

Categoría de Ficha

Las fichas Categoría B son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

12 Estimación de huella de carbono
15 Fuentes de energía renovable y alternativa

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.8.1- [Guía N](#) de Eficiencia Energética, 6.9.1- [Guía O](#) de Reducción de Emisiones de GEI.



ISO14064-1:14064-1:2018
Especificación con orientación, a nivel de organización para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de GEI.
Requisitos: 6 y 7



ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
Requisitos: 6.1.2 y 8.1



Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Sustitución de refrigerantes según potencial de calentamiento global

FICHA
14

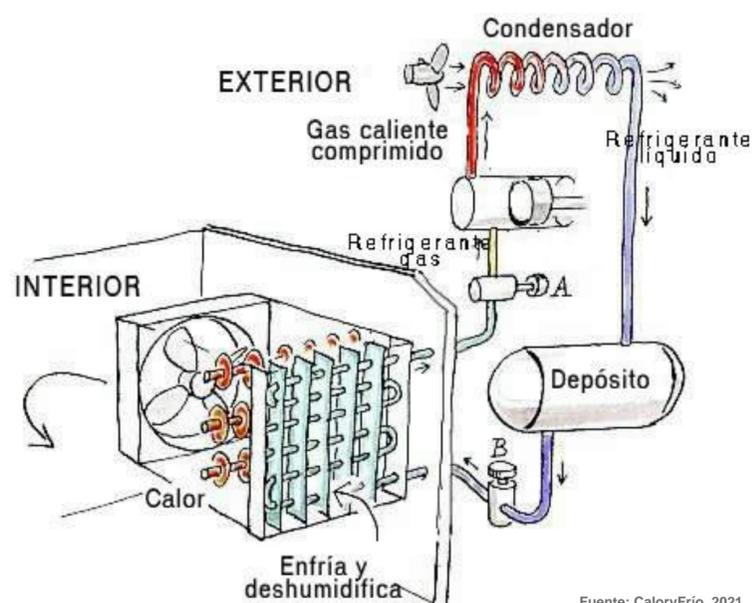
Descripción de la medida

La búsqueda de condiciones adecuadas de temperatura para disminuir el grado de actividad microbiana, ralentizar los procesos de maduración de alimentos, así como generar confort térmico a los ocupantes dentro de las instalaciones son sólo algunos ejemplos de los usos dados a la refrigeración en el mundo actual.

Sistemas como aires acondicionados, refrigeradoras, dispensadores de agua fría, congeladores, cámaras de maduración, contenedores y buques de carga refrigerados corresponden a elementos de la cadena de valor en la producción de piña y banano, los cuales utilizan gases refrigerantes para su funcionamiento.

En sí la refrigeración es un proceso que extrae el calor de un ambiente y lo traslada a otro, consiguiendo que este primer punto se enfríe.

Técnicamente, esto se logra dentro de un circuito cerrado basado en un fluido refrigerante, el cual recibe una transformación de estado líquido a gaseoso a través de un equipo evaporador, para posteriormente, tomar el calor del interior de la zona que se desea enfriar, y finalmente convertirse nuevamente en líquido por medio del equipo condensador (Iturbe, 2022¹ e ICE, 2014²)



Fuente: CaloryFrio, 2021

Esta industria ha sufrido una evolución importante, debido no sólo a los compromisos relacionados con la seguridad humana, sino también producto de los impactos ambientales nocivos percibidos por la liberación de estas sustancias, lo cual nos lleva a contar con cuatro “generaciones” de refrigerantes a lo largo del tiempo.

¹ En qué consiste la refrigeración. [CaloryFrio, 2022](#)

² Buenas prácticas de eficiencia energética para refrigeración industrial. [Instituto Costarricense de Electricidad \(ICE\), 2014](#).

Los **primeros refrigerantes** utilizados a nivel mundial fueron sustancias tales como cloruro de etilo, dióxido de azufre, amoníaco y dióxido de carbono (**refrigerantes naturales**), sin embargo, en esas épocas se carecían de controles tecnológicos, por lo que fueron descartados por su toxicidad e inflamabilidad³

La **segunda generación de refrigerantes** pretendía dar respuesta a esta problemática sintetizando nuevas sustancias que no fueran tóxicas ni inflamables. De esta forma nacen los **Clorofluorocarbonos (CFC)**, los cuales fueron considerados en su momento como “amigables”⁴.

A pesar de su efectividad en función de la seguridad humana, se identificaría que esta nueva categoría de gases contaba con un impacto nocivo sobre la capa de ozono⁵, destruyendo parcialmente esta importante barrera de protección del planeta. Posteriormente se sintetizaron refrigerantes clasificados como **Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)**, los cuales sustituyeron parcialmente el uso de los tipos CFC existentes hasta ese momento. Este grupo de sustancias, aunque disminuyeron significativamente el daño sobre la capa de ozono, no lo eliminaron por completo, por lo que se clasifican como sustancias de transición.

