



©www.shutterstock.com

NOTA BREVE SOBRE LAS TECNOLOGÍAS DE LA CADENA DE FRÍO

LA REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA, PROFESIONAL Y COMERCIAL



ONU
programa para el
medio ambiente



Reconocimiento: Este documento sobre la cadena de frío ha sido preparado por Judith Evans (Presidente 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 por varios expertos de las comisiones de IIF/IIR.

IIF/IIR-ONU Medio Ambiente

Nota breve sobre la refrigeración doméstica, profesional y comercial



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
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
iif-iir@iifiir.org

2 La cadena de frío

Resumen

Debido a la compleja naturaleza de la cadena de frío y la relación entre la temperatura del alimento y su deterioro tras la recolección/sacrificio del alimento, el control térmico en la cadena alimenticia es vital. En las etapas donde el alimento se almacena en supermercados, establecimientos hosteleros y ámbito doméstico, este control térmico es de peor calidad.

La cadena de frío emite gases de efecto invernadero de manera directa (debido a las emisiones de refrigerante) y de manera indirecta (debido al consumo energético). Los datos publicados sobre el total de emisiones para cada sector de la cadena del frío son escasos. Sin embargo, existe suficiente evidencia que muestra que en el sector comercial las emisiones tanto directas como indirectas son considerablemente mayores que en otros sectores. En términos globales, las emisiones indirectas de la refrigeración de ámbito doméstico son elevadas (debido a la gran cantidad de equipos existente) pero las emisiones directas son despreciables debido a su bajo nivel de fugas y al empleo de refrigerantes de bajo PCA (Poder de Calentamiento Atmosférico). Las fugas de refrigerante también se mantienen en un nivel bajo en el sector profesional (hostelería) por las mismas razones que el sector doméstico, pero existe un nivel de emisiones indirectas debido al consumo energético relativamente alto.

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.

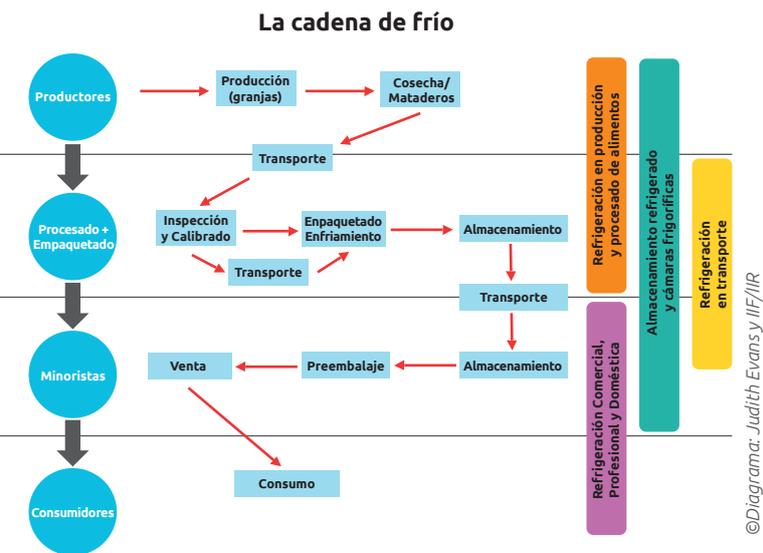


Fig. 1

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 m². El IIF/IIR estima que el 45% de la electricidad consumida se debe a equipos de refrigeración (IIF/IIR, 2015²).

* 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

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

I Fig. 1 : Esquema de la cadena de frío y de sus componentes principales

1 Introducción

La inversión económica que se realiza en las tecnologías de refrigeración de alimentos a lo largo de la cadena del frío es enorme debido a la cantidad de equipos de este tipo usados mundialmente. Las tecnologías de refrigeración son unas de las tecnologías de mayor consumo energético usadas en la cadena del frío y plantea un número de retos con respecto a la sostenibilidad.

La refrigeración consume cerca del 35% del consumo eléctrico en la industria del frío (Guilpart, 2008¹). Globalmente, la cadena de frío es responsable de aproximadamente el 2.5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero de manera directa (por las emisiones de refrigerante) y de manera indirecta (por el consumo energético).

¹Guilpart, J., 2008. *Froid et alimentation: Sécurité, sûreté ou procédé*, Conférence Centenaire du froid. Paris, France.

