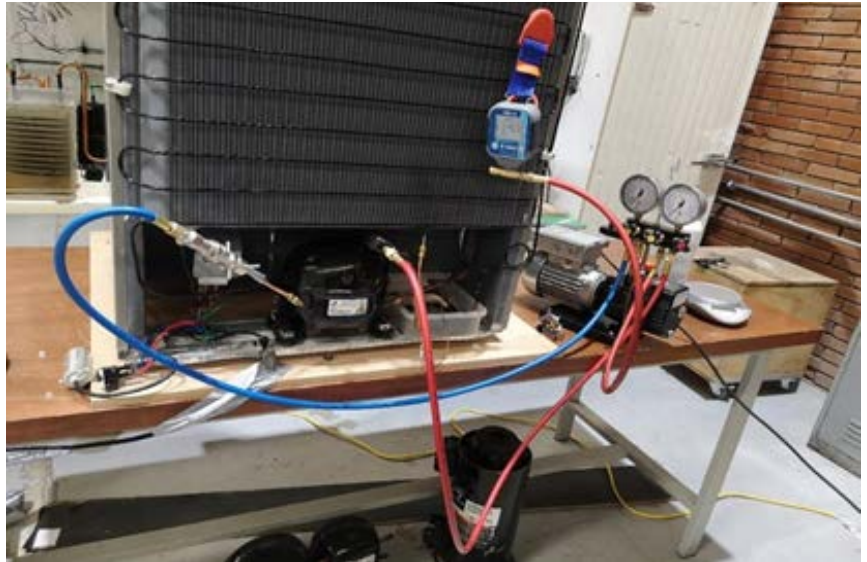
El juego de manómetros consta de 4 puertos para hacer las conexiones para la carga de refrigerante. El puerto 1 es de baja presión, este va al tubo de servicio o carga de refrigerante. El puerto 2 va fijo en la máquina de vacío. El puerto 3 será para el vacuómetro. Por último, el puerto 4 es de alta presión, este va al tubo de servicio o apéndice del filtro secador.

Antes de iniciar el proceso de carga de refrigerante, es necesario preparar las herramientas y el sistema para que permitan llevarlo a cabo. Identifique los puertos del juego de manómetros como se muestra en la figura anterior. A continuación, se da el paso a paso recomendado:

- Abrir todas las válvulas del juego de manómetros.
- Prender la bomba de vacío.
- Lograr vacío constante a 500 micrones.
- Cerrar la válvula del puerto 3, que va al vacuómetro.
- Cerrar la válvula del puerto 1 de baja presión, que va al compresor.
- Cerrar la válvula del puerto 4 de alta presión, que va al filtro secador.
- Retirar el vacuómetro.
- Conectar la manguera del puerto 3 a la botella de refrigerante.
- Abrir la válvula del puerto 3, bomba de vacío, para purgar la manguera.
- Cerrar la válvula del puerto 2 que va a la bomba de vacío.

Figura 82

Conexiones para el paso a paso durante la carga del R-600a



Fuente: GIZ (2019).

Figura 83

Montaje de equipos y herramientas durante la carga



Fuente: GIZ (2019).

- Apagar la bomba de vacío.
- Tarar (ajustar a cero) la báscula.
- Ubicar la botella de refrigerante con la manguera conectada encima de la báscula.
- Abrir la válvula del puerto 1, compresor.
- Abrir la válvula del puerto 3, tanque, e ingresar la precarga o carga.
- Cargar los gramos de refrigerante, según requerimiento del equipo.
- Prender el refrigerador para completar la carga, si igualan presiones o no.
- Cerrar la válvula del puerto 3, dos o tres gramos antes de completar carga.
- Verificar que la carga quede exacta (aceptado ± 1 gramo).
- Cerrar la válvula de la botella de refrigerante.
- Abrir la válvula 4, de alta, para barrer la manguera (hacer by pass).
- Cerrar la válvula 4, de alta.
- Cerrar la válvula 1, del compresor.
- Retirar los acoples rápidos, de alta y de baja.
- Luego ponchar ambas tuberías, así:
 - Primero la de baja con el refrigerador prendido.
 - Luego la de alta con el refrigerador apagado.

Tabla 37 Proceso PF3: Carga de refrigerante R-600a

Paso 1



Paso principal (¿Qué?)

Inicio de la carga: Precarga (refrigerador apagado).



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Conectar el cilindro de refrigerante R-600a a la línea de servicio, puerto de carga, con la manguera amarilla, luego de finalizar la operación de vacío.
- Abrir la válvula del cilindro de refrigerante y luego la válvula del manómetro de baja.
- Regular el paso de refrigerante con la válvula del manómetro de baja hasta máximo 30 psig.
- Verificar en todo momento el visor de la báscula para verificar que no se excedan los gramos de R-600a determinados por el fabricante.



Razón (¿Por qué?)

- Para aprovechar la diferencia de presión debida al vacío.
- Para permitir el flujo del refrigerante ingresando a el refrigerador.
- Garantizar la precarga de refrigerante para que el compresor no sufra golpes de refrigerante en las válvulas.

Paso 2



Paso principal (¿Qué?)

Continuación de la Carga. (refrigerador funcionando)
Proceso Recomendado (¿Cómo?)



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Graduar el termostato en máximo, abrir las puertas del refrigerador y energizar el sistema de refrigeración ya precargado.
- Regular nuevamente el paso de refrigerante con la válvula del manómetro, teniendo en cuenta el tipo de refrigerante R-600a y aplicación de congelación del refrigerador (-20 grados), usar tablas P/T.

NOTA: se recomienda que la carga se haga por peso, con báscula, ahora todo refrigerador trae en la placa, el peso establecido por el fabricante.



Razón (¿Por qué?)

- Para que el sistema empiece a trabajar.
- Para empezar a regular la carga precisa en el sistema.

Paso 3



Paso principal (¿Qué?)

Estabilización
Proceso Recomendado (¿Cómo?)



Proceso recomendado (¿Cómo?)

- Con una pinza amperimétrica, validar el amperaje del compresor.
- Validar presiones y temperaturas de trabajo del sistema (usar tablas P/T) para el refrigerante R-600a.
- Tener como guía la tabla 39 para la reportar las temperaturas de funcionamiento.

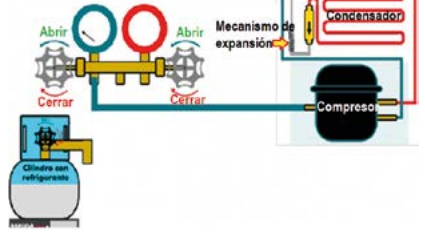
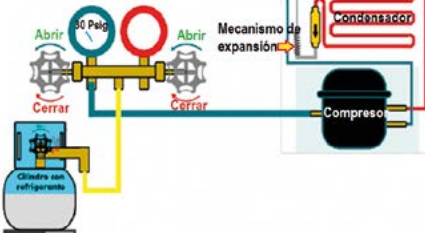
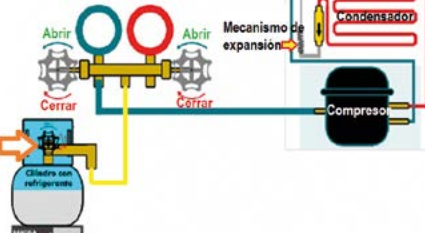
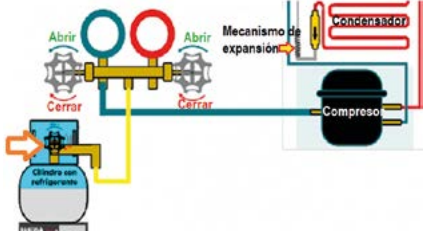


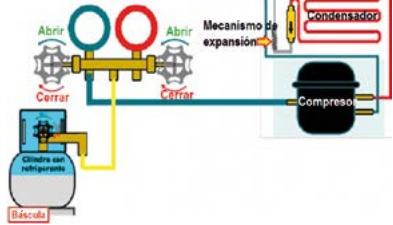
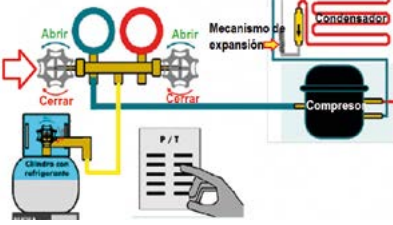
Razón (¿Por qué?)

- Para validar que los valores de los parámetros obtenidos coincidan con los recomendados por el fabricante.
- Garantizar que el sistema trabaje en las condiciones deseadas, de acuerdo con su aplicación.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 38 Resumen proceso de carga de refrigerante

	Actividad	Imagen
1.	Alistar el <i>kit</i> de carga de R-600a y verificar el estado de los manómetros, las mangueras, la balanza, el cilindro de R-600a, la pinza amperométrica, etc.	
2.	Conectar el cilindro a la línea de servicio del manómetro (con manguera amarilla).	
3.	Abrir la valvular del cilindro para hacer la precarga aprovechando el vacío.	
4.	Verificar en el manómetro la carga, revisando la cantidad de refrigerante en gramos mostrada en el visor de la báscula.	

Actividad	Imagen
5. Abrir las llaves del manómetro controlando el flujo de refrigerante, hasta completar la carga, cerrar la llave de carga y la válvula de servicio unos 2 o 3 gramos antes de completar el peso por fabricante.	
6. Conectar el dispositivo a una toma de 110V según norma IP 54.	
7. Verificar en la balanza el ingreso de la cantidad correcta de refrigerante para obtener el 100 % de la carga necesaria. Gramos de placa de fabricante.	
8. Revisar el llenado correcto del refrigerante dentro del condensador y el evaporador por medio de temperaturas.	

Fuente: elaboración propia.