La eliminación completa de las sustancias agotadoras de la capa de ozono en el mundo de la refrigeración se logró al constituir un nuevo grupo de sustancias denominadas **Hidrofluorocarbonos (HFC)**. Esta se considera la **tercera generación** de gases refrigerantes, creados para sustituir los CFC y los HCFC. Debido a su nula afectación a la capa de ozono, fueron en su inicio catalogados por parte de la comunidad internacional como “amigables con el ambiente”, sin considerar que un impacto ambiental diferente se estaba provocando y de manera significativa. La presencia de flúor en la composición de este tipo de gases (al igual que en los anteriores CFC y HCFC) provoca que estos sean peligrosos gases de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global⁶ que puede ser muchas veces mayor al del dióxido de carbono.

Generación Tipo de refrigerante	I Refrigerantes naturales	II CFC HCFC	III HFC	IV HFO	Refrigerantes naturales	
Variables						
Toxicidad e inflamabilidad	Alto <small>Pericardio</small>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto <small>Moléculas pesadas</small>
Daño a la capa de ozono	Nulo	Alto	Alto	Nulo	Nulo	Nulo
Potencial de calentamiento global	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

Evolución de los gases refrigerantes a través de las 4 generaciones existentes, incluyendo sus impactos en toxicidad, inflamabilidad, daño a la capa de ozono y potencial de calentamiento global.

En respuesta a la problemática mundial del cambio climático se establece como punto de partida el Protocolo de Kioto, buscando controlar tanto a los HFC como a otros gases de efecto invernadero. Derivado de este, se han emprendido una serie de mejoras, entre las cuales se encuentra la eliminación de este tipo de sustancias y el traslado a gases de bajo o nulo potencial de calentamiento global. Esto ha incluido el regreso a la primera generación de refrigerantes (**refrigerantes naturales**), considerando que el avance tecnológico actual ha permitido contar con amplias medidas de seguridad y control para evitar la afectación de la salud humana. Paralelamente, se han desarrollado nuevas sustancias denominadas **Hidrofluoroolefinas (HFO)**, las cuales cuentan con un potencial de agotamiento de ozono igual a cero y un bajo

potencial de calentamiento global, siendo soluciones de menor impacto con respecto a los gases fluorados tradicionales.

A nivel mundial se han establecido plazos de eliminación para la fabricación de los refrigerantes de segunda y tercera generación. Actualmente ya se cuenta con restricciones de producción de sustancias tipo CFC y HCFC, y a partir del 2019 se ha iniciado la eliminación gradual de gases tipo HFC. Si bien en Latinoamérica aún existe un uso importante de estos tres tipos de refrigerantes, es claro que este tipo de iniciativas nos llevarán a la eliminación pronta de estas sustancias.

El recorrido histórico presentado anteriormente pretende enfatizar en las lecciones aprendidas a lo largo del tiempo, en donde las decisiones que se han tomado para solventar un problema han acarreado a su vez nuevos inconvenientes al no haberse analizado de manera integral sus implicaciones. La información científica disponible nos permite concluir que los gases tipo CFC, HCFC y HFC cuentan con impactos ambientales significativos, por lo que se debe evitar su uso. En su lugar se cuenta con nuevas tecnologías tales como los **refrigerantes naturales y los HFO**, los cuales actualmente poseen altos niveles de seguridad en el manejo, así como impactos ambientales reducidos con relación al agotamiento de la capa de ozono y al calentamiento global.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Conlleva a una nula afectación a la capa de ozono: los gases refrigerantes naturales, así como los HFO no producen ningún tipo de afectación a la capa de ozono, en comparación con los gases tradicionales tales como los CFC y HCFC.
- Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero: los gases refrigerantes naturales, así como los HFO cuentan con potenciales de calentamiento global reducidos en comparación con gases tipo HFC, CFC y HCFC.
- Favorece un menor presión sobre los recursos existentes: los avances tecnológicos en la industria de refrigeración no solamente han contribuido a contar con gases refrigerantes de menor impacto ambiental, sino que también se asocian a equipos de alta eficiencia en el consumo de energía eléctrica, reduciendo la presión sobre los recursos existentes.

Beneficios para la persona productora:

- Disminuye costos económicos al utilizar nuevos sistemas de refrigeración que incorporan mecanismos tecnológicos de programación según requerimiento térmico. Esto incluye la incorporación de programas que controlan el sistema de refrigeración, encendiéndolo o apagándolo en función de los requerimientos de temperatura del producto o recinto. Esto reduce el nivel de uso de la energía eléctrica para la refrigeración, lo que implica a su vez una disminución en el costo económico asociado⁷
- Facilita el alineamiento con requerimientos internacionales: a nivel europeo ya existe reglamentación que limita el uso de los gases refrigerantes tradicionales tales como los CFC, HCFC y HFC. Para esto se han establecido periodos de transición hacia las nuevas tecnologías con el uso de gases refrigerantes naturales o en su defecto, de la categoría HFO. Es previsible que estos requerimientos sean trasladados al corto plazo por parte de los clientes.

³ Evolución de los fluidos refrigerantes. [Sanguinetti, E. 2020.](#)

⁴ Formación y destrucción del ozono estratosférico. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2007.

