

Proyectos Emblemáticos



en el Ámbito de la
Energía Geotérmica

Proyectos Emblemáticos



en el Ámbito de la
Energía Geotérmica

Depósito Legal: M -

DISEÑO E IMPRESIÓN:



Tel: 91 612 98 64

Agradecimientos

La Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, junto con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, han elaborado esta primera edición de la publicación “Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica”, que ve la luz con motivo de la celebración del II Congreso de la Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria – GeoEner 2010.

En el desarrollo de esta publicación se ha contado con la colaboración y ayuda de los propietarios y empresas que han intervenido en el desarrollo de los diferentes proyectos que en la Guía se describen.

De esta forma, se pretende dar una visión actual del aprovechamiento geotérmico que se está realizando en nuestra región y del que se espera una gran evolución en los próximos años, contribuyendo de forma significativa en el desarrollo sostenible de la Comunidad de Madrid.

En la elaboración de esta Guía, se ha contado con la colaboración de las siguientes entidades:

- Akiter
- Antae
- EADS
- Edasu
- Eneres Sistemas Energéticos Sostenibles
- Geoter
- Geotermia Vertical
- Girod Geotermia
- Grupo Gas Natural
- Metro de Madrid
- Saunier Duval
- Termoterra



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica

Índice



Índice

<u>Presentación</u>	11
<u>Proyectos</u>	
1 Sistema de Bombas de Calor Geotérmico para la Estación de Pacífico de Metro de Madrid	14
2 Instalación Geotérmica en dos Viviendas Unifamiliares	16
3 Climatización Geotérmica y Termoactiva en la Rehabilitación de un Palacete Protegido	18
4 Vivienda Unifamiliar con Climatización Pasiva Bioclimática y Sistema Geotérmico de Baja Entalpía	20
5 Nueva Estación de Servicio Cepsa con Instalación Geotérmica en Getafe	22
6 Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Puerta de Hierro	24
7 Edificio Dotacional Mixto con Climatización Solar/Geotérmica	26
8 Instalación Geotérmica de Bucle Abierto en Chalet de Lujo de Villaviciosa de Odón	28
9 Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Arganda	30
10 Instalación Geotérmica en Tallelec (Colmenar Viejo)	32
11 Aprovechamiento Geotérmico en la Factoría de EADS en Getafe	34
12 Climatización de Viviendas Unifamiliares con Geotermia en Pozuelo de Alarcón y Colmenar Viejo	36
13 Rehabilitación de un Edificio de Oficinas Corporativas para la Eficiencia Energética	40
14 Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Colmenarejo	42
15 Centro de Ensayos y Formación de Sistemas de Eficiencia Energética para la Edificación	44
16 Sede de Ingenierías Geo-Ambientales en la Sierra de Madrid	46
17 Perforaciones para Sondas Geotérmicas en Puerta de Hierro	48
18 Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Boadilla del Monte	50
19 Servicio Energético para la Climatización en Vivienda Unifamiliar	52
<u>Anexo</u>	
Situación Geográfica de los Proyectos en la Comunidad de Madrid	56
Información Acerca de esta Guía	58



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica

Presentación



Presentación

Presentación

El calor que encierran suelos, rocas y aguas subterráneas, a poca profundidad, en cualquier país, puede aprovecharse para calefacción y refrigeración de edificios, y para producción de agua caliente sanitaria, empleando intercambiadores de calor subterráneos y bombas de calor conectadas al terreno, llamadas también bombas de calor geotérmicas, que, a cambio de pequeños consumos de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema, permiten captar ese escaso y difuso calor, concentrarlo y aprovecharlo, proporcionando ahorros de energía térmica en hogares y edificios comerciales y públicos, que, comparados con sistemas convencionales de gas-oil, gas o electricidad para calefacción, pueden representar entre un 30% y un 70%.

Estos ahorros no son desdeñables si se considera que actualmente el mayor consumo energético en los hogares de nueva construcción en los países desarrollados se realiza para satisfacer necesidades de climatización (calor y refrigeración) y agua caliente sanitaria.

Si se considera el retraso que arrastra España en materia de aprovechamiento de la energía geotérmica poco profunda en comparación con los países de nuestro entorno, y las circunstancias de altos precios y baja disponibilidad de suelo que se dan en la mayoría de las comunidades autónomas, no resulta difícil aventurar que en los próximos 10 a 15 años vamos a asistir a un crecimiento espectacular en el número de perforaciones geotérmicas que se realicen en España, y más concretamente en la Comunidad de Madrid.

En esta primera edición de **"Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica"** que se presenta en el II Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria – GeoEner 2010, se recogen una serie de proyectos con los que se pretende mostrar

la evolución y desarrollo que está sufriendo el aprovechamiento de este tipo de energía en nuestra región.

La energía geotérmica aparece como una tecnología, no suficientemente conocida, pero que puede jugar un papel relevante en cuanto a su impacto en la mejora del suministro energético actual.

Las ventajas que proporciona la energía geotérmica son diversas y variadas, pero destacan las económicas y las ambientales. Ya sólo éstas justifican la necesidad de aumentar su número, especialmente en climatización de edificios, tal y como desde hace años se está haciendo en diferentes países europeos, como Suecia, Alemania, Francia, Suiza, Holanda, etc., y cuyo impulso requiere una importante labor didáctica y de difusión.

Desde la Comunidad de Madrid se está prestando especial atención a este tipo de energía, ya que su aprovechamiento encaja perfectamente con las líneas estratégicas marcadas en la planificación energética de la región, puesto que es una fuente de energía autóctona y renovable, y proporciona un considerable ahorro energético.

Además, la energía geotérmica tiene otros usos menos habituales, pero no por ello menos importantes y de gran potencial, donde cabe destacar el empleo en balnearios y piscinas climatizadas, su aplicación en procesos industriales, así como otros usos en invernaderos, acuicultura o para evitar la formación de placas de hielo en los pavimentos, entre otros, sin olvidarse del papel que puede desempeñar en la producción de electricidad con las técnicas de vapor seco, de agua a alta temperatura, las centrales de ciclo binario o los yacimientos de rocas secas calientes.



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica

Proyectos



Proyectos

1 Sistema de Bombas de Calor Geotérmico para la Estación de Pacífico de Metro de Madrid



Sistema de bombas de calor geotérmico para la estación de Pacífico de Metro de Madrid

Lugar: C/ Doctor Esquerdo esquina C/ Pedro Bosch

Municipio: Madrid

Fecha de puesta en marcha: las perforaciones y conexiones horizontales fueron realizadas de marzo a diciembre de 2008. La instalación de la sala técnica y la puesta en marcha se realizó desde el principio del verano de 2009, y se terminó a finales de septiembre de este mismo año.

Participantes:

- Metro de Madrid
- Termoterra
- IFTec Geoenergía
- FCC

Descripción

Este proyecto consiste en la implantación de una instalación de intercambio energético basado en bombas de calor geotérmico para la climatización de las futuras oficinas subterráneas y los dos andenes de la estación de Pacífico de Metro de Madrid.

Debido al gran volumen de instalaciones de las que dispone, Metro de Madrid está planeando alternativas en cuanto al suministro energético de las mismas, con un doble propósito: incrementar la eficiencia en el uso de la energía y aumentar la seguridad del abastecimiento.

Las fases iniciales del proyecto consistieron en la realización de estudios previos de hidrogeología de la zona para determinar la viabilidad del terreno y sus características en cuanto a temperatura, conductividad térmica media y profundidad del nivel freático. Esta información se obtuvo a través de un sondeo exploratorio y ensayos de respuesta térmica (ERT) en el mismo.

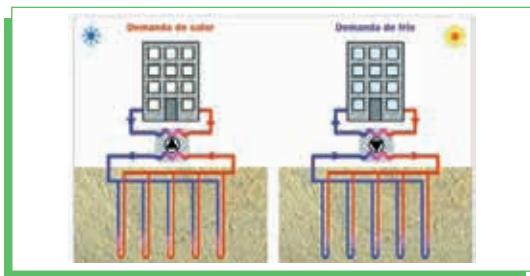
El método geotérmico seleccionado fue la implantación de un sistema de bombas de calor geotérmico mediante sondeos de bucle cerrado.

Los sistemas mediante el aprovechamiento de la energía geotérmica presentan una serie de ventajas respecto a los sistemas tradicionales, tales como ahorros energéticos y de emisiones de CO₂ en torno al 50%, reducción de la contaminación acústica, incremento de la vida útil de las instalaciones y bajos costes de mantenimiento.



El intercambiador de calor terrestre (ICT) consiste en 32 sondeos de una profundidad media de 145 metros, que se encuentran conectados en 8 grupos según el sistema Tichelmann. Se realizaron, además, tomas de medida de temperatura en los sondeos del ICT.

Este intercambio de calor se lleva a cabo mediante sondas geotérmicas de polietileno de alta densidad (HDPE) PEAD 100 SRD 11 que conectan las bombas de calor con el subsuelo mediante un bucle cerrado. Las sondas se instalan en los sondeos correctamente selladas con una lechada de cemento-bentonita, especialmente fabricada para el relleno de sondeos geotérmicos.

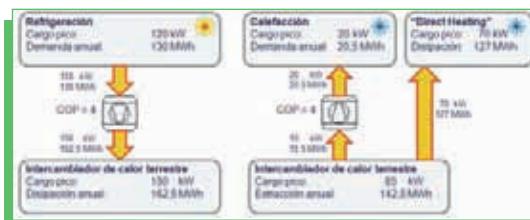


El ICT del sistema instalado se utiliza con 2 bombas de calor no reversibles y una bomba de calor reversible, con una potencia total de frío de 120 kW y potencia total de calor de 20 kW.

Un factor clave durante el diseño y la realización del sistema geotérmico en el Metro de Madrid ha sido el equilibrio energético en el terreno.