3.7.4 Proceso PF4: Puesta en marcha y estabilización

Este proceso permite verificar que se han ejecutado todas las actividades rutinarias de mantenimiento del circuito de refrigeración del refrigerador, aplicando las buenas prácticas de mantenimiento (BPR) que se han mencionado en todos los procesos y se resumen a continuación:

- Control de funcionamiento del refrigerador.
- Descarga del refrigerante (R-600a por venteo).
- Recuperación de refrigerante.
- Reparación con soldadura fuerte con llama o soldadura en frío Lokring.
- Evacuación o vacío.
- Carga de refrigerante.

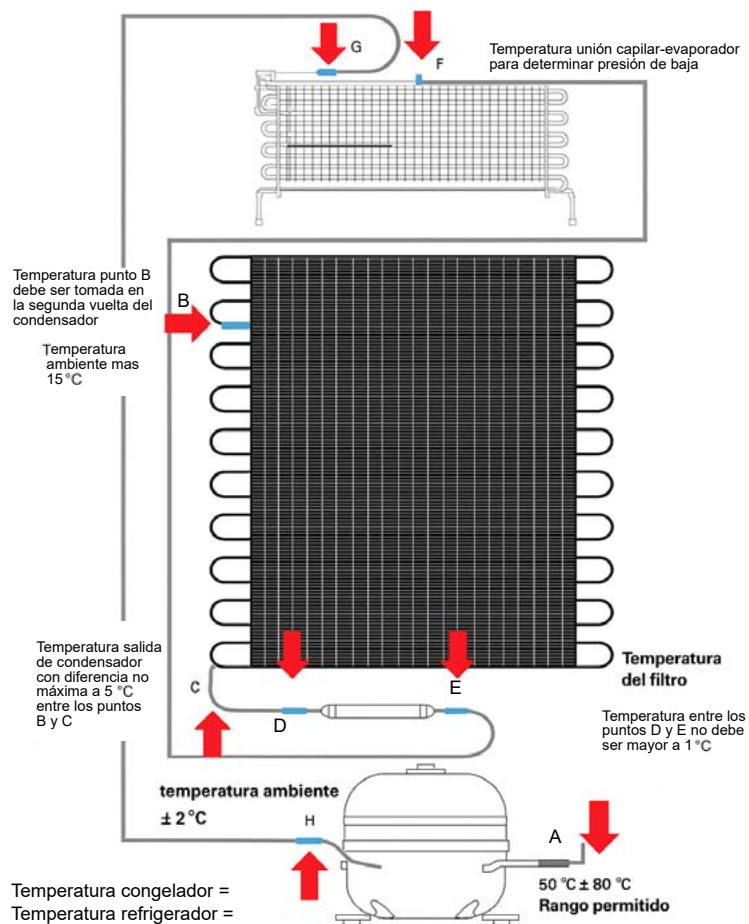
- Sellado del circuito de refrigeración, ponchado.
- Comprobación del funcionamiento del refrigerador reparado.
- Detección final de fugas.
- Toma de las temperaturas para evaluar el buen funcionamiento del sistema directamente sobre la tubería. Se deben tomar con termocuplas (termómetro penta electrónico). No usar termómetro laser o infrarrojo.

Después de la carga de refrigerante, se debe dejar en funcionamiento el refrigerador durante mínimo 30 minutos continuos. Al terminar el tiempo, se debe medir la temperatura de los puntos A y H (figura 84). Esta se debe tomar a 10 cm de la carcasa del compresor, con el fin de que la temperatura no afecte las mediciones tomadas en otros puntos.

En la figura 84 se presenta un ejemplo de los puntos para medir la temperatura del circuito de refrigeración.

Figura 84

Puntos de toma de temperaturas durante la estabilización del refrigerador



Fuente: Challenger.

Después de realizar el servicio técnico, se sugiere adoptar el formato similar al presentado en las tablas 39 y 40, para verificar e informar los valores de los parámetros obtenidos durante la puesta en marcha y estabilización del refrigerador.

Estos valores tabulados serán evidencia fundamental y parte del informe o entrega del refrigerador tanto al supervisor o jefe de servicio y al cliente, si fuere necesario en caso de alguna reclamación.

Tabla 39 Reporte de temperaturas de funcionamiento

PUNTOS DE PRUEBA	TEMPERATURAS TOMADAS
TEMPERATURA CONGELADOR	
TEMPERATURA REFRIGERADOR	
PUNTO A	
PUNTO B	
PUNTO C	
PUNTO D	
PUNTO E	
PUNTO F	
PUNTO G	
PUNTO H	

Fuente: adaptado de Challenger.

Tabla 40 Reporte de parámetros eléctricos

PRUEBAS ELÉCTRICAS			
MEDICIÓN	ELEMENTO A VERIFICAR	PUNTO A MEDIR	MEDICIÓN TOMADA
Continuidad	Corto en nevera	Carcaza de compresor y red. Desconectado el producto	
Voltaje	Tensión con nevera funcionando	Voltaje de red con carga/ funcionando el producto entre fase y común	
Corriente	Compresor	Fase: arranque y marcha	
Voltaje	Termostato	Entre común y pin 3 de timer	
Voltaje	Resistencia y conjunto bimetálico	Voltaje entre pin 1 y 3 de timer/ funcionando el producto NF	
Voltaje	Timer	Voltaje entre pin 1 y 3 de timer/ en descongelación NF	
Voltaje	Bimetálico	Voltaje entre común y pin 1 timer Nevera en descongelación	

Fuente: adaptado de Challenger.

Paso a paso para el sellado del sistema

Para el proceso de sellado del sistema, se deben utilizar las herramientas adecuadas y seguir el procedimiento descrito a continuación. En la figura 85 se observa la herramienta y el procedimiento a seguir.

- Verificar la presión de sellado (ponchado) del ponchatubo (hombre solo modificado) para lograr el ajuste necesario y perfecto. Hay que asegurar que no haya fuga.
- Sellar (ponchar) el(los) tubo(s) de proceso con el ponchatubo. Apretar dos veces, una vez a 90 grados y otra a 45 grados, como se indica en el dibujo.
- Sellar primero el lado de baja presión, en condiciones operativas del sistema (presión más baja en el tubo de proceso).
- Sellar después el lado de alta presión con el refrigerador en estado apagado (presión más baja en el tubo de proceso).
- Soldar el orificio en el extremo de los tubos de proceso y sellar con material de relleno de soldadura.
- Esperar hasta que la soldadura se enfríe y sea lo suficientemente fuerte como para quitar el ponchatubo.
- Retirar el ponchatubo.
- Soldar las secciones ponchadas de los tubos para mantener la resistencia de los tubos de proceso, y que no se fracturen posteriormente.
- Limpiar todos los puntos de soldadura usando un cepillo de alambre, grata de acero y eliminar los residuos de fundente restantes.
- Como parte final del servicio técnico y con la carga aplicada al refrigerador en la cantidad correcta de refrigerante, de acuerdo con los datos del fabricante, se deben verificar todas las prácticas previamente ejecutadas.
- Finalmente, se deben verificar los datos relacionados en las tablas 41 y 42:

Figura 85 Herramientas y proceso de "ponchado" final de tuberías



Fuente: GIZ (2019).

Tabla 41 Temperaturas de trabajo en las diferentes aplicaciones de equipos RAC

Aplicación (según presión de succión)		Temperatura aproximada de trabajo °C / °F
Congelación	LBP (baja)	-23 a -18 / -9,4 a -0,4
Mantenimiento en congelación (debajo de 0 °C)	CBP (comercial) MBP (media)	-7 / 19,4
Enfriamiento (encima de 0 °C)	MHBP (media, alta)	7 / 44,6
Acondicionamiento de aire	HBP (alta)	1 a 3 / 44,6

Fuente: elaboración propia basada en manuales de equipos de fabricantes nacionales.

Tabla 42 Datos de presión y temperatura de evaporación en refrigeradores domésticos

APLICACIÓN	°C-23	REFRIGERANTES Temperatura de evaporación	
		R134a (psig)	R-600a (pg. de Hg)
CONGELACIÓN	-18	2,18	-5,45
		6,28	-3,27

Fuente: elaboración propia basada en la aplicación DANFOSS.



Las temperaturas que aparecen en el cuadro corresponden los grados de evaporación del sistema, según normas técnicas.

Con el refrigerante HC, R-600a, **el sistema de refrigeración del refrigerador trabaja en vacío.**

Se recomienda que las acciones presentadas en este capítulo se complementen con actividades de formación y certificación, que permitan hacer una correcta aplicación de las buenas prácticas, permitiendo hacer un uso eficiente de la energía de los equipos y la reducción del impacto ambiental por fugas de refrigerante.

4

Seguridad y Salud en el Trabajo



Con el propósito de evitar afectaciones en las personas y los bienes, se recomienda seguir las recomendaciones de prevención, protección y eliminación de los riesgos derivados de las actividades relacionadas con el servicio técnico de refrigeración.

Es importante conocer y manejar con propiedad las fichas de datos de seguridad (FDS), dado que estos documentos detallan los peligros a los que puede estar expuesto el personal y describe la naturaleza de cualquier sustancia química manipulada.

4.1 Lineamientos de seguridad para el manejo seguro de R-600a

4.1.1 Identificación de riesgos generales del R-600a

El refrigerante R-600a puede estar bajo presión en estado líquido o gaseoso, lo que podría generar una liberación de vapor o un violento estallido del cilindro, si recibe calor o una sobrepresión. Los riesgos potenciales asociados a la combustión del R-600a para las personas son inhalación de gases de combustión, exposición al calor y fuego, exposición a productos de combustión incompleta (monóxido de carbono) y exposición a humo y partículas, si la combustión se da en un espacio cerrado, puede causar asfixia por desplazamiento de oxígeno o envenenamiento por inhalación de humos.