⁵ El término “capa de ozono” describe la zona de mayor concentración de moléculas de ozono en la estratosfera. La capa, que tiene un grosor de 10–20 Km envuelve a todo el planeta como una burbuja y actúa como filtro contra la dañina radiación ultravioleta (UV) producida por el sol. [Mundo GEO. 2020.](#)

⁶ El potencial de calentamiento global define el efecto de calentamiento a lo largo del tiempo que produce la liberación de 1 kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂. Por ejemplo: la liberación de 1 kg de

CH₄ provoca un efecto de calentamiento 21 veces superior al CO₂, siendo este valor el potencial de calentamiento global del metano-. [GreenFacts. 2001.](#)

⁷ Huella de Carbono de la cadena de Suministro de Banano. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2018

- Mejora en la imagen corporativa: la selección de insumos de bajo impacto ambiental durante su operación fortalece la imagen de responsabilidad en todos los rangos de acción ambiental hacia los clientes y proveedores.

Metodología de implementación de la medida

La gestión integral de los gases refrigerantes debe abarcar 5 procesos diferentes: el establecimiento y aplicación de una política corporativa que integre elementos claves para la compra, mantenimiento y disposición de equipos de frío; la búsqueda y consideración de información técnica sobre el equipo previo a su adquisición; el seguimiento y mantenimiento recurrente de los equipos durante su operación; así como la aplicación de prácticas adecuadas durante el retiro o sustitución del equipo y la gestión final de residuos asociados. A continuación, se detallan los métodos que deberían ser aplicados para cada uno de los 5 pasos señalados:



Paso 1. Establecimiento de una política corporativa para el manejo de equipos de frío:⁸

Una política corporativa se refiere a un conjunto de principios establecidos como compromisos, en los cuales se visibilizan las intenciones de la finca para aplicar las mejores prácticas con el fin de disminuir los impactos asociados a los equipos de frío. La política constituye la base para establecer objetivos relacionados con este tipo de equipos, con los cuales se puede llegar a desarrollar acciones para obtener los resultados previstos: menor impacto ambiental posible y mayor eficiencia en el uso de recursos.

Para lograrlo, es necesario contemplar compromisos en todas las etapas del ciclo de vida de los equipos de frío, incluyendo los procesos de selección y compra, uso y mantenimiento, así como la disposición adecuada de los equipos al cumplir con su ciclo de vida útil.

El establecimiento de la política corporativa en estos términos, podría desencadenar en la aplicación de planes progresivos para la sustitución de equipos de frío y la incorporación de proveedores para el mantenimiento de equipos instalados, entre otras prácticas relacionadas. Es importante procurar que esta política se mantenga de forma documentada, se comunique dentro de la finca y se encuentre disponible ante cualquier parte interesada.



Fuente ECOEMBES, 2017



Paso 2. Selección del equipo de refrigeración a adquirir

La selección de un sistema de refrigeración es una tarea que debe cumplir con tres premisas fundamentales: seguridad, menor impacto ambiental posible y eficiencia energética.

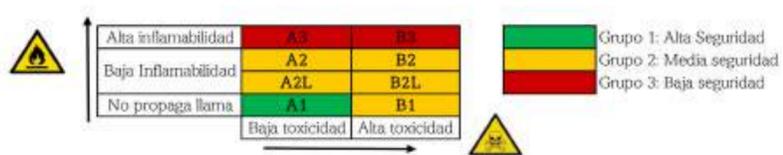
a. Desde el punto de vista de seguridad

Es relevante analizar valores de toxicidad e inflamabilidad de los gases refrigerantes asociados. Para estos efectos la Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) ha establecido un método de identificación conformado por una letra seguida de un número (por ejemplo, A3)⁹; en donde el primer elemento muestra la toxicidad y el segundo la inflamabilidad.

Aplicando este método de clasificación, se tiene:

- Dos clases de toxicidad: menor toxicidad (clase A) y mayor toxicidad (clase B).
- Cuatro niveles de inflamabilidad: refrigerantes clase 3 son altamente inflamables, los de clase 2 se consideran con inflamabilidad media, los de clase 2L son levemente inflamables y clase 1 no cuentan con esta propiedad.

Un resumen de la clasificación en función de la inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes se presenta en la figura 1. En la [tabla 1](#), se describen valores de seguridad para los principales gases refrigerantes utilizados en la agroindustria. La lista completa es publicada por [ASHRAE](#).



Fuente: Adaptado de Bacharach, 2020.

Figura 1. Clasificación del grupo de seguridad de refrigerantes.