3 Visión general de la refrigeración comercial, profesional y doméstica

La refrigeración comercial, profesional y doméstica se produce en las últimas etapas de la cadena de frío en el punto donde el minorista almacena o el consumidor compra el producto alimenticio.

La refrigeración comercial engloba a los pequeños y grandes supermercados, así como bares y restaurantes donde se almacenan alimentos para su consumo o venta. En este sector se pueden encontrar desde unidades compactas de pequeña capacidad frigorífica hasta grandes sistemas centralizados de refrigeración que distribuyen el frío a múltiples expositores refrigerados. Máquinas expendedoras de bebidas frías y alimentos, fuentes de agua fría y pequeños expositores se clasifican como neveras comerciales.

La refrigeración profesional incluye los restaurantes y cafeterías donde los alimentos se almacenan antes de su preparación. La mayoría de estos equipos son armarios de refrigeración y congelación, encontrándose también bajo esta denominación los abatidores de temperatura para el congelado rápido del producto. La mayor parte de estos armarios son unidades compactas (unidades donde se incluye el espacio refrigerado y el sistema de frío en su conjunto) aunque existe un pequeño porcentaje de unidades remotas (unidades donde el espacio refrigerado y parte del sistema de frío se encuentran separadas).

Los equipos de refrigeración en el sector doméstico son unidades de tipo compacto con un consumo eléctrico de entre 20W y 150W.

Fig.2 : Neveras profesionales típicas.

Fig.3 : Neveras comerciales típicas

Fig.4 : Neveras domésticas típicas



©www.shutterstock.com



©www.angelrefrigeration.co.uk

©www.danderefrigeration.com

Fig.2



©www.shutterstock.com

Fig.4

4 Situación actual y tendencias de mercado

4.1. Control Térmico

La temperatura de conservación es el factor determinante en el crecimiento bacteriano y la calidad del producto alimenticio. De manera general, menores temperaturas de conservación llevan a mayores períodos de almacenamiento del producto alimenticio en buenas condiciones. En el caso de productos refrigerados existe una temperatura mínima de almacenamiento por debajo de la cual se produce un deterioro del alimento por congelación del mismo.

4.1.1. Control Térmico en hostelería

No existe demasiada información disponible en el control térmico en hostelería. En Europa, existe legislación reciente que limita las temperaturas máximas y el consumo energético en armarios de refrigeración profesional. La directiva de Ecodiseño en Europa (Directiva 2009/125/EC) y de etiquetado energético (Directiva 2010/30/EU) establece la prohibición de comercializar armarios refrigeradores de uso profesional que no puedan mantener una temperatura interna de entre -1°C y 5°C bajo temperaturas ambientales de 30°C. Asimismo, se establece la prohibición de armarios congeladores de uso profesional que no puedan mantener la temperatura de conservación por debajo de -15°C.

4.1.2. Control Térmico en supermercados

Las temperaturas de conservación en los expositores de los supermercados están especificadas por regulaciones de seguridad alimentaria, diversos estándares y por las propias especificaciones internas de los supermercados. Sin embargo, en ocasiones existen diferencias entre las temperaturas recomendadas y las reales. Estas desviaciones pueden ser debidas a la posición de la sonda de la temperatura, el montaje inicial del equipo o usos distintos a los inicialmente previstos.

Junto con el ámbito doméstico, la exposición de alimentos en el supermercado es el eslabón más débil de la cadena de frío. Derens *et al.* (2007³) observó que en un supermercado, alrededor del 70% de muestras usadas en el estudio estaban por debajo de 4°C (en el caso de carnes) o de 6°C (en el caso de yogures). Estos números se reducían al 16% durante el transporte al ámbito doméstico y se mantenían en el 34% en el refrigerador doméstico.

En un estudio realizado en el Reino Unido (James and Evans, 1990⁴) se observó que las temperaturas medias de alimentos en expositores de congelados verticales tenían grandes variaciones desde -1°C hasta 16°C. Esta variabilidad genera problemas a los productores de alimentos para definir la fecha de caducidad y hacen que estas fechas sean o bien muy cortas (desechando por lo tanto producto en buenas condiciones) o muy largas (aumentando el riesgo de intoxicación alimentaria). Individual los gabinetes también suelen estar sujetos a grandes rangos de temperatura y variaciones entre ubicaciones dentro del gabinete (Evans *et al.*, 2007⁵, Evans y Swain, 2010⁶). Los rangos de temperatura son parcialmente alentados por los estándares de prueba utilizados para acreditar gabinete rendimiento donde los rangos de temperatura de 6, 8 o incluso 11 °C son permitidos).

