

# REFRIGERACIÓN LOCAL CON CALOR EXCEDENTE

Ilkka Salo

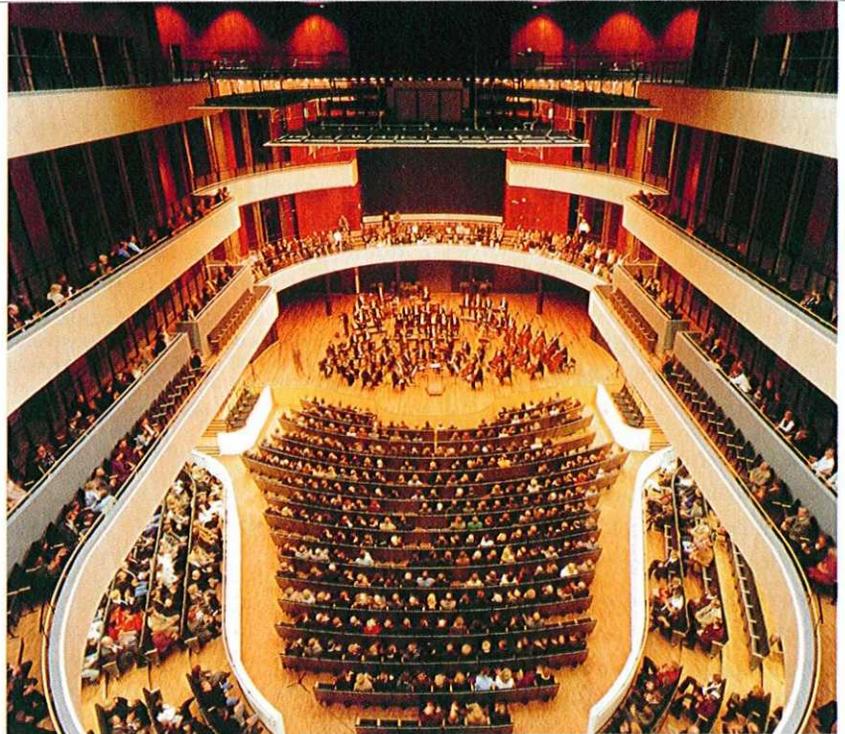
Aparte de su gran consumo de electricidad, los sistemas convencionales de refrigeración para edificios emplean refrigerantes HFC/HCFC que tienen la merecida reputación de ser poco ecológicos. El trabajo de Investigación y Desarrollo realizado por ABB en Finlandia ha demostrado que existe la posibilidad de evitar ambos inconvenientes mediante el “enfriamiento local”, técnica que produce energía de refrigeración a partir del calor utilizando enfriadores de absorción exentos de freón, sin necesidad de emplear compresores convencionales.

**Los** sistemas de calefacción urbana, que normalmente se basan en la generación combinada de calor y energía eléctrica, permiten utilizar para la calefacción invernal todo el calor producido; el problema es que durante el verano sólo puede utilizarse una parte del mismo. De forma similar, muchas instalaciones industriales producen un excedente de calor que no se aprovecha aunque en principio podría usarse para la refrigeración. A menudo, los procesos generan un excedente de calor que sólo se aprovecha parcialmente mientras que, al mismo tiempo, se consume electricidad para la refrigeración.

Las enfriadoras de absorción permiten aprovechar ese “calor excedente” para producir energía de refrigeración, es decir, la red de calefacción urbana continúa aportando calor con el que se produce *in situ* energía de enfriamiento para uno o más edificios.

**De la planificación compartimentada de los sistemas...**

Aunque la técnica de absorción no es, en sí misma, nueva y aunque



0) Vista interior del Sibelius Hall, auditorio y Centro de Congresos en Latí (Finlandia)

se conocen bien sus ventajas medioambientales (uso del calor excedente en lugar de electricidad, eliminación de los problemas creados por los refrigerantes HFC/HCFC, supresión del ruido y de las vibraciones), no ha

sido suficientemente explotada para la refrigeración de edificios.

