



# NOTA BREVE SOBRE LAS TECNOLOGÍAS DE LA CADENA DE FRÍO

## EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO Y CÁMARAS FRIGORÍFICAS




**ONU**   
programa para el  
medio ambiente



*Reconocimiento: Este informe de la cadena de frío ha sido preparado por Judith Evans (Presidenta de la Comisión C2 del IIF/IIR), ha sido revisado por Jim Curlin y Ezra Clark, expertos de la ONU OzonAction de Medio Ambiente y también varios expertos de las comisiones de IIF/IIR.*

# IIF/IIR-ONU Medio Ambiente

## Nota breve sobre la cadena de frío en el almacenamiento refrigerado y cámaras frigoríficas



Acción por el Ozono  
ONU Medio Ambiente,  
División Económica  
1 rue Miollis, Edificio VII  
75015 Paris - FRANCE  
Fax: +33 1 4437 1474  
[www.unep.org/ozonaction](http://www.unep.org/ozonaction)  
[ozonaction@unep.org](mailto:ozonaction@unep.org)

Institut International du Froid  
International Institute of Refrigeration  
177, boulevard Malesherbes,  
75017 Paris - FRANCE  
Tel. +33 (0)1 42 27 32 35  
Fax +33 (0)1 47 63 17 98  
[www.iifiir.org](http://www.iifiir.org)  
[iif-iir@iifiir.org](mailto:iif-iir@iifiir.org)

# 2 La cadena de frío

## Resumen

Las cámaras frigoríficas almacenan alimentos después de su producción y antes de que estos se transporten y distribuyan a los supermercados o establecimientos de restauración. Los alimentos que se almacenan refrigerados\* pueden permanecer en la tienda por períodos de unas horas, días o incluso un año (para algunas frutas y verduras) en refrigeradores y hasta varios meses si se almacenan congelados. Se ha demostrado que este sector es uno de los sectores de la cadena de frío donde la temperatura de los productos está bien controlada. El consumo energético es importante para los operadores de cámaras frigoríficas, ya que es una alta proporción de los costos operativos generales. Las cámaras frigoríficas tradicionalmente han tenido un alto uso de refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global

La «cadena de frío» se refiere a las diversas etapas por las que pasa un producto refrigerado \*, ya sea hasta que un cliente lo retira en un entorno minorista o hasta que el producto se descarga de un vehículo de entrega, a pocos metros de su destino final. Desde el momento en que se cosecha una fruta o verdura o se sacrifica un animal, el producto comienza a deteriorarse. Dicho deterioro se puede ralentizar reduciendo la temperatura a la que se almacena. En las frutas y verduras, esto dificulta los procesos metabólicos, lo cual, a su vez, ralentiza su deterioro. Las bajas temperaturas reducen el crecimiento de bacterias potencialmente dañinas en productos cárnicos que se almacenan en estado congelado, lo cual permite enviarlos a cualquier lugar del mundo con riesgos mínimos desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. Es importante que se mantenga un control de temperatura adecuado desde el principio hasta el final de la cadena de frío. Desde la etapa de materias primas hasta las diversas instalaciones de almacenamiento y distribución por las que pasa una mercancía, la refrigeración en el sector del transporte mantiene la temperatura requerida en el producto para maximizar la vida útil y la calidad del almacenamiento los días, semanas o meses que sean necesarios.

## 1 Introducción

Una vez que los alimentos llegan a la temperatura deseada después del procesamiento primario y secundario (enfriamiento / congelación de alimentos o procesamiento en un producto secundario como una comida), las etapas de almacenamiento y distribución de la cadena de frío deben mantener los alimentos a una temperatura constante. Sin embargo, este no es siempre el caso, ya que los alimentos a menudo se enfrían o congelan en la cámara de almacenamiento en lugar de enfriarse o congelarse en una cámara de enfriamiento rápido específica. Las cámaras frigoríficas generalmente se consideran dentro del sector de refrigeración industrial. Dichos sistemas tienen tasas de extracción de calor de hasta 10 MW y generalmente funcionan como enfriadores o congeladores. En general, la mayoría de los congeladores funcionan entre -22 y -26 °C, aunque hay excepciones, como los congeladores especiales para helados y productos especializados como el sushi, que pueden almacenarse a -60 °C. Los alimentos pueden almacenarse en congeladores durante varios meses. Los tiempos de almacenamiento en refrigeradores pueden variar considerablemente desde unas pocas horas o días hasta un año para ciertas frutas y verduras. Los refrigeradores generalmente operan entre -1 y 4 °C, y algunas frutas, productos de panadería y vegetales se almacenan entre 8 y 12 °C (UNEP, 2014<sup>1</sup>).