4.1.2 Manejo y almacenamiento del refrigerante R-600a

Para evitar riesgos a la salud por inhalación de vapores del refrigerante, es importante seguir las siguientes recomendaciones:

- Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir su contacto con los ojos, la piel o la ropa.
- No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo.
- Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta.
- No almacenar los cilindros directamente bajo el sol ni exponerlos a una temperatura mayor a 50 °C (120 °F).
- Se deben mantener siempre lejos del calor, chispas o llamas.

Todas las personas involucradas en el manejo de HC deben ser conscientes de los riesgos asociados a su uso, es por eso por lo que se debe tener una etiqueta de seguridad para el cilindro de recuperación. Esta etiqueta contiene información acerca de la identificación del producto, información del proveedor y la información de precaución. A continuación, la figura 86 muestra un ejemplo de etiqueta de seguridad para el manejo del refrigerante R-600a.

Figura 86 Etiquetas para manejo de cilindro de R-600a

Código de la ONU	1978	Identificación del producto	Pictogramas de peligro	
Nombre del producto	R-600a <u>Isobutano</u>			
Dirección postal		Información de proveedores		
Estado				
País				
Ciudad				
Número de teléfono				
Mantener alejado del calor / chispas / llama abierta / superficies calientes. No fumar.		Declaración de precaución	Palabra de señal	
En caso de incendio por escape de gas: no extinguir hasta que la fuga pueda ser eliminada con seguridad.			>Peligro<	
Retirar todas las fuentes de ignición si es seguro hacerlo. Tomar medidas de precaución contra las descargas estáticas.			Gas extremadamente inflamable.	Declaraciones de peligro
Conservar en un lugar fresco y bien ventilado. Mantener el recipiente bien cerrado.			Contiene gas a presión: puede explotar si se calienta.	
Usar guantes y gafas protectoras.			Instrucciones de uso.	
Desechar de acuerdo con las normas locales, regionales, nacionales e internacionales, según se especifique.			Fecha de llenado.	Información del cilindro
En caso de incendio: utilizar un extintor de químicos secos (BC) o de dióxido de carbono (CO2) para extinguir el fuego. Use rocío de agua para enfriar los cilindros expuestos al fuego.			Peso de llenado	
Primeros auxilios: Ojos > Enjuagar inmediatamente con agua tibia.			Peso bruto	

Fuente: GIZ (2019).

4.2 Medidas para el control de incendios con R-600a

El fuego no controlado puede ser extremadamente peligroso para los seres vivos y las estructuras. La exposición a un incendio puede producir intoxicación por inhalación del humo, también generar graves quemaduras en la piel o la muerte.

- Disponer de un **extintor para clase de fuego B o A, B y C**. Con las siguientes características: clase B deben ser de 10 lb (4,54 kg) y una tasa de descarga de 1 lb/s (0,45 kg/s), de acuerdo con lo indicado en la NTC 2885.
- Riesgos de fuego y explosión: como se ha explicado, el refrigerante se descompone en presencia de una fuente de calor superior a los 50 °C, dando como resultado productos tóxicos y corrosivos. Los cilindros pueden explotar si el calentamiento resulta en un aumento de la presión interna del cilindro.

Instrucciones para combatir el fuego:

- Detener el flujo de gas, si es posible.
- Usar equipo de respiración autónoma para combatir el fuego y los productos de la combustión, aprobados por el Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés) o su equivalente nacional.
- Proteger ojos y piel.
- Enfriar los cilindros de refrigerante que se encuentren expuestos al fuego, rociando agua sobre ellos, esto también ayudará a disipar los vapores.

4.3 Riesgos y factores de riesgo

Al trabajar con una sustancia inflamable y utilizar implementos que generan chispas o llama, resulta importante conocer los riesgos que pueden existir durante el proceso, para minimizar el riesgo y evitar lesiones.

A continuación, se listan los riesgos en soldadura autógena y en frío:

- Incendio o explosión durante los procesos de encendido y apagado, por utilización incorrecta del soplete, montaje incorrecto o mal estado. También se produce por retorno de la llama y por falta de orden o limpieza.
- Exposiciones a radiaciones en las bandas de ultravioleta visible e infrarrojo del espectro en dosis importantes y con distintas intensidades energéticas, nocivas para los ojos, procedentes del soplete y del metal incandescente del arco de soldadura.
- Quemaduras por salpicaduras de metal incandescente y contactos con los objetos calientes que se están soldando.
- Proyecciones de partículas de piezas trabajadas hacia distintas partes del cuerpo.
- Exposición al humo y gases de soldadura, por factores de riesgo diversos, generalmente por sistemas de extracción localizada inexistentes o ineficientes.
- Incendio o explosión por fugas o sobrecalentamientos incontrolados.
- Atrapamientos diversos en manipulación de cilindros.

Los riesgos de incendio o explosión se pueden prevenir aplicando una serie de normas de seguridad de tipo general y otras específicas que hacen referencia a la utilización de las botellas, las mangueras y el soplete. Por lo anterior, resulta importante conocer la descripción y reglas a seguir, en caso de retorno de la llama.

Por su gran capacidad inflamable, el gas más utilizado es el acetileno que, combinado con el oxígeno, es la base de la soldadura oxiacetilénica. También se puede trabajar oxi propano con las mismas seguridades.

Por otro lado, y a pesar de que los recipientes que contienen gases comprimidos se construyen de forma suficientemente segura, todavía se generan muchos accidentes por no seguir las normas de seguridad relacionadas con las operaciones complementarias de conservación, transporte, almacenamiento y las distintas formas de utilización.

Además de las dos botellas móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de soldadura oxiacetilénica u oxígeno propano son los reguladores, el soplete, la válvula antirretorno y las mangueras. A continuación, se describe cada uno de estos elementos:

- **Reguladores.** Los reguladores pueden ser de uno o dos grados de reducción en función del tipo de palanca o membrana. La función que desarrollan es la transformación de la presión de la botella de gas (2204 PSI) a la presión de trabajo (de 1,47 a 147 PSI) de una forma constante. Están situados entre las botellas y los sopletes.
- **Soplete.** Es el elemento de la instalación que efectúa la mezcla de gases, existen equipos en los que la presión de ambos gases es la misma, o de baja presión en el que el oxígeno (comburente) tiene una presión

mayor que el acetileno (combustible). Las partes principales del soplete son las dos conexiones con las mangueras, dos llaves de regulación, el inyector, la cámara de mezcla y la boquilla.

- **Válvulas antirretornos.** Son dispositivos de seguridad instalados en las conducciones y que sólo permiten el paso de gas en un sentido, impidiendo que la llama pueda retroceder. Están formadas por un envoltorio, un cuerpo metálico, una válvula de retención y una válvula de seguridad contra sobrepresiones. Puede haber más de una por conducción en función de su longitud y geometría.
- **Mangueras.** Las conducciones sirven para conducir los gases desde las botellas hasta el soplete y son rígidas o flexibles.

4.4 Identificación de riesgos en el manejo adecuado del nitrógeno

El nitrógeno es un gas inerte, incoloro, que no tiene olor. El peligro primordial a la salud se asocia a los escapes de este gas, el cual puede producir asfixia por desplazamiento del oxígeno.

La exposición a una atmósfera deficiente de oxígeno, por causa de exceso de nitrógeno, (menos de 19,5%) puede causar mareo, náusea, vómito, depresión, salivación excesiva, disminución de agudeza mental, pérdida de conocimiento y muerte. La exposición a atmósferas que contengan una cantidad de oxígeno menor al 10 % puede causar pérdida del conocimiento, sin dar tiempo al individuo de protegerse. También pueden presentarse movimientos convulsivos, colapso respiratorio, lesiones graves o muerte.

Primeros auxilios. En caso de inhalación de altas concentraciones de nitrógeno se debe trasladar a la persona al aire libre, lo

antes posible. Solamente personal entrenado debe suministrar oxígeno suplementario o resucitación cardiopulmonar, de ser necesario. Suministrar asistencia médica inmediatamente.

Medidas para el control de incendio. De ser posible, remover los cilindros de nitrógeno del incendio o enfriarlos con agua desde un lugar seguro. Algunos de los cilindros están provistos de válvulas con discos de ruptura que permiten evacuar el contenido de gas cuando son expuestos a altas temperaturas, pero en caso de que estas válvulas de alivio fallen, la presión al interior del cilindro puede aumentar y explotar violentamente.

Manejo y almacenamiento del nitrógeno. Las precauciones que se deben tomar durante el manejo de cilindros con nitrógeno son:

- Antes del uso: mover los cilindros utilizando un carro porta cilindros o montacargas. No hacerlos rodar, ni arrastrarlos en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o con superficies. No se deben transportar en espacios cerrados, por ejemplo, el baúl de un automóvil, camioneta o van.
- Usar un regulador para reducir la presión al conectar el cilindro a tuberías o sistemas de baja presión (menor a 200 bar equivalente a 3.000 psig). Jamás descargar el contenido del cilindro hacia las personas, equipos, fuentes de ignición o material incompatible.
- Después del uso: cerrar la válvula principal del cilindro. No deben reutilizarse cilindros que presenten fugas, daños por corrosión o que hayan sido expuestos a arco eléctrico o fuego. En estos casos, notificar al proveedor para recibir instrucciones.

Las precauciones que deben tomarse para el almacenamiento de cilindros son:

- Acopiar los cilindros en posición vertical.
- Separar los cilindros vacíos de los llenos, evitando que los cilindros llenos sean almacenados por un largo período de tiempo.
- El área de almacenamiento debe encontrarse delimitada para evitar el paso de personal no autorizado que realice una manipulación incorrecta del producto.
- Los cilindros deben ser almacenados en áreas secas, frescas y bien ventiladas, lejos de áreas congestionadas o salidas de emergencia.
- El área debe ser protegida, con el fin de prevenir en el cilindro ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión.