Recomendación final con respecto a la seguridad: a la hora de seleccionar el equipo a adquirir es importante revisar la clasificación de seguridad del refrigerante, dando preferencia a aquellas categorías de mayor seguridad (A1). En caso de que la persona productora ya cuente con dispositivos cuya categoría es de menor seguridad, es necesario verificar cuáles son las medidas establecidas en el equipo para evitar afectaciones a la salud, tales como los sistemas de circulación y confinamiento de gases, los elementos de notificación y alerta en caso de fallo, así como la implementación de sistemas de detección de fugas y alarma de ser necesario. Este aspecto podría ser supervisado por medio de las prácticas de revisión y mantenimiento preventivo.

b. A nivel de impactos ambientales

Existen dos elementos fundamentales a considerar: el potencial de agotamiento del ozono (PAO) y el potencial de calentamiento global (PCG). Por un lado, el agotamiento del ozono se asocia al uso de refrigerantes de la categoría CFC y HCFC, siendo ejemplos tradicionales de estas categorías los gases R11 (CFC), R12 (CFC) y R22 (HCFC). En la [tabla 1](#) se describen valores potenciales de agotamiento de ozono para los principales gases refrigerantes utilizados en la agroindustria. Para la identificación de otros casos es fundamental revisar la ficha técnica del producto o identificar información bibliográfica de respaldo (ver ejemplo en la figura 2). Los mayores valores con este índice se asocian directamente a los mayores impactos con respecto al agotamiento de la capa de ozono.

⁸ Ejemplos de equipos de frío: aires acondicionados en oficinas y vehículos, refrigeradoras, dispensadores de agua fría, congeladores y cámaras de maduración.

⁹ Comprensión de la clasificación de seguridad de refrigerantes. [Bacharach, 2020.](#)

¿Qué es el R-32?

El nombre químico del R-32 es difluorometano.

R-32



	R-410A	R-32
Composición	Mixtura de 50% R-32 + 50% R-125	R-32 puro (sin mezcla)
GWP (Potencial de calentamiento global)	2.087,5	675
ODP (Potencial de destrucción de ozono)	0	0

Figura 2. Ejemplo de ficha técnica de aire acondicionado tipo "Minisplit". En imagen izquierda se observa el tipo de equipo y gas refrigerante confinado y en imagen derecha las características de impacto de dicho refrigerante. [Daikin, 2015](#)

Con respecto al potencial de calentamiento global, este impacto ambiental se encuentra presente en todos los tipos de gases refrigerantes existentes, abarcando desde los refrigerantes naturales hasta los halones. A pesar de esto, cada sustancia cuenta con un potencial de calentamiento diferente, provocando un mayor o menor impacto por una misma cantidad de gas liberado. Valores mayores sobre este índice refieren a un mayor impacto en función del calentamiento global. En la tabla 1, se describen valores potenciales de agotamiento de ozono para los principales gases refrigerantes utilizados en la agroindustria. Para la identificación de otros casos se pueden consultar las publicaciones emitidas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)¹⁰.

Recomendación final con respecto a impactos ambientales: inicie identificando los valores potenciales de agotamiento de ozono y calentamiento global del refrigerante asociado. Se preferirán valores de 0 para afectaciones a capa de ozono, así como los valores inferiores (ceranos a 1) para el calentamiento global.

Refrigerante	Tipo	Clasificación ASHRAE seguridad	Potencial de Agotamiento del Ozono (PAO)	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
R11	CFC	A1	1	4660
R12	CFC	A1	1	10200
R22	HCFC	A1	0,05	1760
R134a	HFC	A1	0	1300
R407c	HFC	A1	0	1624
R410a	HFC	A1	0	1924
Amoniaco	Natural	B2L	0	0
Dióxido de carbono	Natural	A1	0	1
Propano (R290)	Hidrocarburo	A3	0	3
Isobutano (R600a)	Hidrocarburo	A3	0	3
R1234yf	HFO	A2L	0	4
R1234ze	HFO	A2L	0	0

Fuentes: Myhre et al., 2013; Engineering ToolBox, 2008; Rippon y Czajko, 2019.

Tabla 1. Valores de seguridad, potencial de agotamiento del ozono y potencial de calentamiento global de los principales gases refrigerantes utilizados en agroindustria.

c. Respecto a la eficiencia energética

Existen coeficientes diseñados para analizar el desempeño energético de los equipos. Uno de los índices de mayor uso a nivel global corresponde al COP (Coefficient of performance o coeficiente de desempeño), el cual es una relación entre la energía que entra en el equipo y el calor que entrega. Entre más alto es el valor del COP, mayor será su eficiencia¹¹. Diferentes normas de eficiencia energética señalan como valor de referencia un COP mínimo de 2,8 a 3 para aquellos catalogados como de alta eficiencia energética, por ejemplo, certificaciones LEED¹² y RESET¹³ para edificaciones sostenibles.

Recomendación final con respecto a eficiencia energética: la persona productora puede buscar la identificación de los valores de coeficiente de desempeño (COP) para analizar si este supera el valor de 2,8 (lo cual sería considerado como equipo de alta eficiencia energética). Se pueden utilizar otros mecanismos de clasificación de eficiencia energética para este análisis, tales como la escala SEER (Ratio de Eficiencia Energética de Temporada por sus siglas en inglés), la cual relaciona la cantidad de frío que un equipo puede brindar de acuerdo a cada vatio de electricidad consumido, derivándolo en una escala que va de A+++ (alta eficiencia) hasta G (baja eficiencia), plasmándolo en etiquetas de fácil interpretación (ver figura 3).

