

Francisco Javier Sanabria Rodríguez (jsanabria@keyter-intarcon.com)

Ingeniero Técnico Industrial

Responsable Prescripción

Keyter Technologies

# Descarbonización de las instalaciones térmicas en centros hospitalarios

## Sustitución de calderas por bombas de calor HT

*La rápida reducción de emisiones y penetración de renovables en el sector eléctrico hace de la electrificación uno de los vectores principales para la descarbonización. En este artículo se exponen las mejoras que se pueden alcanzar mediante la sustitución de calderas por bombas de calor de alta temperatura y alta eficiencia energética, utilizando como fuente de calor energías renovables (aeroterminia, geotermia, hidrotermia) y/o energías residuales provenientes de las propias instalaciones en Centros Hospitalarios.*

### Entorno reglamentario

Dentro del Marco estratégico de Energía y Clima, desarrollado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España y alineado con el Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, se establecen diferentes estrategias con el objetivo principal de alcanzar, en el horizonte final de 2050, una economía con cero emisiones netas de gases de efecto invernadero.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 presenta una hoja de ruta y desarrolla algunos de los vectores estratégicos para la reducción de emisiones de gases invernadero, el aumento del uso de las energías renovables con respecto al consumo total de energía final y la mejora de la eficiencia energética, además de la utilización de energías renovables en la generación eléctrica.

La rápida reducción de emisiones y penetración de renovables en el sector eléctrico hace de la electrificación uno de los vectores principales para la descarbonización, ayudando a que una mayor electrificación de otras demandas energéticas (como la movilidad, usos de calor y frío o

usos industriales) sea una herramienta clave para alcanzar la neutralidad climática.

En paralelo a este marco general, en el que se favorece el uso de equipos térmicos alimentados por la energía eléctrica, en los últimos años se han venido desarrollando y/o actualizando una serie de reglamentos, tanto a nivel nacional como europeo, que afectan de forma directa a las instalaciones térmicas en la edificación.

Por una lado, la modificación en 2019 del Código Técnico de la Edificación (CTE) y de sus Documentos de exigencias básicas de Ahorro de Energía (DB-HE), dentro de los que destacamos el HE2 en cuanto a las condiciones de las instalaciones térmicas y que directamente nos remite al Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE), modificado en 2021 para adaptarlo al marco reglamentario europeo sobre eficiencia energética, diseño ecológico y uso de energías renovables así como al PNIEC; y el HE4 que nos determina la contribución mínima de energías renovables en las instalaciones de producción de Agua Caliente Sanitaria y calentamiento de piscinas cubiertas.

Por otro lado, emanados de la Directiva europea de Ecodiseño, han ido apareciendo una serie de reglamentos de Diseño Ecológico que afectan a diferentes

lotes de productos relacionados con la energía (ErP), y en particular a los de generación térmica, en los que se establecen los valores mínimos de eficiencia estacional de los mismos, representando un importante giro a la hora de evaluar la eficiencia con respecto a los índices que se venían utilizando hasta entonces.

En otro orden, el Reglamento europeo FGAS de 2014 que afecta a la utilización de gases fluorados de efecto invernadero estableciendo limitaciones de uso de determinados gases y marcando un calendario de reducción de cuotas disponibles en el mercado en función del Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) de estos gases. Dicho reglamento se encuentra actualmente en periodo de revisión en Europa y todo apunta a que las restricciones marcadas en 2014 se verán incrementadas a partir de 2024.

Por último, en España disponemos de un impuesto especial que grava el uso de los gases fluorados de efecto invernadero (IGFEI), modificado recientemente en 2021 afectando al uso de estos gases desde su primera entrega en el mercado.

### Bomba de calor de alta temperatura

La evolución de compresores de rango de funcionamiento extendido,

tanto en tecnología scroll como tornillo, permite a la Bomba de Calor, utilizando refrigerantes de medio-bajo PCA como el R134a, el R513A o el R1234ze, trabajar en el lado del condensador con altas temperaturas, por encima de los 70°C y hasta 85°C, siempre que dispongamos en el evaporador de una fuente de calor a media temperatura entre 25°C a 40°C, con una elevada eficiencia con valores de COP en el entorno de 5.

Por tanto, la bomba de calor extrae la energía de una corriente de agua externa proveniente de una fuente renovable y/o residual y lo cede a un segundo circuito donde puede utilizarse para calefacción por superficies radiantes, radiadores de baja temperatura y/o unidades terminales de tratamiento de aire, o para la producción de ACS.

Además, en los últimos años se han venido desarrollando nuevas tecnologías de bombas de calor utilizando refrigerantes naturales como el CO<sub>2</sub> (R744) o el Propano (R290).