Para un funcionamiento sostenible del sistema geotérmico es necesario que exista equilibrio energético. En el caso de que sólo exista disipación de calor en el subsuelo daría lugar a un incremento de las temperaturas en el terreno y, como consecuencia, una reducción gradual de la eficiencia del sistema geotérmico.

Dado que Metro de Madrid no tiene por sí mismo suficiente necesidad de calefacción, son necesarias alternativas para el destino del calor excedente.



Para restaurar el equilibrio energético se ha encontrado la posibilidad de disipar el calor sobrante del terreno en invierno mediante el uso del calor directo y aplicarlo de forma útil para:

- Tratamiento de aire primario (pre-calentamiento).
- Tratamiento del aire en los andenes (usando los fan-coils).
- Cortina de aire en el vestíbulo de entrada.

■ Beneficios - Impactos positivos ■

Mediante la utilización del sistema de bombas de calor geotérmico para la climatización de andenes y oficinas, se conseguirá un importante ahorro de energía y una menor dependencia del suministro eléctrico de la red.

Se estima que, por cada kW de energía eléctrica consumido por este tipo de sistemas, se puede generar, como mínimo, 4 kW de refrigeración o 4 kW de calefacción, mientras que en los sistemas convencionales de climatización, por cada kW de potencia eléctrica se generan, aproximadamente, 2 kW de refrigeración o 2,3 kW de calefacción.

La fiabilidad que ofrece el suministro de energía a través de un vector energético como la geotermia, así como su ahorro energético derivado, permite adecuarse a los objetivos del Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia Española de Eficiencia Energética (E4).

Resultados

Características del sistema de bombas de calor

Potencia mínima de calor suministrada	20 kW
Temperatura suministrada a carga máx.	≥ 40 °C
COP promedio (calefacción)	≥ 3,6
Potencia mínima de frío suministrada	120 kW
Temperatura suministrada a carga máx.	≤ 10 °C
COP promedio (refrigeración)	> 4,0
Demandas anuales de frío	130 MWh
Demandas anuales de calor	20,5 MWh
Energía anual consumida	40 MWh
Ahorro energético anual	110 MWh
Eficiencia anual COP	3,7

La inversión total de la instalación geotérmica es de 700.000 €, aproximadamente, incluyendo la gestión de los detritos de perforación. El proyecto fue presentado en 2008 a la convocatoria de concesión de ayudas por el Instituto Madrileño de Desarrollo para la promoción de actuaciones de ahorro y eficiencia energética, obteniendo una resolución favorable por parte del Comité de Evaluación y una subvención de 161.560 €.

2

Instalación Geotérmica en dos Viviendas Unifamiliares



Instalación geotérmica en dos viviendas unifamiliares

Lugar: C/ Gómez Tejedor, 19

Municipio: Pozuelo de Alarcón

Fecha de puesta en marcha: 2007

Participantes:

- Girod Geotermia
- Edasu
- Uponor

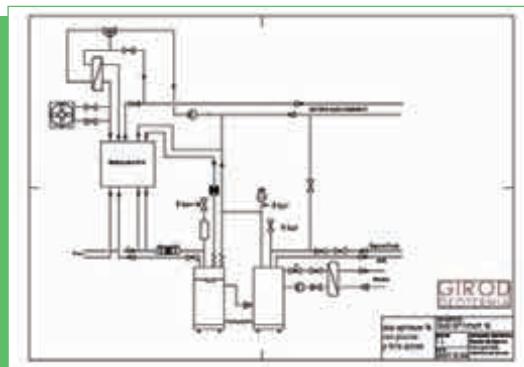
Descripción

Los propietarios de estas viviendas han apostado por la energía geotérmica debido a sus ventajas económicas y medioambientales, ya que permite unos ahorros constatados de hasta un 75% en modo calefacción y de un 50% en refrigeración activa, sin producir emisiones de CO₂.

La empresa Girod Geotermia distribuye equipos suecos de las firmas Thermia (bombas de calor

geotérmicas) y Muovitech (colectores y accesorios para captación de energía geotérmica), y capacita a proyectistas e instaladores autorizados para la realización de instalaciones geotérmicas.

El primer paso fue analizar las características de las viviendas, su grado de aislamiento, superficie a calentar, superficie a enfriar y tipo de sistema para disipar la climatización, así como las variables climatológicas, temperatura media anual y las características del terreno.



Con todos estos datos, y con la ayuda de un programa de cálculo adaptado a España, se eligió el modelo Thermia Duo Optimum 16, un tanque de ACS de 300 litros y un módulo de inversión del proceso para la producción de frío "Thermia Coolpack".

El proceso de captación de la energía es un paso importante que debe ser calculado y realizado con material específico diseñado para el aprovechamiento geotérmico.

Debido a la limitación de espacio, se eligió un sistema de captación vertical. La perforación se realizó a rotopercusión con circulación directa y utilización de polímeros biodegradables, con una profundidad total de 200 m.

En la perforación se introdujeron unas sondas de polietileno de alta densidad PEM 2x200 40x3,7 mm PN 12,5 SDR 11 PE80, conformando un circuito cerrado en el que circula

una solución agua-anticongelante (BRINE), produciéndose un intercambio de calor con el terreno. El material cumple las más altas exigencias de calidad para asegurar su buen funcionamiento bajo condiciones especiales, ya que los sondeos ejercen más de 10 atmósferas de presión. Una vez introducidas las sondas, se sella la perforación y se siembra el jardín, quedando éstas totalmente ocultas.

La bomba geotérmica capta en invierno la energía de la Tierra, a temperatura constante durante todo el año, independientemente del clima exterior. En verano, el calor de la vivienda se intercambia con la Tierra cediendo calor y enfriando la casa.

En días calurosos en los que se requiere producir frío, la bomba no deja de producir ACS. Además, si al mismo tiempo de la producción de frío se quiere calentar la piscina, el ordenador incorporado mandará ese calor para alargar la temporada de piscina, siempre dando prioridad al ACS.

El sistema elegido para la disipación de climatización fue suelo radiante con control "climatización invisible" de Uponor. La combinación de suelo radiante y geotermia ofrece las mejores prestaciones, ya que trabaja con temperaturas bajas y, por tanto, se obtiene un mayor COP (coeficiente de ahorro).

Además del frío pasivo y activo, es decir, el refrescamiento que se consigue al hacer circular agua a baja temperatura por el suelo radiante, en una de estas viviendas también se han instalado fan-coils para la obtención de frío activo a través de aire, pudiendo elegir los propietarios uno u otro sistema para refrigerar.



■ Beneficios - Impactos positivos ■

Esta instalación ha permitido la obtención de energía limpia y renovable en una proporción de hasta 1:4. Es decir COP 4,2. Lo que significa que por kWh que la bomba necesita para operar obtiene 3 kWh de energía gratis de la Tierra.

Las viviendas objeto de este proyecto necesitan 49.475 kWh/año para calefacción y ACS, por lo que se ahorran 35.790 kWh (72,3%) en costes e impacto ambiental. Además de estas ventajas, destaca su nulo impacto visual, el alto grado de confort alcanzado y el bajo mantenimiento necesario.

En comparación con otras energías renovables, la geotermia funciona independiente del clima exterior. La geotermia es una fuente de energía limpia e inagotable, por lo que según la campaña para un uso y producción más inteligente de la energía en Europa "Energía sostenible para Europa 2005-2008", durante este periodo se alcanzará la meta de 250.000 nuevas instalaciones geotérmicas en Europa.



Resultados

Instalación Geotérmica

Ahorro energía edificio	35.790 kWh/año
Energía consumida	13.685 kWh/año
Energía requerida por edificio	49.475 kWh/año
Energía obtenida de la bomba	48.471 kWh/año
Consumo bomba de calor	12.681 kWh/año
Consumo calentador eléctrico	1.004 kWh/año
Consumo ACS	4.000 kWh/año
Eficacia anual COP	4,2
Total eficacia anual	3,6
Ratio de cobertura	98%
Calentador eléct. de soporte	A partir de -3 °C
Potencia calentador eléctrico	8,6 kW
Potencia máxima requerida	23,4 kW
Consumo producción ACS	0,7 kW

3

Climatización Geotérmica y Termoactiva en la Rehabilitación de un Palacete Protegido



Climatización geotérmica y termoactiva en la rehabilitación de un Palacete protegido para oficinas de la Administración del Estado

Ubicación: C/ Manuel Silvela, 4

Municipio: Madrid

Propiedad: Ministerio de Hacienda

Participantes:

- Fernández Molina Obras y Servicios
- ENERES Sistemas Energéticos Sostenibles
- Ignacio Mendaro Corsini. Arquitecto. Mendaro Arquitectos
- Integral Park Systems IPS. Aparcamiento Robotizado

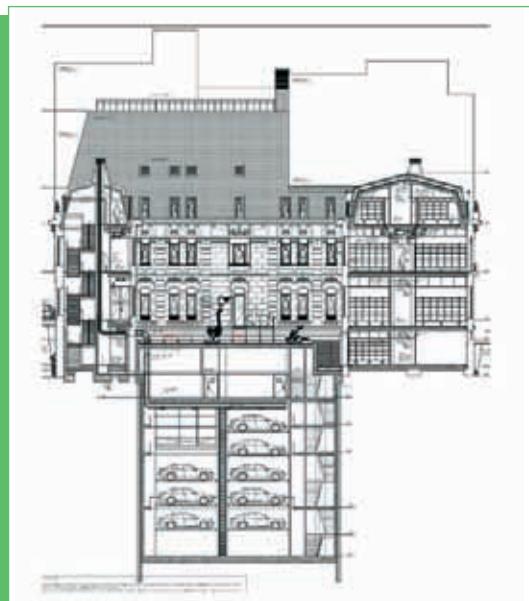
Descripción

La rehabilitación integral de este edificio, un palacete construido a principios del pasado siglo en el corazón del barrio de Chamberí y con un alto grado de protección urbanística, ha sido promovida por su propietario, la Administración del Estado, Ministerio de Hacienda. Este caso es un modelo de rehabilitación para la eficiencia energética y el primer caso en nuestra región y en España de incorporación de un sistema de climatización fundamentado en la captación geotérmica y la utilización de la estructura horizontal como dispositivo termoactivo de climatización, calefacción y refrigeración, en un edificio protegido rehabilitado.

