

GUÍA TÉCNICA · MÉXICO Y LATINOAMÉRICA

# MANUAL DE

## RECUPERACIÓN · RECICLAJE · VALORIZACIÓN Y ECONOMÍA CIRCULAR DE GASES REFRIGERANTES



Para directivos, áreas ambientales y de auditoría ESG,  
empresas de servicio y técnicos HVAC-R

### De la emisión a la economía circular

Recupera el gas refrigerante en lugar de liberarlo. Recíclalo, regénéralo y reutilízalo — o entrégalo a Silver Breeze, donde puede valorizarse y, en algunos refrigerantes, generar un pago a tu favor. Cumple la ley y suma a tus metas ESG.

**RECUPERAR → RECICLAR → REGENERAR → REUTILIZAR → VALORIZAR**

**Autor: Agustín Quintana Soto**

Silver Breeze — Centro de Reciclado de Refrigerantes

comercial@silverbreeze.com.mx

WhatsApp +52 33 1709 1648

## CÓMO USAR ESTE MANUAL

### Una guía, cuatro perfiles de lector

Este manual está escrito para que cada perfil encuentre rápido lo que necesita, con un lenguaje claro y sin tecnicismos innecesarios. Use esta tabla como punto de partida.

| Perfil                         | Qué le interesa                                                                                      | Capítulos clave        |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Director / CEO de industria    | Marco legal y riesgos, responsabilidad extendida, valor económico del gas recuperado y métricas ESG. | Cap. 11, 13, 12, 21, 2 |
| Área ambiental / Auditoría ESG | Obligaciones por ley, trazabilidad y cadena de custodia, KPI verificables, normativa aplicable.      | Cap. 11, 8, 12, 20, 25 |
| Empresa de servicio HVAC-R     | Procedimientos, calidad, formularios, certificación y cómo valorizar el gas con Silver Breeze.       | Cap. 6, 7, 18, 19, 14  |
| Técnico de campo               | Seguridad, equipos, recuperación paso a paso, errores a evitar y referencia de refrigerantes.        | Cap. 4, 5, 6, 17, 16   |

#### ◆ Idea central del manual

Hoy gran parte del gas refrigerante de equipos al final de su vida se libera o se pierde. La propuesta es simple y rentable: **recuperar** ese gas, **reciclarlo** o **regenerarlo** para **reutilizarlo**, o **entregarlo a Silver Breeze** para su valorización. Así se cumple la ley, se reducen emisiones y se convierte un residuo en un activo.

## CONTENIDO

### Índice general

|           |                                                            |           |                                                             |
|-----------|------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------|
| <b>01</b> | Cómo usar este manual y el cambio de paradigma             | <b>14</b> | Red Silver Breeze: acopios, regionales y hubs nacionales    |
| <b>02</b> | Prólogo, carta del autor e introducción                    | <b>15</b> | Aplicaciones HVAC-R y buenas prácticas por sector           |
| <b>03</b> | Economía circular e impacto ambiental                      | <b>16</b> | Referencia técnica de refrigerantes (ODP · GWP · ASHRAE 34) |
| <b>04</b> | Seguridad industrial en la recuperación                    | <b>17</b> | Casos reales, errores críticos y lecciones aprendidas       |
| <b>05</b> | Equipos y herramientas para la recuperación                | <b>18</b> | Formularios operativos y anexos técnicos                    |
| <b>06</b> | Procedimiento de recuperación, paso a paso                 | <b>19</b> | Programa de certificación Silver Breeze                     |
| <b>07</b> | Calidad del refrigerante recuperado                        | <b>20</b> | Inventarios de refrigerante y control de emisiones          |
| <b>08</b> | Trazabilidad y cadena de custodia                          | <b>21</b> | Huella de carbono aplicada y emisiones evitadas             |
| <b>09</b> | Aplicación Silver Breeze: gestión digital                  | <b>22</b> | Programa de reconocimiento Silver Breeze                    |
| <b>10</b> | Valorización del refrigerante recuperado                   | <b>23</b> | Visión 2050 y futuro de los refrigerantes                   |
| <b>11</b> | Marco legal mexicano y normativa aplicable                 | <b>24</b> | Glosario técnico HVAC-R                                     |
| <b>12</b> | ESG, huella de carbono e indicadores KPI                   | <b>25</b> | Bibliografía, referencias normativas y cierre               |
| <b>13</b> | Responsabilidad extendida: del fabricante al usuario final |           |                                                             |

Edición Maestra Silver Breeze · 25 capítulos · Vigente conforme al marco legal mexicano de economía circular (2025–2026).

# 01

## CAPÍTULO 1

### EL CAMBIO DE PARADIGMA



## De liberar a recuperar: un cambio que conviene a todos

Durante décadas, la práctica común al dar servicio o retirar un equipo de refrigeración o aire acondicionado fue **ventear** el gas refrigerante a la atmósfera. Hoy esa práctica es ambientalmente dañina, económicamente absurda y, cada vez más, **ilegal**. El gas que se libera es dinero que se evapora y una emisión que se contabiliza en contra de la empresa.

### El nuevo ciclo de valor

El refrigerante recuperado no es basura: es un insumo recuperable. El ciclo que este manual promueve sustituye la emisión por una cadena que conserva valor:

| RECUPERAR                                                                           | RECICLAR                                                                      | REGENERAR                                                                         | REUTILIZAR | VALORIZAR |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|
| <p><b>≈100%</b></p> <p>del gas puede recuperarse con equipo y técnica adecuados</p> | <p><b>-80%</b></p> <p>meta de reducción de HFC en México al 2045 (Kigali)</p> | <p><b>\$</b></p> <p>algunos refrigerantes recuperados generan pago a tu favor</p> |            |           |

### Por qué ahora

- **Legal:** México aprobó en diciembre de 2025 la Ley General de Economía Circular, que reforma la LGEEPA y la LGPGIR e instituye la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) como obligación federal.
- **Climático:** los refrigerantes HFC tienen alto potencial de calentamiento global; recuperarlos evita emisiones medibles en CO<sub>2</sub> equivalente.
- **Económico:** el gas recuperado de calidad puede reciclarse, regenerarse o valorizarse; deja de ser un costo y se vuelve un ingreso o un ahorro.
- **Reputacional:** demostrar recuperación responsable fortalece la posición ESG de la empresa ante clientes, inversionistas y auditores.

#### ◆ Compromiso Silver Breeze

Silver Breeze ofrece la infraestructura para cerrar el ciclo: una red de centros de acopio locales y regionales y hubs nacionales que reciben, evalúan y valorizan el gas recuperado. El técnico y la empresa siguen trabajando; el gas no se libera, se aprovecha.



