

Aplicación de la geotermia de baja entalpía en el nuevo hospital de Mollet del Vallès

M^o ARANZAZU CUESTA GARCÍA (*) y GONZALO ROBERTO MAYORAL FERNÁNDEZ (**)

RESUMEN El nuevo hospital de Mollet del Vallès ha apostado por la energía geotérmica para climatizar parte de sus dependencias. La instalación llevada a cabo durante los años 2007 y 2009, la han convertido uno de los edificios más sostenibles de España, ya que cubrirá más de 1 MW de potencia de climatización sólo con Geotermia. Este proyecto es actualmente el más grande de España y uno de los cinco primeros de Europa.

APPLICATION OF LOW-ENTHALPY GEOTHERMAL ENERGY IN THE NEW HOSPITAL OF MOLLET DEL VALLÈS

ABSTRACT *The new Hospital in the city of Mollet del Vallès has chosen Geothermic energy for heating and cooling. The installation, built between years 2007 to 2009, will turn the hospital into one of the most sustainable building of Spain because will supply more than 1 MW of heating and cooling peak load with Geothermic energy. Now, this project is the biggest in Spain and it is one of the five biggest in all Europe.*

Palabras clave: Hospital pionero, Perforación, Refrigeración pasiva, Simultaneidad, Rendimiento.

Keywords: Pioneering hospital, Geothermic drilling, Free cooling, Simultaneous use, Performance.

1. INTRODUCCIÓN

En 2007, TERMOTERRA. S. L., empresa especializada en la construcción e instalación de sistemas geotérmicos, perteneciente al grupo TERRATEST, emprendió la obra de geotermia de baja entalpía para climatización más grande ejecutada hasta el momento en España y la cuarta más grande de Europa por metros perforados: el nuevo Hospital de Mollet del Vallès (Barcelona), que abrirá sus puertas a principios de 2010 y que está siendo ejecutado por la UTE Hospital de Mollet (Acciona Infraestructuras y EMTE). Este hospital dará asistencia sanitaria a más de 150.000 vecinos del municipio, ocupará 26.649 metros cuadrados repartidos en cuatro plantas en las que se reparten 140 camas para la hospitalización, 4 quirófanos y 17 box para la atención urgente, entre otros servicios.

Una vez terminado este edificio se convertirá además, en una referencia de la sostenibilidad en España, ya que ha apostado por la energía geotérmica para su climatización, además de incluir sistemas de reaprovechamiento de aguas pluviales, aislamientos de última generación, etc.

La finalización de la instalación geotérmica está prevista para finales de diciembre de 2009. En este proyecto se han tratado de optimizar los rendimientos energéticos de los equipos

y sistemas que han de satisfacer esta demanda energética, sin tener que recurrir a las torres de refrigeración, y así evitar el riesgo asociado a la contaminación por legionela.

Para cubrir las necesidades de climatización, se han realizado más de 20.000 metros lineales de perforaciones para la construcción del intercambiador geotérmico vertical que cubrirá una potencia de 1.200 kW para calefacción y 1.000 kW para refrigeración. El sistema cuenta con 2 bombas de calor geotérmicas de 600 kW en modo calefacción y 500 kW en modo refrigeración con la que se pretende satisfacer la demanda de calor y frío base del hospital. El resto de potencia no cubierta mediante el sistema geotérmico, será satisfecho con métodos de climatización convencional, como *chillers* y calderas.

2. PRINCIPIO DEL SISTEMA DE BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICO

Una bomba de calor geotérmica utiliza el subsuelo como fuente de calor, cuando funciona como calefacción, o como disipador de calor, cuando funciona en modo refrigeración. El intercambio de energía térmica con el subsuelo se realiza por medio de la conexión de la bomba de calor con el intercambiador de calor terrestre. En este caso se ha realizado geotermia vertical en bucle cerrado que consiste en perforaciones de 145 metros de profundidad en los que se introducen sondas de polietileno de alta densidad en forma de "U". El principio de funcionamiento general de este tipo de sistemas se muestra en la figura 1.

(*) Responsable de proyectos Termoterra.

(**) Jefe de grupo de obras de Termoterra.