La incorporación de estos sistemas en un proceso de rehabilitación integral es enormemente

coherente, no sólo con los objetivos de ahorro energético, que en este caso alcanzan el 75% de reducción de consumo respecto al proyecto de ejecución original, sino también desde el punto de vista de la integración en el terreno y en la estructura del edificio de los dispositivos de intercambio y climatización, disminuyendo muy significativamente el impacto negativo de maquinaria, equipos y conductos sobre la arquitectura interior y exterior del edificio.

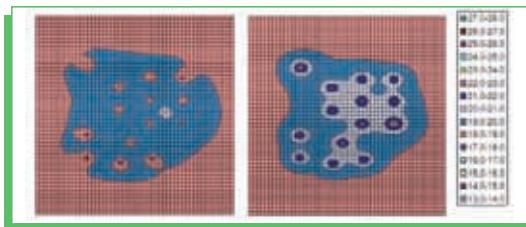
La construcción de un sistema compacto de aparcamiento robotizado bajo una parte del edificio dio lugar a la construcción de una pantalla discontinua de pilotes de los que 45 unidades se activaron para ser utilizados como parte del intercambiador geotérmico. La otra parte la constituyen 14 intercambiadores verticales de 150 m de profundidad.



Esquema de la instalación de gestión de Eficiencia Energética

Estudiado el equilibrio termodinámico entre el edificio en carga de uso y el terreno, la capacidad del intercambiador resolvía el 100% de la demanda de energía para la calefacción del edificio, y el 70% de la demanda de energía para

la refrigeración. La cobertura total en refrigeración se ha resuelto incorporando un sistema de inducción estacional del terreno que aprovecha el salto térmico día/noche entre los meses de marzo y junio para preenfriar y garantizar el 100% de la cobertura en los meses de julio y agosto.



Distribución de temperaturas a 100 metros de profundidad en los intercambiadores verticales de 31 de enero y 31 de agosto

La ejecución del intercambiador mixto, pilotes termoactivos e intercambiadores verticales, respetando la estructura de los muros y los cerramientos del edificio protegido ha supuesto un reto en la selección de equipos, en la selección y puesta en obra de la maquinaria de perforación, en el desarrollo de procedimientos constructivos y en el diseño del intercambiador.

En rehabilitación, el factor ejecución es, con la demanda energética y el uso del edificio, y las características geofísicas del terreno, uno de los determinantes en el diseño del intercambiador, y en este caso, la ejecución de pilotes y perforaciones fue un reto superado con éxito.



Ejecución del intercambiador geotérmico en el edificio protegido en rehabilitación

El intercambiador geotérmico alimenta un grupo formado por dos bombas de calor geotérmicas con una potencia de 110 kW. Durante los períodos interestacionales, el sistema aprovecha las temperaturas correspondientes a la máxima recarga y descarga térmica del terreno para actuar realizando refrigeración libre y calefacción libre, directas, por recirculación y sin aporte energético de las bombas de calor. La interacción con un sistema de climatización inercial que acumula enormes cantidades de energía a temperaturas moderadas permite obtener el máximo rendimiento, COP entre 4 y 4,5, de las bombas de calor geotérmicas y aprovechar al máximo los períodos de climatización libre por recirculación.

La rehabilitación integral del edificio incluye la reconstrucción de los forjados, muy deteriorados, sustituyéndolos por losas de hormigón visto. Se aprovecha esta decisión de proyecto para plantear que todas las losas sean termoactivas, lo que supone una masa termoactivada de 500 kg/m² y un total de más de 1.500 toneladas de hormigón termoactivo en el edificio, cuyo potencial para ser el dispositivo acumulador, transmisor y absorbedor de energía, permite resolver la climatización del edificio, con gran confort radiante.



Construcción de losas termoactivas

■ Beneficios - Impactos positivos ■

La utilización de sistemas de captación geotérmica y termoactivos, asociada a otros recursos menores como la captación solar o el intercambio térmico en el sótano para el pretratamiento del aire de renovación, suponen un ahorro energético, respecto a la solución convencional originalmente proyectada, del 75%. El ahorro en mantenimiento de la instalación se estima en un 60%.

4 Vivienda Unifamiliar con Climatización Pasiva Bioclimática y Sistema Geotérmico de Baja Entalpía



Vivienda unifamiliar con climatización pasiva bioclimática y sistema geotérmico de baja entalpía

Lugar: C/ Los Álamos, 2

Municipio: Fuente el Saz de Jarama

Fecha de puesta en marcha: Abril - 2010

Participantes:

- Promotor: Joaquín Seoane Pascual
- Arquitectas: Gloria Gómez Muñoz – Emilia Román López
- Constructor: Arquisol Bioclimática, S.L.
- Ingeniería, proyecto e instalación geotérmica: Geoter & Clysema
- Bomba de calor geotérmica: Immosolar

Descripción

Se trata de una vivienda unifamiliar aislada cuyo propietario ha querido que en el diseño se tuvieran en cuenta criterios bioclimáticos para conseguir una alta eficiencia energética, dentro de un planteamiento de sostenibilidad energética y de diseño arquitectónico, respetando su entorno existente (particularmente el arbolado) y haciendo un uso sostenible de los recursos hídricos, así como del aprovechamiento de las energías renovables a su disposición en un entorno urbano.

Es necesario satisfacer una demanda energética con un sistema de calefacción activo para las no-

ches, así como para los días de baja insolación de noviembre a marzo. De junio a septiembre es necesario sombrear durante el día y almacenar el fresco de la noche en la inercia térmica del edificio.

Sistemas pasivos

La vivienda se ha diseñado acorde a un planteamiento bioclimático, es decir, se ha procurado la mejor orientación en función del clima y de las condiciones de la parcela.

Para los cerramientos exteriores se ha elegido un sistema con aislante exterior que mantiene la inercia térmica hacia el interior, de manera que se consigue mayor estabilidad térmica.

Las cubiertas son planas ecológicas, es decir, con vegetación autóctona de bajo mantenimiento y escasas necesidades hídricas.



Todas las ventanas son de cristales dobles y rotura de puente térmico, con tratamiento de baja emisividad en las que no están orientadas al sur. Además, los huecos orientados al sur cuentan con unos parasoles horizontales para evitar la incidencia del sol en los meses cálidos.

Sistemas activos

Con objeto de aprovechar el recurso energético renovable disponible, se ha optado por un sistema geotérmico de baja entalpía en circuito cerrado.

Como escenario elegido se ha establecido un estudio en los próximos 25 años, para garantizar un proyecto sostenible y de alta rentabilidad de la inversión acometida.

Una vez conocida la caracterización del terreno, se opta por un único intercambiador vertical de 125 m de profundidad, con 152 mm de diámetro, equipado con sonda doble U de 32 mm de PEHD 100 SDR11 PN16.



Se emplea una mezcla que garantiza una conductividad de 2 W/mK. Esta mezcla, a su vez, evita la comunicación de los niveles freáticos existentes (a -15 m y a -100 m) y produce un incremento del rendimiento estacional de la bomba de calor geotérmica, disminuyendo el consumo eléctrico del sistema.

Este sobrecoste se amortiza en un plazo inferior a 6 meses, produciendo una mayor estabilidad del pozo geotérmico, sobre todo en un funcionamiento combinado de la bomba de calor en regímenes de calefacción y refrigeración.

Los cálculos de demanda energética llevan que es necesaria una potencia de 8 kW. Se ha seleccionado un modelo con refrescamiento activo, que integra en un único elemento y poco espacio, la bomba de calor reversible y un depósito de agua caliente sanitaria de 190 l.

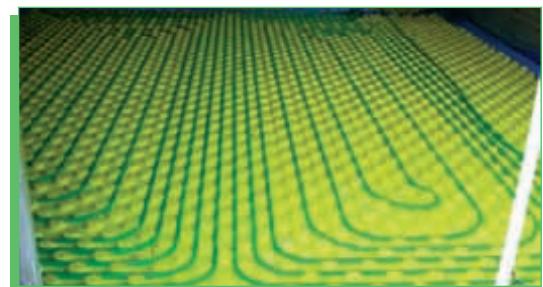
En todo proyecto geotérmico la eficiencia energética se consigue con el adecuado dimensionamiento y ejecución del pozo geotérmico, así como con el exhaustivo diseño de la instalación interior.

Aunque se prevé un uso muy limitado del refrescamiento activo, el pequeño incremento adicional aconseja incluirlo para afrontar condiciones adecuadas de confort.

El rendimiento de la bomba (COP) es de 4,6 para 0 a 35 °C, y de 3,0 cuando la eleva de 0 a 50 °C para el ACS.

La temperatura del intercambiador en la cota -125 m es de 17,7 °C, por lo que, debido al diseño optado de sonda doble, flujo turbulento y mortero de alta conductividad, se esperan unos altos rendimientos estacionales.

El sistema de distribución de la climatización es mediante suelo radiante, tanto en régimen de calefacción como de refrescamiento.



Resultados

Los cálculos de la demanda térmica de la instalación estiman una demanda de calefacción de la casa de unos 7.653 kWh anuales y de 3.000 kWh para la instalación de ACS.