4.1.3. Control térmico en equipos de refrigeración domésticos

El control térmico en la conservación de alimentos en el ámbito doméstico es de vital importancia. La evidencia nos muestra que alrededor del 70% de intoxicaciones alimentarias son originadas por una mala conservación en el ámbito doméstico. En la última década, se han realizado al menos 15 estudios sobre las temperaturas de conservación en los equipos de refrigeración domésticos. Los resultados obtenidos son muy similares, donde las temperaturas medias de todos los casos varían entre 4.5°C y 6.6°C y las temperaturas máximas entre 11°C y

14°C. Estos resultados implican que la temperatura media de al menos el 50% de las neveras se encuentra por encima de 4.5°C.

El estudio más completo y reciente sobre el control térmico en equipos de refrigeración domésticos (realizado en el Reino Unido) muestra que la media de temperaturas de conservación de todos las neveras (671 aparatos) fue de 5.3°C (Gemmell *et al.*, 2017⁷). La temperatura máxima medida en un refrigerador fue de 14.3°C y la media de temperaturas mínimas fue de -4.1°C. La temperatura media de todos los congeladores medidos (745 aparatos) fue de -20.3°C.

4.2. Consumo Energético

4.2.1. Consumo energético en hostelería

Los armarios de refrigeración y congelación usados en hostelería consumen alrededor del 12% del consumo por refrigeración en el sector. El consumo energético anual medio de armarios de refrigeración es de 2920 kWh por año mientras que en los de congelación es de 5475 kWh por año (MTP, 2006⁸). Existe muy poca información publicada sobre el consumo energético de los equipos actualmente en funcionamiento. Las medidas realizadas indican que existen muchas diferencias en el consumo energético de diferentes equipos y por el mismo equipo funcionando en diferentes localidades debido principalmente en las diferencias de uso, temperatura ambiental, corrientes de aire o fuentes de calor cercanas.

4.2.2. Consumo energético en supermercados

La refrigeración de alimentos es la mayor carga térmica existente en un supermercado. El consumo energético de los supermercados depende de diferentes aspectos como el tamaño de la tienda, los productos ofertados, la cantidad de ventas diarias, El consumo energético anual puede variar ampliamente desde alrededor de 700 kWh/m² de superficie en hipermercados hasta alrededor de 2000 kWh/m² de superficie en pequeños supermercados (Tassou *et al.*, 2011⁹). Los sistemas de refrigeración consumen entre el 30% y el 60% del consumo energético total mientras que la iluminación es responsable de entre el 15% y el 25% del consumo y el sistema de aire acondicionado y otros equipos como la sección de horneado consumen el resto.

Normalmente, se usa gas para calefactar los espacios, producir agua caliente sanitaria y en algunos casos para procesos de cocción y horneado. El consumo de gas es de alrededor de 250 kWh/m² en hipermercados aunque puede llegar a valor tan altos como 800 kWh/m² en algunos supermercados. Tassou *et al.* (2011⁹) han publicado valores de consumo energético para supermercados de diferentes tamaños. En pequeños supermercados, el consumo de energía eléctrica medio que usan equipos compactos de refrigeración es de alrededor de 300 kWh/m² mayor que aquellos pequeños supermercados que usaban equipos remotos centralizados. En el trabajo publicado por Evans and Swain (2016⁶) se muestra que existen grandes diferencias en el consumo energético de diferentes expositores refrigerados e incluso entre expositores del mismo modelo cuando se medían bajo la norma EN23953 o EN441. Se pueden conseguir ahorros importantes de energía seleccionando el mejor modelo disponible y examinando métodos para lograr temperaturas más uniformes en su interior.

Existen diferentes posibilidades para reducir el consume energético en supermercados. En el estudio llevado a cabo por Evans *et al.* (2016¹⁰), se estudia el potencial de reducción de emisiones directas e indirectas de 81 medidas de ahorro diferentes. La mayoría de las medidas de reducción de emisiones pueden ser aplicadas a equipos actualmente en funcionamiento e incluyen el montaje de puertas, estores enrollables, deflectores de aire y ventiladores mejorados. Otras opciones son aplicables a nuevos equipos e incluyen la optimización del flujo de aire en

³Derens, E., Palagol, B., Cornu, M., Guilpart J., 2007. *The food cold chain in France and its impact of food safety*. IIR IRC2007, Beijing, China.