## Prólogo institucional

Silver Breeze promueve la recuperación, trazabilidad, reciclaje, regeneración y valorización responsable de gases refrigerantes como parte de una estrategia integral de economía circular y reducción de emisiones. Este manual busca fortalecer las capacidades de toda la cadena HVAC-R en México y Latinoamérica con prácticas seguras, trazables y sustentables.

## Carta del autor

La recuperación de refrigerantes es una oportunidad para proteger el medio ambiente, reducir gases de efecto invernadero y conservar un recurso valioso. Escribí esta guía para que sea útil a quien decide, a quien audita y a quien lo hace con sus manos: que el directivo entienda el porqué, el área ambiental el cómo cumplir, y el técnico el paso a paso. El objetivo es uno: cambiar la tendencia de emitir por la de recuperar.

— Agustín Quintana Soto

## Introducción

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado son esenciales para alimentos, medicamentos, confort y procesos industriales. Por el impacto ambiental de algunos refrigerantes, su manejo adecuado es una responsabilidad técnica, legal y de negocio. La recuperación correcta evita emisiones, habilita el reciclaje y la regeneración, y contribuye a las metas de sustentabilidad de la organización.

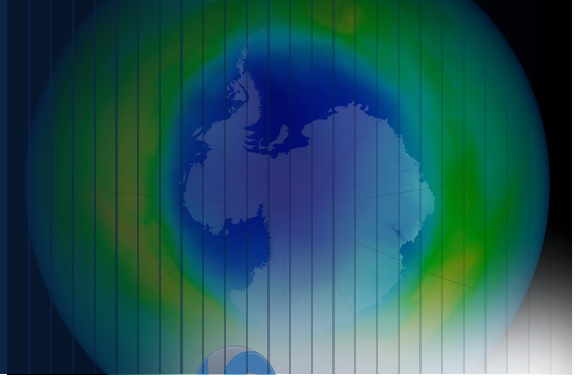
## Objetivos del manual

- ✓ Reducir emisiones de gases de efecto invernadero del sector.
- ✓ Profesionalizar la recuperación con técnica, seguridad y trazabilidad.
- ✓ Convertir el gas recuperado en valor mediante reciclaje, regeneración y valorización.
- ✓ Apoyar el cumplimiento del marco legal mexicano de economía circular.
- ✓ Posicionar a Silver Breeze como referente en México y herramienta en Latinoamérica.

# 03

## CAPÍTULO 3

### ECONOMÍA CIRCULAR E IMPACTO AMBIENTAL



## Por qué importa cada kilogramo

Los refrigerantes pueden afectar el ambiente de dos formas: agotando la capa de ozono (ODP) y calentando el planeta (GWP). Recuperarlos evita ambos daños y conserva un recurso. La economía circular aplicada a refrigerantes consiste en mantener el gas dentro de ciclos productivos el mayor tiempo posible.

### Dos indicadores que todo decisor debe conocer

- **ODP (Ozone Depletion Potential):** mide el daño potencial a la capa de ozono, tomando el CFC-11 como referencia (ODP = 1). Los CFC y HCFC tienen ODP; los HFC y HFO no.
- **GWP (Global Warming Potential):** mide el impacto climático respecto al CO<sub>2</sub> (GWP = 1) a 100 años. Muchos HFC tienen GWP de cientos a miles.

### Jerarquía Silver Breeze de gestión

| # | Acción            | En qué consiste                                                  |
|---|-------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 | Evitar emisiones  | Operar sin fugas; mantenimiento preventivo y detección temprana. |
| 2 | Recuperar         | Extraer el gas de forma segura y certificada, sin liberarlo.     |
| 3 | Conservar calidad | Filtrar, segregar y proteger el gas recuperado.                  |
| 4 | Reutilizar        | Reincorporar el gas apto cuando sea técnicamente viable.         |
| 5 | Reciclar          | Limpieza básica para mejorar su calidad.                         |
| 6 | Regenerar         | Purificación avanzada a especificación de producto nuevo.        |
| 7 | Destruir          | Última opción, sólo cuando no es aprovechable.                   |



*Recuperar y reciclar gases refrigerantes reduce directamente la huella de carbono de la operación.*

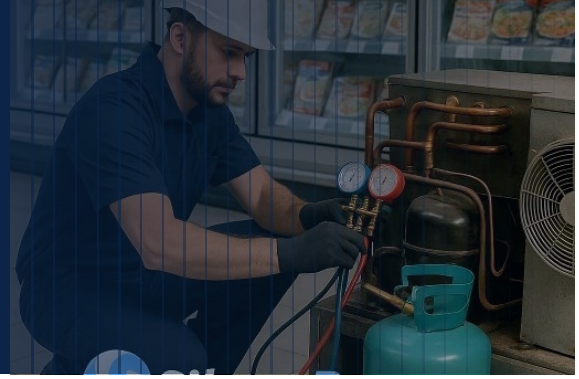
### ◆ Emisiones evitadas

Cada kilogramo recuperado correctamente puede evitar el equivalente a cientos o miles de kilogramos de CO<sub>2</sub>e, según el refrigerante. En el Capítulo 21 se muestra cómo cuantificarlo para reportes ESG.

# 04

## CAPÍTULO 4

# SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA RECUPERACIÓN



### ▲ Primero la seguridad

La recuperación se hace con presión, frío extremo y, en ciertos refrigerantes, inflamabilidad. Antes de cualquier procedimiento: evaluar riesgos, usar EPP y seguir el procedimiento escrito.

## Equipo de protección personal (EPP)

- ✓ Lentes de seguridad y, en riesgo de salpicadura, careta facial.
- ✓ Guantes resistentes a químicos y a baja temperatura.
- ✓ Calzado de seguridad; casco en instalaciones industriales.
- ✓ Protección auditiva donde el ruido lo amerite; ropa adecuada y, con refrigerantes inflamables, sin fuentes de estática.