Esta situación se debe en buena parte a que el diseño convencional de edificios no contempla el proyecto de la producción y distribución de la

### TECNOLOGÍA DE REFRIGERACIÓN LOCAL

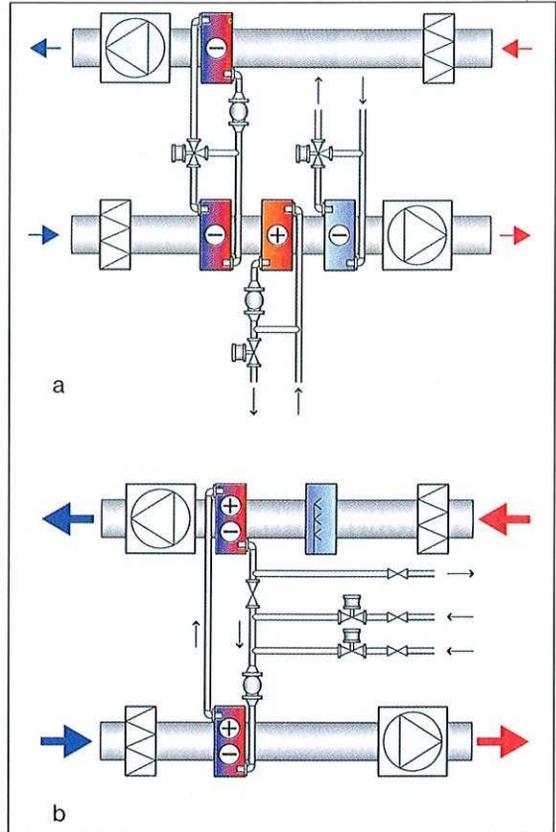
El proyecto DEMLOCS ha evidenciado el potencial de la calefacción urbana para la refrigeración, calefacción y acondicionamiento de aire en edificios así como la posibilidad de conseguir un importante ahorro de energía cuando la calefacción urbana se combina con el sistema *ThermoNet* de servicio para edificios (Ver figura). En el proyecto, que formaba parte del Programa *Thermie* de la UE, participaron ABB Finlandia, que, además, se encargó de la coordinación de los trabajos, Helsinki Energy y la danesa *Herning Kommunale Vaerker*.

Durante los trabajos (octubre 1995 hasta octubre de 1999) se diseñaron y construyeron dos instalaciones de refrigeración, una para Helsinki y otra para Herning. En la de Helsinki la energía de refrigeración se obtiene con enfriadores de absorción y en Herning con refrigeradores de ejector.

Ambos sistemas (completamente exentos de HFC/HCFC) utilizan calor urbano a +80 °C, temperatura muy inferior a la habitual en este tipo de refrigeración. Para calefactar los edificios se emplea el agua de retorno de la calefacción urbana.

Durante el verano de 1999 la instalación de Herning comenzó a producir energía de refrigeración para el edificio mencionado; durante el verano siguiente, se realizó un control completo. La instalación de Helsinki entró en funcionamiento en el verano de 1998 con una producción máxima de energía de refrigeración programada para que coincidiera con la finalización de otra obra, el edificio *Tellus* de Helsinki, en el verano de 1999. Los resultados alcanzaron cómodamente lo esperado a pesar de que el verano finlandés de 1999 fue extraordinariamente largo y caluroso.

*Gráfico 1 Comparación entre un climatizador convencional (a) con circuitos separados para calefacción, refrigeración y recuperación de calor, etc., y ThermoNet (b) que utiliza unidades de servicio Econet para edificios y combina todas estas funciones en un circuito único. Las temperaturas son bajas, lo que da como resultado un alto rendimiento energético.*



energía de refrigeración y el diseño de los sistemas del edificio (por ejemplo, del aire acondicionado) como partes de un proceso integrado, de modo que los resultados distan mucho de

ABB Finlandia tiene gran experiencia en el uso de energía térmica de bajo nivel para la calefacción de edificios y, durante los últimos años, la Compañía ha hecho grandes es-

**Tabla: Consumo específico de calor de un edificio de fabricación durante las temporadas de calefacción 1997-98 y 1998-99 (no incluye el agua caliente sanitaria). Todas las cantidades están en kWh/m<sup>3</sup>.**