Identificación del contenido. Los cilindros que estén listos para despacho deben tener su contenido especificado, según lo establecen las normas y reglamentaciones nacionales o internacionales aplicables. La identificación del contenido se debe colocar antes del llenado y debe permanecer durante el transporte, el despacho y el uso.

La etiqueta del cilindro, el color y el tipo de conexión de salida de la válvula son los identificadores principales y precisos del contenido. Los cilindros pintados (identificados por color) por el proveedor de gas permiten una fácil separación en las operaciones de manejo. La NTC 1671 (ISO 32) y la NTC 1672 contemplan el rotulado en color para los cilindros de gas para uso médico e industrial, respectivamente. La NTC 2462 establece los requisitos para rotulado de los cilindros y la NTC 3423 establece los requisitos para las conexiones de entrada y salida en estos equipos.

Se debe verificar que el gas que se suministra es el que se ha ordenado, por medio de la lectura del rótulo, el color y el tipo de conexión de salida de la válvula. No se deben utilizar cilindros que no lleven una etiqueta legible para identificar su contenido, no estén pintados con el color apropiado, no tengan la conexión de la salida de la válvula especificada, o que lleven más de una etiqueta con información contradictoria (Icontec, 1990a).



El color del cilindro que aplica por norma para el nitrógeno de uso industrial es el negro y la válvula de salida es la CGA580. La especificación DOT3AA indica la norma bajo la cual es construido el cilindro (tipo de metal) y las siguientes cifras indican la presión de trabajo para la cual se diseñó, por ejemplo, DOT3AA 2400, significa que la presión de trabajo es de 2400 psig.

Requisitos para un manejo seguro de los cilindros con nitrógeno. La persona que manipula el cilindro es responsable del uso seguro del tanque y de su contenido, al igual que de la devolución del cilindro al proveedor o distribuidor de gas, en las mismas condiciones de seguridad en que lo recibió. Se deben observar las siguientes precauciones en el cilindro y sus accesorios (Icontec, 1990b):

- El mantenimiento del cilindro y sus accesorios debe ser efectuado solamente por personal calificado y autorizado, de acuerdo con las normas y autoridades nacionales e internacionales.

- Todo cilindro debe ser sometido a revisión y prueba hidrostática cada 5 años o antes si por inspección se detectan daños, anomalías o en caso de desconocerse la procedencia de su contenido.
- El anillo de seguridad permite identificar el último año en el que se realizó la prueba hidrostática, por eso es importante que las personas usuarias o propietarias del cilindro conozcan la normatividad del tema para identificar las inspecciones de rigor.
- Nunca se debe cambiar la válvula del cilindro, ni realizar ningún tipo de modificación para adaptarla a otro tipo de gas. Las válvulas están hechas normalmente en forma de ángulo recto, que permite colocarle un tapón de seguridad. Estos protegen a la válvula y el cilindro contra un aumento inesperado de presión, permitiendo escapes del gas. Este dispositivo forma parte de la válvula del cilindro. Algunas veces su apariencia y forma pueden ser similares a las de una tapa o cubierta que protegen la conexión de salida de la válvula.
- Jamás quitar o ajustar los dispositivos de alivio de presión, dicha acción puede causar serios daños. Mantenerlos libres de grasa, aceites y residuos sólidos que puedan evitar que el dispositivo se accione ocasionando la explosión del cilindro por aumento de la presión. Por ningún motivo se debe colocar una válvula americana a un cilindro europeo y viceversa, debido a que las conicidades son diferentes.
- El consumo del cilindro debe permitirse hasta que la presión se encuentre en 25 psig.

Transporte y manejo. Los cilindros deben moverse con mucho cuidado. Un mal manejo puede provocar daños a la válvula o la ruptura del cilindro y exponer al usuario a todos los riesgos asociados. Si un cilindro golpea una

persona puede causarle serias lesiones, por esta razón, se deben manipular con un equipo de protección básico que consiste en:

- Guantes para proteger las manos de rasguños o heridas.
- Gafas para proteger los ojos de los daños asociados con la liberación de presiones.
- Zapatos de seguridad con punteras para los dedos en caso de caída del cilindro.

El nitrógeno se transporta en cilindros color negro (color Black U), de acuerdo con lo establecido por la Norma Técnica Colombiana NTC 1672, en una posición segura en un vehículo bien ventilado. El transporte de este producto está sujeto a las disposiciones y requerimientos establecidos en el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte y, por tanto, está prohibido usar automóviles o vehículos cerrados para movilizarlos por presentar serios riesgos de seguridad.

Para la manipulación de ese producto deberán cumplirse los requisitos establecidos en la Ley 55 de 1993 que detalla el uso de sustancias químicas en el puesto de trabajo. Para el almacenamiento del producto se deben tener en cuenta los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4975. La identificación del producto por colores se encuentra reseñada en la Norma Técnica Colombiana NTC 1672.

Regulador para nitrógeno. Cada regulador está diseñado para un rango de presiones determinado y para un tipo de gas específico, es importante seleccionar adecuadamente el regulador según la aplicación deseada. Para el cuidado del equipo y protección de las personas usuarias, se deben tener presente las siguientes consideraciones:

- Las válvulas de los cilindros se deben abrir despacio para que las altas presiones no estallen los manómetros del regulador. Al momento de abrir las válvulas, el personal

técnico se debe ubicar a un lado del regulador para evitar ser golpeado por los manómetros, en caso de estallar.

- El regulador debe permanecer toda su vida útil al servicio del mismo gas.
- Nunca utilizar o realizar ningún tipo de conexiones o acoples para adaptar el regulador a otro tipo de válvula o para ser utilizado con otro tipo de gas.
- Cerciorar el rango de presiones para el cual está diseñado el regulador antes de utilizarlo, puede que las presiones que necesite sean más altas que las que resiste el regulador, esto puede producir que se estalle y ocasione graves lesiones.
- Mantener siempre calibradas las agujas de los manómetros, solo por personal calificado o una entidad habilitada por la ONAC, si no se realiza esto puede ocasionar que el regulador estalle por trabajar fuera del rango para el cual fue diseñado.
- El regulador debe permanecer libre de grasas, aceites y otras impurezas que ocasionen taponamientos o daño a los componentes.
- Abrir siempre las válvulas del regulador de forma manual, nunca con llave o algún tipo de herramienta porque puede ocasionar un accidente.

Estos elementos deben ser manipulados por personal que esté familiarizado con estos equipos, si existe alguna duda, pregunte, nunca proceda sin tener conocimiento de lo que está haciendo, ya que se puede ocasionar una tragedia, daños serios a las personas o a las propiedades.

Siempre que se trabaje con altas presiones, se debe cerciorar de desconectar los equipos para evitar presión dentro del sistema; puede ser peligroso. Siempre revise las conexiones y el estado de los elementos antes de presurizar el sistema.

4.5 Requerimientos para la seguridad de las personas y los bienes, de acuerdo con la NTC 6228 Parte 1

Para el caso de la norma citada, se hace referencia al caso del refrigerante R-600a, en refrigeradores, sus requerimientos de seguridad y medioambientales, teniendo en cuenta que el propósito de la Norma NTC 6228, es promover el diseño seguro, la construcción, la disposición final, la instalación y la operación de los sistemas de refrigeración RAC.

Objetivo: minimizar los posibles riesgos para las personas, los bienes y al medioambiente provenientes de los sistemas de refrigeración y refrigerantes. Dichos riesgos están asociados fundamentalmente a las características químicas y físicas de los refrigerantes, al igual que a la presión y temperatura que se produce en los ciclos de refrigeración.

Parte 1: Definiciones, clasificación y criterio de selección. Esta norma especifica los requerimientos para la seguridad de las personas y los bienes, proporciona una guía

para la protección del medioambiente y establece los procedimientos en la operación, mantenimiento y reparación de los sistemas de refrigeración y la recuperación de los refrigerantes.

La norma cuenta de dos anexos:

ANEXO A: Especifica los límites para la cantidad de carga del refrigerante permitida en sistemas de diferentes locaciones y clases de ocupación.

ANEXO B: Especifica los criterios para las consideraciones de seguridad y medioambientales de diferentes refrigerantes que se utilizan en refrigeración y equipos para el acondicionamiento del aire.

Para el caso de un refrigerante A3, como es el R-600a, en la figura 87 se presentan los pasos para la de aplicación de norma la NTC 6228, en lo correspondiente al cálculo del límite de carga o área mínima necesaria para la instalación de un refrigerador.

Figura 87

Paso a paso aplicación norma NTC 6228 para carga R-600a en refrigeradores

1. Clasificación de los sistemas

De acuerdo con la fuga del refrigerante que ingresa al espacio ocupado.

2. Clasificación de las ocupaciones (Categoría a, b y c).

3. Clasificación de la localización de los sistemas de refrigeración (RAC)

4. Clasificación del refrigerante

Definir la clase de toxicidad del refrigerante.

Definir la clase de inflamabilidad del refrigerante.

5. Cantidad de refrigerante por espacio ocupado

Determinar el límite de la carga para el sistema de refrigeración o el área mínima.

Se aplica la carga menor de refrigerante obtenida de acuerdo con la locación y clase de ocupación y teniendo en cuenta la inflamabilidad y la toxicidad del refrigerante.

Fuente: UTO (2023).

La norma NTC 6228 clasifica los espacios según su ocupación. De este va a depender la clasificación de los equipos, por ejemplo, el refrigerador es categoría “a”. A continuación, se muestra la tabla 43, donde se describen las diferentes categorías de ocupación.

De igual forma, tiene una clasificación de la localización para los sistemas de refrigeración (RAC). Estos hacen parte de la clase 1. En la tabla 44 se muestra la categoría Clase 1 y su descripción.