El consumo eléctrico estimado de la bomba de calor es de 2.458,2 Wh, lo que representa un ahorro de energía primaria de 7.678,2 kWh/año, de manera que más de las tres cuartas partes de las necesidades térmicas están cubiertas por el sistema geotérmico. Respecto del sistema de refrigeración, el ahorro es de 393,5 kWh/año.



Además de los beneficios a nivel de confort, el refrescamiento pasivo permite extraer los excedentes de calor de la vivienda para introducirlos en el terreno y que puedan ser aprovechados posteriormente.

Mediante el sistema proyectado en la vivienda y el dimensionamiento de la instalación geotérmica, se consigue una calificación energética A.

5 Nueva Estación de Servicio Cepsa con Instalación Geotérmica en Getafe



Nueva estación de servicio en Getafe

Lugar: Intersección Avda. de la Paz y Avda. de las Trece Rosas

Municipio: Getafe

Fecha de puesta en marcha: Enero - 2010

Participantes:

- Cepsa Estaciones de Servicio
- Edasu
- Ingeo
- Lennox
- Prodeca Ambiente

Introducción

En las instalaciones construidas por Cepsa Estaciones de Servicio es objetivo prioritario mantener el equilibrio entre las necesidades energéticas y el respeto por el medio ambiente.

Por estas razones, Cepsa Estaciones de Servicio ha diseñado una innovadora estación de servicio utilizando energía geotérmica para la climatización del edificio, aprovechando de esta manera todos los recursos que nos brinda el subsuelo para reducir el consumo energético y, por tanto, las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Diseño y dimensionamiento

Para determinar las características geotérmicas reales se realizó un estudio de simulación geotérmica y un Test de Respuesta Geotérmica

con el fin de optimizar el número de metros de perforación, su configuración en número, profundidad y distancia entre ejes de sondeo.

La fase inicial del proyecto discurre por dos vertientes, una derivada de los datos de cargas y demandas térmicas de ingeniería y otra de los datos geológicos de la zona.

En el diseño del campo de captación, uno de los datos más significativos es la conductividad geotérmica, propiedad física del terreno, que mide la capacidad de conducción de calor. Este valor relaciona la cantidad de potencia que se puede extraer por metro perforado en función del tipo de suelo.

Datos técnicos del campo de captación

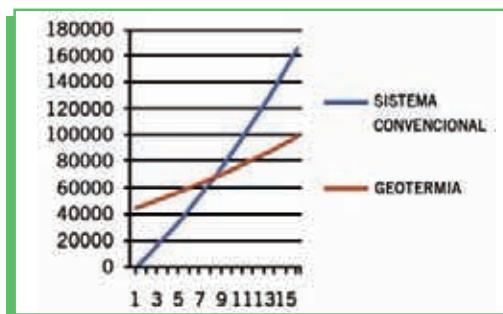
Conductividad térmica	1,40 W/mK
Resistencia térmica	0,068 K/Wm
Temperatura del terreno	18,67 °C
Número de sondeos	7
Profundidad de sondeos	100 m
Separación entre sondeos	6 m

Las necesidades energéticas aportadas para la simulación fueron las siguientes:

- Necesidades energéticas: 79,665 MWh/año para calefacción y 62,266 MWh/año para refrigeración.
- Consumo eléctrico estimado de la bomba de calor geotérmica: 38.360 kWh/año.
- Ahorro estimado anual: 5.300 €.
- Porcentaje del ahorro anual: 65%.
- Emisiones evitadas al año: 43 tCO₂.



De los datos obtenidos, y comparándolos con el rendimiento de una caldera de gasoil y un sistema de refrigeración convencional, se extrae que la amortización de la inversión ocurre antes del 9º año, como muestra la siguiente gráfica:



Ejecución de las perforaciones y conexión con el colector geotérmico

El área de estudio se encuentra ubicada geológicamente en la cuenca de Madrid, en la unidad intermedia del Mioceno, sobre un área caracterizada por yesos especulares, margas yesíferas y arenas del período terciario.



El sistema de perforación para estas formaciones geológicas es el de rotación con circulación directa y lodos. Sin embargo, se empleó un sistema de rotopercusión con entubación simultánea hasta el final del sondeo, es decir, los sondeos fueron perforados mediante aire comprimido y entubados al mismo tiempo, lo que evitó el derrumbe de las paredes, permitiendo introducir la sonda geotérmica (tipo 4x32 mm PE100 SDR11 PN16) hasta la profundidad final. Por último, se inyectó una mezcla térmica compuesta por cemento-bentonita de forma ascendente, sacando el aire contenido en el anular comprendido entre el diámetro de perforación y la sonda geotérmica.

Finalmente, se conectaron todos los sondeos con el colector geotérmico mediante zanjas y éste con la bomba de calor.

Las perforaciones quedan perfectamente ocultas por el asfalto, dejando una zona transitable y exenta de mantenimiento.



Bomba de calor

Para cumplir con el objetivo de climatizar tanto el área de venta como la cafetería, se optó por instalar una bomba de calor autónoma reversible, preparada para montaje exterior (rooftop), tipo agua-aire de Lennox, adaptada para funcionar en conexión con la captación geotérmica de bucle cerrado y en las condiciones específicas de temperatura de agua de entrada que típicamente proveerá dicha captación.

En modo calefacción, esta unidad es capaz de extraer energía térmica del subsuelo y transferirla a los locales calefactados mediante una red de conductos de aire. De forma alternativa, en verano, la unidad puede invertir su funcionamiento para extraer calor de los locales y cederlo al terreno. Ambos procesos se verifican con una elevada eficiencia, puesto que el consumo de energía eléctrica se emplea exclusivamente para el "transporte" de la energía térmica ("bombeo" de calor). Además, en las condiciones más habituales de trabajo de la instalación (refrigeración), las condiciones de temperatura del subsuelo, muy favorables en comparación con las del aire exterior, garantizan una eficiencia aún mayor.

Además, el equipo instalado cuenta con la posibilidad de realizar un aporte de aire exterior para mantener una calidad adecuada del aire ambiente interior, y también puede realizar un enfriamiento gratuito con aire ambiente exterior (free-cooling) cuando las condiciones de temperatura de dicho aire lo permiten, de forma totalmente automática.

6

Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Puerta de Hierro



Instalación geotérmica en una vivienda unifamiliar

Lugar: Puerta de Hierro

Municipio: Madrid

Fecha de puesta en marcha: 2009

Participantes:

- Girod Geotermia
- Sondeos Sierra de Madrid S.L.
- GoeMad

Descripción

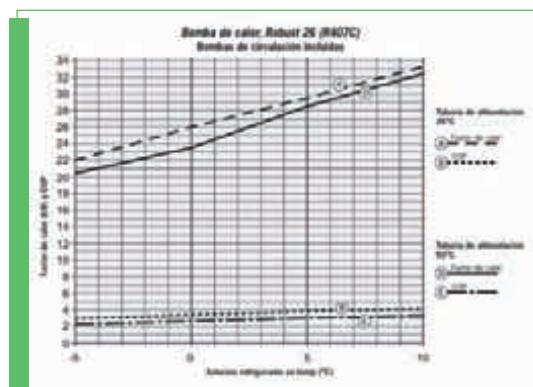
El sector residencial es uno de los sectores que más se beneficia de las instalaciones de climatización mediante bomba de calor geotérmica, ya que aporta elevados niveles de confort y ahorro, tanto económico como en emisiones de CO₂.

Mediante un único equipo se puede obtener calefacción, refrigeración y ACS a lo largo de todo el año y sin la necesidad de sistemas de apoyo como puedan ser calderas, paneles solares, etc. Sí que pueden ir equipados con resistencia de apoyo para hacer frente a puntas de demanda con el fin de poder dimensionar el sistema de forma más racional. En esta instalación de Puerta de Hierro, dicha resistencia

entraría a funcionar cuando la temperatura exterior está por debajo de los -4 °C, siendo su potencia de 1,3 kW.

Se trata de una vivienda de 510 m² en la que el sistema de distribución de la climatización es mediante suelo radiante. Las necesidades de la vivienda son de calefacción, refrigeración activa y ACS. Así mismo, la vivienda cuenta con una piscina exterior que se emplea para disipar el calor sobrante en verano. De esta forma, se consigue alargar la temporada de uso.

El equipo instalado es una bomba de calor geotérmica Thermia Robust 26 cuya potencia térmica es de 33 kW (B10W35 según Norma EN255). Este equipo cuenta con compresor scroll cuya potencia es de 6,2 kW.

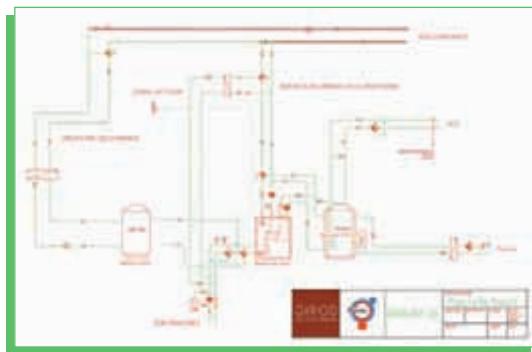


Las bombas de circulación de los circuitos primarios y secundarios para calefacción están integradas dentro del equipo.

El tanque de ACS es un acumulador de doble pared Thermia KBH 500/140. Para calentar el agua, la bomba de calor dispone de un segundo condensador denominado de "gas caliente" situado antes del condensador principal, que eleva la temperatura en muy corto espacio de tiempo. No se dispone de tanque de inercia para calor, ya que la bomba de calor trabaja con curva de calor. Esto es, en función de la temperatura exterior, se impulsará el agua de calefacción a di-

ferente temperatura: a menor temperatura externa, mayor temperatura de impulsión. Con ello se consiguen elevados ahorros energéticos, ya que se evita la acumulación de elevadas temperaturas para, posteriormente, realizar una mezcla.