⁴James, S.J., and Evans, J.A., 1990. *Temperatures in the retail and domestic chilled chain. Processing and Quality of Foods. Vol. 3. Chilled Foods: The Revolution in Freshness*. Elsevier Applied Science Publishers, London, 3.273-3.278.

⁵Evans, J.A., Scarcelli, S., and Swain, M.V.L., 2007. *Temperature and energy performance of refrigerated retail display cabinets under test conditions*. Int. J. Refrigeration. Vol. 30 pp 398-408.

⁶Evans, J.A., and Swain, M.V.L., 2010. *Performance of retail and commercial refrigeration systems*. IIR ICC2010, Cambridge, UK.

⁷Gemmell, A., Foster, H., Siyanbola, B., and Evans, J., 2017. *Study of Over-Consuming Household Cold Appliances*. Report Number: HPR187-1003.

⁸MTP, 2006. *Sustainable products 2006: Policy analysis and projections*.

⁹Tassou, S.A., Ge, Y., Hadaway, A. and Marriott, D., 2011. *Energy consumption and conservation in food retailing*, Applied Thermal Engineering, Volume 31, Issue 2, 2011, Pages 147-156.

¹⁰Evans, J., Maidment, G., Brown, T., Hammond, E., Foster, A., 2016. *Carbon reduction opportunities for supermarkets*. IIR ICC2016, Auckland, New Zealand.

el equipo usando evaporadores de alta eficiencia e intercambiadores de microcanales.

4.2.3. Consumo Energético en equipos de refrigeración domésticos

En Europa, los fabricantes han logrado reducir sustancialmente el consumo energético de este tipo de equipos desde la implantación del etiquetado energético en 1995. Existe suficiente información sobre el consumo energético de neveras y congeladores en condiciones estandarizadas ya que la evaluación energética es parte del proceso de etiquetado energético. Las condiciones estandarizadas no incluyen la apertura de puertas por lo que existe una desviación con las condiciones reales de uso. En un estudio reciente de neveras en el Reino Unido se midió el consumo energético de 665 equipos (Gemmell *et al.*, 2017³). El consumo energético medio anual fue de 354 kWh/año, basándose en un periodo de monitorización de aproximadamente 7 días. Aunque la eficiencia energética de neveras y congeladores domésticos se ha incrementado considerablemente en los últimos años, existen todavía opciones de reducción del consumo energético a través del uso de mejores aislamientos, mejoras en el rendimiento de los compresores y la optimización de la operación y control del sistema y de los intercambiadores.

4.3. Emisiones (directas) de Refrigerante

4.3.1. Emisiones de refrigerante en hostelería

Los datos sobre emisiones directas de armarios de refrigeración empleados en hostelería son escasos. Son embargo, las emisiones deben de ser similares a las producidas en el sector doméstico ya que la tecnología empleada es similar. Una estimación de la emisión de HFCs en equipos comerciales de refrigeración entre los años 1996 y 2002 se muestra en Schwarz (2005¹¹) donde se muestra que la emisión de equipos de hostelería es alrededor del 1.5%, dato similar al obtenido por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) que lo sitúa entre el 0.5% y el 3% (IPCC, 2005¹²).

4.3.2. Emisiones de refrigerantes en supermercados.

En los equipos de tipo remoto donde existe un sistema de refrigeración centralizado, las emisiones de refrigerante tienen un impacto muy alto. Las emisiones son debidas principalmente a fugas de refrigerantes HCFC y HFC. La cantidad de fugas de refrigerante tienen una gran variabilidad entre diferentes supermercados; en los países industrializados, los equipos compactos muestran el mínimo nivel de fugas (<1% por año), mientras que las fugas en sistemas centralizados pueden variar entre <3% por año hasta 20%-30% por año en el peor de los casos. Estos datos evidencian que el nivel de fugas puede reducirse sustancialmente. La reducción del nivel de fugas en las instalaciones se ha conseguido mediante un cambio en la gestión de la instalación, tipo de sistema o tecnología y con una mejora de la formación y capacidades de los equipos de mantenimiento e instalación. Existen diferentes opciones para la reducción de las emisiones directas en supermercados. Evans *et al.* (2016¹⁰) muestra que se pueden lograr reducciones significativas reduciendo la carga total de refrigerante, usando buenas prácticas en la instalación y el mantenimiento, usando refrigerantes de bajo PCA (Poder de Calentamiento Atmosférico) o usando fluidos secundarios en sistemas centralizados. Para realizar una reducción progresiva de las fugas en el sistema, es necesario conocer dónde y porqué los sistemas fugan. Buenos registros de mantenimiento pueden ayudar a identificar áreas de alto riesgo y componentes dentro de los sistemas que permiten a los operadores priorizar en las tareas de contención del refrigerante.