<sup>1</sup>UNEP, 2014. Montreal Protocol on Substances that deplete the ozone layer. 2014 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, 2014 assessment.

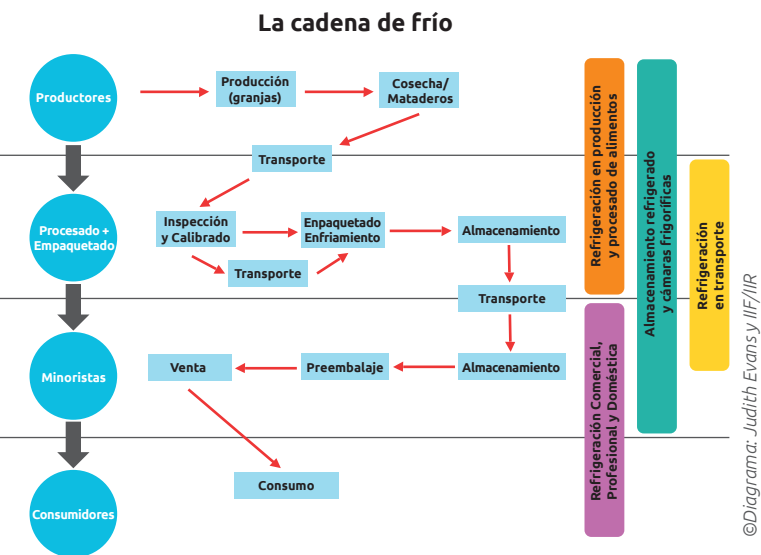


Fig. 1

La cadena de frío es por lo general bastante compleja, con alimentos que se enfrían o congelan en más de una ocasión. En todo el mundo se conservan mediante refrigeración alrededor de 400 millones de toneladas de alimentos. El volumen total de cámaras frigoríficas (almacenes refrigerados) a nivel mundial es de unos 600 millones de metros cúbicos. El Instituto Internacional del Frío (IIF/IIR) estima que el número total de sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor en funcionamiento en todo el mundo es de aproximadamente 3 mil millones, incluidos 1.500 millones de frigoríficos domésticos. 90 millones de equipos frigoríficos comerciales están en operación (incluidas las unidades condensadoras, los equipos independientes y los sistemas centralizados). También hay 4 millones de vehículos de carretera frigoríficos (furgonetas, camiones, semirremolques o remolques), 1,2 millones de contenedores frigoríficos (reefers) y 477.000 supermercados, con una superficie que oscila entre 500 y 20.000 m<sup>2</sup>. El IIF/IIR estima que el 45% de la electricidad consumida se debe a equipos de refrigeración (IIF/IIR, 2015<sup>2</sup>).

\* En español el término frigorífico se emplea para designar equipos y dispositivos que mantienen la temperatura baja por medios artificiales. Es usual también utilizar frigorífico para aplicaciones con temperaturas inferiores a 0°C, y refrigerado

<sup>2</sup>IIR, 2015. 29<sup>th</sup> Note: The Role of Refrigeration in the Global Economy.



# 3 Almacenamiento refrigerado y cámaras frigoríficas

Todos los productos refrigerados y congelados se almacenan en una cámara frigorífica al menos una vez durante su trayecto desde el centro productor hasta el consumidor. Las cámaras de productos refrigerados generalmente mantienen estos a temperaturas entre -1 y 12 °C, mientras que las cámaras de productos congelados generalmente los mantienen a temperaturas inferiores a -18 °C. El mercado de cámaras frigoríficas es extremadamente diverso y va desde pequeñas cámaras con volúmenes de 10-20 m<sup>3</sup> hasta grandes almacenes con cientos de miles de metros cúbicos de almacenaje (Figura 2). Todas las cámaras frigoríficas tienen la función de almacenar un producto a la temperatura correcta y evitar la pérdida de calidad de la manera más económica posible.



Fig. 2

En las cámaras refrigeradas, el control de la temperatura es un problema de seguridad alimentaria en el que los aumentos de temperatura pueden ser perjudiciales para la seguridad y la vida útil de los alimentos. En las cámaras de congelados, la seguridad alimentaria no es un problema; suponiendo que la temperatura en la habitación se mantenga por debajo de -10 °C, que es la temperatura que generalmente se acepta como la temperatura mínima para el crecimiento de microbios. Sin embargo, pueden ocurrir cambios en la calidad de los alimentos, ya que, en la mayoría de los casos, los alimentos se almacenan por encima de su temperatura de transición vítrea (temperatura a la que no se puede congelar más agua). Para la mayoría de los alimentos, la temperatura de transición vítrea es inferior a -30 °C y la mayoría de las instalaciones de almacenamiento congelado funcionarán entre -18 y -22 °C (Nesvadba, 2007<sup>3</sup>). Como se muestra en Derens *et al.* (2007<sup>4</sup>), las cámaras frigoríficas son los lugares donde la temperatura mejor se controla de todas las diferentes etapas de la cadena de frío (Figura 3).