	RENDIMIENTO EN REFRIGERACIÓN	RENDIMIENTO EN CALEFACCIÓN	ETIQUETA
BUENA EFICIENCIA	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10	A+++
	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10	A++
	5,60 ≤ SEER < 6,10	4 ≤ SCOP < 4,60	A+
	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4	A
	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40	B
	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10	C
CONSUMO MODERADO	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80	D
	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50	E
CONSUMO ALTO	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20	F
	SEER < 2,60	SCOP < 1,90	G

Fuente: [TECAM, 2016](#)

Figura 3. Escala de SEER (Ratio de Eficiencia Energética de Temporada).



Paso 3. Seguimiento y mantenimiento de los equipos de refrigeración

El mantenimiento de un equipo de refrigeración es esencial para garantizar óptimas condiciones de funcionamiento con el fin de mantener su rentabilidad y prolongar su vida útil. La importancia radica en la prevención de averías, que puedan afectar económicamente en gastos materiales, pérdidas de producción e incluso provocando posibles daños humanos y ambientales. A través de los mantenimientos preventivos, la persona productora puede mantener la calidad y capacidad de operación de los equipos y garantizar operaciones sostenibles económicamente a largo plazo por medio de inversiones periódicas.

Los **mantenimientos preventivos** deben ser realizados por personal competente en la materia y deben incluir al menos la limpieza de filtros de la unidad interna, limpieza de tubos de desagüe, verificación del estado de los soportes del equipo, revisión y eliminación de posibles obstrucciones al paso del

⁸ Ejemplos de equipos de frío: aires acondicionados en oficinas y vehículos, refrigeradoras, dispensadores de agua fría, congeladores y cámaras de maduración.

⁹ Comprensión de la clasificación de seguridad de refrigerantes. [Bacharach, 2020](#).

¹⁰ El Quinto Reporte de IPCC constituye el último oficializado en el mundo, el documento incluye la lista completa de potenciales de calentamiento Global. [IPCC 2018](#).

¹¹ COP bomba de calor: medir el coeficiente de rendimiento. [Junkers, 2016](#).

¹² LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) corresponde a uno de los sistemas de clasificación de edificios ecológicos más utilizados en el mundo. Es administrado por el [Green Business Certification Inc. \(GBCI\)](#).

¹³ La certificación RESET se basa en la [Norma Técnica INTE.C170](#). Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico.

aire, limpieza general de la unidad interior, revisión y limpieza de la unidad exterior, revisión y control de presiones y la comprobación de ausencia de fugas de refrigerante¹⁴.

Con relación a la frecuencia de aplicación de estas prácticas, el número de mantenimientos que se deben realizar durante un año depende en gran medida del uso que se le da al equipo (cantidad de horas al día) y a las condiciones del sitio donde se encuentra ubicado. Por ejemplo, si el equipo se encuentra expuesto a factores externos como el polvo y tierra, el mantenimiento se debe hacer con mayor frecuencia. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda realizar el mantenimiento preventivo en los siguientes periodos¹⁵:

- Equipos con uso moderado (6 a 8 horas diarias y condiciones externas normales) realizar cada 6 meses.
- Equipos con uso intensivo y condiciones externas normales (10 a 24 horas diarias), se recomienda cada 4 meses.
- Equipos de relevancia crítica para la operación de finca, con uso intensivo y condiciones externas de alta afectación, se recomienda cada 3 meses con seguimiento constante a nivel interno.

Si bien la revisión y el mantenimiento periódico de los equipos reduce la probabilidad de fallo, es claro que la posibilidad de que un equipo de frío presente un problema no es descartable del todo. En caso de que se perciban daños o problemas en los equipos es importante contactar personal capacitado en la materia, para proceder con la revisión y el respectivo mantenimiento correctivo. Asimismo, el registro documental de los eventos o daños presentados por cada equipo resulta indispensable, para tomar futuras decisiones con respecto a la sustitución o cambio de equipos que han presentado mayor cantidad de problemas en su funcionamiento. En este punto también se debe solicitar al proveedor del servicio de mantenimiento que detalle dentro de sus reportes de trabajo, los tipos y la cantidad de gas refrigerante recargada (en caso de darse). Esto permitirá establecer métricas con respecto a los impactos ambientales asociado a esta liberación.

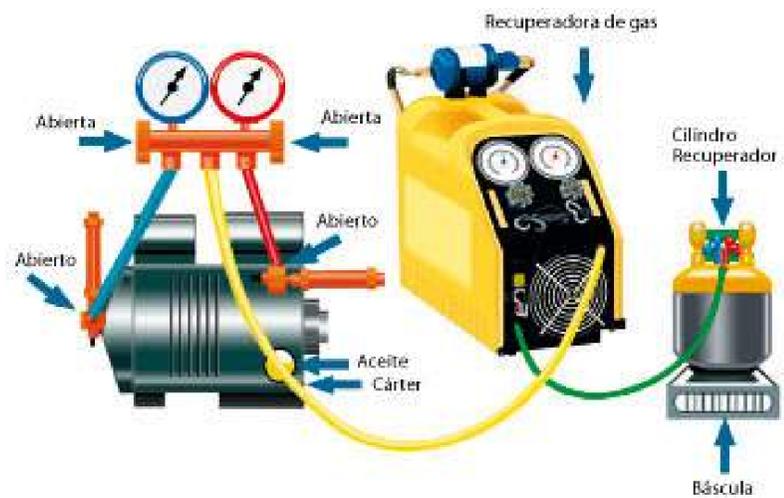


Paso 4. Prácticas a aplicar durante el retiro o sustitución de equipos

El retiro de un equipo de refrigeración constituye una práctica con un riesgo ambiental alto, pues en caso de no ejecutarse adecuadamente el gas refrigerante confinado podría ser liberado al 100%, provocando una afectación a la capa de ozono y/o en calentamiento global (según sea el gas refrigerante del que se trate). Esto implica el uso de personal capacitado técnicamente para la ejecución de estas prácticas específicas.