Para la generación de frío sí se emplea un tanque de inercia de 370 litros.



En época estival, el calor sobrante en la vivienda puede tener tres destinos o usos:

1. Generación de ACS.
2. Calentamiento de la piscina por medio del tanque de ACS.
3. Disiparlo en las perforaciones.

De igual forma, al generar frío con la bomba de calor, el calor que genera puede tener esos mismos usos o destinos, o incluso calentar otra zona de la vivienda.

El sistema de captación energético está compuesto por cuatro perforaciones de 112 m cada una separadas ocho metros. En ellas se introdujeron colectores energéticos marca Muovitech PEM 40x3,7 PN 12,5 2x120 m de configuración en U simple y con peso guía de 24 kg.



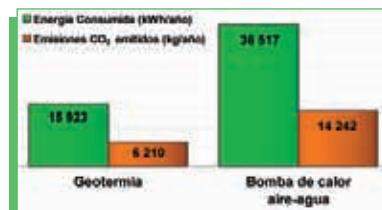
Consumos y ahorros energéticos

El consumo energético de la vivienda es:

- Climatización: 63.330 kWh/año.
- ACS: 6.000 kWh/año.

La otra alternativa era la instalación de una bomba de calor aire-agua en el exterior de la vivienda y paneles solares para cumplir el CTE.

Si se comparan los consumos energéticos entre ambos sistemas, considerando un COP para la bomba de calor aire-agua de 1,8, se obtiene:



Los paneles solares aportarían 3.600 kWh/año o, lo que es lo mismo, el 60% de las necesidades, según el CTE. El resto debería ser aportado por la bomba de calor aire-agua.

La diferencia entre ambos sistemas estriba en la temperatura de los focos de donde se obtiene la energía: del subsuelo para el caso de la bomba de calor geotérmica y del aire para el caso de la bomba de calor aire-agua. En el primero, la estabilidad térmica es constante a lo largo del año y se sitúa en torno a los 15 °C, por lo que en invierno se dispone de más energía almacenada que la existente en el aire exterior, y en verano se dispone de un foco donde disipar energía mucho más fresco que el aire exterior.

Con todo ello, el ahorro anual conseguido es de 2.300 € aproximadamente. El periodo de retorno del diferencial de inversión es de 5 años.



7

Edificio Dotacional Mixto con Climatización Solar/Geotérmica



Edificio dotacional mixto con instalación de climatización solar/geotérmica. Alojamientos temporales para jóvenes, instalaciones municipales de limpieza y aparcamiento para residentes

Ubicación: C/ Margaritas, 52. Tetuán

Municipio: Madrid

Propiedad: Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid. EMVS.

Participantes:

- Fernández Molina Obras y Servicios
- ENERES Sistemas Energéticos Sostenibles
- Luis de Pereda, Joaquín Lizasoain. Arqtos.
- Instituto Europeo de Innovación IEI
- Integral Park Systems IPS. Aparcamiento semiautomático

Descripción

El edificio promovido por la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo en la calle Margaritas nº 52 de Madrid es el primer caso de edificio residencial colectivo con instalación de climatización geotérmica de Madrid y uno de los primeros de España.

En cualquier caso, el primero y, por ahora, el único en nuestra región y en nuestro país, en el que un sistema mixto de captación solar e

intercambio geotérmico con bomba de calor geotérmica resuelve el 100% de la climatización, refrigeración y calefacción, y producción de agua caliente sanitaria del edificio.

Está destinado a un uso dotacional mixto que incluye: 33 apartamentos en alquiler para usuarios jóvenes que desarrollan en ellos su primera experiencia residencial emancipada, 46 plazas de aparcamiento semiautomático para residentes, e instalaciones para los servicios municipales de Medio Ambiente y Limpieza.

El edificio se concibe con capacidad de interacción energética con el entorno, de modo que pueda captar en cada momento la energía que necesita y rechazar toda la que no necesita. Se plantean así un conjunto de medidas de eficiencia básica cuyas claves, concepto bioclimático pasivo, son la mejora del aislamiento, la estanqueidad, la ventilación y el control pasivo de la captación solar. Son medidas que, en conjunto, permiten una reducción de la demanda entre un 40 y un 50% respecto a un edificio convencional.



Vista general del edificio. Fachada sur. 2009

La energía utilizada para cubrir la demanda resultante se obtiene de fuentes renovables, una combinación de energía solar y geotérmica que permitirá abastecer al edificio de agua caliente sanitaria y calefacción, y refrigeración en verano, con un mínimo impacto ambiental y una nula dependencia de combustibles fósiles. En conjunto, presenta ahorros energéticos de has-

ta un 70% respecto de un edificio que utilice otro tipo de combustibles.

En un terreno arenoso compacto con corrientes de agua de aforo considerable a partir de 60 m de profundidad, 24 intercambiadores verticales de 83 m resuelven las necesidades de intercambio energético del edificio. El diseño de este intercambiador se introdujo en el modelo de cálculo para comprobar que, efectivamente, se cubrían con intercambio geotérmico el 100% de las necesidades de calefacción y refrigeración. Sin duda, la presencia de agua y la porosidad del terreno favorecen la capacidad de refrigeración, que era más crítica que la de calefacción en nuestro edificio. El régimen de temperaturas en el suelo oscila entre 14 °C tras el invierno y 26 °C tras el verano.

La instalación de intercambiadores, en grupos de 6, alimenta 4 bombas de calor geotérmicas de 25 kW y ciclo reversible, para la producción de frío o calor. Estas bombas permiten realizar un intercambio térmico con el terreno como foco caliente-frío aprovechando de éste la capacidad inercial e interacumuladora estacional.

La generación de agua caliente sanitaria y calefacción se resuelve con un sistema mixto que combina la captación solar pasiva con la producción centralizada mediante captación geotérmica a través de intercambiadores verticales bajo la planta de garaje y bomba de calor geotérmica.



Esquema simplificado de la instalación de clima y ACS.

La instalación está concebida para facilitar también el aprovechamiento del aporte solar para la calefacción.

El sistema interior de climatización es suelo radiante en baja temperatura en todas las dependencias climatizadas y en las viviendas, y con él se resuelve tanto la calefacción como la refrigeración por refrescamiento del edificio.



La instalación se completa con un campo completo de sensores, un sistema abierto de control y gestión energética, y dispositivos actuadores para reproducir los diversos escenarios de funcionamiento. Además, se han instalado sistemas de control individual que facilitan al usuario información sobre los consumos, emisiones y el rendimiento de sus dispositivos de climatización, permitiéndole interactuar con ellos para mejorar la eficiencia energética y el confort.



Esquema de la instalación de gestión de eficiencia energética

■ Beneficios - Impactos positivos ■

La reducción del consumo energético del edificio respecto al de una instalación con producción de calor mediante caldera de gas, y frío con bomba de calor aire-aire, se estima en un 70%, y la reducción de costes de mantenimiento de la instalación en un 60%.

8 Instalación Geotérmica de Bucle Abierto en Chalet de Lujo de Villaviciosa de Odón



Instalación geotérmica de bucle abierto con suelo radiante/refrescante, fan-coils, ACS y calentamiento de piscina para vivienda unifamiliar de lujo en Villaviciosa de Odón

Lugar: Urbanización El Bosque

Municipio: Villaviciosa de Odón

Fecha de puesta en marcha: Verano - 2009

Participantes:

- AKITER

Descripción

En este proyecto, el cliente final autopromovió la construcción de un chalet de lujo de 660 m² con piscina descubierta, que emplearía como residencia habitual.

Su ubicación se encuentra en la "Urbanización El Bosque", perteneciente al término municipal de Villaviciosa de Odón.

El terreno sobre el que se sitúa la parcela es de tipo granítico con presencia de agua en sus capas inferiores. Además, existía un sondeo de agua de 75 m de profundidad del que se podía obtener un abundante caudal, lo que confirmaba las buenas propiedades térmicas del subsuelo y la posibilidad de realizar geotermia en bucle abierto.

Atendiendo a las necesidades térmicas del edificio estudiado, se obtiene que la superficie total de vivienda habitable a calefactar con suelo radiante/refrescante es de 434 m², distribuidos entre planta baja y primera. La bodega y el gimnasio, que se encuentran en la planta semisótano, tendrían un uso esporádico, por tanto se climatizarían con sistemas de baja inercia, como fan-coils. El cálculo de cargas correspondiente proporciona una potencia máxima a instalar de 23.819 kcal.

De otra parte, se conoce que las necesidades de agua caliente sanitaria son las de una vivienda tipo de 5 dormitorios, según el CTE. Además, se tiene en cuenta la petición del cliente de prolongar la temporada de utilización de la piscina descubierta mediante la instalación de algún sistema de calentamiento activo.

El planteamiento de AKITER de ejecutar una instalación geotérmica en bucle abierto como solución integral, tomó fuerza frente a otros sistemas convencionales e, incluso, otros tipos de geotermia, aparte de por su alta eficiencia, principalmente por su viabilidad económica con un plazo de retorno de la inversión inferior a 8 años.



Instalación

La captación geotérmica en bucle abierto requiere un pozo de extracción de agua y otro de descarga. Para el primero se pudo aprove-

char el sondeo de agua existente en la finca y, para el segundo, se realizó un nuevo sondeo a rotopercusión, al otro lado de la casa, donde se vertería el agua después de haber pasado por la bomba de calor geotérmica. Ambos sondeos fueron entubados con tubería de acero al carbono ranurada de 160x4 mm, limpiados y engravillados.

El aporte de calor geotérmico se obtiene a partir de un caudal de agua constante procedente del pozo de extracción, mediante una bomba sumergible Grundfos con unidad de control de presión constante, modelo SQE 5-70, y un intercambiador de placas que independiza el circuito de pozos del primario de la máquina.