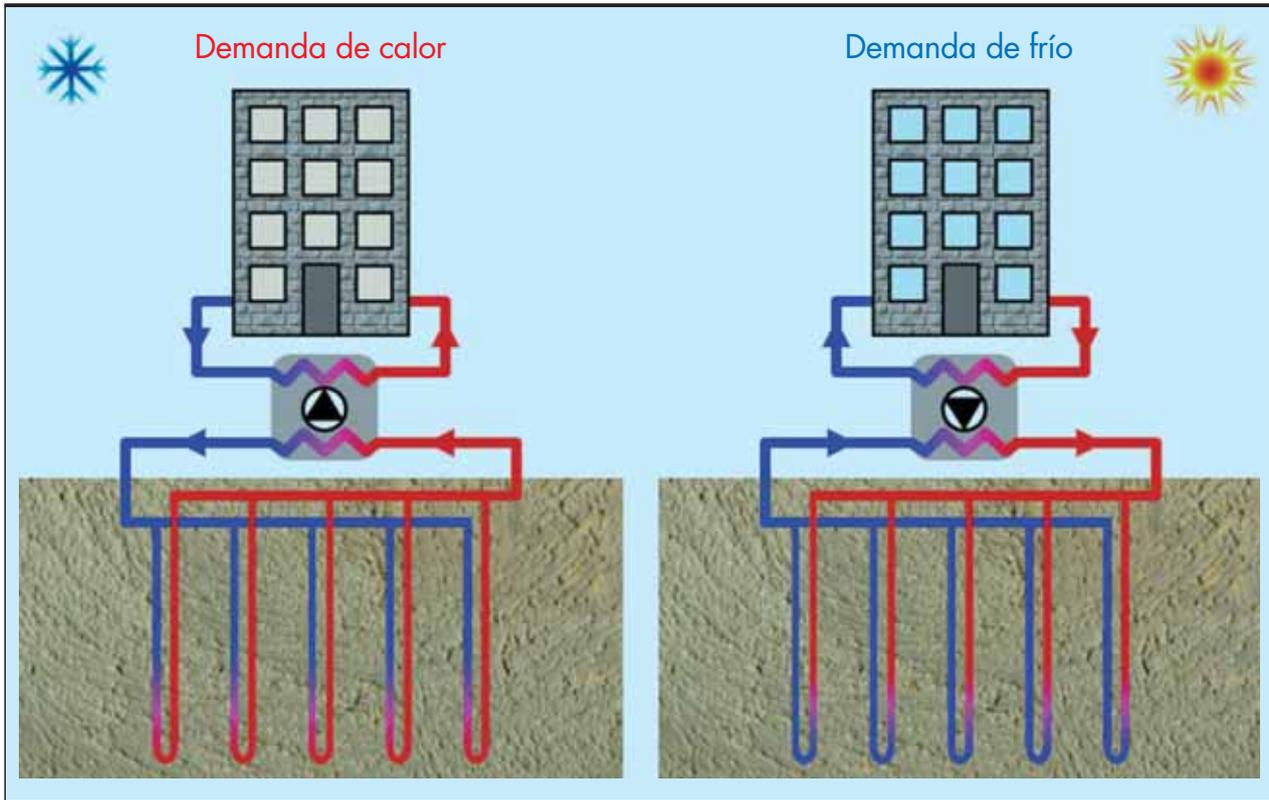


FIGURA 1. Principio de funcionamiento de un sistema de bomba de calor geotérmica.

3. FASES DEL PROYECTO

3.1. ENSAYO DE RESPUESTA TÉRMICA DEL TERRENO

El primer paso consistió en la realización de un sondeo geotérmico piloto y su correspondiente **ensayo de respuesta térmico ERT** (también conocido como *TRT-Thermal Response Test*).

Para ello, se realizó la perforación del sondeo exploratorio de 145 m de profundidad. El ensayo consiste en producir la circulación de un fluido portador de calor a través de la sonda durante 72 horas y monitorizar la temperatura de entrada y salida al sondeo. El ERT es un procedimiento experimental que permite determinar “in situ” la conductividad térmica (λ) del subsuelo. Una condición importante es que durante todo el período del experimento la potencia de inyección de calor permanezca constante y conocida. Ha de mencionarse que el sondeo piloto se realizó en el futuro campo de sondeos y con el mismo tipo de sonda, diámetro y relleno que los sondeos constructivos; con este procedimiento se asegura el mismo comportamiento que tendrán los futuros sondeos.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Información hidrogeológica	
Información local	
Tipo de suelo	Suelo detrítico
Nivel piezométrico	16 m
Temperatura media del suelo	16,7 °C
Conductividad térmica media	1,93 W/m.K
Columna litológica	
Profundidad	Características geológicas
0 a 70-72 m:	Arcilla, arena fina, limosa, de compacidad media a alta
70 a 72 m:	Nivel de aguas subterráneas confinadas
70 a 150 m:	Nivel de gravas muy finas arenosas, ligeramente arcilloso.

