

Integración de las bombas de calor geotérmicas de muy baja entalpía con sistemas paneles solares térmicos

Manuel Herrero; Ferroli España

La consideración de la bomba de calor con fuente de disipación geotérmica como un modo de energía renovable va intrínsecamente ligada a los elevados coeficientes de eficiencia energética de estos equipos, en el sentido de que la producción de frío o calor que aportan supera ampliamente la energía primaria que consumen en su funcionamiento.

Pero estos equipos en su naturaleza van más lejos, y no es solo durante su funcionamiento a régimen normal cuando aportan una gran eficiencia, sino que todo su diseño está pensado para que el conjunto de la instalación, de la que forman parte esencial, consuma el mínimo posible de energía, ya que son capaces de integrarse con otros sistemas productivos.

Cuando se disponen de varios equipos productivos, para conseguir que el conjunto de la instalación sea lo más eficiente posible, es necesario que los equipos generadores se dimensionen de manera que todos trabajen el mayor tiempo posible en su punto de óptimo rendimiento. Para ello es necesario disponer de un perfil ajustado de la demanda, lo que supone hacer los cálculos de cargas y demanda de manera rigurosa.

También es necesario que, en función de las condiciones de funcionamiento, sea el equipo productivo más eficiente el que aporte la energía necesaria en cada momento.

Y todo ellos ofreciendo una solución

práctica y real, lo que supone ajustar el coste de la inversión inicial y de los gastos de explotación para mejorar la rentabilidad de la instalación.

En función de las premisas indicadas anteriormente, la combinación de los paneles solares térmicos para producción de Agua Caliente Sanitaria y la bomba de calor geotérmica para climatización y apoyo a la producción de ACS es una de las soluciones más eficientes que se pueden presentar para las aplicaciones residenciales.

Por un lado, los paneles solares ofrecen una solución de energía renovable “pura”, y la bomba de calor geotérmica ofrece la climatización (calefacción/refrigeración) de la vivienda con un reducido consumo eléctrico y además haciendo uso de una fuente de energía inagotable, como es la corteza terrestre.

Ejemplo propuesto

La combinación de estos dos sistemas se va a mostrar mediante el análisis práctico sobre

una vivienda unifamiliar ubicada en la provincia de Madrid, zona climática D3 s/HE1 y IV s/HE4 (Madrid), de 4 dormitorios y una superficie a climatizar de 225 m².

Para la climatización la vivienda contará con una instalación de suelo radiante/refrescante.

Tanto la bomba de calor como el circuito de energía solar estarán controlados por la centralita de control electrónico que incorpora la propia bomba de calor, que permite la parametrización de las variables de funcionamiento y la entrada en funcionamiento de los diferentes componentes en función de estas variables.

Este punto es fundamental, ya que debe ser un único sistema el que gobierne el sistema y “decida” adoptar la solución de funcionamiento óptima para cada uno de los casos de carga y demanda que se puedan presentar. Para ello se debe disponer de un sistema de control amplio y potente con capacidad de recibir todos los input de la instalación que sean necesarios y de poner en funcionamiento los equipos implicados en función de una lógica de control establecida.

Cargas del sistema

Como se ha indicado anteriormente, es necesario realizar un estudio de cargas minucioso para:

- ✓ Conseguir seleccionar de manera óptima los equipos productores de manera que trabajen siempre en el punto de máxima eficiencia y así disminuir los costes de explotación
- ✓ Ajustar al máximo los costes de inversión
- ✓ Disponer de elementos de valoración a la hora de buscar soluciones que reduzcan la demanda térmica.

Para poder realizar el cálculo de las cargas y de la demanda térmica con estas premisas se ha hecho uso de un programa informático de cálculo de cargas y simulación del comportamiento energético del edificio.

Este programa tiene además la capacidad de combinar el funcionamiento de diferentes elementos productivos e integrarlos en el resultado global del cálculo, obteniendo además el perfil de funcionamiento de los equipos y unidades terminales.

Operativa de cálculo

El programa basa su cálculo energético en los siguientes datos:

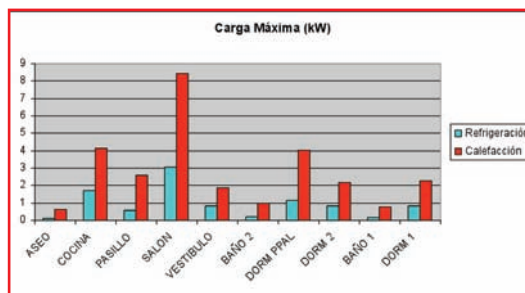
- ✓ Datos climáticos. Se utilizan los archivos climáticos suministrados junto a los programas oficiales LIDER y CALENER en los que se tienen datos de temperatura y radiación solar en todas las capitales de provincia, para todas las horas de un año tipo (8760 registros).
- ✓ Condiciones operacionales. Describen el modo en que varían los parámetros característicos de un local, es decir, los niveles de ocupación, ventilación, iluminación y los períodos de utilización del sistema acondicionador, incluidas las temperaturas de consigna. Se utilizan las condiciones operacionales descritas en el documento: “Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos”, editado por el ministerio de Vivienda a través del IDAE. Este documento describe las bases de funcionamiento de los programas oficiales LIDER y CALENER.
- ✓ Factores de corrección de los equipos acondicionadores, consistentes en tablas y curvas de comportamiento de los equipos.