Tabla 43 Categorías de ocupación y características generales según la norma NTC 6228

Categorías de ocupación	Características generales
General – a	Salones, partes de edificios, edificios donde: puedan pernoctar personas, está presente un número incontrolado de personas, cualquier persona tiene acceso.
Supervisada – b	Salones, partes de edificios, edificios donde únicamente puedan reunirse un número limitado de personas y una de ellas debe estar familiarizada con las medidas generales de seguridad.
Autorizada – c	Salones, partes de edificios, edificios donde solo puede tener acceso personal autorizado que conozca las medidas generales de seguridad.

Fuente: UTO (2023).

Tabla 44 Clasificación de la localización de los sistemas de refrigeración (RAC) Clase 1

Localización	Descripción
Clase I	Evaporador o unidad manejadora y compresor – Ubicado – Espacio ocupado–

Fuente: UTO (2023).

El mínimo volumen ocupado por cantidad de refrigerante R-600a en un refrigerador. Para determinar el límite de la carga para el sistema de refrigeración a partir del volumen mínimo.

El área mínima del recinto será **A m², = lado L (m) x lado L (m)**,

El volumen V será: El **A m²**, multiplicado por la altura **H (m) = Volumen (m³)**

$$\frac{LP=(CARGA\ g)}{(V\ m^3)} \leq 8\ g/m^3$$

El LÍMITE PRÁCTICO, LP, deberá ser siempre menor a 8 g/m³

Si la carga del equipo RAC es > que 1 (no se aplica para refrigeradores), se utilizan las demás ecuaciones que aparecen en la norma, por ejemplo, en la figura 88 la primera de ellas.

Figura 88 Ecuación y método para determinar la carga máxima

Clase de inflamabilidad	Método para determinar la carga	Ecuación para calcular carga máxima
A3	Sin medidas adicionales	A.4.1 $m_{max} = 2.5 \times LFL^{5/4} \times h_o \times A^{1/2}$
	Mejor estanqueidad	A.4.2 $m_{max} = 0.35 \times LFL \times h_o \times A$ $A_{min} = \frac{m}{0.35 \times LFL \times h_o}$
	Unidades con aire integral	A.4.3 $m_{max} = SF \times LFL \times 2.2 \times A$ $A_{min} = \frac{m}{SF \times LFL \times 2.2}$
	Determinación de la carga de prueba	A.4.4 Pruebas.
	Sistema con carga liberable limitada	A.4.5 Pruebas.

Fuente: UTO (2023).

Tener en cuenta los requerimientos del límite de carga para los refrigeradores con R-600a, considerados en este documento, con el fin de cumplir con las recomendaciones para

evitar INFLAMABILIDAD (A3) en los sistemas, de acuerdo con los tipos de refrigerantes. Para más información, consultar norma NTC 6228.

4.5.1 Protección personal

Protección personal y control por exposición de R-600a. Se entiende por equipo de protección personal (EPP) cualquier elemento destinado a ser llevado por el trabajador para que sea protegido de uno o varios peligros amenacen su seguridad o su salud en el trabajo.

La utilización de un EPP o de una combinación de EPP contra uno o varios riesgos puede conllevar molestias, por lo que se debe considerar la comodidad y el nivel de seguridad requerido para el personal.

Así como se presentó en el capítulo 3.2.1, los elementos de protección personal (EPP) para la manipulación del refrigerante R-600a son:

- Guantes impermeables de nitrilo, recomendados para manipular refrigerante líquido.
- Gafas de protección apropiadas para el manejo de sustancias químicas (protección frontal y lateral).
- Bajo condiciones normales de trabajo, ninguna protección respiratoria es requerida para el manejo del refrigerante. El aparato de respiración autónoma es requerido solo en caso de que una descarga grande de refrigerante.

4.5.2 Marcas/símbolos gráficos de seguridad en el lugar de trabajo, basado en Norma EN/ISO 7010

De acuerdo con las normas nacionales de prevención de accidentes, las empresas están obligadas a identificar los peligros y los dispositivos de seguridad existentes en todos los lugares de trabajo, mediante señales de seguridad e indicar las prohibiciones.

Así como se vio en el capítulo 3.1.5, los colores de seguridad y las señales están adaptadas a estándares internacionales aceptadas y conocidas que se exhiben en lugares de trabajo o espacios públicos de todo el mundo.

- Los símbolos de prohibición alertan sobre las conductas que puedan causar peligro, por ejemplo, fumar en las salas de máquinas.
- Los símbolos obligatorios indican un determinado comportamiento, por ejemplo, el uso de equipos de protección.
- Los símbolos de advertencia son señales de seguridad que avisan de un peligro, por ejemplo, una tensión eléctrica peligrosa.
- Las señales de rescate contienen símbolos que indican rutas de emergencia o instalaciones de escape en situaciones peligrosas, por ejemplo, la indicación de una instalación de lavado de ojos.
- Los símbolos de protección contra incendios indican el equipo utilizado para informar o controlar un incendio, por ejemplo, un extintor o una alarma contra incendios.

A continuación, en las figuras 89, 90, 91, 92 y 93, se muestran las marcas/símbolos gráficos de seguridad de tipo prohibición, obligatoriedad, advertencia, rescate y protección contra incendios. Adicionalmente, en la figura 94 se muestran las etiquetas de seguridad en los extintores de incendios.

Figura 89 Símbolos de seguridad de PROHIBICIÓN

Selección de símbolos de seguridad (según EN ISO7010)				
Símbolos de prohibición				
Prohibido sin autorización	Prohibido el uso de camiones industriales	Sin llama abierta, fuego, fuente de ignición	No extinguir con agua	No tocar
Está prohibido fumar	No camine a través de esta zona	No se permiten teléfonos celulares	Sin conmutación	Prohibida su colocación o almacenamiento

Fuente: GIZ (2019).

Figura 90 Símbolos de seguridad de OBLIGATORIEDAD

Símbolos obligatorios				
Usar gafas protectoras	Usar casco protector	Use protección para los oídos	Use protección respiratoria	Use zapatos de seguridad
Usar guantes de seguridad	Use ropa protectora	Usar careta de protección	Desconectar el enchufe de la red eléctrica	Desconectar antes del servicio o mantenimiento

Fuente: GIZ (2019).

Figura 91 Símbolos de seguridad de ADVERTENCIA

Símbolos de advertencia				
Símbolo de advertencia general	Advertencia contra sustancias inflamables	Advertencia contra sustancias ácidas y corrosivas	Atmósfera explosiva peligrosa	Advertencia contra sustancias tóxicas
Advertencia contra la electricidad	Advertencia contra la botella de gas	Advertencia contra sustancias oxidantes	Advertencia contra el riesgo de tropiezos	Sustancias nocivas o corrosivas

Fuente: GIZ (2019).

Figura 92 Símbolos de seguridad de RESCATE

Símbolos de rescate				
Salida de emergencia a la derecha	Punto de montaje	Ducha ocular	Primeros auxilios	Teléfono de primeros auxilios

Fuente: GIZ (2019).

Figura 93 Símbolos de seguridad de PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Símbolos de protección contra incendios				
Manguera contra incendios	Extintor de incendios	Escape de incendios	Flecha de dirección del extintor de incendios	Teléfono de alarma contra incendios

Fuente: GIZ (2019).

Figura 94

Etiquetas de seguridad en los extintores de protección CONTRA INCENDIOS

Agua	Polvo	Espuma	CO2	Química Húmeda	Agua Nebulizada Desionizada
Para incendios de madera, tela, carbón, papel, tetite, textiles y otros materiales sólidos	Para material sólido, líquido, gas y fuego eléctrico.	Para materiales sólidos y fuego líquido.	Para incendios líquidos y eléctricos.	Para fuegos que involucran aceites y grasas de cocina.	Para la mayoría de los tipos de fuego.
Clase de fuego: A	Clase de fuego: A; B; C	Clase de fuego: A; B	Clase de fuego: B	Clase de fuego: F	Clase de fuego: A; B; C; F
					
No apto para todos los demás tipos de incendios.	No es apto para fuegos de virutas, sartén de grasa o fuego de metal.	No apto para fuegos de gas, metal, eléctricos o de virutas y sartén de grasa.	No apto para fuegos de gas, metal o viruta y sartén de grasa.	No apto para otros tipos de fuego.	No apto para fuegos de líquido y de gas.
	Recomendado para RACHP		Recomendado para RACHP		

Fuente: GIZ (2019).

Marcado y señalización. Se requiere el marcado pertinente en todos los lugares críticos para garantizar que el personal conozca la naturaleza del equipo y minimizar

la probabilidad de mal uso de los materiales de seguridad. Los símbolos de seguridad se presentan en la figura 95.

Figura 95

Símbolos de seguridad según su forma

MEX - NOM-003-SEGOB-2011	
Señal de	Forma
Información	 
Precaución (advertencia de peligro)	
Prohibición	
Obligación	

Fuente: GIZ (2019).

La figura 96 aporta ejemplos de señalización apropiada:

Figura 96

Ejemplos de señalización para el servicio técnico en taller de servicio e instalación del cliente



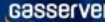
Fuente: GIZ (2019).

4.6 Ficha de datos de seguridad del R-600a

Las fichas de datos de seguridad FDS brindan la información sobre el uso seguro de sustancias y mezclas. Las FDS también se denominan MSDS (por sus siglas en inglés Material Safety Data Sheet) u hojas de datos de seguridad de los materiales. En la figura 97 se muestra un ejemplo de las FDS.

Las FDS deben estar disponibles en el sitio donde se usen sustancias o refrigerantes y corresponder a la sustancia real (refrigerante) utilizada. Además, deben estar vigentes y contener una fecha de caducidad, para una revisión cada 5 años.