El diseño del sistema gira en torno a la instalación de una bomba de calor geotérmica, modelo "Aurea2" 100HT de Ciatesa, con una potencia nominal de 23,2 kW en frío / 31 kW en calor, COP de 5,6 y un caudal mínimo demandado de 3,8 m³/h. El objetivo es dar servicio al suelo radiante/refrescante, al set de agua caliente sanitaria, a la red de fan-coils y al set de calentamiento de la piscina.

El resto de elementos que componen el cuarto de máquinas, aparte de la red hidráulica, son:

- Depósito de inercia de 200 l que almacena la temperatura que da la bomba de calor en

el secundario, para minimizar la cantidad de arranques/paradas y, consecuentemente, ahorrar energía. Abastece al suelo radiante y a la línea de fan-coils.

- Acumulador de agua caliente sanitaria de 300 l con prioridad sobre la calefacción, conectado en paralelo al depósito de inercia mediante una válvula de tres vías motorizada. Abastece a la red de fontanería.
- Centralita Giacomini para regulación del sistema a dos temperaturas en frío y calor.
- Set de calentamiento de piscina consistente en válvula de tres vías regulada por termostato de inmersión, intercambiador de placas y tuberías en polietileno electrosoldable.
- Bombas de circulación para circuito de suelo radiante, línea de fan-coils y recirculación de ACS.

La instalación interior de la vivienda queda definida por el suelo radiante/refrescante, dos fan-coils con su correspondiente red hidráulica y la instalación de fontanería.

Beneficios

Los beneficios derivados de la instalación expuesta son los inherentes a cualquier sistema de geotermia, de entre los que merece la pena destacar que se ha proporcionado una solución integral a todas las necesidades energéticas de la vivienda mediante un único sistema, muy eficiente, silencioso, que aporta un elevado confort y una estética inmejorable, todo ello respetando el medio ambiente.

Más interesante aún resultan los datos que muestra el estudio económico-energético del proyecto del que trascienden las siguientes estimaciones:

Características de la instalación

Consumo medio de energía	85.671 kWh/año
Ahorro económico	3.007 €/año*
Reducción emisiones CO ₂	8.127 kg/año*

* Comparado con fuentes de energía de gas para calefacción, aire acondicionado en verano y paneles solares para ACS, según CTE.

La empresa AKITER, S.L. desarrolló el proyecto completo realizando el estudio previo, dimensionado, instalación y puesta en marcha.

9

Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Arganda



Se trata de una captación horizontal mediante dos circuitos de 250 m cada uno constituidos por tubos de polietileno Muovitech PEM 40 PN8 PE80 SDR17. La profundidad de las zanjas varía desde los 0,70 m a 1,5 m.

Instalación geotérmica en una vivienda unifamiliar

Lugar: Camino del Melero

Municipio: Arganda

Fecha de puesta en marcha: 2007

Participantes:

- Girod Geotermia

La superficie a calefactar es de 250 m². El sistema de distribución de la calefacción en la vivienda se iba a realizar mediante los radiadores ya existentes.

Teniendo en cuenta que la temperatura de impulsión iba a ser más baja con la bomba de calor geotérmica, se llevó a cabo un estudio del sistema de distribución, comprobándose que estaba sobredimensionado, por lo que no era necesario aumentar la superficie de radiadores existentes.

La bomba de calor geotérmica instalada es una Thermia Diplomat 16 cuya potencia es de 16 kW para entrada de Brine (agua más anticongelante) de 0 °C.

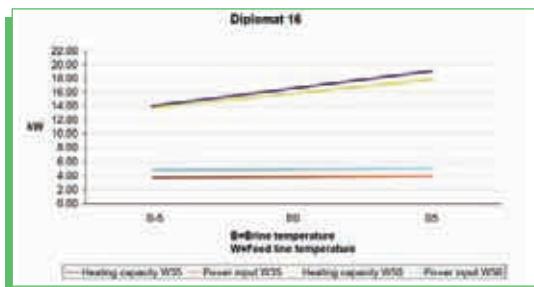
Para temperaturas de entrada de Brine superiores, la potencia de la bomba de calor aumenta, llegando a los 21 kW para una temperatura de entrada de 10 °C.

Esta vivienda contaba con una caldera de gas propano cuyo depósito tenía que ser refitmando. Esta circunstancia fue la que motivó que el propietario se planteara el cambio del sistema de calefacción de la vivienda, optando por un sistema mediante bomba de calor geotérmica.

Para la captación energética existían dos posibilidades:

- Captación vertical mediante perforaciones.
- Captación horizontal.

Dada la disponibilidad de terreno para llevar a cabo la captación horizontal, se optó por esta solución.



Este modelo de bomba de calor lleva incorporado un tanque de agua caliente sanitaria de 180 litros, que gracias a la tecnología TWS, permite subir la temperatura desde los 40 °C hasta los 52-54 °C en tan sólo 20 minutos.

Así mismo, lleva incorporadas todas las bombas de circulación necesarias, esto es para la calefacción/ACS y para el circuito primario de captación energética (sistema horizontal).



Consumos y ahorros energéticos

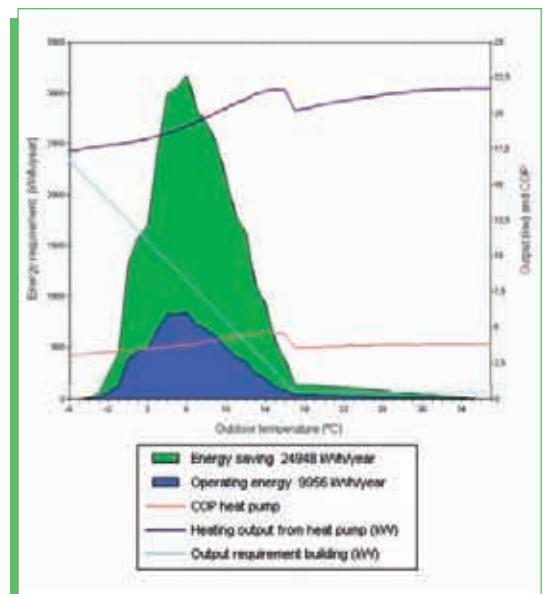
Las necesidades energéticas de la vivienda son de 31.054 kWh/año para calefacción y de 4.000 kWh/año para ACS.

El consumo de la bomba de calor se puede dividir en dos consumos diferentes:

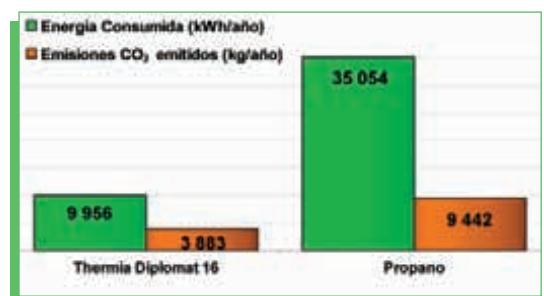
- Compresor: 8.504 kWh/año.
- Bombas de circulación: 1.452 kWh/año.

Por lo tanto, el rendimiento anual del sistema o COP anual es de:

- Sin bombas de circulación: 4,12.
- Con bombas de circulación: 3,52.



Si se compara con el sistema de caldera de gas propano que tenía instalado anteriormente, el ahorro energético es el que se muestra en la siguiente figura:



El consumo de gas propano necesario para hacer frente a las necesidades de la vivienda sería de 2.731 kg bajo las siguientes condiciones:

Gas Propano		
Factor de emisión propano	63,6	tCO ₂ /TJ
PCI	46,20	GJ/tonelada
Rendimiento caldera	85	%
Emisiones	9,442	kg CO ₂
Masa	2,731	Toneladas

El consumo total de electricidad de la vivienda durante el año 2008 fue de 1.914,08 €, por lo que el consumo destinado a la calefacción y al ACS es de, aproximadamente, 1.000 € al año.

10

Instalación Geotérmica en Tallelec (Colmenar Viejo)



Instalación geotérmica en Tallelec

Lugar: C/ Cobalto, 5 (Polígono Industrial Sur)

Municipio: Colmenar Viejo

Fecha de puesta en marcha: 2010

Participantes:

- Tallelec, S.L.
- CGD - César García Domingo
- Geoter
- Zent-Frenger
- Isogenera

Introducción

El futuro edificio de las nuevas instalaciones de Tallelec S.L. en Colmenar Viejo constituye un proyecto pionero debido a sus innovadoras propuestas técnicas en materia de sostenibilidad y eficiencia energética.

El abastecimiento energético está constituido por un sistema monovalente geotérmico de baja entalpía para satisfacer la demanda completa

de calefacción y refrigeración tanto de la zona de producción, como de la zona administrativa, acompañado de una instalación de energía solar térmica para cubrir la alta demanda que requieren los vestuarios de los trabajadores, así como una instalación de energía fotovoltaica para generar la energía eléctrica requerida por dicho sistema geotérmico.

Descripción del edificio

El edificio está dividido en dos zonas. Una primera en la que se enclavará el taller de fabricación de material eléctrico y equipamiento, y una segunda destinada a las oficinas de administración, oficina técnica, ingeniería y resto de departamentos.



Se han seleccionado tanto sistemas activos como pasivos, ambos tendentes a la obtención del mayor ahorro de energía.

Como sistemas pasivos, destacar los siguientes:

- Doble fachada en la zona más desfavorable térmicamente.
- Aislamiento específico en todos los cerramientos opacos.
- Iluminación natural en todas las plantas interiores.
- Estabilidad térmica interior debida a los forjados de hormigón alveolar.
- Aljibe en cubierta para almacenamiento de aguas pluviales.

Sistema geotérmico de baja entalpía

Para diseñar el proyecto geotérmico se debe combinar la demanda térmica del edificio y la caracterización geológica e hidrogeológica de la zona. En primer lugar, se determina que la parcela se sitúa sobre materiales graníticos que constituyen un material impermeable a nivel de acuífero regional.