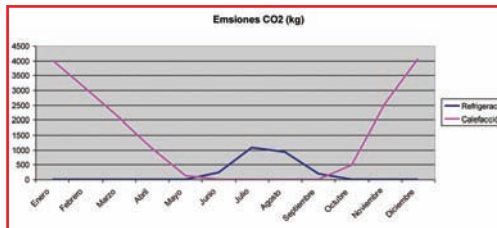
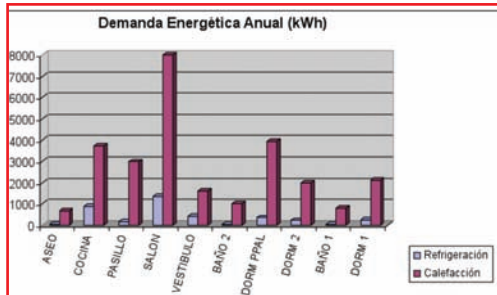
La secuencia de cálculo del programa es la siguiente:

1. Cálculo de ganancias instantáneas para las 8760 horas del año tipo.
2. Conversión de las ganancias instantáneas a carga térmica supuesta constante la temperatura interior de los locales.
3. Cálculo de la potencia de extracción de los equipos acondicionadores.
4. Obtención de la demanda de energía teórica.
5. Simulación del funcionamiento de los equipos y unidades terminales.
6. Cálculo del consumo energético y de las emisiones de CO₂.

Resultados del cálculo

Cargas térmicas, demandas energéticas y emisiones CO₂:





Sistema de control

Para que el sistema de control pueda realizar la gestión íntegra de todo el conjunto de la climatización de la vivienda, es necesario que disponga de las funcionalidades que indica a continuación

Funciones de control del sistema

Modos de funcionamiento:

Calefacción: Confort, Reducida, Antihielo y Automático (control de la temperatura según tabla de programación horaria, y funciones de protección y ECO activas).

Refrigeración: Automático (según tabla de programación, con funciones de protección y variación climática del punto de consigna), y Off.

Agua Caliente Sanitaria (DHW): On (según la tabla de programación horaria), Off y Forzada.

Ocupación: Si está en modo calefacción, cambia a calefacción reducida; si está en modo refrigeración, pasa a off.

Funciones ECO

- ✓ Regulación automática del período durante el cual el equipo funciona en modo calefacción en función de la temperatura exterior conforme a unos umbrales establecidos.

- ✓ Límite de calefacción 24 horas automático: aplicable en estaciones intermedias (otoño o primavera), apaga el modo calefacción en función de la evolución diaria de la temperatura, aprovechando la inercia del edificio.

Funciones de programación horaria

- ✓ Programación diaria, programación semanal, periodo vacacional.

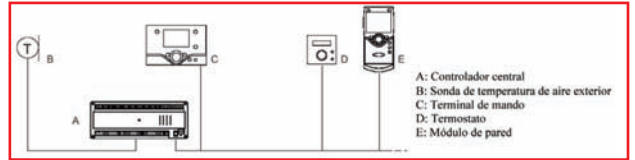
Funciones integradas de ahorro energético