Figura 97 Ejemplo de FDS: Isobutano R-600a

gasservei   gas-servei.com
Refrigerants for a better world.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD R-600a

Emisión: Octubre de 2024. Versión 2.3 Fecha: 16.10.2024

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto
Nombre comercial: R-600a (Isobutano)

1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados
Uso de la sustancia/mezcla: Refrigerante
Restricciones de uso: Únicamente para uso profesional.

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad
Nombre del proveedor: GAS SERVEI S.A.
Domicilio: C/ Motors, 151-155 nave nº 9
08038 Barcelona
ESPAÑA
Teléfono: +34 (93) 2231377
Telefax: +34 (93) 2231479
www.gas-servei.com
Dirección de correo electrónico de la persona responsable de las SDS: gas-servei@gas-servei.com

1.4. Teléfono de emergencia
Gas-servei: + 34 619373605
Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses: + 34 (91) 5620420

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla
Criterios Reglamentación CE 1272/2008 (Clasificación, Etiquetado y Empacado):
2.2/1 2.2/1 Flam. Gas H220: Gas extremadamente inflamable.
Gases a presión, Gas licuado H280: Contiene gas a presión: peligro de explosión en caso de calentamiento.

2.2. Elementos de la etiqueta
Pictogramas de peligro: Símbolos: GH502 / GH504

Palabra de advertencia: Peligro
Indicaciones de Peligro: H220: Gas extremadamente inflamable.
H280: Contiene gas a presión: puede explotar si se calienta.
Consejos de prudencia: P210: Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes-No fumar.
P377: Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.

www.gas-servei.com
Barcelona - Madrid - Zaragoza - Ciudad de México - Casablanca 1/13

Fuente: Gasservi (2025).

5

Recomendaciones



5.1 Recomendaciones generales

A continuación, se presenta una serie de recomendaciones generales formuladas por el experto Rolf Huehren de la empresa HEAT GmbH Königstein de Alemania, donde se desempeña como consultor Senior, de igual forma, se desempeña como consultor para el proyecto NAMA para el sector de la refrigeración doméstica en Colombia. Tiene experiencia en planificación y desarrollo de sistemas de refrigeración y aire acondicionado ecológicos y energéticamente eficientes, y durante sus visitas a Colombia, ha realizado talleres con el objetivo de difundir conocimiento teórico y práctico acerca del manejo del refrigerante R-600a y da las siguientes recomendaciones con base en su experiencia.

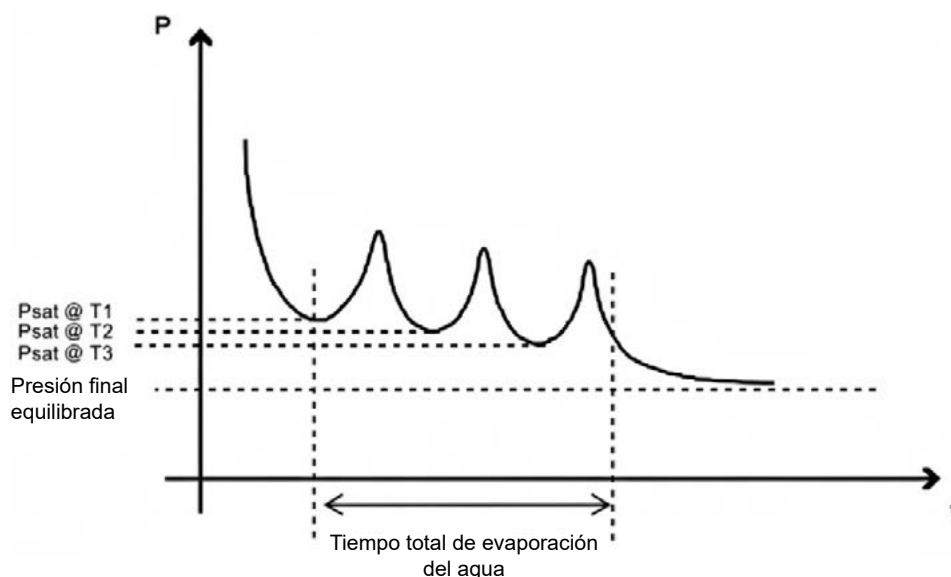
- **El juego de manómetros de cuatro (4) se debe utilizar para las actividades de mantenimiento.** Los procedimientos de carga de refrigerantes tipo HC, como el R-600a, se optimizan utilizando balanzas electrónicas con una resolución ≤ 1 gramo. Las mangueras de transferencia de refrigerante deben tener válvulas de bola de “final de línea”.

- **Desgasificación del circuito refrigerante antes de la evacuación.** La desgasificación ocurre durante la evacuación de un volumen que contiene sustancias que podrían evaporarse, debido al aumento del nivel de vacío (reducción de presión). Este proceso generalmente ocurre cuando el volumen a evacuar contiene partículas de agua. A una temperatura de 15 °C, el agua hierve a una presión de 17 mbar, por lo tanto, el sistema no puede exceder este nivel de vacío hasta que todas las moléculas de agua dentro del volumen se hayan evaporado y hayan sido evacuadas.

En realidad, la evaporación del agua no es un proceso constante porque el agua se enfría y, por lo tanto, reduce su tensión de vapor. Esto significa que se evaporarán más moléculas de agua solo cuando el sistema haya restablecido la presión dentro de la unidad a un valor equivalente al nuevo valor de tensión de vapor. La tendencia gráfica de este proceso (figura 98) es generalmente similar a un perfil de “diente de sierra”.

Figura 98

Tendencia del proceso de desgasificación de refrigerante



Fuente: GIZ (2019).

Se recomienda secar completamente el volumen a evacuar, debido a que la presencia de agua dificulta el nivel de vacío recomendado. Los métodos más comunes de secado son el barrido y el calentamiento con gases no condensables, como el oxígeno y el nitrógeno seco (OFDN).

- Para la evacuación de vacío profundo, se debe instalar una manguera de extracción tan corta y ancha como sea posible. Siempre que se pueda, no usar tubos tan pequeños como $\frac{1}{4}$ " de diámetro. Usar al menos $\frac{3}{8}$ " de diámetro entre el juego de manómetros y la máquina de vacío, porque (en servicio técnico), bajo condiciones de vacío, la capacidad de flujo de vapor es 8 veces mayor que al usar $\frac{1}{4}$ " de diámetro.
- En general, para los refrigeradores (tanto en producción como en servicio técnico) se recomienda proporcionar al circuito refrigerante conexiones de acceso en el "lado de baja" (tubo del proceso de carga del compresor) y en el "lado de alta" (tubo del proceso del filtro secador), para mantener los procesos de vacío y evacuación profunda en "ambos lados".
- La evacuación profunda o el alto vacío, durante un servicio técnico, implica la eliminación de la humedad de todos los componentes del circuito en los lados de baja y alta presión y la eliminación del gas no condensable de todos los componentes del circuito, incluido el aceite de los compresores.

Los requisitos para las tecnologías de evacuación de los circuitos refrigerantes de refrigeradores cargados con refrigerante HC (R-600a) son mucho más altos que para los refrigeradores con HFC (R-134a). Para los procesos de servicio, se deben obtener

niveles de vacío profundo ≤ 500 micras ($\leq 0,67$ mbar), mientras que durante la producción o fabricación del refrigerador debe ser de aproximadamente 40 micras (0,05 mbar).

Esto, especialmente difícil de mantener en una proporción aceptable de tiempo de evacuación para aplicaciones de servicio de refrigeradores y el tamaño proporcionado de la bomba de vacío ≥ 50 L/min (1,75 CFM), si el circuito de refrigerante ya contiene refrigerante HC, gases no condensables y humedad. Para los procesos de producción, la máquina de vacío debe ser de entre aproximadamente 135 L/min (4,8 CFM) a 300 L/min (10,6 CFM).

Generalmente, para los servicios técnicos en campo, el proceso de evacuación debe ser lo más largo posible y medirse con el uso de un vacuómetro electrónico confiable (medidor de micrones).

Para procesos de fabricación se debe llevar a cabo la evacuación en los dos lados alta y baja (por seguridad) y este proceso de evacuación debe durar aproximadamente 15 a 20 minutos (excluyendo la preevacuación). Para mantenimiento de electrodomésticos, así como retrabajos, tener en cuenta que la cantidad restante de HC (acumulada dentro del lubricante de los compresores) debe agregarse a la cantidad final de refrigerante cargada en el circuito.

Algunas pruebas realizadas en un circuito cargado con R-600a han demostrado que hasta el 40 % de la cantidad total de líquido refrigerante puede continuar mezclándose con aceite, incluso después de una buena evacuación final.

- La evacuación o vacío por los dos lados (compresor y el filtro secador) es mucho más confiable para remover la humedad en el lado de alta presión y debe ser preferido. Esto debido a que permite acelerar el tiempo de evacuación y mantener los niveles esperados de vacío profundo, en particular si el sistema ya estaba cargado con refrigerante.
- Para mantener una bomba de vacío en buenas condiciones, se recomienda el funcionamiento diario del lastre de gas, válvula de gas ballast (aproximadamente 15 minutos), revisar el nivel de aceite y controlar su calidad, antes de efectuar el procedimiento de vacío profundo.
- Se debe utilizar vacuómetro o medidor de vacío electrónico, calibrado en micras o micrones de mercurio.
- Para las prácticas de servicio técnico en campo, se deben usar máquinas de vacío de doble etapa, antichispa (a prueba de ignición) tipo ATEX, (por ejemplo, CPS o WIGAM). La bomba de vacío debe ser revisada regularmente, hacerle cambio de aceite y otras necesidades de mantenimiento.
- En general, el uso de nitrógeno libre de oxígeno, seco (OFDN) con una calidad adecuada (gas técnico $\geq 4,0$, 99,99 %) es imprescindible para dejar inerte el circuito de refrigerante del refrigerador, la inertización (ejecución de trabajos en caliente), la ruptura de vacío durante la evacuación y la limpieza.
- Todos los aparatos y equipos deben estar conectados a tierra (tierra G), para evitar descargas eléctricas, descargas electrostáticas (ESD) y chispas (SOI).
- Durante la ejecución de las actividades de servicio técnico, se deben utilizar detectores de gases sensibles (sniffer) para identificar gases inflamables en el área de servicio y los procedimientos de verificación de fugas.
- Las actividades de servicio técnico se pueden realizar mediante la aplicación de soldadura fuerte o la unión fría, a presión con componentes LOKRING, o una combinación de soldadura fuerte y Lockring.
- Los metales de relleno de soldadura fuerte obligatoriamente deben estar asociados con un fundente definido por el fabricante, compatible con ese material de relleno en particular, para los tubos y accesorios correspondientes.