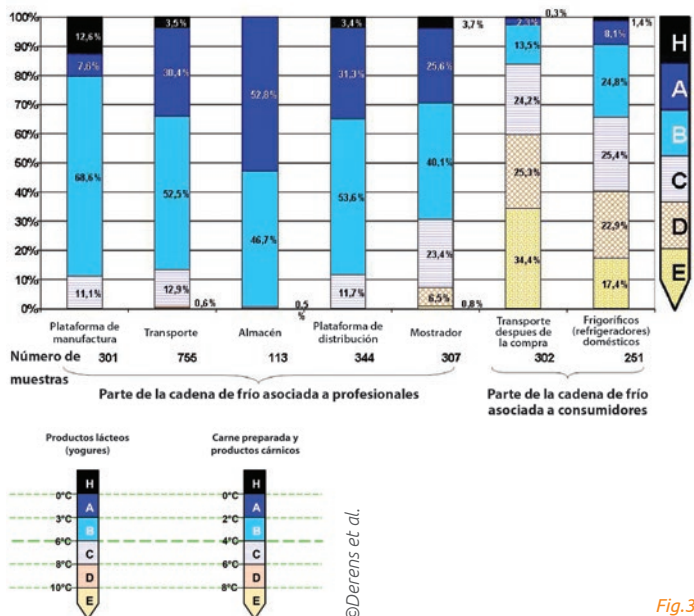


Fig. 3

# 4 Situación actual y tendencias de mercado

En las cámaras frigoríficas, la reducción de costos es un gran condicionante. Esto se puede lograr reduciendo el uso de energía (y, en consecuencia, las emisiones indirectas) o haciendo que la cámara trabaje en momentos de tarifas de energía más bajas (a menudo denominadas «desplazamiento de carga»). El diseño de la cámara y cómo se opera son aspectos de vital importancia para minimizar el uso de energía. Las cámaras frigoríficas también contribuyen a las emisiones directas a través de la pérdida de refrigerantes y, como tal, el uso de refrigerantes ecológicos de bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA) es un problema muy importante en el mercado actual.

## 4.1. Emisiones indirectas

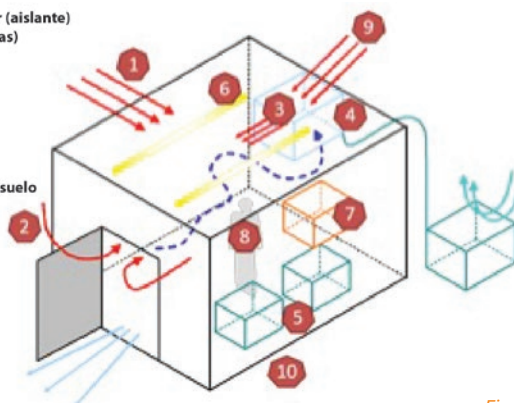
Las emisiones indirectas se ven afectadas por la carga de refrigeración, el mix energético en la generación de electricidad y la eficiencia de la planta. Las cargas en la cámara están dominadas por la transmisión de calor (a través de las paredes y el techo), la infiltración a través de puertas, cargas fijas como ventiladores, calefacción de piso (si corresponde), desescarches y cargas de calor de personas y maquinaria (Figura 4).

Idealmente, la planta debe estar diseñada para maximizar la eficiencia en las condiciones más comunes. Esto requiere conocer las condiciones ambientales locales (temperatura y humedad) para definir las temperaturas de condensación (el condensador del sistema de refrigeración generalmente se encuentra fuera del edificio), los patrones de uso y las cargas térmicas en la cámara.