4.3.3. Emisiones de refrigerante en equipos de refrigeración domésticos

Las fuentes Heap (2001¹³) y RAC (2005¹⁴) indican que las fugas de refrigerante en este tipo de sistemas en los países industrializados son extremadamente bajas (menores del 1% al año). Schwarz (2005¹¹) estima que la emisión de HFCs en neveras y congeladores en Alemania para el período 1996-2003 es alrededor del 0.3% que es similar a las estimaciones del IPCC (entre 0.1% y 0.5%). Estas estimaciones asumen que el refrigerante es extraído y destruido al final de la vida útil del equipo. En los países en vías de desarrollo las fugas en estos equipos son considerablemente mayores debido a las malas condiciones de transporte y la falta de control y regulación sobre el reciclado del refrigerante al final de la vida útil del aparato. Giz (2017¹⁵) estima que el nivel de fugas puede ser de alrededor del 27% en los países citados.

5 Refrigerantes utilizados actualmente y posibles alternativas

5.1. Refrigerantes usados en hostelería

Tradicionalmente, los refrigerantes usados en los equipos de hostelería han sido los HFC. Recientemente, una parte de los fabricantes usan R290 (propano) como fluido refrigerante debido a su bajo PCA y su alta eficiencia.

5.2. Refrigerantes usados en supermercados

Los sistemas de refrigeración usados en supermercados emplean de manera predominante los refrigerantes HCFC y HFC, aunque el uso de R744 (CO₂) e hidrocarburos se está promoviendo. En los países escandinavos, se suelen emplear sistemas alternativos que emplean fluidos secundarios para el transporte del frío desde el sistema primario de refrigeración hacia los evaporadores dispuestos en los expositores. Otros sistemas empleados son el uso de unidades compactas condensadas por agua o la distribución de aire frío hacia una red de expositores (únicamente en el caso de temperaturas por encima de 0°C).

5.3. Refrigerantes usados en equipos de refrigeración domésticos

En el 35% y el 40% de las neveras y congeladores domésticos usan R600a (isobutano) un hidrocarburo con un PCA igual a 3 (Reglamento F-Gas, 2014¹⁴). Aunque es un refrigerante inflamable, su baja carga empleada y su alta eficiencia lo hacen ideal para la aplicación doméstica (Maclaine-Cross and Leonardi, 1996¹⁷). Generalmente, las neveras y congeladores que usan hidrocarburos pasan unos controles previos de fugas con Helio antes de ser cargados en fábrica. Este procedimiento se ha mostrado válido para detectar las fugas antes de su comercialización ya que se reportan muy pocos casos de fugas importantes en el ámbito doméstico. Todos los fabricantes Europeos, Chinos y Japoneses importantes producen equipos con R600a como refrigerante y su tecnología domina el mercado en esos países. El informe de progreso del Panel de Evaluación Técnico Económica (TEAP) publicado en 2010 (UNEP, 2010¹⁸) predice que "al menos el 75% de la producción de las nuevas neveras y congeladores usarán hidrocarburos en los próximos 10 años.

Tabla 1: Resumen de los refrigerantes actualmente usados y sus alternativas

Refrigeración doméstica, profesional y comercial		
Aplicación	Actuales refrigerantes de alto PCA (PCA kg.CO ₂)	Refrigerantes alternativos de bajo PCA (PCA kg.CO ₂)
Comercial	Compactos y remotos: HFC-134a (1300); HFC-404A (3920), HCFC-22 (1810)	Remotos: R-744 (1) Compactos y secundarios: HC-290 (5), HC-1270 (1.8) Compactos y remotos: Diversidad de diferentes HFO y mezclas de HFO
Profesional	HFC-404A (3920), HFC-134a (1300)	HC-290 (5), HC-600a (20), Diversidad de diferentes HFO y mezclas de HFO
Domestica	HFC-134a (1300)	HC-600a (20)