Para las aleaciones de soldadura fuerte para uniones de tubos de cobre-cobre por estar juntas no se necesitan fundentes, por lo tanto, se pueden usar 2 aleaciones de cobre y fósforo diferentes, como se muestra a continuación:

EN1044	DIN8513	Composición	Material de muestra	Rango de fusión	Temperatura de trabajo	Recomendación
CP203	L-CuP6	93,8%Cu/6,2%P	BrezeTec Silfos 94	710 °C-890 °C	760 °C	Sin plata, opción más económica
CP105	L-AG2P	2%Ag/91,8%Cu/6,3%P	Brezetec Silfos 2	645 °C-825 °C	740 °C	Mejor opción, más fácil de trabajar, pero más costosa
CP104	L-AG5P	5%Ag/89%Cu/6%P	Brezetec Silfos 2	645 °C-815 °C	710 °C	

Las aleaciones de cobre y fósforo de plata del 2 % a 5 % facilitan el trabajo y reducen las fallas, pero aumentan los costos. Dichas aleaciones contienen fósforo como “fundente o flux”, y juntarlas no es difícil de realizar si las superficies a unir están limpias. Lo relevante es que la aleación fundida siempre fluirá hacia la parte más caliente de una junta, incluso contra la fuerza de la gravedad, por lo tanto, la posición y dirección de la llama son las más relevantes.

En las uniones de soldadura fuerte de tubos de acero con acero o de cobre con acero, se recomiendan las aleaciones de soldadura de plata-cobre-zinc que contienen 25 %-30 % de plata y fundente. El mayor contenido de plata se selecciona para reducir la temperatura de trabajo por debajo de 700 °C, de esta manera se puede reducir el tiempo de calentamiento.

EN1044	DIN8513	Composición	Material de muestra	Rango de fusión	Temperatura de trabajo	Recomendación
AG204	L-AG30	30%Ag/38%Cu/32%Zn	BrezeTec 3075	680 °C-810 °C	750 °C	Opción más costosa, con menos reprocesos y más duradera

Técnicamente, las aleaciones (materiales de relleno) que contienen cadmio, como el AG206, son buenas, más fáciles de aplicar con menos repeticiones y menos problemas de calidad, pero el cadmio inhalado como vapor puede causar cáncer. Una precaución especial e imprescindible con los escapes es usar filtros correctos. No se recomienda usar este material, su manipulación está restringido en muchos países, incluida la UE.

- Para unir tubos de acero superpuestos, la solución más simple y segura es la aplicación de una pasta fundente FH10 en los rangos de temperatura correctos para los materiales de relleno de plata. Con un cepillo pequeño (4 mm de ancho), la pasta se puede aplicar alrededor de la superficie exterior del tubo interior con una capa de 0,5 a 1 mm de espesor, aproximadamente. Esto debe hacerse en la misma posición del conjunto en el que se ensamblaron los tubos y no en la posición de la soldadura. El polvo fundente se puede usar solo en la posición de soldadura fuerte, aunque aplicar la cantidad correcta de polvo es difícil.
- Garantizar y verificar que los tubos del elemento del circuito a soldar estén limpios de aceite y grasa. Los tubos de proceso o entrada de los compresores deben ser revisados visualmente, para asegurar que los

extremos de los tubos están libres de aceite antes de que sean soldados. El problema en este punto es que el compresor estuvo lleno de aceite mientras fue transportado por carreteras o medios difíciles, por lo que se necesita revisar con detalle los tubos de entrada y, si están con aceite, deben limpiarse antes de la soldadura fuerte. Los compresores de alta eficiencia energética tienen altos niveles de aceite y la inclinación del compresor del refrigerador ya montado, que aún no está soldado, provoca juntas engrasadas.

Con la instalación del compresor hermético (fabricación y servicio técnico de refrigeradores), los problemas de soldadura causados por el aceite en los conectores se pueden evitar colocando el compresor en su placa base un poco antes de soldarlo en el sistema. El compresor nunca debe colocarse al revés cuando se montan las arandelas de goma en la placa base. En su lugar, se debe colocar el compresor de lado con los conectores hacia arriba.

- Se deben implementar instrucciones y controles de manufactura para reprocesos. En cualquier reparación después del funcionamiento del refrigerador, las juntas a menudo son aceitosas y deben eliminarse.

El desengrasado es posible mediante materiales ultrasónicos o desengrasantes, como la acetona. (Nota: las conexiones de cloro-carbono que se usan a menudo como materiales desengrasantes son peligrosas para los trabajadores y el medio ambiente y deben evitarse o aplicarse con precauciones especiales).

Si las juntas de soldadura no están libres de aceite o grasa, deben limpiarse. A todas las juntas que se reprocesen, después del funcionamiento del refrigerador se les debe retirar el fundente, eventualmente aceite, y las aleaciones de soldadura fuerte de las soldaduras del compresor.

- Los fabricantes de componentes de última generación (compresores e intercambiadores de calor) aseguran un bajo contenido de gases no condensables (incluido el aire con humedad) al sellar los componentes con presión negativa para evitar la absorción de nitrógeno en el aceite del compresor.
- El circuito refrigerante del refrigerador debe cerrarse antes de ≤ 15 minutos para evitar la penetración de humedad y suciedad. Los componentes deben estar a temperatura ambiente para impedir el ingreso de humedad y la condensación durante la apertura.
- Algunos fabricantes europeos usan R-600a para barrer y limpiar el circuito antes de la evacuación final y la carga, en ese caso, el circuito debe tener conexiones de acoplador rápido (HANSEN) en ambos lados (alta y baja). Se cargan y se enjuaga con unos pocos gramos de HC el sistema a limpiar, los gases no condensables, NCG y la humedad. Para el servicio técnico, el proceso puede acelerarse presionando o barriendo con nitrógeno OFDN.
- Las temperaturas de las llamas en la soldadura dependen de la selección de las temperaturas de trabajo de las diferentes aleaciones de soldadura fuerte

y los tiempos de calentamiento. A menudo se utilizan llamas calientes de acetileno-oxígeno (temperatura de llama desde aproximadamente 3200 °C y temperatura de trabajo de aproximadamente 940 °C hasta 1300 °C), en los casos de la soldadura fuerte industrial y por razones de velocidad.

En concreto, es necesario centrarse en el control de los problemas de sobrecalentamiento al soldar, estos pueden identificarse en pequeños cráteres causados por burbujas, si la llama de la antorcha no se mueve continuamente alrededor de la unión a soldar.

El “efecto de piel de naranja” o “piel de cocodrilo” en la soldadura es un signo de sobrecalentamiento que debe evitarse. Las burbujas en este caso también están encerradas en la unión y causar fugas. Los tubos, especialmente el tubo capilar, pueden derretirse y bloquearse de esta manera. Otro signo de sobrecalentamiento son los depósitos de color blanco o amarillo-marrón cerca del punto de soldadura causado por el óxido de zinc (blanco) o el óxido de cadmio (amarillo-marrón). El técnico soldador siempre debe mantener el control para no sobrecalentar el fundente, el material de relleno o los tubos.

El propano sin oxígeno está en riesgo de ser demasiado lento para aplicar la soldadura, lo que puede causar “tortura” (calentamiento demasiado prolongado, de modo que se destruye el fundente), de todas maneras no es lo suficientemente caliente como para las aleaciones sin plata. Agregar aire comprimido al gas en combustión es técnicamente bueno, pero necesita más tiempo para el proceso de soldadura como cuando se hace con oxígeno. El propano/butano con oxígeno (800 °C FT / 1250 °C WT) se usa a menudo para mejorar la relación entre la velocidad y la calidad.

El gas MAPP también se usa en la combustión con aire para la soldadura fuerte, donde teóricamente tiene una ligera ventaja sobre el gas de combustión de propano, debido a su mayor temperatura de combustión de 2020 °C (3670 °F) en el aire. Para la fabricación

y el servicio técnico de refrigeración doméstica es una desventaja, debido a la temperatura de trabajo “demasiado alta”. La mayor desventaja del gas MAPP es el costo; por lo general, es una vez y media más costoso que el propano en la refinería, y hasta cuatro veces más caro para el usuario. Actualmente no se usa en ninguna aplicación industrial a gran escala.

El uso del cilindro desechable y su disposición final está causando una consideración ambiental. Salud y Seguridad Ocupacional ha establecido el límite legal para la exposición a gases MAPP en el lugar de trabajo en 1000 ppm (1800 mg/m³) durante un día laboral de 8 horas y 1250 ppm (2250 mg/m³) para exposición a corto plazo. A niveles de 3400 ppm, 10 % del límite inferior de explosividad, el gas MAPP es peligroso para la vida y la salud.