Las cámaras frigoríficas consumen cantidades considerables de energía. Dentro de las instalaciones para el almacenamiento en frío, el 60-70% de la energía eléctrica puede usarse para refrigeración. En 2002, el IIF/IIR estimó que las cámaras frigoríficas usaban entre 30 y 50 kWh.m-3año-1 (Duiven y Binard, 2002<sup>5</sup>). Sondeos más recientes realizados en un pequeño número de cámaras frigoríficas han demostrado que el consumo de energía puede superar drásticamente esta cifra, a menudo más del doble (Evans y Gijel, 2007, 2010<sup>6</sup>). Estos sondeos también demostraron que se podían lograr ahorros de energía del 30-40% optimizando el uso de las cámaras, reparando el equipo actual y sustituyendo los equipos

<sup>3</sup>Nesvadba, P, 2007. Thermal properties and ice crystal development in frozen foods. In *Frozen Food Science and Technology*, edited by Evans, J.A. Blackwell Publishing.  
<sup>4</sup>Derens, E., Palagol, B., Cornu, M., Guilpart J., 2007. The food cold chain in France and its impact of food safety. IIR ICR2007, Beijing, China.  
<sup>5</sup>Duiven, J.E., Binard, P., 2002. Refrigerated storage: new developments. Bulletin of the IIR, No. 2002-2.

1. Transmisión de calor (aislante)
2. Infiltraciones (puertas)
3. Ventiladores
4. Desescarches
5. Alimentos
6. Iluminación
7. Maquinaria
8. Radiación
9. Personas
10. Calentamiento del suelo



©Diagrama: Judith Evans

Fig. 4

Fig. 2: Cámaras típicas: pequeña (izquierda), grande (derecha)  
 Fig. 3: Temperaturas a lo largo de la cadena de frío francesa  
 Fig. 4: Cargas en una cámara frigorífica.

existentes por otros de alta eficiencia energética. Sin embargo, los operadores de cámaras frigoríficas a menudo son reacios a instalar equipos nuevos si no disponen de información suficiente sobre los ahorros que podrían lograrse.

Existen pocos sondeos publicados que comparen el rendimiento de un número significativo de cámaras frigoríficas. Evans y col. (2015<sup>7</sup>) compilaron datos de 429 cámaras frigoríficas (167 cámaras de refrigeración, 187 cámaras de congelación y 75 cámaras mixtas). Los datos recopilados abarcaron 23 países. Los resultados del sondeo se encuentran en la Tabla 1. Esta muestra que existen diferencias considerables en el consumo de energía entre las cámaras frigoríficas. En muchos casos, la mejor cámara podría consumir la mitad de la energía por metro cúbico (también denominado consumo específico de energía, CEE) que consume la peor cámara incluida en el análisis. Puede haber muchas razones para justificar este resultado que no se deben solo a la baja eficiencia de los equipos. Por ejemplo, la cámara con la CEE más alta puede tener un uso más alto y una función diferente que la tienda con la CEE más baja.

## 4.2. Emisiones directas

El nivel de fugas de refrigerante varía considerablemente entre los diferentes tipos de equipos de refrigeración y de un país a otro. Las tasas de fugas que se muestran en la Tabla 2, se consideran representativas para la región de la UE-15, se basan en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Reino Unido en 2007 (Defra, 2010<sup>8</sup>) e indican una variación significativa entre los diferentes tipos de equipos. La refrigeración industrial (que incluye el almacenamiento en frío) tuvo una tasa de fugas de refrigerante del 8% por año. Los datos sobre las emisiones de refrigerantes en los países en desarrollo son escasos, pero los datos de Giz (2017<sup>9</sup>) indicarían que las emisiones de refrigerantes pueden ser aproximadamente el doble en los países en desarrollo que en los países industrializados.

**Tabla 1: Rango en valores de CEE para las cámaras frigoríficas examinadas (Evans et al., 2015<sup>7</sup>).**

		Refrigeración (kWh.m <sup>-3</sup> .año <sup>-1</sup> )	Congelación y mezcla (kWh.m <sup>-3</sup> .año <sup>-1</sup> )
Todas las cámaras	Número de cámaras	167	262
	Media	55.7	71.5
	Mínimo	4.4	6.0
	Máximo	250.4	391.6
	Desviación Estándar	34.7	40.6

<sup>6</sup>Evans, J.A., Gigiel, A., 2010. Reducing energy consumption in cold storage rooms. IIR ICC2010, Cambridge, UK.

<sup>7</sup>Evans, J., Foster A., Huet, JM., Reinholdt, L., Fikiin, K., Zilio, C., Houska, M., Landfeld A., Bond, C., Scheurs, M., Van Sambeek, T., 2015. Specific energy consumption values for various refrigerated food cold stores. IIR ICR2015, Yokohama, Japan.

<sup>8</sup>Defra, 2010. 2010 Guidelines to Defra / DECC's GHG conversion factors for company reporting: methodology paper for emission factors.

<sup>9</sup>Giz. 2017. <http://www.green-cooling-initiative.org/technology/chillers/green-cooling-potential/>.