- ✓ Ajuste climático de las curvas de calefacción: pendiente y desplazamiento

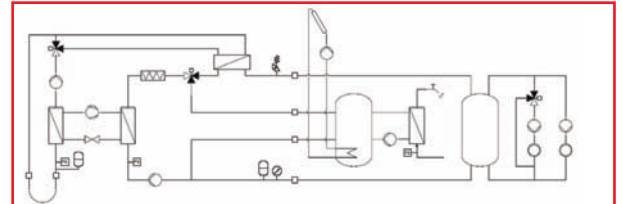
- ✓ Refrigeración pasiva

Gestión de alarmas

Elementos de control



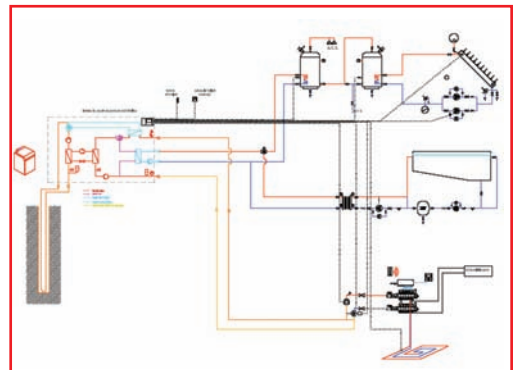
Parámetros de control



| Entradas al sistema | Salidas al sistema |
|---|---|
| Temperatura del aire exterior | Bomba calefacción circuito 1 |
| Temperatura de entrada intercambiador agua lado fuente | Válvula 3 vías ACS |
| Temperatura de salida intercambiador agua lado fuente | Bomba lado fuente |
| Temperatura de entrada intercambiador agua lado instalación | Bomba lado circuito |
| Temperatura de salida agua intercambiador lado instalación | Resistencias eléctricas integradas. Etapa 1 |
| Temperatura depósito ACS | Resistencias eléctricas integradas. Etapa 2 |
| Temperatura agua calefacción circuito 1 | Válvula 3 vías Refrigeración Pasiva |
| Temperatura acumulador circuito | Bomba recirculación ACS |
| Temperatura acumulador circuito - parte inferior | Bomba calefacción circuito P |
| Temperatura depósito ACS - parte inferior | Válvula mezcladora 3 vías circuito 1 |
| Temperatura agua ACS instantánea | Bomba colectores solares |
| Temperatura colectores solares | |
| Flujostato ACS instantánea | |
| Sensor de humedad del local | |
| Flujostato lado fuente | |
| Flujostato lado planta | |
| Bloqueo alimentación eléctrica | |

Esquemas y lógica de funcionamiento

Esquema de principio de la instalación y del control.



Parámetros que rigen el funcionamiento

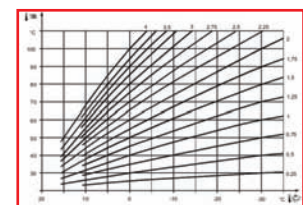
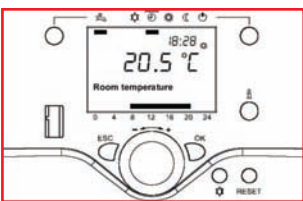
Calefacción y Refrigeración

- ✓ Control de la temperatura climática (del agua producida) para calefacción o refrigeración en función de la temperatura ambiente de la zona, comandada por mandos remotos

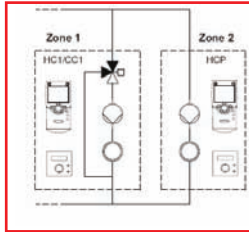
- ✓ Gestión de dos circuitos, uno mixto calefacción y refrigeración (circuito I), y otro solo en refrigeración (circuito P).

En el circuito mixto se gestiona la bomba y la válvula mezcladora para regulación de la temperatura de impulsión del agua.

- ✓ Actuación de la refrigeración pasiva al inicio de la época estival cuando las condiciones de entrada de agua a la unidad sean favorables.



Cada uno de estos dos circuitos corresponden a una zona y se puede establecer para cada una:



- ✓ Set point
- ✓ Programación temporal diaria o semanal
- ✓ Curva climática
- ✓ Sensor de control de la habitación, ubicado en el termostato o en el mando remoto.

La producción de ACS estará a cargo de captadores solares planos selectivos de alta eficiencia, instalados por superposición arquitectónica, con inclinación a 35° y orientación S, con apoyo externo.

Dichos captadores se dimensionan para cubrir el 70% de la demanda anual de ACS.

Producción de ACS

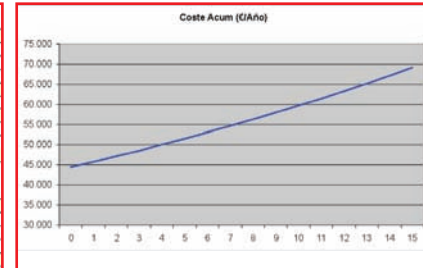
- ✓ Orden de marcha/parada a la bomba de circuito solar en función de las temperaturas de los colectores solares y de las de el depósito acumulador de ACS, dentro del horario programado
- ✓ Entrada de la bomba de calor en función de las temperaturas anteriores.

Apoyo a la Producción de ACS

- ✓ On (según la tabla de programación horaria), Off y Forzada, en función de la temperatura del depósito acumulador

Costes y Curvas de Amortización

| Costes de Energía | |
|--------------------------------------|---------------|
| | kWh |
| Consumo energía elect. Calefacción | 8.700 |
| Consumo energía elect. ACS | 255 |
| Consumo energía elect. refrigeración | 787 |
| Energía total consumida (kWh) | 9.801 |
| Potencia | |
| | kW |
| Potencia Contratada: | 12 |
| Coste anual energía total (€) | 1.284 |
| Costes de Inversión | |
| | € |
| Bomba de calor geotérmica | 14.200 |
| Sondas geotérmicas | 25.555 |
| Circuito Solar | 4.710 |
| Coste de inversión (€) | 44.465 |



Conclusión

De todas las soluciones posibles para la climatización de viviendas, es esta probablemente esta propuesta la de que menos energía consume, por la utilización de la energía solar para el ACS y el sistema geotérmico que siempre es una garantía de obtención de los más elevados coeficientes.

No obstante los costes de inversión se ven penalizados con respecto a otras soluciones, tanto por la duplicidad de equipos productivos, como por la utilización de un sistema costoso como es la geotermia, en particular en lo que se refiere a las sondas geotérmicas.

Por eso es necesario que en estos casos tan evidentes de ahorro energético se recurra a las ayudas y subvenciones que facilita la Administración, como herramienta más efectiva para promocionar su utilización gracias a la reducción los costes de inversión, que suponen probablemente el mayor obstáculo para su aplicación extensiva en el sector residencial.