Una vez analizados los parámetros geológicos, los resultados muestran unos valores medios de conductividad térmica del granito en esta zona de $2,7 \text{ W/mK}$, parámetro idóneo para realizar una instalación geotérmica.

Al elegir un sistema geotérmico de baja entalpía en circuito cerrado, se planteaban dos posibilidades de explotación de este recurso: captación horizontal o vertical. Las servidumbres del primer sistema, unidos a la falta de espacio en la parcela indicaron la idoneidad de un sistema de perforación vertical, mediante rotoperCUSión con martillo en fondo.

Basándose en programas de simulación del terreno, y tomando como base de cálculo la norma VDI 4640, se establecieron como necesarias la realización de 7 perforaciones de 100 m cada una. Cada una de las perforaciones está dotada de una sonda en doble U.

Las sondas se rellenan con una mezcla de glicol y agua. El porcentaje de la mezcla es clave para determinar las pérdidas de presión en el sistema de conexionado completo, ya que esta mezcla permite estabilizar la conductividad térmica, aunque incrementa la viscosidad.

Siguiendo las recomendaciones de la Norma VDI 4640, se llenaron las perforaciones con material de alta conductividad térmica, con objeto de satisfacer los siguientes aspectos:

- Asegurar la transmisividad del calor desde el subsuelo hasta la sonda geotérmica.
- Permitir el restablecimiento de los estratos que separan distintas capas freáticas.

El sistema de perforación está conexionado con una bomba de calor geotérmica incluida en un equipo de Control de Energía Central, que reali-

za un ajuste entre las demandas de calefacción, refrigeración y temperaturas exteriores frente a la oferta energética geotérmica del terreno, optimizándose dicho sistema con el tiempo.



La demanda energética de este equipo se cubrirá con la energía eléctrica que verterá a la red la instalación fotovoltaica.

La simulación del edificio ha estimado un COP en modo refrigeración de 5,8 (16/35), y un COP en modo calefacción de 4,5 (35/0), aprovechando el modo de refrigeración pasiva para conseguir un COP que supera el valor 18.

El sistema de distribución en la planta de oficinas es "techo radiante". En el techo radiante se consigue un elevado nivel de confort tanto en invierno como en verano, ya que se evitan las corrientes creadas por convección. En general, el agua suministrada por la bomba de calor se encuentra en un rango de temperaturas entre 10/16 °C en modo refrigeración y 35/45 °C en modo calefacción.

El techo radiante dirige el calor al interior del espacio y reduce o elimina las temperaturas excesivas en las paredes exteriores y los suelos. Esto puede producir ahorros energéticos de hasta un 60% en naves industriales o en edificación de diversas alturas.





Aprovechamiento geotérmico en la factoría de EADS en Getafe

Lugar: Vereda de San Marcos s/n

Municipio: Getafe

Fecha de puesta en marcha: 2010

Participantes:

- EADS
- Energésis
- Rodio
- Cavega
- Europolar
- Instalaciones Zarza, S.L.

Descripción

La conciencia de EADS por el respeto a la naturaleza y al medio ambiente ha estado presente en todas las políticas de la empresa desde su creación. En la construcción del complejo industrial T 23, "Centro de Investigación y Desarrollo de Aviones Prototipo" dentro de la ampliación de instalaciones en el municipio de Getafe (Madrid), se ha pretendido reducir al mínimo el impacto ambiental con la inclusión de tecnologías que buscan la eco-eficiencia y la sostenibilidad.

El complejo consta de dos hangares de unos 7.300 m² c/u y un edificio de oficinas de cuatro alturas, con capacidad para 800 personas. Todo el complejo edificado comprende una superficie construida de unos 30.000 m².

El método elegido para el aprovechamiento de la energía geotérmica es la denominada cimentación termoacítica. Con este método se aprovecha la excavación necesaria para la realización de los pilotes de cimentación que soportan las cargas de la estructura. En su interior se instala una red de tubos de polietileno por los que circula un fluido utilizado para el intercambio de calor. Los tubos se conectan en circuito cerrado con una bomba de calor que se encarga de la climatización interior de las edificaciones.

Esta red de tubos intercambiadores verticales confluye, mediante un sistema de distribución horizontal enterrado realizado con el mismo material, en un colector común ubicado en una habitación a tal efecto situada en la planta baja. En total se han instalado 17 km de tubería.



Por último, el circuito hidráulico se conecta a los intercambiadores de las bombas de calor VRV condensadas por agua, más eficientes que las convencionales, dado que el foco de calor no es el aire a temperatura ambiente, sino el terreno.

Se ha diseñado una instalación híbrida de geotermia apoyada por un sistema de aerocondensadores que permite:

- Regenerar el terreno. Cuando en épocas de refrigeración aumenta la temperatura del

- terreno se puede evacuar calor al ambiente por los aerocondensadores.
- Utilizar en todo momento el foco de calor más eficiente.
 - Aumentar el rendimiento del intercambiador geotérmico disponible puesto que se utiliza para la potencia de refrigeración nominal del edificio, no para la potencia pico.
 - Mejorar la eficiencia de la instalación.



Utilización

El proyecto contempla la ejecución de 236 sondas "Doble U", en pilotes de 15 m, con un valor de potencia de extracción de calor por metro lineal de sonda de 60 W/m, lo que significa que, en total, se dispone de 212,4 kW de aporte energético geotérmico.

Dicha potencia se destinará a la climatización de la planta baja del edificio de oficinas que posee una carga térmica de 129 kW de calefacción y de 215 kW de refrigeración en verano.

Para el circuito cerrado se ha utilizado tubería de polietileno PE 100 en sus diferentes diámetros. Con una correcta instalación, esta tubería resiste muchas décadas, pues es inerte ante las sustancias químicas del suelo, tiene buenas propiedades de conducción térmica y no soporta realmente la presión pues está confinada en el hormigón.

Tras estudiar las necesidades térmicas del edificio de oficinas, y más concretamente de la planta baja del mismo, se opta por la instalación geotérmica híbrida de cuatro bombas de calor con potencias nominales de 63 kW en calor y 56 kW en frío, es decir, una potencia total instalada de 252 kW / 224 kW junto con un sistema de aerocondensadores de 115 kW de disipación. Con el aumento de COP conseguido por el acoplamiento a

los pilotes termoactivos se obtendrían 283 kW en condensación y 252 kW en evaporación.

Los aerocondensadores se sitúan en paralelo con el circuito de intercambio geotérmico. La distribución del flujo a través de uno u otro circuito se realiza mediante una válvula de tres vías, que utiliza la temperatura de salida del intercambiador de las bombas de calor como parámetro de control. En principio, los puntos de consigna se establecerán a partir de 30 °C para verano y 5 °C para invierno.



■ Beneficios - Impactos positivos ■

EADS, en su búsqueda constante de nuevas formas de ahorro energético y de protección del medio ambiente, apuesta por el aprovechamiento de los recursos geotérmicos disponibles, como inversión económica, pero también como medio de conseguir un desarrollo industrial sostenible y constituirse en ejemplo en el ámbito privado e industrial.

La instalación conllevará un ahorro eléctrico de, aproximadamente, el 29%, frente al uso de bombas de calor convencionales y, por consiguiente, una disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera de unas 22,5 t/año.

Características de la instalación

Número de sondas	236
Potencia	60 W/m
Longitud de los pilotes	15 m
Potencia por sonda	900 W
Potencia total	212,4 kW
Consumo eléctrico convencional	86.500 kWh/año
Consumo eléctrico geotermia	61.500 kWh/año
Ahorro consumo eléctrico	29%

12

Climatización de Viviendas Unifamiliares con Geotermia en Pozuelo de Alarcón y Colmenar Viejo



Rehabilitación de vivienda unifamiliar aislada en Pozuelo de Alarcón

Lugar: Vereda de las Columnas, 10

Municipio: Pozuelo de Alarcón

Fecha de ejecución: 2009



Nueva promoción de viviendas en Colmenar Viejo

Lugar: C/ Puente Nuevo, 22 y 24

Municipio: Colmenar Viejo

Fecha de ejecución: 2009

Ejecución de los proyectos:

- ANTAE (empresa colaboradora de Geotics)

Introducción

Cada día, el sector de la edificación adquiere un mayor compromiso social y medioambiental. Los usuarios de las viviendas demandan soluciones más eficaces desde el punto de vista energético. La entrada en vigor del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), unida a la apuesta por la arquitectura bioclimática, contribuyen a que esta corriente, tan necesaria, se haga efectiva.

En los dos casos que se describen, ambos propietarios manifiestan una marcada tendencia a alejarse de cualquier sistema de calefacción convencional basado en el uso de combustibles fósiles, apostando por una fuente de energía renovable, la energía geotérmica.

La bomba de calor geotérmica instalada en estos proyectos puede reducir el consumo de energía hasta un 75% y es el sistema que menos emisiones de CO₂ produce.

Descripción

El proyecto de Pozuelo de Alarcón consiste en la climatización de un espacio de 285 m², repartidos en tres plantas. Se optó por instalar suelo radiante para la calefacción y el refrescamiento de la vivienda, utilizando un sistema geotérmico de baja entalpía, marca NIBE modelo F-1330/22, inversor de ciclo HPAC 42, acumulador VPA de 450/300 y un depósito de inercia, a fin de aumentar la eficiencia del sistema geotérmico, cubriendo así el 100% de las necesidades energéticas de la vivienda.

Como sistema de intercambio térmico con el subsuelo se realizaron tres perforaciones efectuadas en terreno inestable.