TABLA 1. Resultado del ensayo ERT.



FIGURA 2. Vista de tres equipos de perforación trabajando simultáneamente.

Con los resultados obtenidos en el ensayo y el perfil de cargas y demandas de climatización, se realizó la simulación y modelización del sistema para dimensionar el proyecto. De esta forma, se optimiza al máximo el proyecto en función de las propiedades del terreno, evitando así tanto posibles sobredimensionamientos y extracostes innecesarios como posibles pérdidas de rendimiento. Por tanto, es de suma importancia la realización del ERT y su correcta interpretación.

Una vez realizados los cálculos referidos, se concreta el diseño final de la instalación y, finalmente se inicia la ejecución material del intercambiador geotérmico.

3.2. CONSTRUCCIÓN DEL INTERCAMBIADOR TERRESTRE

El intercambiador de calor terrestre se realizó durante los meses de junio a septiembre de 2007 en el espacio que ocupará el futuro Hospital. Durante la ejecución llegaron a trabajar hasta 3 equipos de perforación RB8R de la firma Prakla, simultáneamente.

Las operaciones de perforación convivieron con los trabajos de cimentación del hospital como apertura de zanjas para las riostras y encepados. Ello exigió una gran coordinación con la jefatura de obra y el resto de subcontratas presentes en el hospital.

El diseño definitivo del intercambiador de calor terrestre consiste en 144 sondeos de bucle cerrado de 145 m de profundidad que están conectados en 4 grupos de 36 pozos que se unen en arquetas de las que parten los colectores principales hacia la sala técnica

Como se ha comentado, cada pozo tiene una profundidad media de 145 m en los que se realizó la instalación de sondas

de polietileno de alta densidad (PEAD 100 SDR 11) de bucle sencillo de 40 mm de diámetro y 3,7 mm de espesor, certificadas y probadas en fábrica. En cada sonda instalada se realizaron dos pruebas de estanquidad aplicando una presión de 3 bar en cada prueba. La primera prueba se realiza previa al momento de introducirlas en el terreno y una vez se han introducido en la perforación y antes de inyectar el pozo con el relleno de cemento-bentonita, se les realiza la segunda prueba con el fin de certificar que la sonda no ha sido dañada en la operación de instalación. Posteriormente, se realizó el sellado de los pozos mediante la inyección de lechada de cemento-bentonita de alta conductividad térmica. La localización de los sondeos y el esquema de conexión se muestran en la figura 4.

La perforación del campo de sondeos se realizó de forma neumática aunque las intercalaciones de arenas existentes en el terreno hicieron que en algunos pozos se requiriese la circulación de lodos naturales con adición de polímeros biodegradables.

Asimismo, durante las labores de instalación de la red horizontal para conectar los sondeos con la sala técnica existió una esmerada coordinación con las subcontratas instaladoras de las redes de abastecimiento, saneamiento y drenajes ya que fueron realizadas simultáneamente.

3.3. DISEÑO Y MONTAJE DE LA SALA TÉCNICA

Está previsto finalizar la instalación de la sala técnica a finales de diciembre de 2009. Para un total éxito de la instalación geotérmica el diseño es fundamental, con un especial cuidado en el establecimiento de los puntos de partida definitivos y el cálculo de las principales dimensiones del sistema geotérmico.



FIGURA 3. Vista aérea del hospital.