6 Perspectiva y retos de desarrollo

6.1. Refrigeración profesional

Los procedimientos de diseño en los equipos frigoríficos para el sector profesional no han cambiado mucho en los últimos 20 años y no han existido cambios importantes que hayan mejorado la eficiencia de estos equipos de manera sustancial. Normalmente, los fabricantes tienen problemas para justificar los altos costes de los equipos altamente eficientes debido a la elección de los usuarios a primar el coste inicial sobre el coste del ciclo de vida del producto. Se pueden conseguir elevados ahorros energéticos usando las tecnologías actualmente disponibles, pero es necesario cambiar el criterio de compra de los usuarios hacia la inversión en equipos más eficientes.

6.2. Refrigeración comercial

Según (Evans *et al.*, 2016¹⁰) es posible avanzar en la reducción de las emisiones de efecto invernadero de los equipos de refrigeración en supermercados. La mayor parte del ahorro se consigue usando puertas, estores enrollables de uso nocturno o tecnologías que reduzcan las infiltraciones de aire en los expositores abiertos. Reducciones adicionales se pueden conseguir optimizando los evaporadores existentes o usando nuevas tipologías. El uso de refrigerantes alternativos de bajo PCA es una buena medida para la reducción de las emisiones directas. El mayor reto en este sector es emplear las tecnologías citadas sin que supongan un aumento considerable de coste y con ello se obtengan periodos de retorno aceptables.

6.3. Refrigeración doméstica

Existe evidencia científica que establecen que las temperaturas en neveras y congeladores domésticos son más altas que las consideradas óptimas. En los últimos 30 años se han realizado numerosos estudios donde todos ellos concluyen que una mínima parte de estos equipos operan de manera óptima en el uso diario. El consumo energético de las neveras y congeladores domésticos se ha reducido considerablemente desde la implantación del etiquetado energético en los años 90 pero en la actualidad aún existe potencial suficiente para mejorar la seguridad y calidad alimentaria operando a temperaturas más óptimas (normalmente se considera el rango 0°C-5°C para las neveras y <-18°C para los congeladores) que redundarían en una disminución de los alimentos desechados y una reducción global de las emisiones de dióxido de carbono.

¹¹Schwarz, W., 2005. Emissions, Activity Data, and Emission Factors of Fluorinated Greenhouse Gases (F-Gases) in Germany 1995-2002. Research Report 201 41 261/01 UBA-FB 000811/e.

¹²IPCC/TEAP, 2005. Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System. Chapter 4. Refrigeration.

¹³Heap, R.D., 2001. Refrigeration and air conditioning – the response to climate change. Bulletin of the IIR No 2001-5.

¹⁴RAC (Refrigeration and Air Conditioning Magazine) Conference June 2005.

¹⁵Giz, 2017. <http://www.green-cooling-initiative.org/technology/domestic-refrigeration/green-cooling-potential>.

¹⁶Reglamento F-Gas, 2014. Reglamento (UE) no 517/2014 sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento - de 16 de abril de 2014.

¹⁷MacLaine-Cross, I.L. and Leonardi, E., 1996. Comparative performance of hydrocarbon refrigerants. IIR Commissions E2 E1 B1 B2 Melbourne, Australia.

¹⁸UNEP, 2010. 2010 Progress Report: Assessment of HCFCs and Environmentally Sound Alternatives, UNEP Technology and Economic Assessment Panel, p.37.

¹⁹Pedersen, R., 2004. Advantages and disadvantages of various methods for chilling of poultry, Landbrugsministeriets Slagteri-og Konserverlaboratorium, Copenhagen, Denmark, Report No. 189.

7 Retos técnicos

7.1. Refrigeración profesional

Un incremento inicial de la eficiencia de estos equipos es relativamente sencillo usando los mejores componentes y tecnologías disponibles en la actualidad en el mercado. En el año 2004, Pedersen¹⁷ publicó un estudio donde se mostraban mejoras implementadas en equipos que reducían el consumo energético en un 74% para neveras y en un 47% para congeladores (desde 6.26 kWh/día a 1.62 kWh/día para neveras y desde 8.53 kWh/día a 4.54 kWh/día para congeladores). Los ahorros energéticos se consiguieron cambiando el refrigerante, usando componentes más eficientes y optimizando las resistencias, juntas de cierre en las puertas y el control del sistema. Los mayores ahorros se consiguieron con la optimización de las juntas de cierre en las puertas, el uso de ventiladores de corriente continua y con el uso del gas de descarga del compresor para la evaporación del condensado del evaporador.