**Tabla 2: Emisiones características de refrigerante en el sector de la Refrigeración y el Aire Acondicionado (Defra, 2007<sup>8</sup>).**

Tipo de equipo	Rangos de carga característicos (kg)	Factor de emisiones de la instalación (% de la carga inicial)	Emisiones de operación (% de la carga inicial/ año)	Refrigerante restante disponible (% de la carga inicial)	Refrigerante recuperado (% del restante)
Refrigerador doméstico	0.05 - 0.5	1.0%	0.3%	80%	99.0%
Aplicaciones comerciales Stand-alone	0.2 - 6	1.5%	2.0%	80%	94.5%
Aplicaciones comerciales de medio y gran tamaño	50 - 2,000	2.0%	11.0%	100%	95.0%
Transporte refrigerado	3 - 8	1.0%	8.0%	50%	94.0%
Refrigeración Industrial (inc. Procesado de alimentos y su almacenamiento)	10 - 10,000	1.0%	8.0%	100%	95.0%
Chillers	10 - 2,000	1.0%	3.0%	100%	95.0%
Aire acondicionado residencial y comercial incluyendo bombas de calor	0.5 - 100	1.0%	8.5%	80%	95.0%
Aire acondicionado en vehículos	0.5 - 1.5	1.0%	7.5%	50%	88.0%

# 5 Refrigerantes utilizados actualmente y posibles alternativas

La selección de refrigerantes es un tema importante en términos de medio ambiente, seguridad y sostenibilidad. Dentro de la industria alimentaria, la mayoría de las cámaras de refrigeración/congelación utilizan sistemas de refrigeración de expansión directa. Los sistemas de expansión directa consisten en dos intercambiadores de calor (un condensador y un evaporador), un medio para bombear y elevar la presión del refrigerante (compresor) y un dispositivo de expansión más dispositivos de control asociados, recipientes de almacenamiento de carga y dispositivos de seguridad. En las plantas más grandes, los sistemas de recirculación bombeados son comunes y a menudo trabajan con amoníaco (R717). En este sistema, el refrigerante está contenido en un recipiente grande denominado «tambor de compensación» y se bombea o alimenta por gravedad al (a los) evaporador (es).

Actualmente, una gran cantidad de cámaras frigoríficas funcionan con amoníaco como refrigerante. Este refrigerante tiene un PCA insignificante, pero es ligeramente inflamable y tóxico. Para garantizar un funcionamiento seguro con él, es vital que el personal que vaya a trabajar con este reciba cursos de capacitación, así como deben establecerse protocolos de actuación en caso de cualquier contratempo. La capacitación se considera un tema clave para facilitar las transiciones a refrigerantes de bajo PCA donde la inflamabilidad y la toxicidad son cuestiones que deben abordarse. A menudo, el costo es la consideración principal y debe haber un cambio hacia los costos totales a lo largo de toda la vida media del sistema que a menudo favorecen los sistemas que pueden tener mayores costos iniciales y de mantenimiento, pero tienen menores consumos energéticos.

En algunos casos, se pueden también emplear sistemas en cascada. El sistema de cascada más común con CO<sub>2</sub> incorpora CO<sub>2</sub> en el lado de baja temperatura consiguiendo así que trabaje siempre por debajo de su temperatura crítica y amoníaco en el lado de alta temperatura. Este diseño puede proporcionar calentamiento de agua caliente a baja temperatura, pero no es adecuado para el calentamiento a alta temperatura.

Según UNEP (2017<sup>10</sup>), la refrigeración industrial representa aproximadamente el 2% del consumo de HFC (en términos de CO<sub>2</sub>-eq) y se prevé que crezca aproximadamente un 6,7% anual entre 2015 y 2050. Existe un cambio aparente del uso de amoníaco hacia HFCs, especialmente en países donde ha habido accidentes o existe cierta preocupación por la seguridad (este es especialmente el caso de los países del Artículo 5). Existen normas de seguridad de carácter local, de carácter internacional (Organización Internacional de Normalización, ISO), (IEC) o de carácter regionales (como la Norma Europea, EN) que tratan de regular el diseño construcción y operación de forma segura de este tipo de sistemas, por ejemplo, para sistemas industriales, podemos encontrar ISO 5149 (2014) y EN 378 (2008/2012).

Las cámaras frigoríficas más pequeñas a menudo funcionan con refrigerantes HCFC o HFC, aunque ya se está empezando a utilizar en algunas cámaras nuevas refrigerantes naturales (principalmente CO<sub>2</sub>, R744). Además, aunque representan una proporción relativamente pequeña del mercado, también se pueden encontrar algunas cámaras trabajando con un refrigerante secundario (por ejemplo, agua, salmuera, glicoles, aceites de silicio o Flo-ice™) que se enfrían

mediante un sistema de refrigeración centralizado primario y luego se bombea a la cámara frigorífica para extraer calor. La ventaja de tales sistemas es que se puede usar un refrigerante inflamable o tóxico en el circuito primario que está aislado del proceso de enfriamiento (por lo tanto, ayuda a la seguridad) y se puede minimizar la carga del refrigerante en el circuito primario.