Para la eliminación de un equipo se recomienda extraer todo el refrigerante que se localiza en el equipo y en la red misma. Para esto, el personal técnico competente puede utilizar equipos de recuperación de gas (ver figura 4). Si el gas refrigerante, se encuentra en buenas condiciones, se puede almacenar para reutilizar de nuevo en equipos que estén usando el mismo gas o en caso contrario mantener confinado hasta que pueda ser gestionado como residuo¹⁶.

El almacenamiento temporal de los cilindros de refrigerante debe realizarse en un lugar fresco, limpio y ventilado, de preferencia techado, colocándose señalamientos del tipo de material que se está resguardando y sus especificaciones.



Fuente: Nieto, 2008

Figura 4. Proceso de recuperación de refrigerante en fase gaseosa.

Es importante asegurar que las áreas destinadas para el almacenamiento de los cilindros cuenten con extintores de clase A, B y C para cubrir cualquier posibilidad de incendio. Asimismo, el acceso a las zonas de almacenamiento debería restringirse, colocando avisos que prohíban fumar y evitando la utilización de fuentes potenciales de ignición. Otra regla que debe aplicarse es la de almacenar los cilindros a nivel de suelo y nunca en sótanos, además de hacerlo en posición vertical y con fácil acceso¹⁷.



Paso 5. Gestión final de residuos generados

Los residuos de gases refrigerantes deben ser recuperados y almacenados temporalmente para su posterior destrucción. Esta destrucción debe realizarse de forma responsable, por medio de un gestor especializado en este tipo de prácticas. A nivel de Latinoamérica, la experiencia y tecnología para la destrucción de refrigerantes es incipiente, siendo el proceso más utilizado la incineración a alta temperatura¹⁸, mediante hornos cementeros y el arco de plasma de argón¹⁹. Los países latinoamericanos que han implementado iniciativas en esta vía corresponden a Brasil, Colombia, Cuba, México, Ecuador, Trinidad y Tobago y Costa Rica²⁰.

En este punto resulta indispensable que la persona productora elabore mecanismos de registro y control de movimientos en equipos retirados, incluyendo sus características de identificación, así como las cantidades de gas recuperado, almacenado y entregado a los gestores finales de residuos. Esto permitirá comprender si el 100% de los equipos sustituidos fueron gestionados de manera apropiada o si por el contrario es necesario emprender acciones para asegurar la menor liberación posible del refrigerante a la atmósfera. Se sugiere para estos efectos establecer bitácoras de control, registrando las fechas y los detalles de los equipos retirados, incluyendo la cantidad y tipo de gas refrigerante recuperado y destruido.

¹⁴ ¿En qué consiste el mantenimiento del aire acondicionado?. *CaloryFrio, 2022*

¹⁵ ¿Cada cuánto debo hacerle mantenimiento al aire acondicionado?. *RefriCountry, 2018*.

¹⁶ Portafolio de mitigación de emisiones de GEI. Tema: gestión y uso seguro de refrigerantes. *Cámara de Industrias de Costa Rica (CICRI), 2019*.

¹⁷ Almacenamiento y disposición final de refrigerantes. *San Juan, D., 2014*.

¹⁸ Los hornos de cemento existentes y en correcto funcionamiento, pueden destruir la mayoría de los compuestos orgánicos, porque la temperatura en la zona de quemado es mayor a 1.500 °C y el tiempo de residencia de los gases en su interior, es superior a los 7 segundos. *MINAE, 2017*.

¹⁹ El Sistema de Arco Plasma de Argón es una tecnología comercializada y patentada por PLASCON SRL Plasma Limited conjuntamente con la organización de investigación científica e industrial de Commonwealth (CSIRO). Dicha tecnología fue utilizada por primera vez en 1992 para la destrucción de productos químicos tratados con cloro. *GY, 2022*.

²⁰ Análisis de la gestión ambientalmente responsable de refrigeradores y congeladores de uso doméstico en Chile. *Fundación Chile, 2021*.

Indicadores de desempeño

- Porcentaje de equipos sin sustancias agotadoras de la capa de ozono.
- Porcentaje de equipos con gas refrigerante natural o de categoría HFO.
- Toneladas de CO₂e anuales debido a las fugas de gas refrigerante presentadas²¹.
- Ahorro mensual en \$ en el pago de la facturación de energía eléctrica posterior a la compra o cambio de equipos mas eficientes.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* personal capacitado para analizar criterios de seguridad, ambientales y de eficiencia energética para la compra de equipos de refrigeración.
- *Externo:* profesionales con experiencia y conocimiento en mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.