## Clasificación ASHRAE 34 — seguridad del refrigerante

| Clase | Toxicidad | Inflamabilidad          | Ejemplos                            |
|-------|-----------|-------------------------|-------------------------------------|
| A1    | Baja      | No inflamable           | R-22, R-134a, R-404A, R-410A, R-744 |
| A2L   | Baja      | Inflamabilidad reducida | R-32, R-1234yf, R-1234ze            |
| A3    | Baja      | Alta inflamabilidad     | R-290 (propano), R-600a (isobutano) |
| B1    | Alta      | No inflamable           | R-123                               |
| B2L   | Alta      | Inflamabilidad reducida | R-717 (amoníaco)                    |

## Riesgos principales y cómo prevenirlos

- ▲ **Quemaduras por frío:** guantes y careta al manejar líquido.
- ▲ **Asfixia en espacios confinados:** ventilar y medir oxígeno antes de entrar.
- ▲ **Alta presión:** revisar mangueras y conexiones; nunca exceder presiones de diseño.
- ▲ **Riesgo eléctrico:** energía cero (LOTO) antes de intervenir.
- ▲ **Inflamables (A2L/A3):** eliminar fuentes de ignición; prohibido soldar o fumar.

## Si hay una fuga importante

1. Evacuar y ventilar el área de forma ordenada.
2. Eliminar fuentes de ignición si el gas es inflamable.
3. Avisar al responsable; no reingresar hasta que sea seguro y documentar el incidente.

# 05

## CAPÍTULO 5

## EQUIPOS Y HERRAMIENTAS



## Lo que necesita un técnico para recuperar con calidad

### Máquina recuperadora

Transfiere el gas del sistema al cilindro certificado sin liberarlo. Revisar estado y aceite del compresor; usar según el fabricante.

### Cilindro certificado

Recipiente para gas recuperado, con certificación vigente e identificación permanente. Nunca llenar más del 80% de su capacidad.

### Manifold (juego de manómetros)

Permite medir presiones y controlar el flujo de forma segura.

### Báscula electrónica

Controla el peso recuperado, evita sobrellenado y respalda la trazabilidad.

### Detector de fugas

Localiza fugas antes y después del trabajo; clave para evitar emisiones.

### Analizador de refrigerante

Verifica pureza e identifica mezclas; esencial para valorizar.

### Filtro deshidratador

Reduce humedad y partículas durante la recuperación. Usar siempre.

### Mangueras y conexiones

Limpias, sin daños y compatibles con la presión; purgar antes de conectar.

### ◆ Mantenimiento preventivo

Inspeccione, limpie y calibre el equipo con regularidad. Una báscula descalibrada o un filtro saturado comprometen la calidad del gas y la seguridad del técnico.

# 06

## CAPÍTULO 6

### RECUPERACIÓN PASO A PASO



#### Economía Circular con Gases Refrigerantes



Carga Virgen

Reparando y Recuperando

Regeneración

Reutiliza



comercial@silverbreeze.com.mx

33 1709 1648

#### ◆ Objetivo del procedimiento

Retirar el gas del sistema sin liberarlo, conservando la mayor calidad posible y garantizando la seguridad del técnico, del equipo y del ambiente.

1

**Identificar el refrigerante.** Leer la placa del equipo. Registrar tipo de gas, marca, modelo, serie, propietario y ubicación. Si hay duda, tratar como 'desconocido'.

2

**Inspeccionar el sistema.** Revisar fugas, estado general e indicios de contaminación (p. ej. compresor quemado).

3

**Preparar el cilindro.** Certificado, identificado y con capacidad disponible (máx. 80%), destinado sólo a ese refrigerante.

4

**Instalar el filtro deshidratador.** Entre el sistema y la recuperadora, para reducir humedad y partículas.

5

**Recuperar.** Conectar manifold, recuperadora y cilindro. Vigilar presión, temperatura y peso. Anotar cualquier anomalía.

6

**Pesar y etiquetar.** Registrar peso inicial y final. Etiquetar con fecha, tipo de gas, cantidad, responsable y folio de trazabilidad.

7

**Almacenar / enviar.** Cilindro vertical, identificado y protegido. Si está contaminado o mezclado, enviar a Silver Breeze para evaluación.

#### Métodos de recuperación

- **En vapor:** ideal para sistemas pequeños; minimiza arrastre de aceite.
- **En líquido:** más rápido en cargas grandes; cuidar el aceite arrastrado.
- **Push-pull:** para grandes volúmenes (chillers, refrigeración comercial).

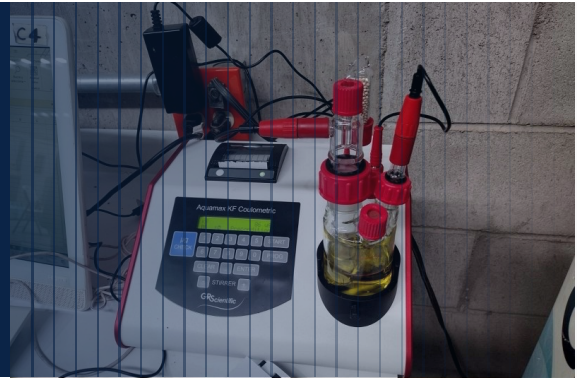
#### Reglas de oro

- ✓ Nunca mezclar refrigerantes distintos en un cilindro.
- ✓ Usar siempre cilindro certificado y filtro deshidratador.
- ✓ Registrar trazabilidad desde el inicio y guardar evidencia fotográfica.

# 07

## CAPÍTULO 7

### CALIDAD DEL REFRIGERANTE RECUPERADO



## La calidad define el valor

Cuanto más limpio se recupera el gas, mayor su valor y sus opciones: reciclaje, regeneración o reutilización. La disciplina en campo determina la calidad del lote.

### Agentes de contaminación a controlar

- ▲ **Aceite:** en exceso reduce calidad y encarece el proceso. Minimizar arrastre.
- ▲ **Humedad:** genera corrosión y ácidos. Filtro deshidratador siempre.
- ▲ **Aire / no condensables:** alteran presión y pureza. Purgar conexiones.
- ▲ **Partículas metálicas:** indican desgaste; retener con filtración.
- ▲ **Mezclas:** impiden el reciclaje eficiente. Nunca mezclar gases.

### Clasificación Silver Breeze de calidad

| Clase    | Descripción                                   | Destino típico                       |
|----------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>A</b> | Identificado, sin contaminación significativa | Reciclaje o regeneración             |
| <b>B</b> | Contaminación menor controlable               | Reciclaje estándar                   |
| <b>C</b> | Contaminación moderada                        | Evaluación técnica detallada         |
| <b>D</b> | Mezclado o muy contaminado                    | Procesamiento especial o destrucción |

#### ▲ Casos especiales

**Compresor quemado:** tratar el gas como contaminado y segregarlo. **Gas desconocido:** cilindro exclusivo rotulado 'Refrigerante desconocido' y enviar a Silver Breeze para análisis.