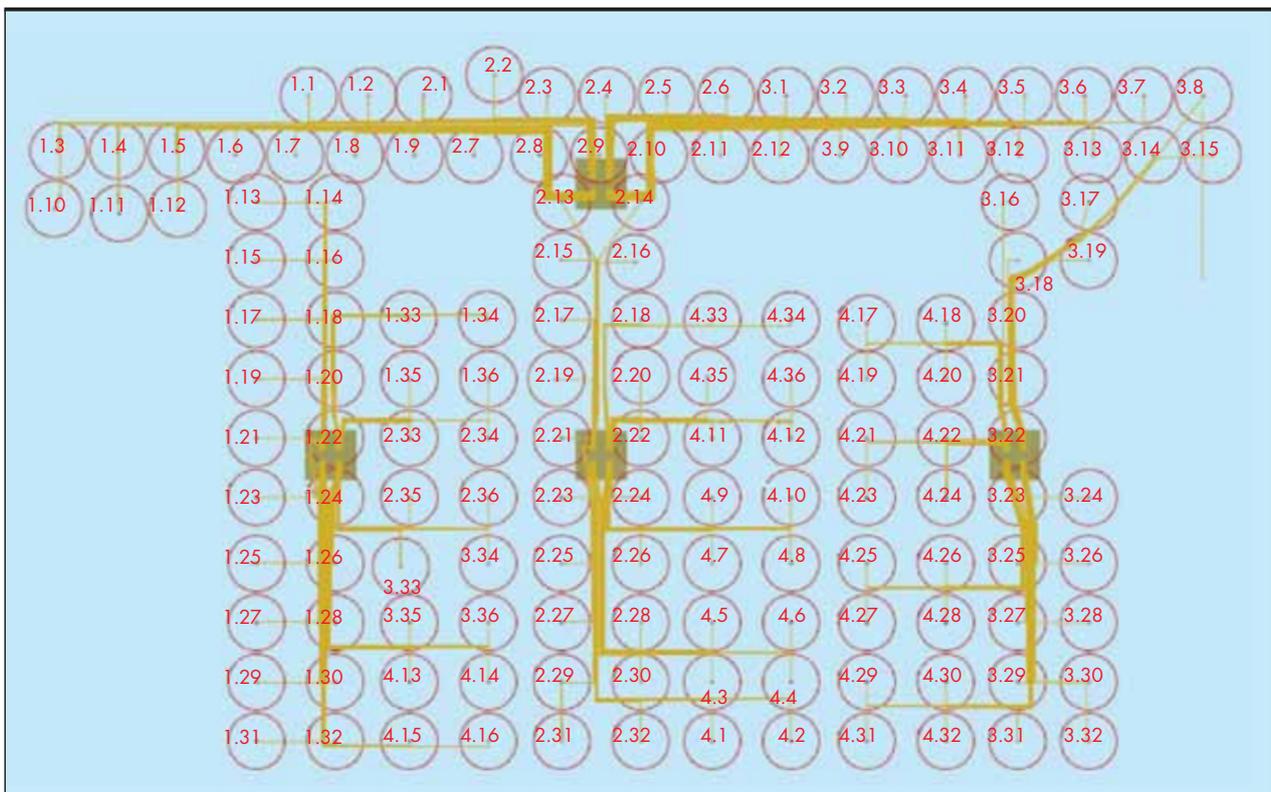


FIGURA 4. Localización sondeos y conexiones horizontales.



FIGURA 5. Arquetas de distribución.

Los principales resultados que se deben obtener de la etapa de diseño son el diseño integrado del sistema, la explicación técnica del mismo y la planificación de los trabajos de montaje. Para ello hay que contar y conocer perfectamente la interacción entre el intercambiador geotérmico terrestre (entendido como el conjunto terreno+perforaciones) y el sistema de climatización del hospital, la localización exacta de los sondeos y de la sala técnica, recorrido de los tubos de conexión horizontal entre los sondeos y la sala técnica, organización y distribución de los equipos en la sala técnica y planificación de trabajos.

La sala técnica planificada para el hospital contiene los siguientes elementos:

- Colectores de ida y retorno en la sala técnica para conectar el campo de sondeos.
- Colectores, frío y caliente, en la sala técnica para conectar con el sistema de climatización al hospital.
- Bombas de calor geotérmicas.
- Tuberías y accesorios, incluyendo componentes, en la sala técnica.
- Bombas de circulación.
- Depósitos de inercia y vaso de expansión.

El hospital contará con una potencia de 1.200 kW para calefacción y 1.000 kW para refrigeración cubierta mediante la instalación geotérmica.

Para ello se instalarán 2 bombas de calor geotérmicas de 600 kW en modo calefacción y 500 kw en modo refrigeración con las que se pretende satisfacer parte de la demanda de calor y frío base del hospital. En cuanto a las características de estas bombas de calor a instalar, en los proyectos geotérmicos de gran tamaño y en los que, además es necesario suministrar calefacción y refrigeración simultáneamente durante una



FIGURA 6. Conexiones horizontales.

parte del año, es necesario que las bombas seleccionadas cumplan las siguientes características:

- Funcionamiento en modo calefacción y refrigeración.
- Funcionamiento en condiciones de carga parcial hasta un 10% de la carga pico.
- Elevado COP (*Coefficient of Performance*) en condiciones de carga parcial, tanto en modo calefacción como refrigeración.