En el futuro será necesaria la implementación de mejoras adicionales para alcanzar los mejores niveles de etiquetado energético. El uso de compresores inverter, métodos y estrategias alternativas de desescarche, uso de controles avanzados, la supresión de resistencias anticóndensación, uso de solenoides en la línea de líquido y mejores aislamientos son los campos de desarrollo en el aumento de la eficiencia energética de estos equipos.

7.2. Refrigeración Comercial

Los retos técnicos a los que se enfrenta la refrigeración comercial incluye la transición hacia refrigerantes de bajo PCA y la mejor del control térmico combinado con una reducción efectiva del consumo energético. Muchas de estas cuestiones son de tipo socioeconómico más que de tipo técnico. Un ejemplo es la oposición por parte de ciertas cadenas de supermercados a instalar puertas en los expositores verticales por miedo a que exista una reducción en las ventas debido a la existencia física de una barrera entre el consumidor y el producto.

7.3. Refrigeración doméstica

En la misma línea que las aplicaciones de refrigeración profesional y comercial, el reto en este campo es la reducción del consumo energético combinado con un mejor control térmico. Aunque se ha conseguido una reducción importante en el consumo energético en este tipo de equipos en los últimos 30 años, aún existe margen para una posterior reducción. El reto principal es cómo emplear las nuevas tecnologías disponibles sin un aumento de costes considerable.

7.4. Aspectos comunes a considerar

Existen cuestiones comunes a resolver para los sectores de refrigeración doméstica, comercial y profesional. Muchos de los refrigerantes alternativos de bajo PCA propuestos en la actualidad son inflamables u operan a presiones muy elevadas. El manejo de estos refrigerantes exige una formación específica en materia de seguridad para los técnicos y diseñadores de estos equipos.

7.5. Regulación relevante

La Directiva de ecodiseño de la Unión Europea (Directiva 2009/125/EC) obliga a los fabricantes de equipos que consumen energía a la reducción de su consumo energético y en algunos casos la reducción de otros impactos ambientales que se producen durante el ciclo

de vida del producto. La directiva de ecodiseño se complementa con la Directiva de etiquetado energético (Directive 2010/30/EU). Los equipos de refrigeración doméstica y profesional se incluyen dentro de estas directivas. En el resto de países desarrollados se encuentran regulaciones similares a la europea (ver Figura 5).

La industria de la Refrigeración y el Aire Acondicionado ha tenido un desarrollo y una modernización considerable en las últimas 3 décadas como resultado de las políticas ambientales internacionales que prohibían los refrigerantes que agotaban la capa de ozono bajo el mandato del Protocolo de Montreal.

En octubre de 2016, la enmienda de Kigali al protocolo de Montreal añadió una nueva dimensión a dicho protocolo al establecer el control de la producción y el uso de los hidrofluorocarbonos (HFCs) con el objetivo de contribuir a la lucha contra el cambio climático. La limitación del uso de HFCs ampliará los beneficios ambientales conseguidos en el pasado bajo el protocolo de Montreal con la prohibición de los CFCs y los HCFCs. Las emisiones de HFCs están dentro del grupo de gases de efecto invernadero en los acuerdos medioambientales como el acuerdo de París o el Protocolo de Kyoto. Sin embargo, no se han implementado acciones específicas para el control de emisiones de HFCs excepto en el caso de la UNFCCC (Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas) que establece unos requisitos de registro de estos gases.