# 08

## CAPÍTULO 8

### TRAZABILIDAD Y CADENA DE CUSTODIA



## Saber de dónde viene y a dónde va

La trazabilidad documenta el origen, historial y condición del gas recuperado. Es el soporte para decisiones técnicas, para valorizar correctamente y para demostrar cumplimiento ante auditoría y autoridad.

### Datos mínimos a registrar

| Categoría    | Información requerida                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------|
| Propietario  | Nombre, empresa, dirección, contacto                  |
| Equipo       | Marca, modelo, serie, capacidad, tipo de refrigerante |
| Recuperación | Fecha, técnico, cantidad (kg), observaciones          |
| Cilindro     | Serie, capacidad, tara, gas almacenado                |
| Recuperadora | Marca, modelo, serie del equipo usado                 |
| Evidencia    | Fotos de placa, equipo, cilindro y área de trabajo    |

### Cadena de custodia

|            |                 |                    |                       |
|------------|-----------------|--------------------|-----------------------|
| 1. Técnico | 2. Acopio local | 3. Centro regional | 4. Hub / Reciclado SB |
|------------|-----------------|--------------------|-----------------------|

La trazabilidad digital (códigos QR y la app Silver Breeze, Cap. 9) registra cada transferencia en tiempo real y facilita auditorías.

### Registro fotográfico recomendado

- Placa de datos del equipo (gas, marca, modelo, serie).
- Vista general del equipo y del cilindro con etiqueta visible.
- Recuperadora con sus conexiones y el área de trabajo.

# 09

## CAPÍTULO 9

### APLICACIÓN SILVER BREEZE



## Trazabilidad digital en la palma de la mano

La aplicación Silver Breeze registra y da seguimiento al gas recuperado desde el primer punto hasta el centro de reciclado, fortaleciendo la trazabilidad y la economía circular.

### Qué permite hacer

- **Registro de recuperaciones:** propietario, equipo, gas, cantidad, fecha y técnico.
- **Evidencia fotográfica:** placas, equipos, cilindros y procedimiento.
- **Gestión de cilindros:** historial digital por número de serie.
- **Cadena de custodia digital:** transferencias entre técnicos, acopios y centros.
- **Solicitud de evaluación:** análisis para reciclaje, regeneración o valorización.
- **Indicadores ambientales:** kg recuperados y emisiones evitadas para reportes ESG.
- **Códigos QR:** identificación inmediata de cilindros y registros.

#### ♦ Hacia un ecosistema digital

La plataforma evoluciona para integrar trazabilidad, inventarios, indicadores ESG, huella de carbono y valorización en una sola herramienta para toda la cadena HVAC-R de México y Latinoamérica.



### ▲ Principio rector

Todo gas recuperado debe evaluarse técnicamente antes de definir su aprovechamiento. La información de campo no es una oferta de compra; la valorización definitiva se determina tras el análisis.

## Del cilindro al valor: el proceso

- **Recepción e inspección:** cilindro, etiqueta, trazabilidad y documentación.
- **Pesaje:** bruto, tara y neto para conocer el contenido real.
- **Separación de aceite:** cuantificar y separar para medir gas real.
- **Filtración:** remover partículas antes del análisis.
- **Análisis técnico:** pureza, humedad, aire y posibles mezclas.

## Qué influye en cuánto vale tu gas recuperado

- Tipo de refrigerante y su demanda de mercado.
- Calidad y nivel de contaminación del lote.
- Trazabilidad y documentación completas.
- Costos de procesamiento y tipo de cambio vigente.
- Campañas o programas especiales de valorización.

## La oportunidad para tu negocio

Lo que antes se vendeaba ahora puede convertirse en ingreso o ahorro. Silver Breeze compra gas recuperado a través de su red de acopios y hubs; **algunos refrigerantes aplican incluso a pago** por el material entregado. El técnico y la empresa recuperan, documentan y entregan — y siguen trabajando.

## Modelo de economía circular Silver Breeze

| Recuperación | Trazabilidad | Recepción | Evaluación | Reciclaje | Regeneración | Reutilización |
|--------------|--------------|-----------|------------|-----------|--------------|---------------|
|--------------|--------------|-----------|------------|-----------|--------------|---------------|

# 11

## CAPÍTULO 11

### MARCO LEGAL MEXICANO Y NORMATIVA



## Qué obliga la ley hoy en México

El manejo de gases refrigerantes en México se rige por compromisos internacionales y por leyes nacionales que, desde finales de 2025, se actualizaron para alinearse con la economía circular. Esta sección resume, en lenguaje claro, lo que cada empresa debe saber.

### 1) Compromisos internacionales que México adoptó

- **Protocolo de Montreal (1987):** eliminación gradual de sustancias agotadoras de ozono (CFC y HCFC).
- **Enmienda de Kigali (vigente en México desde 2019):** reducción gradual de HFC de alto GWP. México debía congelar su consumo de HFC en 2024 (línea base promedio 2020–2022) y avanzar hacia una **reducción del 80% para 2045**.
- **Acuerdo de París (2015):** compromete a México a reducir gases de efecto invernadero; los HFC entran en esta contabilidad climática.

#### ◆ Dato clave para decisores

Los sistemas de licencias de importación/exportación de HFC operan en México desde 2021. El gas refrigerante es un recurso regulado y limitado: recuperarlo y regenerarlo reduce la dependencia de importación de gas virgen y protege el suministro de la propia industria.

### 2) Leyes nacionales (marco general y de residuos)

- **LGEEPA — Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente:** es el marco general. Establece la política para **prevenir la contaminación** del aire y sancionar la liberación de contaminantes a la atmósfera.
- **LGPGIR — Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos:** es la ley específica de residuos. Un gas refrigerante usado o contaminado puede constituir un **residuo peligroso** y, como tal, queda sujeto a obligaciones de manejo, clasificación (conforme a la NOM-052-SEMARNAT), almacenamiento temporal, transporte autorizado y registro.

### 3) La Ley General de Economía Circular (2025–2026)

En diciembre de 2025 el Congreso de la Unión aprobó la **Ley General de Economía Circular (LGECE)**, que **reforma simultáneamente la LGEEPA y la LGPGIR** y cuya publicación en el Diario Oficial de la Federación se prevé en el primer trimestre de 2026. Sus implicaciones para la industria son directas:

- **Responsabilidad Extendida del Productor (REP) obligatoria** a nivel federal (pilar de la ley, detallado en el Capítulo 13).
- **Sistema Nacional de Economía Circular**, coordinado por SEMARNAT, para homologar criterios entre Federación, estados y municipios.
- **Valorización de residuos** como medio para prolongar la vida útil de los productos: recuperar y regenerar refrigerante deja de ser opcional para volverse política de Estado.
- Futuras **Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de economía circular** y un Distintivo Nacional de Economía Circular.