Mes	Índice de calentam. 1997-98 Demanda	Índice de calentam. 1998-99 Demanda	Índice de calentam. 1997-98 Consumo	Índice de calentam. 1998-99 Consumo
Septiembre	0	0.1	0	0
Octubre	0.8	1.4	0.3	0.4
Noviembre	1.7	2.0	0.9	0.9
Diciembre	3.2	2.8	1.9	1.3
Enero	3.1	3.0	1.7	1.3
Febrero	1.8	2.7	0.8	1.2
Marzo	1.4	2.5	0.4	0.8
Abril	1.1	2.1	0.2	0.3
Mayo	0.6	0.9	0.1	0.1
Total	13.5	16.4	6.2	6.3

ser óptimos. Este diseño compartimentado ha hecho difícil (y poco económico) el uso de energía térmica de bajo nivel, como la calefacción urbana, para aplicar la técnica de refrigeración por absorción, especialmente durante el verano.

fuerzos en el estudio de sistemas de refrigeración ecológicos y de alto rendimiento. Entre otras cosas ha descubierto el gran interés que tiene la combinación de enfriadoras de absorción con una tecnología constructiva innovadora.

El trabajo de investigación y desarrollo ha hecho posible, por ejemplo, utilizar la energía de calefacción urbana durante el verano para obtener una refrigeración económica. Como ejemplo figura una instalación de refrigeración local situada en Helsinki que constituía parte del proyecto DEMLOCS (Ver recuadro), que aprovecha el calor urbano a +80 °C para la refrigeración de absorción.

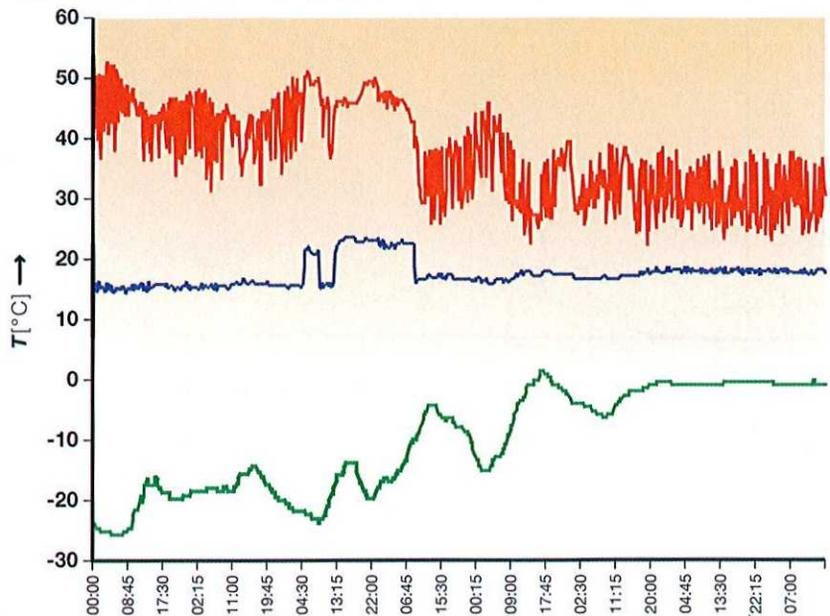
...a una plataforma de diseño totalmente integrada

Lo fundamental es la simultaneidad del diseño y de la optimización de los sistemas locales de energía y de los servicios del edificio, entre ellos del aire acondicionado, para encontrar un nivel óptimo para el sistema en su conjunto.

Las necesidades de refrigeración de los edificios conectados a la mencionada instalación de Helsinki totalizan 1,8 MW, que quedan cubiertos fácilmente por los 0,9 MW de capacidad de la enfriadora de absorción gracias al diseño integrado de los procesos de producción y consumo de energía en el sistema.