A la hora de plantear una instalación de producción de ACS con Bomba de Calor de alta temperatura, se pueden plantear diferentes posibilidades de hibridación de ésta con otras fuentes de energías renovables y/o residuales que proporcionen la fuente de calor a media temperatura necesaria de una forma eficiente e incluso, en algún caso, totalmente gratuita. A modo de ejemplo, indicamos algunas de ellas:

### a) Aerotermia + BC HT

Combinación en “booster” de una bomba de calor aire-agua que aprovecha la energía aerotérmica existente en el aire exterior y que proporciona agua caliente a media temperatura, con una elevada eficiencia estacional, a una bomba de calor agua-agua de alta temperatura.

### b) Geotermia / Hidrotermia + BC HT

Igual que en el caso anterior pero, en esta ocasión, la fuente renovable en el origen es un recurso geotérmico somero (captadores verticales u horizontales, cimentaciones termoactivas) o bien hídrico (corrientes de agua naturales, como aguas superficiales, subterráneas, pozos).

### c) Equipos Polivalentes + BC HT

Los equipos polivalentes o agua-aire-agua disponen de tres modos de funcionamiento principales: como enfriadora aire-agua, como bomba de calor aire-agua o como máquina térmica agua-agua. De esta forma se adapta a las diferentes necesidades existentes en cada momento en la instalación de generación de agua fría, de agua caliente o de agua fría y caliente simultáneas (recuperación de calor total), respectivamente.

### d) Recuperación de calor equipos frigoríficos + BC HT

El calor de condensación de los grupos frigoríficos presentes en este tipo de

instalaciones, como por ejemplo en las enfriadoras de climatización o en los servicios de temperatura positiva (cámaras de refrigeración, salas de preparación) y negativa (cámaras de congelación) de las cocinas y que funcionan de forma permanente durante todo el año, puede ser aprovechado como fuente de calor gratuita para la bomba de calor de alta temperatura.

Por ello, es muy importante prever en el diseño de las cocinas industriales, habitualmente incluidas en partidas de equipamiento, y por desgracia en un alto porcentaje sin coordinación con el resto de instalaciones mecánicas, que estos equipos dispongan de un sistema de recuperación de calor.

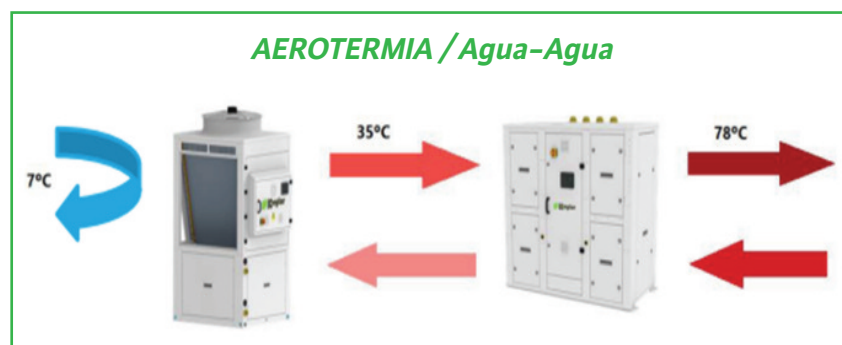


Figura 1. Aerotermia.

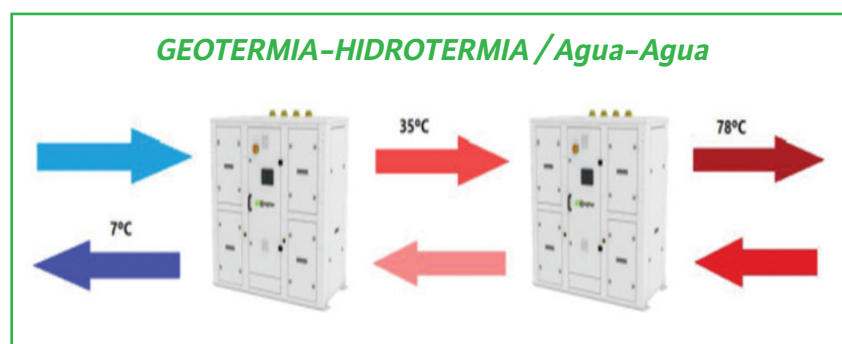


Figura 2. Geotermia.



Figura 3. Equipos polivalentes.

**e) Solar híbrida Térmica-Fotovoltaica BC HT**

En este último caso, además del aprovechamiento del calor generado en la parte térmica del panel como fuente de calor a media temperatura, la electricidad generada es aprovechada para alimentar la bomba de calor, estableciéndose con ello una instalación que puede llegar al 100% de contribución renovable en la producción de ACS.