#### 4) Obligaciones del generador de residuos peligrosos (hoy)

Si su operación genera gas refrigerante usado o contaminado clasificable como residuo peligroso, bajo la LGPGIR aplican obligaciones como:

- ✓ Identificar y clasificar el residuo (NOM-052-SEMARNAT).
- ✓ Registrarse como generador ante la autoridad y autocategorizarse (micro, pequeño o gran generador).
- ✓ Contar con un **plan de manejo** y, en gran generador, registrarlo ante la autoridad.
- ✓ Llevar **bitácora** de generación y presentar el **informe anual**.
- ✓ Almacenar temporalmente de forma segura (plazos y áreas conforme al reglamento).
- ✓ Usar **transportistas y destinos autorizados** y conservar evidencias del destino final.

#### 5) Dimensión estatal

Además del marco federal, diversas **leyes ambientales estatales** regulan la calidad del aire y sancionan la **emisión de gases refrigerantes (CFC, HCFC, HFC e incluso la transición a HFO)** a la atmósfera. Las entidades federativas y municipios asumen facultades crecientes bajo la nueva ley de economía circular. La recomendación práctica: verificar el reglamento ambiental del estado donde se opera.

##### ◆ Lo que esto significa para usted

**Ventear gas refrigerante es una práctica en proceso de quedar fuera de la ley** y ya conlleva riesgo de sanción bajo LGEEPA/LGPGIR. **Recuperar, reciclar, regenerar o entregar a un centro autorizado** como Silver Breeze es la vía para cumplir, reducir riesgo regulatorio y construir el expediente de cumplimiento que su auditoría ESG necesita.

*Nota: este capítulo es orientativo y no sustituye asesoría legal. La LGEC y sus reglamentos y NOM derivadas precisarán obligaciones específicas; conviene monitorear su publicación en el DOF.*

# 12

## CAPÍTULO 12

### ESG, HUELLA DE CARBONO E INDICADORES



## Convertir la recuperación en métrica de sostenibilidad

ESG (Ambiental, Social y Gobernanza) es el marco con el que las organizaciones miden y comunican su desempeño sostenible. La recuperación responsable de refrigerantes aporta evidencia concreta a las tres dimensiones.

### Las tres dimensiones, aplicadas a refrigerantes

- **Ambiental (E):** kg recuperados, fugas reducidas y emisiones evitadas en CO<sub>2</sub>e — métricas auditables.
- **Social (S):** capacitación técnica, seguridad industrial y empleo especializado.
- **Gobernanza (G):** trazabilidad documentada, cumplimiento normativo y transparencia en reportes.

### Indicadores KPI recomendados

| Categoría | Indicador                           | Unidad                       |
|-----------|-------------------------------------|------------------------------|
| Operativo | Kg de refrigerante recuperado       | kg / período                 |
| Operativo | Recuperaciones realizadas           | número                       |
| Operativo | Trazabilidad documental completa    | %                            |
| Ambiental | Kg reciclados / regenerados         | kg / período                 |
| Ambiental | Emisiones evitadas                  | tCO <sub>2</sub> e / período |
| Ambiental | Tasa de recuperación vs. inventario | %                            |
| Calidad   | Refrigerante Clase A                | %                            |
| Calidad   | Refrigerante con contaminación      | %                            |

#### ♦ Para el área de auditoría ESG

Cada kilogramo recuperado, con su folio de trazabilidad y su certificado de valorización, es un dato verificable que sustenta el reporte de sostenibilidad y respalda el cumplimiento ante terceros.

# 13

## CAPÍTULO 13

### RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR



#### Economía Circular con Gases Refrigerantes



Carga Virgen

Reparando y Recuperando

Regeneración

Reutiliza



comercial@silverbreeze.com.mx

33 1709 1648

## Una cadena, responsabilidades diferenciadas

La Responsabilidad Extendida del Productor (REP) es el principio — ahora obligatorio en la Ley General de Economía Circular — por el cual quien pone un producto en el mercado es corresponsable de su gestión ambiental durante todo su ciclo de vida, incluido el destino del gas refrigerante al final de la vida útil del equipo. La responsabilidad **crece y se diferencia según el rol**.

| Importador / Fabricante | Distribuidor | Empresa de servicio | Usuario final |
|-------------------------|--------------|---------------------|---------------|
|-------------------------|--------------|---------------------|---------------|

### Responsabilidad diferenciada por actor

| Actor                      | Alcance de su responsabilidad                                 | Obligaciones / acciones esperadas                                                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Importador / Fabricante    | Mayor responsabilidad. Pone el gas o el equipo en el mercado. | Diseñar y financiar esquemas de recuperación (REP); ofrecer gas regenerado; reportar; asegurar disposición del refrigerante al fin de vida. |
| Distribuidor               | Responsabilidad de canal y difusión.                          | Capacitar y promover buenas prácticas; facilitar el acopio; impulsar tecnologías de menor GWP.                                              |
| Empresa de servicio HVAC-R | Responsabilidad operativa directa.                            | Recuperar sin liberar; documentar trazabilidad; entregar a centro autorizado; conservar evidencia.                                          |
| Usuario final              | Responsabilidad de gestión del activo.                        | Inventariar equipos y carga; contratar servicio responsable; exigir constancia de entrega/valorización.                                     |

#### ♦ La REP en la práctica

Ignorar el destino del refrigerante deja de ser una opción para cualquier eslabón. Sumarse a la red Silver Breeze permite a cada actor cumplir su parte: el fabricante demuestra REP, el distribuidor habilita el acopio, la empresa de servicio documenta su entrega y el usuario final obtiene la constancia de su cumplimiento.

### Beneficios de cerrar el ciclo

- ✓ Cumplimiento legal y menor riesgo de sanción.
- ✓ Ingreso o ahorro por el gas valorizado.
- ✓ Mejores indicadores ESG, reputación y menor dependencia de gas virgen importado.

# 14

## CAPÍTULO 14

## LA RED SILVER BREEZE



## Infraestructura nacional para cerrar el ciclo

Para que recuperar el gas sea fácil y rentable hace falta una red que lo reciba, evalúe y valore. Silver Breeze opera un modelo de tres niveles que acerca el punto de entrega al técnico y consolida volúmenes hacia los centros de proceso.

### Estructura de la red

#### Centros de acopio locales

- ✓ Reciben el gas recuperado de técnicos y empresas de la zona.
- ✓ Verifican documentación básica de trazabilidad.
- ✓ Almacenan temporalmente con segregación por tipo de gas.