Temporada de calefacción. Usos de energía de bajo nivel

El proyecto DEMLOCS muestra cómo usar energía de bajo nivel para



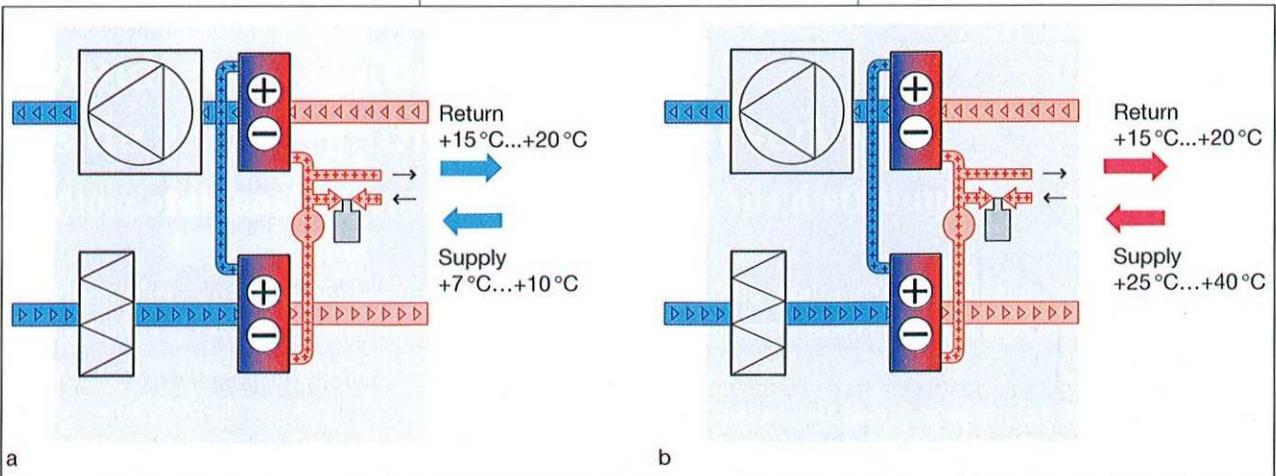
1) Temperatura del agua de calefacción (ida en rojo, retorno en azul) y del aire ambiente (verde) durante una semana en invierno (proyecto DEMLOCS)

calentar y refrigerar edificios. En la figura 1 pueden verse, a modo de ejemplo, las temperaturas del agua de calefacción y del aire ambiente a lo largo de una semana de invierno. La temperatura del aire es al principio de -25 °C y a lo largo de la semana se va elevando gradualmente hasta llegar a 0 °C al final de la misma. Durante este periodo, la temperatura del agua suministrada por la red de calefacción urbana desciende desde 50 °C hasta 30 °C y la temperatura del

agua retornada a la red urbana por las unidades ThermoNet (Fig. 2) aumenta de 15 °C a 18 °C. Este método permite calentar eficientemente el edificio de la factoría, incluso con temperaturas exteriores de -25 °C, mediante una única fuente de energía, el agua de retorno de la red de calefacción urbana.

Demostración del bajo consumo

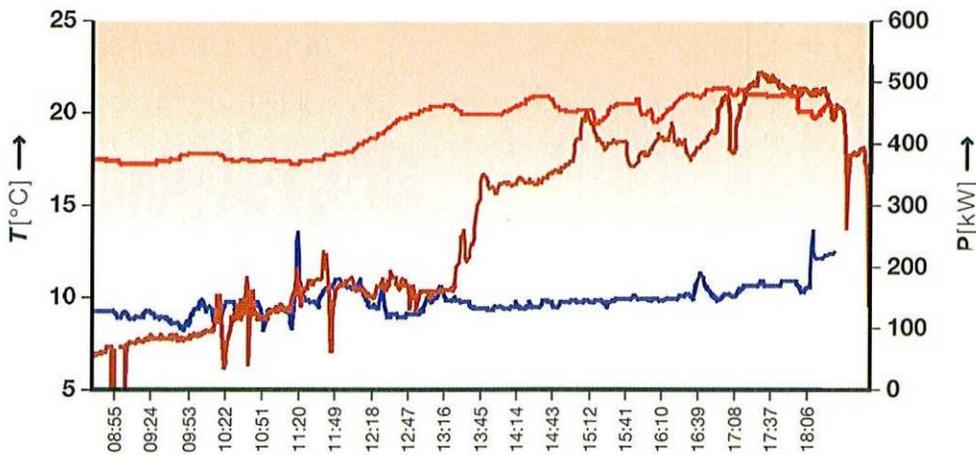
La tabla muestra el consumo específico de calor de la fábrica estudia-



2) Funcionamiento de las unidades ThermoNet/Econet

Refrigeración (a): el bajo  $\Delta T$  de aire/agua permite usar medio refrigerante a altas temperaturas con un alto  $\Delta T$  entre ida y retorno.

Calefacción (b): el bajo  $\Delta T$  aire/agua permite usar un medio de calefacción a bajas temperaturas con un alto  $\Delta T$  entre ida y retorno.