Referencia de Costos:

- Mantenimientos preventivos y correctivos: variables según las actividades que se requieran aplicar. El costo de mantenimientos preventivos ronda desde los \$40 hasta los \$150 por equipo, según las características de cada uno de ellos.
- Compra de equipos de refrigeración: variables según el tipo de equipo. Para aires acondicionados el costo ronda entre \$300 a \$650 aproximadamente.

- Recuperación de gas refrigerante, costo del servicio variable por gestor y país, siendo un aproximado entre los \$500 a \$2.000²².
- Tecnología en el país para la destrucción de gas refrigerante recuperado. Precio aproximado según experiencia, en España: \$250 para la destrucción de 25 kg de refrigerante²³.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Es necesario poner especial atención a las características técnicas de los equipos de refrigeración previo a su adquisición, para de esta forma tomar la mejor decisión en función de los impactos ambientales asociados, elementos de seguridad, así como eficiencia energética. Una vez que los equipos han sido instalados y se encuentran en operación, es de suma relevancia el emprender prácticas de mantenimiento preventivo, de esta forma la persona productora puede asegurar un adecuado funcionamiento de los equipos a través del tiempo, reduciendo los impactos ambientales asociados a fugas de refrigerantes y las afectaciones técnicas al proceso productivo, asegurando el confort térmico del personal.

De igual manera, resultan procesos críticos la desinstalación y sustitución de los equipos de enfriamiento, debido a que el gas confinado en tales sistemas podría ser liberado de forma intencional o accidental durante estos procesos, provocando impactos ambientales adversos. Como último paso es necesario gestionar apropiadamente cualquier refrigerante remanente en los equipos sustituidos luego de que este haya podido ser confinado o recuperado luego de la desinstalación de un equipo.

Casos de éxito



Propuesta de rediseño del sistema de refrigeración a una empresa de la industria piñera en Costa Rica.

En junio 2019 se desarrolló una investigación de grado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (Tencio Piedra, 2019)²⁴, en la cual se rediseñó el sistema de refrigeración presente en una empresa de recolección, almacenamiento y distribución de piña (no se indica el nombre). Dicho sistema trabajaba originalmente con dos módulos, uno de ellos con gas refrigerante R22 y otro con amoniaco (R717), siendo la propuesta pasar a un sistema que funcionaría solamente con amoniaco (R717). En dicha investigación se buscó evaluar 4 pilares: desempeño energético, costo económico, seguridad e impacto ambiental. Asimismo, se incorporaron análisis de factibilidad financiera para analizar la viabilidad del proyecto.

Como parte de los elementos ambientales considerados se analizó el potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés) y el potencial de agotamiento de ozono (ODP por sus siglas en inglés) determinando un efecto positivo por el uso del gas R717 en sustitución del R22.

Refrigerante	GWP	ODP
R-717	0	0
R-507A	3300	0
R-22	1810	0,055

Refrigerantes según su valor de GWP y de ODP. Fuente: Tencio Piedra, 2019²⁴.

Asimismo, se analizó el ahorro energético en función de variables tales como el efecto refrigerante (ER), la potencia de compresión (Pc) y el coeficiente de rendimiento (COP) del equipo antiguo, concluyendo de forma integral que al analizar las 3 variables, el escenario financiero más favorable correspondía al equipo con amoniaco.

Con respecto al criterio de seguridad, se estudiaron las cantidades bajo las cuales la exposición al refrigerante podría ser tóxica y letal cuando fuera inhalada por el ser humano, concluyendo que si bien el amoniaco podría tener condiciones más perjudiciales se podían tomar medidas de seguridad específicas para mantener el control del sistema. Esto incluyó la incorporación de rotulación en sala de máquinas, el uso de equipo de protección personal y el establecimiento de detectores de amoniaco.

²¹ El cálculo de toneladas de CO₂e anuales debido a las fugas de gas refrigerante se realiza a partir de la multiplicación de la cantidad de gas refrigerante fugada por el potencial de calentamiento global. Por ejemplo: si se presentó una fuga de 5 kg de gas R22, la operación de cálculo sería 5 kg * 1760 (Ver tabla de la página 4) = 8800 kg CO₂e o su equivalente a 8,8 t CO₂e.