Las tecnologías que permiten combinar calor y energía, poligeneración y trigeneración donde se pueden usar múltiples entradas de energía para proporcionar múltiples salidas de energía tienen el potencial de reducir el consumo energético total si se pueden aprovechar las diferentes salidas de energía. La energía primaria para tales sistemas puede incluir combustibles fósiles, biocombustibles y energía renovable y las salidas de energía puede incluir calor, electricidad y refrigeración. Para las cámaras frigoríficas tradicionales donde el almacenamiento refrigerado es la única aplicación, otro tipo de salidas pueden tener poco uso. De todas formas, hay que tener en cuenta que normalmente las cámaras frigoríficas se ubican cerca de otras cuya demanda de energía podría beneficiarse de este tipo de aplicación.

Muy ocasionalmente los sistemas de absorción pueden ser usados en cámaras frigoríficas para la producción de frío, para ello debe existir una fuente de exceso de calor disponible. Los sistemas de absorción cambian el punto de ebullición del refrigerante combinándolo con otro fluido. En sistemas que trabajan por debajo de 0°C es común ver la combinación de amoníaco-agua. En el futuro, se prevé un mayor uso de la recuperación de calor y el uso de redes de energía y sistemas térmicos de distrito puede ser atractivo y económicamente viable para el desarrollo de este tipo de sistemas.

Aunque se están desarrollando una serie de nuevas tecnologías de refrigeración (por ejemplo, magnetocalórica, termoeléctrica, termoacústica), estas tienen oportunidades aparentemente limitadas para las cámaras frigoríficas. La mayoría de estas nuevas tecnologías se han dirigido a sistemas de refrigeración más pequeños en los mercados comerciales y domésticos.

**Tabla 3: Refrigerantes actuales y sus alternativas**

Cámaras Frigoríficas		
Tamaño de la cámara	Refrigerantes actuales de alto PCA (PCA kg-CO <sub>2</sub> )	Refrigerantes alternativos de bajo PCA (PCA kg-CO <sub>2</sub> )
Pequeñas Cámaras: menos de 100 m <sup>3</sup>	HFC-134a (1360), HFC-404A (4200) HCFC-22 (1810), HFC-410A (1920), HFC-407C (1920), HFC-507A (3990), HFC-422D (2470)	Amplio rango de HFO y mezclas de HFO, HC-290 (5), HC-1270 (1.8)
Grandes cámaras: mayores de 100 m <sup>3</sup>		Primario: R-744 (1), R-717 (0) Secundarios: Salmueras, glicoles, aceites de silicona

<sup>10</sup> UNEP, 2017. Montreal Protocol on Substances that deplete the ozone layer. UNEP, Report of the Technology and Economic Assessment Panel.

# 6 Perspectiva y retos de desarrollo

Existen muchas formas de operar o controlar las cámaras frigoríficas que permiten ahorrar energía. Muchos operadores de cámaras frigoríficas utilizan estrategias de control para ahorrar energía. Estas estrategias suelen involucrar el control de los ventiladores de los evaporadores, de los distintos componentes del sistema de refrigeración o la temperatura en el interior de la cámara frigorífica.

La reducción del consumo energético en cámaras frigoríficas debe centrarse en las siguientes áreas:

- Reducción de las cargas térmicas.
- Mejora del mantenimiento del sistema.
- Mejora de la operación/eficiencia del sistema de refrigeración.

Cualquier incremento en la temperatura a la que se desea que el sistema enfríe (temperatura de evaporación) o reducción en la temperatura a la que se expulsa el calor (temperatura de condensación) ahorrará energía. En muchas ocasiones (especialmente en almacenes de congelados) la temperatura es mantenida en valores menores de los necesarios como medida de precaución en caso de que se produzca algún fallo en la planta.

También es frecuente que los operarios apliquen estrategias con objeto de obtener un ahorro económico (no necesariamente de energía) por ejemplo apagando el sistema de refrigeración en periodos de demanda pico donde la energía es más cara (podemos encontrar diferencias de precio de hasta cuatro veces entre los periodos de demanda pico y los periodos valle). Durante este periodo la temperatura de la cámara puede aumentar poco a poco para bajar posteriormente cuando el sistema frigorífico vuelve a arrancar en periodos donde la energía es más barata.