3) Temperatura del agua de refrigeración (ida en azul, retorno en rojo) hacia y de las unidades ThermoNet y curva de consumo de energía para un edificio de fabricación (proyecto DEMLOCS).

temperatura media de 10 °C (9-12 °C) mientras que la temperatura del agua de retorno sube de 17,5 °C a 22 °C cuando el consumo de energía de enfriamiento pasa de 100 kW a 500 kW. La

da en el proyecto DEMLOCS durante las temporadas de calefacción 1997-98 y 1998-99. La columna 'Demanda' presenta el calor tomado de la red de calefacción urbana más el calor recuperado por las unidades ThermoNet, mientras que en las columnas 'Consumo' aparece exactamente el calor tomado de la red urbana. Las cifras de consumo totales, 6,2 y 6,3 kWh/m<sup>3</sup>, son excepcionalmente bajas. En las estadísticas publicadas por Motiva, organización creada por el Ministerio finlandés de Comercio e Industria para promover

el uso racional de la energía, los valores más bajos son más del doble que los valores en este caso y la media llega incluso a 46 kWh/m<sup>3</sup>. (Las estadísticas están elaboradas con los datos de miles de edificios de Finlandia).

**Temporada de refrigeración. Uso de energía de bajo nivel**

En la fig. 3 se presentan las temperaturas de ida y de retorno del agua de refrigeración hacia y desde las unidades, así como la curva del consumo energético del edificio de la fábrica. El agua suministrada tiene una tem-

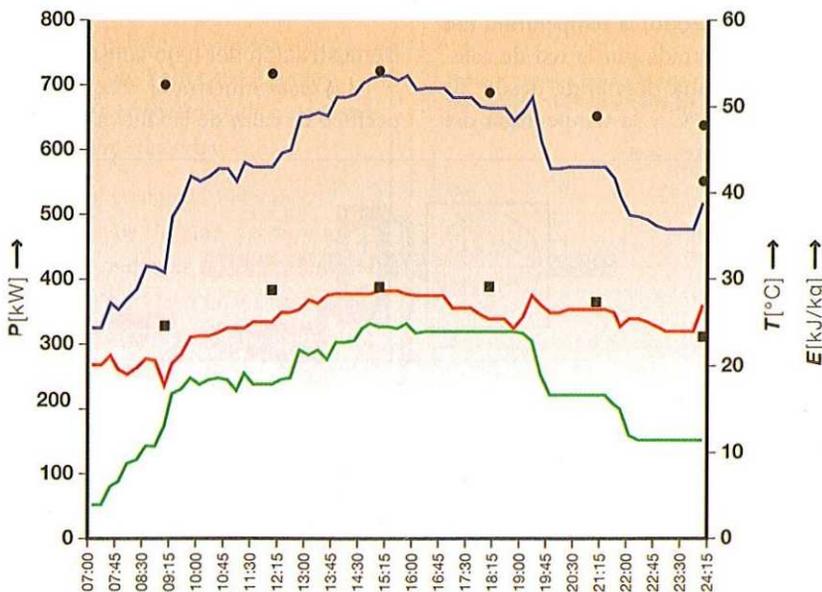
peratura del agua de refrigeración es notablemente superior y la diferencia de temperaturas es casi el doble de lo habitual en la industria.

**Ahorro de carga máxima con la 'recuperación de frío'**

El funcionamiento de la 'recuperación de frío' bajo condiciones cambiantes del aire ambiente proporciona más del 45% de la demanda total (300 kW de 700 kW), como se ve en la figura 4. La recuperación se reduce cuando baja la temperatura del aire exterior y con ella la demanda total de refrigeración. El resultado es que el consumo de energía de refrigeración no varía de forma importante (se mantiene dentro del intervalo 380 a 270 kW) independientemente de las variaciones de temperatura del aire exterior (y por tanto de la carga de refrigeración).

**Resumen**

El concepto de Refrigeración local hecho realidad en Finlandia y Dinamarca aprovecha calor a baja temperatura, en este caso el de la calefacción urbana a unos 75 °C a 80 °C. No obstante, estas ventajas pueden obtenerse en cualquier lugar donde se disponga de un excedente de calor. Aunque parece más adecuado aplicar este concepto con los sistemas de calefacción urbana, potencialmente el concepto puede aplicarse con fuentes de energía de cualquier tipo. ■



4) Funcionamiento De la 'recuperación de frío' en condiciones ambientales cambiantes

E Calor total del aire exterior •  
 T Temperatura del aire exterior ■  
 P Demanda (azul), consumo (rojo), recuperación en frío (verde)