Cabe destacar en este apartado a las Bombas de Calor Fotovoltaicas, en las que se establecen no sólo estrategias de aprovechamiento de la energía eléctrica generada en periodos de no demanda térmica por medio de acumulación térmica, programación inteligente del arranque de la instalación etc... sino que además son capaces de gestionar el consumo eléctrico y la capacidad de producción térmica en función de la potencia de generación fotovoltaica disponible en cada momento. Estos equipos incorporan un sistema de regulación avanzado que interpreta la información remitida por el inversor en relación a la potencia eléctrica generada y adecua el consumo eléctrico del equipo a la potencia disponible gestionando la capacidad del compresor.

Visto todo lo anterior, resulta evidente que se hace del todo necesario realizar siempre un estudio previo de las instalaciones térmicas existentes en el edificio de forma global y analizar aquellas fuentes de energía que puedan ser aprovechadas de forma eficiente transfiriéndolas a otras zonas del edificio donde sean utilizadas de forma gratuita, o con un coste moderado (bombeo) inferior en todo caso al ahorro global obtenido.

Así, en instalaciones hospitalarias nos solemos encontrar con espacios con necesidades de refrigeración a lo largo de todo el año y de las que podríamos recuperar total o parcialmente el calor de condensación, como son las cámaras y salas de preparación de las cocinas, mantenimiento de equipos de esterilización, resonancia magnética, radiodiagnóstico y de radioterapia, quirófanos, laboratorios, farmacia, salas de exposición y preparación de cadáveres así como cámaras para su conservación.

**Caso de estudio: Producción ACS Centro Hospitalario 200 camas**

Ubicación: Valencia.  
Consumo ACS (CTE-HE4): 55 l/día cama a 60°C → 11 m3/día.  
Energía térmica anual demandada: 211 MWh.

**Instalación existente:**

Caldera de Gasóleo C.  
Potencia producción ACS: 100 kW.  
Acumulación: 3.000 litros.  
Baja Eficiencia estacional  $\eta$ : 80%.  
Elevado consumo de combustible fósil.  
Cocinas: sistema centralizado de expansión directa.

**Instalación propuesta:**

Bomba de Calor agua-agua de alta temperatura.  
Generación de ACS hasta 78°C.  
Alta eficiencia estacional COP HT (35/30°C; 60/70°C): 4,5.  
Refrigerante R513A (A1, PCA: 631).

Fuente Calor: Recuperación equipos refrigeración (Cocinas + Clima).

En cocinas se propone la instalación de un sistema distribuido de condensación indirecta en bucle de agua que, en primer lugar, nos permite la recuperación total del calor de condensación.

Sólo la recuperación de calor de los grupos frigoríficos de las cocinas (119 MWh/año) representa un 73% de las necesidades de calor a media temperatura en el evaporador de la bomba de calor agua-agua de alta temperatura para producción de ACS. El resto, hasta llegar al 100% se complementa con la recuperación de calor en los equipos de climatización.

Esta propuesta, siguiendo el principio “primero, la eficiencia energética”, supone una importante mejora de la eficiencia de la instalación térmica al reducir el consumo de energía primaria no renovable y de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, eliminando el consumo de energías fósiles.



Figura 4. Recuperación de calor.

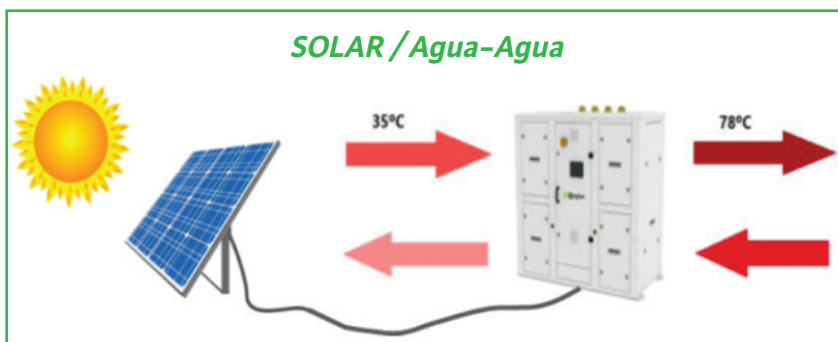


Figura 5. Solar híbrida.