En el futuro, el uso de energías renovables como el viento o la energía solar es probable que jueguen un papel importante en la reducción del impacto medioambiental derivado del consumo energético en almacenes frigoríficos.

## 6.1. Potencial y reto tecnológico

El consumo energético es uno de los costes más importantes en la operación de las cámaras frigoríficas para la conservación de alimentos. Los trabajos desarrollados en diferentes auditorías energéticas han demostrado que se puede lograr un considerable ahorro de energía en este tipo de instalaciones. Así, por ejemplo, Evans *et al.* (2014<sup>11</sup>) identificaron reducciones en el consumo de energía mediante la optimización del uso de las cámaras, la reparación de los equipos existentes y la modernización de los equipos existentes por otros de mayor eficiencia energética. A menudo, estas mejoras tuvieron tiempos de recuperación inferiores al año.

Reino Unido ha realizado un trabajo considerable para conseguir reducir las fugas de refrigerante que actualmente se ha extendido también Europa (Cowan *et al.*, 2010<sup>12</sup> y 2011<sup>13</sup>). La legislación, las medidas fiscales, las nuevas tecnologías, los refrigerantes alternativos y otras iniciativas han ayudado a impulsar mejoras significativas en las fugas de refrigerantes. El Reglamento Europeo F-Gas (Reglamento 842/2006) garantiza que la instalación, el mantenimiento, el servicio, la puesta en marcha y el desmontaje de los sistemas de refrigeración que contienen o están diseñados para contener HFC solo pueden ser realizados por profesionales debidamente certificados. Asimismo, el Reglamento requiere la verificación periódica de fugas por personal

debidamente capacitado. Todas estas reglamentaciones son aplicables desde julio de 2009.

La normativa F-Gas implica de forma directa un cambio a refrigerantes de bajo PCA. En este sentido, por ejemplo, el amoníaco es un refrigerante de bajo PCA ampliamente utilizado en cámaras frigoríficas, pero requiere altos estándares de seguridad y técnicos de refrigeración que estén capacitados. Al igual que este, muchos refrigerantes alternativos de bajo PCA tienen problemas relacionados con la alta presión o inflamabilidad. Por ello, cada vez, la seguridad en este tipo de instalaciones es un tema de mayor importancia y que requiere la capacitación de los técnicos de refrigeración con objeto de garantizar que los sistemas se instalen y funcionen de manera segura.

El uso de la recuperación de calor en cámaras frigoríficas y una mayor integración entre estas y las diferentes demandas energéticas de los locales donde se encuentran instaladas pueden resultar más rentables económicamente en el futuro. Por ejemplo, el calor de baja temperatura se puede recuperar de los enfriadores de aceite de los compresores, el calor así recuperado, aunque de baja temperatura es bastante significativo ya que hasta el 60% de la potencia del motor del compresor se puede absorber en el aceite. En esta dirección, se han desarrollado sistemas que utilizan el calor de la descarga del compresor o los enfriadores de aceite del compresor para precalentar el agua en una caldera.

## 6.2. Políticas relacionadas

La industria de refrigeración y aire acondicionado ha sido testigo de un considerable desarrollo y modernización en las últimas 3 décadas, en parte como resultado de las políticas ambientales internacionales donde muchos refrigerantes que se utilizaron de manera eficiente durante décadas han sido responsables de la destrucción de la capa de ozono y del calentamiento global. La eliminación gradual de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), en virtud del Protocolo de Montreal, desencadenó cambios significativos en la industria que avanza hacia refrigerantes alternativos y tecnologías que tienen cero PAO (potencial de agotamiento del ozono).

En octubre de 2016, la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal aportó otra dimensión al mandato de dicho protocolo al incluir dentro de este, el control de la producción y el consumo de hidrofluorocarbonos (HFC). Esto tendrá una importante contribución a la lucha contra el cambio climático. El control de la producción y el consumo de HFCs se sumará a los beneficios climáticos ya alcanzados por el Protocolo de Montreal a través de la eliminación gradual de las SAO, incluidos los CFC y los HCFC. Las emisiones de HFCs también figuran en el grupo de GEI (gases de efecto invernadero) en virtud de otros convenios internacionales sobre clima como, el Acuerdo de París y anteriormente el Protocolo de Kyoto. Sin embargo, las acciones para controlar específicamente las emisiones de HFCs dentro del régimen climático aún no se han establecido, excepto para los requisitos de presentación de informes en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

<sup>11</sup> Evans, J.A., Hammond, E.C., Gijiel, A.J., Foster, A.M., Reinholdt, L., Fikiin, K., Zilio, C., 2014. Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores. *Applied Thermal Engineering* 62 (2014) 697-705.