²² Procedimiento para recuperar gas refrigerante. [Certicalia, 2018.](#)

²³ Convenio Kimikal- Gestión de Gases Refrigerantes. [Agremia, 2019.](#)

²⁴ Rediseño de un Sistema de Refrigeración de R-22 a Amoniaco (R-717) en una Empresa de la Industria Piñera. [Tencio Piedra-TEC, 2019.](#)

Referencias

- [1] ¿En qué consiste la refrigeración? <https://blog.caloryfrio.com/en-que-consiste-la-refrigeracion/>
- [2] Buenas prácticas de eficiencia energética para refrigeración industrial. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/6697507c-82f5-43c0-a6c1-824852a16d6e/Refrigeraci%C3%B3n+web.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IZQ1WqF>
- [3] Evolución de los fluidos refrigerantes. <https://www.acrlatinoamerica.com/201603096353/articulos/refrigeracion-comercial-e-industrial/evolucion-de-los-fluidos-refrigerantes-i.html>
- [4] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2007. Formación y destrucción del ozono estratosférico. Colombia. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/formacion-y-destruccion-del-ozono-estratosferico>
- [5] ¿Qué es la capa de ozono y por qué se recupera ahora? https://www.mundo-geo.es/conocimiento/que-es-capa-ozono-por-se-recupera-ahora_30518_102.html
- [6] Potencial de calentamiento global. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm>
- [7] Huella de Carbono de la cadena de Suministro de Banano. <i6842s.pdf> (fao.org)
- [9] Comprensión de la clasificación de seguridad de refrigerantes. <https://www.mybacharach.com/es/comprender-las-clasificaciones-de-seguridad-de-los-refrigerantes/>
- [10] Quinto Reporte de IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf (p. 73-79)
- [11] COP bomba de calor: medir el coeficiente de rendimiento. [https://blog.junkers.es/como-medir-el-coeficiente-de-rendimiento-de-una-bomba-de-calor-de-produccion-de-a-c-s/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20COP%20\(Coeficient%20of,%2C5%20%3D%203%2C0.](https://blog.junkers.es/como-medir-el-coeficiente-de-rendimiento-de-una-bomba-de-calor-de-produccion-de-a-c-s/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20COP%20(Coeficient%20of,%2C5%20%3D%203%2C0.)
- [14] ¿En qué consiste el mantenimiento del aire acondicionado? <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/mantenimiento-de-aire-acondicionado.html>
- [15] ¿Cada cuánto debo hacerle mantenimiento al aire acondicionado? <https://refricountry.co/2018/07/16/cada-cuanto-debo-hacerle-mantenimiento-aireacondicionado/>
- [16] Portafolio de mitigación de emisiones de GEI. Tema: gestión y uso seguro de refrigerantes. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/08/Gestion-y-uso-seguro-de-refrigerantes.pdf>
- [17] Almacenamiento y disposición final de refrigerantes. <https://0grados.com.mx/almacenamiento-y-disposicion-final-de-refrigerantes/>
- [18] Manual descriptivo para recolección, acopio y manejo de gases refrigerantes para destrucción. https://drive.google.com/file/d/19_xXkdyKe4SDziHfIX53lSsWvfdYEIVm/view
- [19] Sistema de Arco de Plasma de Argón. [Destrucción de Gases Refrigerantes | Arco de Plasma de Argón - Gildardo Yañez \(gildardoyanez.com\)](https://www.gildardoyanez.com)

- [20] Análisis de la gestión ambientalmente responsable de refrigeradores y congeladores de uso doméstico en Chile. https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/04/gases-refrigerantes_2021_30-03-21.pdf
- [22] Procedimiento para recuperar gas refrigerante. [Procedimiento para recuperar gas refrigerante \(certicalia.com\)](https://www.certicalia.com)
- [23] Convenio Kimikal- Gestión de Gases Refrigerantes.. <https://agremia.com/convenio-kimikal/>
- [24] Rediseño de un sistema de refrigeración de R-22 a amoniaco (R-717) en una empresa de la industria piñera. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10918/redisenosistema-refrigeracion-r22-amoniaco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Otras consultas:

- Advertencias básicas y características más importantes en el funcionamiento del aire acondicionado tipo Split – Segunda parte. <https://branatech.com/blog/advertencias-basicas-y-caracteristicas-mas-importantes-en-el-funcionamiento-del-aire-acondicionado-tipo-split-segunda-parte/>
- Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf
- Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2013 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf
- Daikin. S.f. Unidades de pared. Emura II y R32 El refrigerante de nueva generación para sistemas de aire acondicionado y bombas de calor. https://www.daikin.es/content/dam/DACS/document-library/pdf-subidos-en-2018/fichas-de-producto-domestico/FTXJ-M_Emura_Ficha%20de%20producto.pdf y https://www.daikin.eu/content/dam/document-library/catalogues/ac/split/ftxj-ls/R-32_Focus%20Topic_ECPE15-017A_Spanish.pdf
- Etiquetado y rendimiento energético de equipos según SEER y SCOP. <https://tecama-sa.com/rendimiento-energetico-en-climatizacion-eer-seer-cop-y-scop/>
- Recuperación, reciclado y regeneración de gas refrigerante. <https://www.mundohvacr.com.mx/2008/07/recuperacion-reciclado-y-regeneracion-de-gas-refrigerante/>
- Refrigerants - Environmental Properties. https://www.engineeringtoolbox.com/Refrigerants-Environment-Properties-d_1220.html
- Refrigerant Table: Explanation and Glossary of Terms. [Microsoft Word - refrigerant table explanation June2019.docx](https://www.microsoft.com/word/2019/06/2019-refrigerant-table-explanation) (hrai.ca)

Colaboración de Experto: Ingeniero Forestal.

Manuel Chavarría Vargas

Email: manuelchav_25@hotmail.com