#### Centros regionales

- ✓ Consolidan volúmenes de varios acopios locales.
- ✓ Refuerzan trazabilidad y calidad documental.
- ✓ Optimizan logística hacia los hubs nacionales.

#### Hubs nacionales (centros de reciclado)

- ✓ Recepción, pesaje, separación de aceite y filtración.
- ✓ Análisis técnico, clasificación, reciclaje y regeneración.
- ✓ Emisión de certificados de valorización y trazabilidad.

### Hubs nacionales Silver Breeze

La red se articula en torno a tres hubs nacionales en los principales corredores industriales del país, con un cuarto previsto para ampliar cobertura:

| Hub         | Región            | Estatus y rol                                 |
|-------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| Mexicali    | Noroeste          | Operativo — corredor fronterizo y manufactura |
| Monterrey   | Noreste           | Operativo — polo industrial del norte         |
| Guadalajara | Occidente / Bajío | Operativo — sede y centro logístico           |

| Hub       | Región         | Estatus y rol                             |
|-----------|----------------|-------------------------------------------|
| Querétaro | Centro / Bajío | Previsto — ampliación futura de cobertura |



*Compramos y vendemos: la red Silver Breeze recibe gas recuperado y ofrece refrigerante valorizado.*

#### ◆ Cómo se conecta tu negocio

Recupera y documenta con la app; entrega en el acopio o centro más cercano; recibe la evaluación y, según el refrigerante y su calidad, el pago o crédito correspondiente. Cobertura de recolección en todo México.

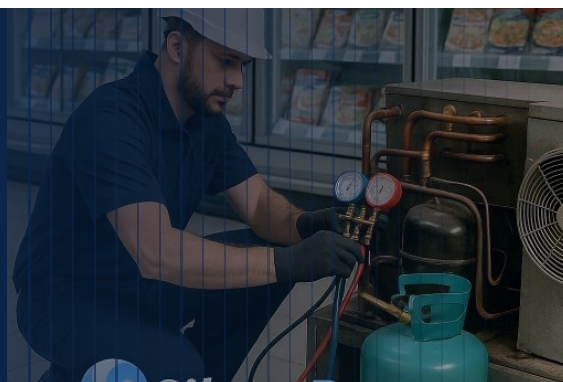
### Cadena de valor completa

|            |              |         |         |        |          |                 |
|------------|--------------|---------|---------|--------|----------|-----------------|
| Fabricante | Distribuidor | Usuario | Técnico | Acopio | Regional | Hub / Reciclado |
|------------|--------------|---------|---------|--------|----------|-----------------|

# 15

## CAPÍTULO 15

## APLICACIONES HVAC-R POR SECTOR



### Buenas prácticas adaptadas a cada sistema

| Sector                   | Consideraciones clave                                                      |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| A/C residencial          | Identificar el gas y recuperar la carga completa con cilindro certificado. |
| A/C comercial            | Trazabilidad, mantenimiento preventivo y control de fugas.                 |
| Sistemas VRF             | Gran carga: planificar, usar báscula y documentar a detalle.               |
| Chillers                 | Recuperación en líquido cuando sea posible; control de calidad riguroso.   |
| Supermercados            | Recuperar en mantenimientos y modernizaciones; trazabilidad continua.      |
| Refrigeración industrial | Personal certificado, procedimientos escritos y seguridad robusta.         |
| Transporte refrigerado   | Documentar cada intervención de mantenimiento.                             |
| A/C automotriz           | Estaciones especializadas para recuperar y reciclar.                       |
| Centros de distribución  | Gestión del gas integrada a la estrategia ESG corporativa.                 |

### Prácticas comunes a todos los sectores

- ✓ Nunca mezclar refrigerantes.
- ✓ Usar filtro deshidratador en toda recuperación.
- ✓ Registrar trazabilidad y guardar evidencia.
- ✓ Entregar el gas recuperado a la red Silver Breeze.

# 16

## CAPÍTULO 16

### REFERENCIA TÉCNICA DE REFRIGERANTES



## Tabla de consulta rápida

Valores referenciales (GWP a 100 años, orden de magnitud). Validar siempre con documentación técnica vigente del fabricante.

| Gas      | Aplicación                   | Clase | ODP | GWP≈  | Tendencia      |
|----------|------------------------------|-------|-----|-------|----------------|
| R-22     | A/C y refrigeración          | A1    | Sí  | 1,810 | En eliminación |
| R-134a   | Automotriz / comercial       | A1    | No  | 1,430 | En reducción   |
| R-404A   | Refrigeración comercial      | A1    | No  | 3,922 | En eliminación |
| R-407C   | Aire acondicionado           | A1    | No  | 1,774 | En reducción   |
| R-410A   | Aire acondicionado           | A1    | No  | 2,088 | En reducción   |
| R-507    | Refrigeración comercial      | A1    | No  | 3,985 | En eliminación |
| R-32     | Aire acondicionado           | A2L   | No  | 675   | En crecimiento |
| R-1234yf | Automotriz                   | A2L   | No  | 4     | En expansión   |
| R-290    | Doméstico / comercial        | A3    | No  | 3     | En expansión   |
| R-600a   | Doméstico                    | A3    | No  | 3     | En expansión   |
| R-717    | Industrial (amoniaco)        | B2L   | No  | 0     | Estable        |
| R-744    | Comercial (CO <sub>2</sub> ) | A1    | No  | 1     | En expansión   |

## Los 10 mandamientos de la recuperación

|                                         |                                                     |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Nunca liberar gas a la atmósfera.    | 2. Nunca mezclar refrigerantes.                     |
| 3. Usar siempre cilindros certificados. | 4. Identificar el gas antes de empezar.             |
| 5. Usar filtro deshidratador.           | 6. Mantener trazabilidad completa.                  |
| 7. Registrar evidencia fotográfica.     | 8. Conservar la calidad del gas.                    |
| 9. Priorizar la seguridad.              | 10. Entregar a la red Silver Breeze para valorizar. |

# 17

## CAPÍTULO 17

### CASOS REALES Y LECCIONES APRENDIDAS



## Aprender de lo que funciona y de lo que no

### Supermercado

Modernización de refrigeración comercial: gas recuperado con trazabilidad completa. Resultado: cero emisiones documentadas y material valorizado.

### Chiller industrial

Recuperación planificada que conservó la calidad y permitió regeneración.

### A/C automotriz

Estaciones especializadas mejoraron la recuperación y redujeron pérdidas en una flotilla.