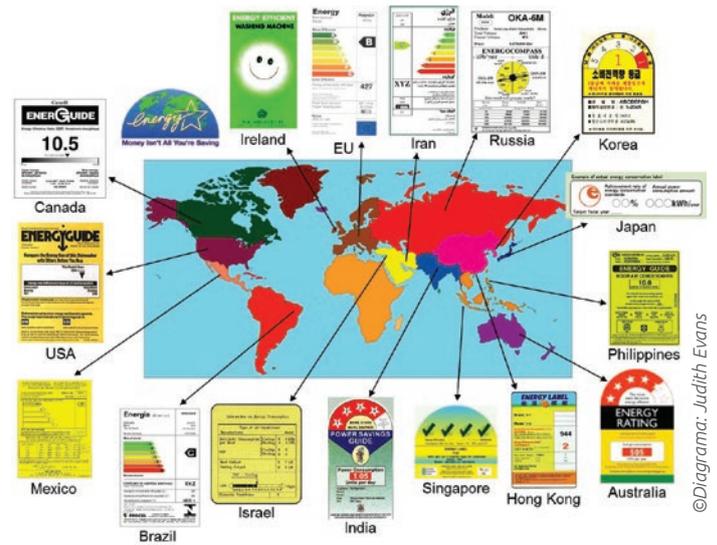
El impacto de los refrigerantes usados en los equipos de refrigeración tiene un efecto directo y otro indirecto. El efecto directo es debido al PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico) del refrigerante y la cantidad de este refrigerante que se emite a la atmósfera (mediante una fuga, accidente, o malas prácticas de manipulación y/o transporte). El efecto indirecto está asociado con la energía consumida durante la operación del equipo que, durante su vida útil, resulta en una emisión de CO₂ (CH₄ en menor medida) producido por las centrales térmicas que usan combustibles fósiles. El efecto indirecto es normalmente mayor que el efecto directo. La reducción de las emisiones directas e indirectas para todos los tipos de refrigerante se puede conseguir con un diseño mejorado del producto, mejores prácticas de mantenimiento y puesta en marcha, procedimientos de desmantelamiento adecuados y la aplicación estricta de las regulaciones y estándares locales.

Existen diferentes organizaciones que desarrollan estándares para el sector de la refrigeración y el aire acondicionado. El manual UNEP de estándares internacionales sobre Refrigeración y Aire Acondicionado (PNUMA, 2014²⁰) hace un resumen de los principales organismos de estandarización y provee diferentes ejemplos.

El sector de la cadena de frío es uno de los más importantes en los que se pasa por alto un análisis global. Esta situación es debida a la intersección con diferentes áreas técnicas y socioeconómicas (por ejemplo: la industria alimentaria, sanitaria, turismo, transporte, ...). La selección de tecnologías empleadas en la

cadena del frío que cumplen con el mínimo impacto económico, la eficiencia energética y un coste económico razonable es amplia y depende del sector y de las compañías incluso dentro de un mismo país. En el mes de septiembre de 2015, se acordaron por parte de la comunidad internacional los Objetivos 2030 para el desarrollo sostenible en el que se estipulaba como Objetivo número 2 el "Hambre Cero". Este objetivo evidencia la necesidad de gestionar de manera adecuada la "Seguridad Alimentaria" y el "Desecho Alimentario" que dependen en gran medida de las capacidades de la cadena de frío. Mientras que este objetivo está directamente relacionado con la cadena de frío, otros objetivos relacionados son el Objetivo número 3 "Salud y Bienestar" y el Objetivo número 13 "Acción Climática". Por lo tanto, una aproximación global para afrontar los retos de la cadena del frío conlleva múltiples beneficios socioeconómicos y medioambientales.

²⁰PNUMA, 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.



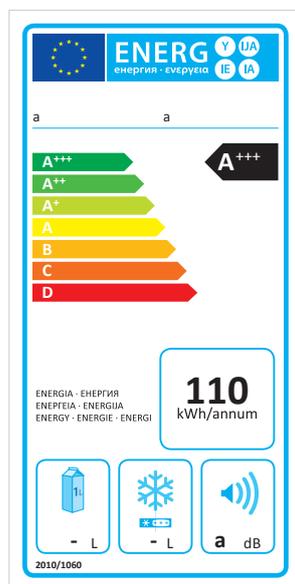
©Diagrama: Judith Evans

Conclusiones

Los equipos de refrigeración de tipo doméstico, profesional y comercial son las últimas partes de la cadena de frío donde los alimentos se conservan antes de su consumo. Los principales retos técnicos de estos sectores se focalizan en el mantenimiento de una temperatura de conservación adecuada y la reducción del consumo energético. El sector donde las emisiones de dióxido de carbono debidas al refrigerante son mayores es el de la refrigeración comercial debido principalmente al uso de grandes sistemas centralizados con unidades remotas. Todos los sectores considerados tienen un alto potencial para una reducción significativa de consumo energético en el futuro.

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.

Fig.5 : Etiqueta energética de mobiliario profesional Europeo (izquierda), etiquetas de muestra energía domestica alrededor del mundo (derecha)



©Générateur d'étiquettes énergétiques