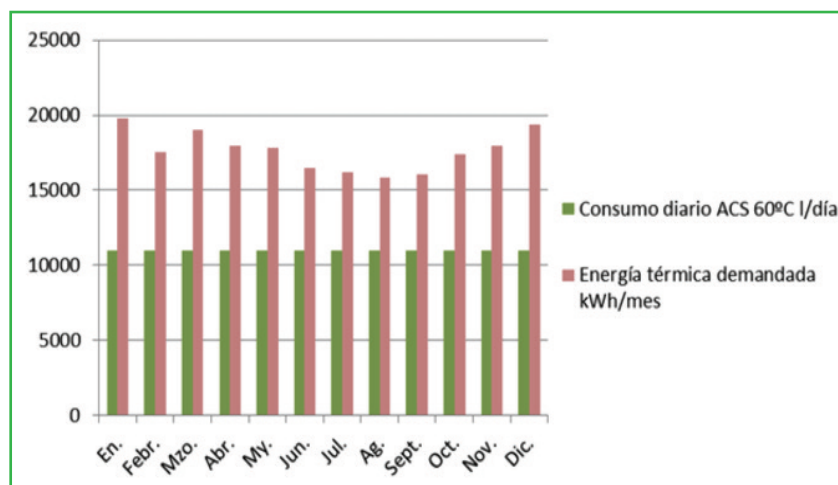
## Descarbonización – Bomba de calor HT

Así, obtenemos una reducción del consumo anual de energía primaria de 201 MWh (-64%) y una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 60 toneladas/año (-79%). En segundo lugar, la instalación de un sistema distribuido de condensación indirecta en bucle de agua, utilizando equipos con propano (R290) como refrigerante, nos permite alcanzar además una reducción en la carga de refrigerante, expresada en Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, del 87%.

### Conclusiones

Con la propuesta de sustitución de las calderas existentes por bombas de calor de alta temperatura se consiguen los objetivos de mejora de la eficiencia energética de la instalación térmica, con la consiguiente disminución en el consumo de energía final y, por tanto, la reducción de la factura energética del Centro Hospitalario y de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, eliminándose el uso de energías fósiles y alineándose con el reto de descarbonización de las instalaciones de la UE.

Además, la bomba de calor de alta temperatura es apta para que la instalación cumpla con la normativa UNE 100030:2017 sobre prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones. Donde se requiere que el equipo de calentamiento debe ser capaz de elevar la temperatura del agua hasta 70°C o más en los depósitos acumuladores y hasta 60°C ó más en el punto más alejado de la red de distribución para su desinfección mediante un ciclo anti-legionela. Por otro lado, indicar que la utilización de nuevos refrigerantes de muy bajo PCA, como pueden ser el R290 (Propano) o el R1234ze (HFO) aplicados a bombas de calor de alta temperatura, abren unas expectativas de futuro muy favorables para la bomba de calor, al tiempo que nos permite contribuir de forma efectiva a la sostenibilidad mediambiental.



Gráfica 1. Consumo de ACS y demanda de energía térmica.

REFR. COCINAS	Sistema condensación indirecta - WATERLOOP				
	T °C	PF W	Pabs kW	Econs kWh	Erecup kWh
BAJA T	-20	5680	5,6	32243	51958
MEDIA T	0	15600	9,0	14665	30420
ALTA T	10	11600	4,7	13364	36854
		<b>32880</b>	<b>19,3</b>	<b>60272</b>	<b>119232</b>
					73%

Tabla 1. Energía recuperada en servicios de refrigeración de cocina.

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE INSTALACIONES	INST. EXISTENTE		INSTALACIÓN PROPUESTA				
	CALDERA		BOMBA CALOR HT + Recuperación				
	$\eta_{est}$	80%	SCOP	4,5	Diferencial		
Consumo Energía Térmica	264	MWh	211	MWh	-53	MWh	-20%
Consumo Energía Final	26	m <sup>3</sup>	47	MWh			
Consumo Energía Primaria	312	MWh	111	MWh	-201	MWh	-64%
Emisiones CO <sub>2</sub>	76	TnCO <sub>2</sub> eq	16	TnCO <sub>2</sub> eq	-60	TnCO <sub>2</sub> eq	-79%

Tabla 2. Comparativa consumo energía y emisiones de CO<sub>2</sub>.

	Instalación existente – Centrales				Instalación propuesta - Condensación Indirecta			
	Refrigerante	GWP	Carga (kg)	CO <sub>2</sub> equiv (Tn)	Refrigerante	GWP	Carga (kg)	CO <sub>2</sub> equiv (Tn)
BAJA T	R404A	3922	7,2	28,24	R290	3	0,4	0,001
MEDIA T	R404A	3922	14,4	56,48	R290	3	1,05	0,003
ALTA T	R404A	3922	12,4	48,63	R134a	1430	12,4	17,73
<b>Total</b>			<b>34</b>	<b>133,35</b>			<b>13,85</b>	<b>17,74</b>
								<b>-86,7%</b>

Tabla 3. Comparativa carga de refrigerante (Tn CO<sub>2</sub> equivalente).