### Compresor quemado

Gas segregado y tratado como contaminado, evitando afectar otros lotes.

### Gas desconocido

Cilindro exclusivo rotulado y enviado a análisis, siguiendo el protocolo.

### Errores críticos a evitar

- ✗ Mezclar refrigerantes en un mismo cilindro.
- ✗ Usar cilindros no certificados o dañados.
- ✗ Omitir el filtro deshidratador.
- ✗ No registrar la trazabilidad.
- ✗ Mezclar gas limpio con gas contaminado.
- ✗ Liberar gas al desconectar mangueras.

#### ▲ Lección de fondo

La calidad y el valor del gas recuperado dependen de la disciplina del técnico: identificar, segregar, filtrar y documentar.

# 18

## CAPÍTULO 18

## FORMULARIOS OPERATIVOS Y ANEXOS



### Formulario 1 — Registro de recuperación

| Campo                    | Dato  |
|--------------------------|-------|
| Fecha / hora             | _____ |
| Técnico responsable      | _____ |
| Propietario / empresa    | _____ |
| Ubicación                | _____ |
| Marca / modelo / serie   | _____ |
| Tipo de refrigerante     | _____ |
| Cantidad recuperada (kg) | _____ |
| Serie del cilindro       | _____ |
| Folio de trazabilidad    | _____ |
| Firma                    | _____ |

### Formulario 2 — Inspección de cilindro

|                                                          |                                                         |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Serie visible y legible         | <input type="checkbox"/> Certificación vigente          |
| <input type="checkbox"/> Sin daños visibles              | <input type="checkbox"/> Válvulas funcionales           |
| <input type="checkbox"/> Tara legible                    | <input type="checkbox"/> Etiquetado correcto            |
| <input type="checkbox"/> Capacidad disponible (máx. 80%) | <input type="checkbox"/> Compatible con el refrigerante |

### Formulario 3 — Cadena de custodia

| Eslabón             | Nombre / empresa | Fecha | Firma |
|---------------------|------------------|-------|-------|
| Técnico recuperador | _____            | _____ | _____ |
| Acopio local        | _____            | _____ | _____ |
| Centro regional     | _____            | _____ | _____ |
| Hub / Reciclado SB  | _____            | _____ | _____ |

# 19

## CAPÍTULO 19

### PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN



#### Economía Circular con Gases Refrigerantes



Carga Virgen

Reparando  
y Recuperando

Regeneración

Reutiliza



comercial@silverbreeze.com.mx

33 1709 1648

## Capacitación y reconocimiento profesional

|    |                                                                                                          |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N1 | <b>Técnico recuperador.</b> Seguridad, identificación, recuperación, trazabilidad y manejo de cilindros. |
| N2 | <b>Técnico avanzado.</b> Control de calidad, evaluación de contaminación y mejores prácticas.            |
| N3 | <b>Supervisor.</b> Supervisión, auditorías internas y control operativo.                                 |
| N4 | <b>Acopio certificado.</b> Recepción, segregación, almacenamiento y cadena de custodia.                  |
| N5 | <b>Centro regional.</b> Consolidación, logística y programas regionales.                                 |
| N6 | <b>Especialista en regeneración.</b> Evaluación avanzada, filtración, proceso y valorización.            |

### ♦ Visión del programa

Construir una red latinoamericana de técnicos, empresas y centros certificados, comprometidos con la recuperación responsable y la economía circular.

# 20

## CAPÍTULO 20

# INVENTARIOS Y CONTROL DE EMISIONES



## Conocer tu carga instalada es el primer paso

El inventario registra todos los equipos con refrigerante de la organización: ubicación, carga y condición. Es la base para controlar emisiones, planear recuperaciones y demostrar cumplimiento.

| Equipo / ID  | Ubicación          | Refrigerante | Carga (kg) | Estado    |
|--------------|--------------------|--------------|------------|-----------|
| Chiller-01   | Cuarto mecánico P1 | R-134a       | 45.0       | Operativo |
| A/C-Techo-03 | Producción         | R-410A       | 8.5        | Operativo |
| Cámara-02    | Almacén B          | R-404A       | 22.0       | Operativo |
| [Agregar]    |                    |              |            |           |

## Indicadores recomendados

- Kg totales instalados y kg recuperados en el período.
- Emisiones evitadas (tCO<sub>2</sub>e) y tasa de recuperación (%).
- % de equipos inventariados y fugas detectadas/corregidas.
- Kg reciclados o regenerados y entregados a Silver Breeze.

### ◆ Vínculo con la ley

Un inventario y su bitácora son insumos directos para el plan de manejo, el informe anual y la trazabilidad que exige el marco de residuos peligrosos (Cap. 11).

# 21

## CAPÍTULO 21

# HUELLA DE CARBONO Y EMISIONES EVITADAS



## Cuantificar el beneficio climático

La huella de carbono mide los gases de efecto invernadero emitidos por una actividad, en CO<sub>2</sub> equivalente. Recuperar refrigerante en lugar de liberarlo produce **emisiones evitadas** que pueden medirse y reportarse.

### Impacto referencial: 10 kg recuperados

| Refrigerante | GWP (100 a) | 10 kg recuperados equivalen a...               |
|--------------|-------------|------------------------------------------------|
| R-404A       | 3,922       | ≈ 39.2 toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas |
| R-507        | 3,985       | ≈ 39.9 toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas |
| R-410A       | 2,088       | ≈ 20.9 toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas |
| R-22         | 1,810       | ≈ 18.1 toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas |
| R-134a       | 1,430       | ≈ 14.3 toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas |
| R-32         | 675         | ≈ 6.8 toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas  |
| R-1234yf     | 4           | ≈ 0.04 toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas |

Cálculo simple:  $\text{kg recuperados} \times \text{GWP} \div 1,000 = \text{toneladas de CO}_2\text{e evitadas}$ . Valores de GWP según IPCC; verificar con la fuente vigente.

### ◆ De métrica a reputación

Las emisiones evitadas convierten cada recuperación en un logro climático auditable, ideal para reportes ESG y para comunicar el compromiso de la empresa.