<sup>12</sup> Cowan, D., Gartshore, J., Chaer, I., Francis, C., Maidment, G., 2010. REAL Zero – reducing refrigerant emissions & leakage - feedback from the IOR project, *Proceedings of the Institute of Refrigeration, Proc. Inst. R.* 2009-10, 7-1.

<sup>13</sup> Cowan, D., Beermann, K., Chaer, I., Gontarz, G., Kaar, K., Koronaki, I., Maidment, G., Reulens, W., 2011. Improving F-Gas containment in the EU – results from the Real Skills Europe Project. IIR ICR2011, Prague, Czech Republic.



# 6 Perspectiva y retos de desarrollo

El impacto climático del refrigerante de los equipos frigoríficos depende de los efectos directos e indirectos. Los efectos directos provienen de su PCA (Potencial de calentamiento global) y la cantidad de refrigerante emitido a la atmósfera (ya sea por fugas, accidentes o por un manejo o eliminación inadecuados). Los efectos indirectos están asociados con la energía consumida durante el funcionamiento del equipo frigorífico, cuya producción en las plantas de energía basadas en combustibles fósiles tiene como resultado emisiones CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub> en menor medida). Comúnmente las emisiones indirectas son mayores que las directas. Para minimizar el impacto medioambiental tanto directo como indirecto, de todos los tipos de refrigerantes, las emisiones deben abordarse mediante un diseño mejorado, mejores prácticas de puesta en marcha y mantenimiento a nivel de campo, procedimientos de desmantelamiento eficaces y aplicación de las normas y regulaciones locales relevantes.

Existen varias organizaciones desarrollando estándares relacionados con el sector de la refrigeración y el aire acondicionado. El manual "UNEP International Standards in Refrigeration and Air-Conditioning" (PNUMA, 2014<sup>14</sup>) resume las principales organizaciones internacionales de normalización y proporciona algunos ejemplos de organizaciones de estándares nacionales y regionales.

El sector de la cadena de frío es uno de los sectores comerciales más importantes, pero normalmente es pasado por alto en términos de abordarse con un enfoque holístico. Esto se debe a que se cruza con diferentes áreas económicas, sociales y técnicas, es decir, industria alimentaria, salud, refrigeración, transporte, turismo, etc. Las normas y directrices para la selección de tecnología de cadena de frío que tiene menos impacto ambiental, funcionamiento energéticamente eficiente y económicamente asequible están dispersas entre diferentes grupos y entidades de un mismo país. En septiembre de 2015, la Comunidad Internacional adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030 que estipulan el Objetivo # 2 «Hambre Cero» como el segundo objetivo global que debe alcanzarse para 2030. Esto significa automáticamente la urgente necesidad de gestionar de manera eficiente los portafolios de «Alimentos Seguridad» y «desperdicio de alimentos» que depende críticamente de las capacidades de la cadena de frío. Si bien este objetivo puede señalarse como el objetivo principal relacionado directamente con la cadena de frío, otros objetivos también pueden considerarse como relacionados de algún modo, como por ejemplo el Objetivo # 3: Salud y Bienestar, el Objetivo # 9: Innovación e Infraestructura de la Industria, el Objetivo # 12 Consumo Responsable y Producción, así como el Objetivo # 13: Acción por el clima. Por lo tanto, el enfoque integrado para abordar los desafíos de la cadena de frío puede conducir a múltiples beneficios socioeconómicos y ambientales.

<sup>14</sup>PNUMA, 2014. Normas Internacionales de Refrigeración y Aire Acondicionado. Introducción al papel que desempeñan dichas normas en el contexto de la eliminación de los HCFC en los países en desarrollo

## Conclusiones

El sector de almacenamiento en frío generalmente se considera uno de los sectores en los que dentro de la cadena de frío en alimentación la temperatura se controla mejor. La mayoría de cámaras frigoríficas usan refrigerantes con un bajo PCA, por lo que la principal fuente de emisiones proviene del uso de energía. Se ha demostrado que el uso de energía en las cámaras frigoríficas varía considerablemente y muchas de ellas podrían reducir su consumo energético aplicando buenas prácticas o equipos y componentes eficientes.

*Exención de responsabilidad: Las denominaciones empleadas y la presentación del material de esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la Unidad de Medio Ambiente de la ONU ni del IIF/IIR con respecto a la situación jurídica de cualquier país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites. Además, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas de la Unidad de Medio Ambiente de la ONU ni del IIF/IIR, y la cita de nombres comerciales o procesos comerciales tampoco constituye ningún apoyo a las mismas.*