- Las válvulas Schrader no deben instalarse en circuitos de refrigerante de baja carga, ni en aplicaciones de refrigerantes inflamables como el R-600a.
- Cada vez que se realice el servicio técnico, es imprescindible sustituir el filtro secador. Se recomienda el uso de filtros secadores de tres vías (ver también la cuarta recomendación).
- Se recomienda el uso de acoples rápidos (HANSEN) para el servicio técnico.
- La calidad de los refrigerantes HC (R-600a) debe estar de acuerdo con las normas ISO 817 y AHRI Standard 700:2017.
- Se recomienda hacer las actividades de servicio técnico en el sitio del cliente y respetar todas las medidas de seguridad, (en la apertura del circuito de refrigeración y la manipulación del refrigerante inflamable R-600a).
- Se recomienda mejorar las medidas o disposiciones de seguridad basadas en cada caso, así como la evaluación de riesgos (EOHS).

- No se recomienda realizar cambios de aceite, dentro de la ejecución de actividades de servicio técnico en compresores herméticos (por humedad o presencia de ácido). En este caso, el compresor debe reemplazarse.

5.2 Recomendaciones de los fabricantes y de servicio técnico en Colombia

El mantenimiento de refrigeradores, más conocido como servicio técnico en el subsector de la refrigeración doméstica, es una actividad muy sensible, por el contacto directo que tiene el personal técnico con las personas usuarias de los equipos y el impacto que este contacto pueda generar en la imagen de las empresas. Todos los esfuerzos que los fabricantes realizan desde la investigación, la innovación, la ingeniería, el diseño del refrigerador, su puesta en producción y la comercialización los resume el cliente en su percepción personal en cuanto a la confiabilidad del producto y la calidad, rapidez, amabilidad y efectividad del departamento de servicio técnico de la empresa, es decir que su percepción se basa en el trabajo del personal técnico, a cargo de la resolución y manejo del problema.

- **Alta humedad en el refrigerador.** Este aspecto siempre ha sido de especial atención y más actualmente con compresores que trabajan con R-600a, en vacío y con muy baja carga de refrigerante, requiriendo que las medidas se deben extremar, pues es más fácil que ingresen gases no condensables y humedad al sistema, lo que se torna como alta humedad. Esto quiere decir que con el uso de R-600a el proceso debe ser más cuidadoso. En este punto, los equipos técnicos coinciden en recomendar:
 - Realizar el servicio técnico en el taller de la empresa, preferiblemente.
 - Contar con el equipamiento y herramienta completos y en buen estado (mencionados en este documento).

- Cumplir con los Buenos Prácticas de Refrigeración (BPR) (tratados en este documento).
- Cumplir con la lista de chequeo establecida por la empresa.
- Evaluar el cambio del compresor, y en algunos casos del refrigerador, para evitar deterioro de la imagen de la compañía.
- **Vacío del sistema de refrigeración.** Este procedimiento hace parte de las BPR. El vacío realizado con máquina y vacuómetro sosteniendo los 250 micrones ideales, es la única forma de garantizar el éxito del servicio técnico. Las empresas deberán hacer un esfuerzo para:
 - Verificar que todos los técnicos cuenten con máquina de vacío.
 - Verificar que los servicios cuenten con vacuómetro.
 - Certificar que todas las personas dedicadas al servicio técnico conocen el uso y aplicación de estos procedimientos, como parte del aseguramiento de la calidad de la empresa.
 - Recomendar el vacío por ALTA y BAJA, mediante el uso del filtro secador con tubo apéndice o de 3 vías.
- **Verificación de condiciones de la instalación eléctrica.** Contar con las condiciones de tierra real en la toma donde se conecta el refrigerador intervenido. El equipamiento electrónico, ya sea compresor BLDC (sin escobillas), tarjetas o tableros y dispositivos electrónicos son muy sensibles a descargas y cortos circuitos. Para asegurar que esto se cumpla:
 - La tierra "G" o cable de tierra, debe estar conectada a tierra real.
 - La tierra NO es lo mismo que el NEUTRO "N", no se "puentean".
 - Medir entre "G" y "N" un diferencial entre 0,5 a 1 V.
 - Instruir e informar al cliente del inconveniente.
 - No contar con una adecuada conexión es causal de pérdida de la garantía sobre el refrigerador.
- **Tipo de uniones permanentes en refrigerador.** Existen dos (2) formas de unión entre componentes principales, partes y tuberías del refrigerador:
 - Soldadura fuerte (térmica), con equipo de oxiacetileno, oxipropano o propano, portátiles. Se realiza con material de diferentes aleaciones, plata y fósforo, (mencionado en detalle en este documento). Representa mayor riesgo sumando el uso del refrigerante R-600a, de tipo inflamable.
 - La soldadura térmica mediante equipo portátil de gas Mapp que, aunque es más versátil y fácil de manejar en los hogares, debería acondicionarse a la calidad tipo propano-aire, a cambio de los Mapp que regularmente se consiguen en el mercado, los cuales NO se consideran una solución técnica recomendada por ser mezclas no garantizadas, de componentes desconocidos y en proporciones muy variables de envasado.

- Unión fría o método Lokring (mencionado en este documento en detalle), con el cual el riesgo de inflamabilidad desaparece, por eso es el recomendado para ser usado en las partes más difíciles de trabajar. Se sugiere revisar la posibilidad de usar este método en todas las uniones.
- Para realizar el servicio técnico la recomendación es realizarlo en el taller de servicio de la empresa. En caso de no ser posible, se debe utilizar el método Lokring, para mitigar los riesgos.
- **Lugar recomendado para llevar a cabo el servicio técnico.** Teniendo en cuenta la experiencia y la tendencia actual se recomienda realizar el servicio técnico en el taller de servicio de la empresa. Actualmente, la proporción es del 20 % en los hogares y el 80% en los centros de servicio y, aunque implique altos costos por desplazamiento, se tienen las siguientes ventajas:
 - Minimizar los riesgos.
 - Mejorar la imagen de la marca al evitar errores y accidentes.
 - Asegurar la utilización de todas las herramientas y equipos necesarios.
 - Garantizar la utilización de todas las BPR.

Para realizar actividades de soldadura junto al uso de refrigerantes inflamables resulta obligatorio verificar las competencias técnicas y respetar las normas relacionadas con la actividad. La norma ISO 13585-2012 (la cual sustituyó la norma EN 13133-200) está relacionada con la certificación de competencia en soldadura y describe los requisitos esenciales para la cualificación del personal, los procedimientos de inspección y el área de aplicación con un certificado de prueba de competencia en soldadura.

Igualmente es importante resaltar la necesidad de generar una nueva NSCL que incorpore otros métodos de soldadura como:

- La soldadura fuerte por llama Oxiacetilénica y Mapp para refrigeración doméstica.
- La soldadura fría tipo LOKRING para refrigeración doméstica y comercial de bajo porte.
- La soldadura fría tipo ZOOMLOCK para refrigeración comercial de mediano porte.
- La soldadura básica de argón con equipo portátil para refrigeración comercial de alto porte e industrial.

Referencias



REFERENCIAS

- ANSI/ASHRAE Standard 34. (2019). ANSI/ASHRAE Standard 34 Designation and Safety Classification of Refrigerants.
- Challenger. (s. f.). Servicio Técnico Challenger. <https://www.challenger.com.co/servicio-tecnico>
- Gas-Servei. (octubre de 2019). Gas-Servei. <https://gas-servei.com/productos/refrigerantes/refrigerantes-no-fluorados/gasficha/r-600a/>
- Gasservi. (2025). Gasservi. <https://gas-servei.afliip.in/4f48a24ee9.html>
- GIZ Proklima. (2010). Buenas prácticas de refrigeración. <https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/resources/giz2011-es-buenas-practicas-de-refrigeracion.pdf>
- GIZ. (2019). Seminario práctico: Mantenimiento y reparación de refrigeración doméstica.
- Hackforth Holding GmbH & Co, V. (2023). Material Combinations. Vulkan. <https://www.vulkan.com/en/branches/refrigeration-and-air-conditioning/repair-of-refrigeration-appliances#c1401>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (1990a). NTC 4975. Cilindro de gas seguridad en el manejo y almacenamiento. Icontec.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (1990b). NTC 2699. Cilindros y tanques metálicos, inspección periódica y mantenimiento de cilindros de acero para gases de alta presión. Icontec.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (2019). NTC 6228-1. Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 1. Definiciones, clasificación y criterio de selección. Icontec.
- LG. (2023). Línea Blanca / Refrigerador / LM65BGSK. <https://www.lg.com/cac/refrigerador/lg-LM65BGSK>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MinAmbiente]. (2014). Manual de Buenas Prácticas en refrigeración. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Manual-Buenas-Practicas-Refrigeracion-1.pdf>
- Mundo HVAC&R. (11 de julio de 2014). Aceites lubricantes para refrigeración. <https://www.mundohvacr.com/2009/04/aceites-lubricantes-para-refrigeracion/>
- NuCalgon. (2023). Phase III Acid Test Kit. <https://www.nucalgon.com/products/total-system-protection/phase-iii-acid-test-kit/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP]. (2010). Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-05/teap-2010-progress-report-volume1-May2010.pdf>
- Reliable Parts. (2023). R600A. <https://www.reliableparts.ca/thumbnail/product/2516694/1600/1200/R600A-14.jpg>
- Sporlan, V. C. (2002). Catch All. <https://ph.parker.com/us/en/product-list/suction-line-sealed-model-filter-driers-sporlan-catch-all-series>
- Unidad Técnica Ozono [UTO]. (2023). NTC 6228-1. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/unidad-tecnica-ozono-y-protocolo-de-montreal/publicaciones>
- Valks, P., de Haan, J., Veefkind, R., van Oss, R. y Balis, D. (1-8 de junio de 2004). TOGOMI: An improved total ozone retrieval algorithm for GOME, XX Quadrennial Ozone Symposium, University of Athens. <https://www.temis.nl/protocols/O3total.php>



Ministerio de
Ambiente y Desarrollo
Sostenible



**Buenas Prácticas para
el servicio técnico de
refrigeradores domésticos con
refrigerante tipo hidrocarburo
(Isobutano, R-600a)**