# 22

## CAPÍTULO 22

### PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO



## Distinguir a quienes lideran el cambio

| Categoría                 | Descripción                                                 | Criterio                    |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Técnico responsable       | Buenas prácticas, seguridad y trazabilidad consistentes.    | Recuperaciones documentadas |
| Empresa responsable       | Programa de recuperación, capacitación y gestión ambiental. | Programa ESG activo         |
| Acopio certificado        | Segregación, trazabilidad y almacenamiento seguro.          | Estándares Silver Breeze    |
| Centro regional destacado | Fortalece la red regional.                                  | Volumen y calidad           |
| Aliado estratégico        | Impulsa sustentabilidad e innovación.                       | Impacto en la industria     |

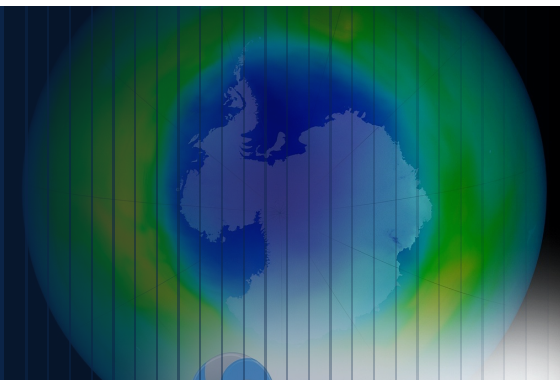
## Criterios de evaluación

- ✓ Recuperación responsable y documentada.
- ✓ Calidad del gas (Clase A preferente) y cilindros certificados.
- ✓ Trazabilidad completa y evidencia fotográfica.
- ✓ Participación en la red y cumplimiento ambiental.

# 23

## CAPÍTULO 23

### VISIÓN 2050 Y FUTURO DE LOS REFRIGERANTES



## Hacia dónde va la industria

La industria HVAC-R se transforma por la reducción de emisiones, la eficiencia energética, la digitalización y la transición a refrigerantes de menor impacto.

| Área              | Tendencia esperada                                               |
|-------------------|------------------------------------------------------------------|
| Refrigerantes     | Menor GWP; más HFO, CO <sub>2</sub> , amoníaco e hidrocarburos.  |
| Trazabilidad      | Digitalización total: QR, apps y sensores en tiempo real.        |
| Economía circular | Recuperación, reciclaje y regeneración como estándar.            |
| ESG               | Integración obligatoria; métricas auditadas.                     |
| Regulación        | Eliminación acelerada de HFC de alto GWP (rumbo a -80% en 2045). |
| Tecnología        | Equipos de menor carga y fugas prácticamente nulas.              |

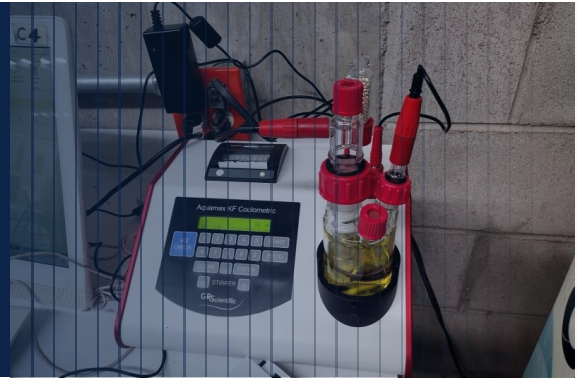
#### ♦ Visión Silver Breeze

Una industria donde cada kilogramo de refrigerante se gestione de forma responsable, trazable y circular — con México como referente y Latinoamérica como horizonte.

# 24

## CAPÍTULO 24

### GLOSARIO TÉCNICO HVAC-R



| Término               | Definición                                                           |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|
| HVAC-R                | Calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración.        |
| ODP                   | Potencial de agotamiento de ozono (CFC-11 = 1).                      |
| GWP                   | Potencial de calentamiento global ( $\text{CO}_2 = 1$ , a 100 años). |
| $\text{CO}_2\text{e}$ | Dióxido de carbono equivalente; unidad para medir GEI.               |
| REP                   | Responsabilidad Extendida del Productor.                             |
| LGEEPA                | Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.    |
| LGPGIR                | Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.   |
| LGEC                  | Ley General de Economía Circular (2025).                             |
| SEMARNAT              | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.                   |
| NOM-052               | Norma que define la peligrosidad de un residuo.                      |
| A1 / A2L / A3 / B2L   | Clases de seguridad ASHRAE 34 por toxicidad e inflamabilidad.        |
| CFC / HCFC            | Refrigerantes con cloro; dañan la capa de ozono (en eliminación).    |
| HFC                   | Refrigerantes sin cloro pero de alto GWP (en reducción).             |
| HFO                   | Refrigerantes de nueva generación, muy bajo GWP.                     |
| Recuperación          | Extraer el gas de un sistema sin liberarlo a la atmósfera.           |
| Reciclaje             | Limpieza básica para mejorar la calidad del gas.                     |
| Regeneración          | Purificación avanzada a especificación de producto nuevo.            |
| Trazabilidad          | Seguir el historial y la ubicación del gas en toda la cadena.        |
| Valorización          | Aprovechar el gas recuperado dándole valor económico.                |

# 25

## CAPÍTULO 25

## BIBLIOGRAFÍA, REFERENCIAS Y CIERRE



### Referencias normativas (México)

- ✓ Ley General de Economía Circular (aprobada dic. 2025; reforma LGEEPA y LGPGIR).
- ✓ LGEEPA — Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- ✓ LGPGIR — Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.
- ✓ NOM-052-SEMARNAT (clasificación de residuos peligrosos).
- ✓ Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali (vigente en México desde 2019).
- ✓ Acuerdo de París y Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México.
- ✓ Hoja de Ruta para implementar la Enmienda de Kigali en México (SEMARNAT).

### Bibliografía técnica

- ASHRAE Handbook — Refrigeration / HVAC Systems and Equipment.
- AHRI Standards and Guidelines.
- UNEP OzonAction; IPCC (informes de evaluación, GWP).
- US EPA — Refrigerant Management; documentación técnica de fabricantes (Danfoss, Emerson, Honeywell, Chemours).

***Cada kilogramo de refrigerante recuperado correctamente es una emisión que se evita, un recurso que se conserva y un paso hacia una industria HVAC-R más sustentable. Cambiemos la tendencia: que el gas ya no se libere, sino que se recupere, se recicle, se reutilice — o se entregue a Silver Breeze para su valorización.***

## Datos editoriales

| Campo          | Dato                                                 |
|----------------|------------------------------------------------------|
| Autor          | Agustín Quintana Soto                                |
| Editor técnico | Silver Breeze — Centro de Reciclado de Refrigerantes |
| Correo         | comercial@silverbreeze.com.mx                        |
| WhatsApp       | +52 33 1709 1648                                     |
| Lema           | Por una Evolución Sustentable                        |
| Derechos       | © Todos los derechos reservados. Silver Breeze.      |