Con las características de las bombas de calor geotérmicas convencionales no es posible obtener estos resultados, por lo que ha sido necesario realizar ciertas modificaciones para poder asegurar un sistema geotérmico eficiente. Tanto el diseño de la sala técnica como las adaptaciones necesarias se han llevado a cabo con la estrecha colaboración de la empresa IPTEC Geoenergía, expertos en sistemas de intercambio de energía térmica con el subsuelo para suministrar una climatización (calefacción y refrigeración) sostenible y eficiente en edificios, procesos industriales e invernaderos.

El sistema geotérmico del Hospital de Mollet se ha diseñado buscando el máximo aprovechamiento energético, por lo cual permite diferentes modos de funcionamiento, ofreciendo:

- *Refrigeración directa o free cooling.* En este caso, el intercambio térmico se produce por medio de la circulación directa del fluido del intercambiador de calor desde el campo de sondeos hasta el interior del hospital, sin necesidad de funcionamiento de la bomba de calor. Este modo de funcionamiento reduce el consumo eléctrico de la instalación ya que únicamente las bombas de circulación están en funcionamiento, pudiéndose así alcanzar una elevada eficiencia del sistema.
- *Refrigeración utilizando las bombas de calor o refrigeración activa.* En este caso, el frío se obtiene de las bombas de calor geotérmicas disipando el calor del condensador al subsuelo. En este modo de funcionamiento, el subsuelo recibe el calor proveniente del condensador de la bomba de calor.
- *Calefacción utilizando las bombas de calor o calefacción activa.* En este caso, el calor para suministrar al Hospital se obtiene de las bombas de calor geotérmicas. La bomba de calor utiliza el subsuelo como fuente de calor del evaporador.
- *Refrigeración y calefacción simultáneas.* Pueden existir dos casos, cuando la carga dominante es la calefacción,

el fluido del evaporador (frío) es utilizado como fuente de refrigeración para la zona del hospital que lo necesite. En el caso opuesto, cuando el modo refrigeración es la carga principal, el calor del condensador generado en la producción de frío es utilizado como fuente de calefacción para otras zonas del edificio.

Gracias a estos modos de funcionamiento, el subsuelo es utilizado únicamente para la demanda neta del hospital, mejorando notablemente la eficiencia y COP global del sistema. Cuando la demanda de calor es mayoritaria en el hospital y la demanda de frío minoritaria, se utiliza el calor del condensador como fuente de calor y únicamente la parte restante se obtiene del subsuelo.

Cabría resaltar también que todo el diseño de este sistema se basa en la posibilidad de de la cesión del sobrante de energía (tanto para calefacción como para refrigeración) dentro del sistema de climatización a diferentes temperaturas de trabajo, como es el caso del sistema de climatización mediante calderas y chillers *versus* techo radiante.

Además, en verano, el calor de condensación generado por el sistema será utilizado para el precalentamiento del agua caliente sanitaria del hospital (ACS).

4. CONCLUSIONES

El sistema geotérmico en el nuevo hospital de Mollet del Vallès está diseñado para obtener los mejores rendimientos y eficiencias. Podría suponer un ahorro de hasta un 75% de la energía destinada a refrigeración y calefacción, y una reducción del 50% en emisiones de CO₂.

Comparado con los equipamientos de climatización tradicionales, este sistema de energía geotérmica presenta varias ventajas como un mayor ahorro energético, una menor dependencia del suministro eléctrico de la red, bajos costes de mantenimiento y un incremento de la vida útil de la instalación. Las estimaciones llevadas a cabo apuntan a que por cada kilovatio de energía eléctrica consumida por el sistema geotérmico, se pueden generar como mínimo 4 kW. Además, como se ha comentado, en épocas como la primavera, este sistema podría realizar refrigeración directa sin coste energético apreciable.

La instalación de aprovechamiento geotérmico para el Hospital de Mollet del Vallès es puntera en cuanto a diseño y optimización de uso, y es un referente para futuras instalaciones similares en edificaciones de uso sanitario, tradicionalmente de gran consumo energético.