Por otro lado, con el proyecto de Colmenar Viejo se pretendía climatizar un espacio de 360 m², repartidos en tres plantas, optándose por instalar suelo radiante para la calefacción y el refrescamiento de la vivienda, utilizando un sistema



geotérmico de baja entalpía, marca NIBE modelo F-1330/30, con un acumulador VPA de 450/300 y un depósito de inercia.

Así mismo, el sistema se proyectó de manera que en los períodos en que la demanda de calefacción disminuye, se pudiera aprovechar la bomba de calor geotérmica para calentar la piscina, con una superficie de lámina de agua de 30 m², permitiendo su utilización también durante parte de la primavera y el otoño, cubriendo así el 100% de las necesidades energéticas de la vivienda.

Como sistema de intercambio térmico con el subsuelo se realizaron cuatro perforaciones efectuadas en roca granítica.

Funcionamiento

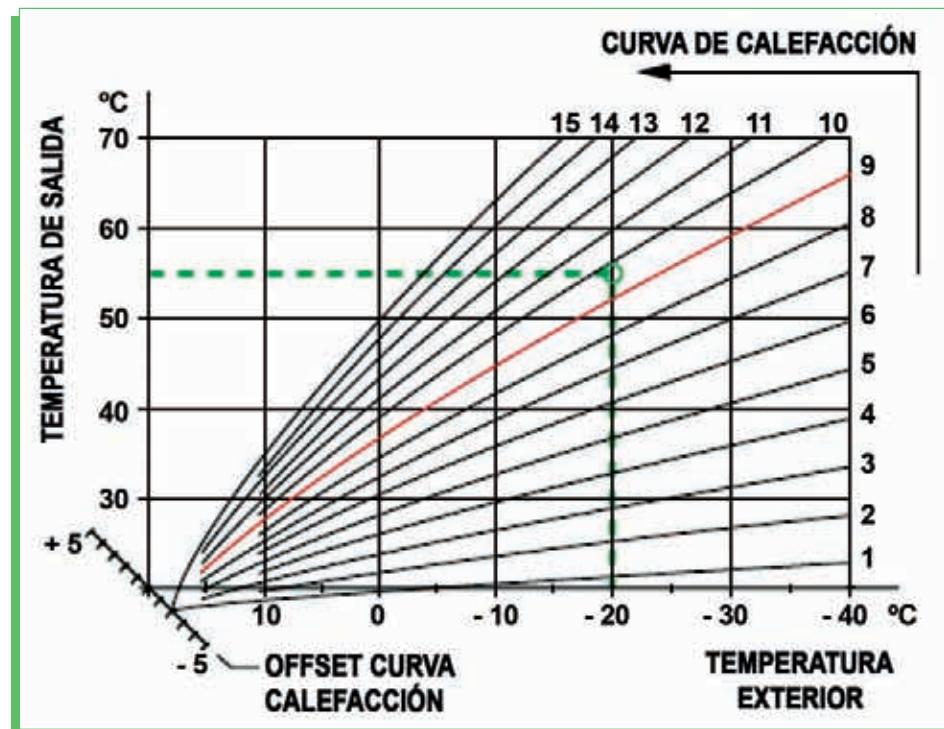
La absorción del calor de la fuente se realiza mediante un sistema de colector cerrado que contiene una mezcla de agua y anticongelante. El pozo transmite el calor al refrigerante en el evaporador de la bomba de calor. Una vez vaporizado, se comprime en el compresor. El refri-

gerante, cuya temperatura ha aumentado, pasa entonces al condensador, donde transfiere su energía al circuito del medio de calentamiento.

La producción de calor se controla sobre la base del principio de condensación flotante, según el cual el nivel de temperatura necesario para calentar una estancia dada, viene determinado por la temperatura exterior y se calcula a partir de los valores obtenidos de sensores que miden la temperatura exterior y la temperatura de caudal.

Para la función refrigeración se intercala una unidad HPAC 42 que invierte el ciclo de funcionamiento, enviando el agua caliente al depósito de ACS y al intercambiador de la piscina. La energía sobrante, en caso de existir, se envía por las sondas al terreno para su acumulación y uso en invierno, ayudando de esa forma a mantener el equilibrio térmico.

El sistema de distribución elegido en estos casos, suelo radiante, está conectado con la bomba de calor geotérmica a través de un depósito de inercia, con una temperatura máxima de salida de 55 °C en calefacción y a partir de 7 °C

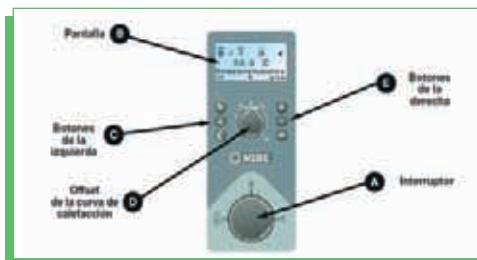


Curva de calefacción

en refrigeración, programable desde la central de control de la bomba de calor geotérmica y con 15 curvas de compensación dependiendo de la temperatura exterior.

Para la obtención de ACS, la bomba de calor geotérmica calienta un tanque de doble envolvente de 450/300 litros.

El usuario controla mediante el programador de la bomba de calor geotérmica la temperatura a la cual quiere mantenerla, pudiéndola programar entre 30 y 60 °C y, una vez completada esta función, el sistema de control de la unidad comienza el aporte de energía al sistema de calefacción.



Panel de control

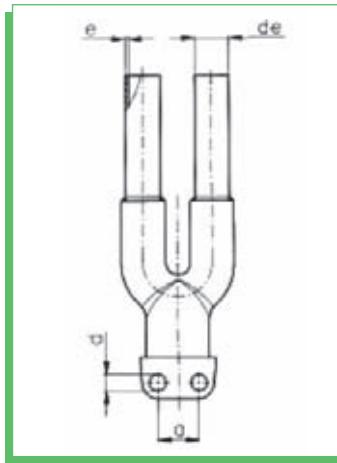
Captador vertical

El intercambio térmico con el subsuelo se realiza utilizando UGIs (Unidad Geotérmica de Intercambio), insertando un intercambiador térmico tipo polibutileno PEM 40 x 3,7 PN12,5 PE 80 SDR 11, diseñado y fabricado por Haka Gerodour.

El intercambiador consiste en un doble tubo DN40, formando un circuito cerrado de agua con propilenglicol al 20% con objeto de rebajar el punto de congelación.

Debe tenerse en cuenta que el intercambio térmico se efectúa por contacto con el subsuelo, sin utilizar ni alterar las posibles aguas existentes en la capa freática. El caudal de las sondas circula en circuito cerrado.

Las perforaciones para instalar el intercambiador térmico se efectúan en el terreno exterior disponible de las viviendas, a unos 10 metros de distancia de los respectivos cuartos técnicos.

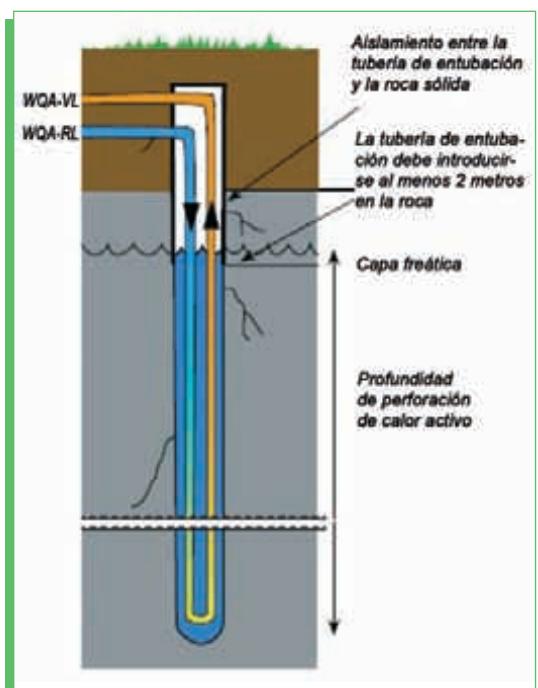
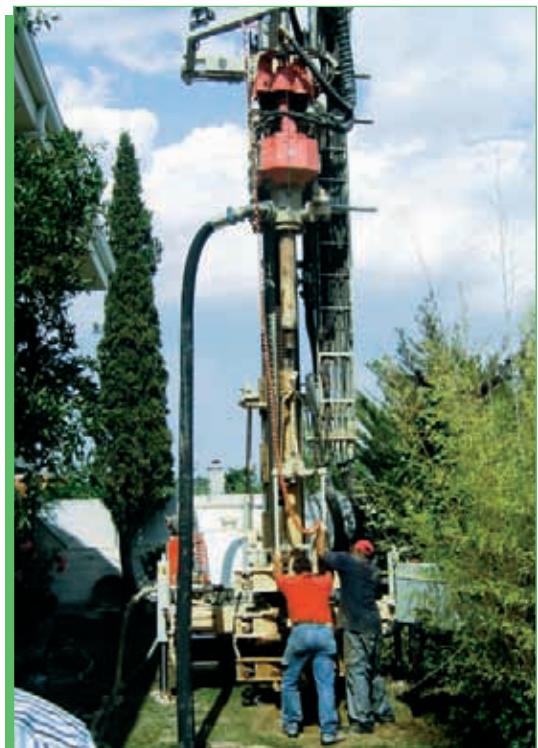


Detalle del sistema de anclaje del peso sonda

Los primeros 3 m de sondeo se entubaron con tubo de acero de 120 mm de diámetro y 5 mm de espesor para la protección de los colectores y estabilidad del terreno. Las soldaduras entre tubos son herméticas y resistentes a la presión de trabajo.

Una vez colocados los colectores, se rellenan los sondeos con cemento de alta conductividad térmica y se cierran con una tapa de goma para que queden sellados de forma estanca.

Esta tapa se coloca dentro de una arqueta de inspección. Desde la boca de las perforaciones se realizan sendas zanjas para alojar la conducción enterrada entre éstas y las bombas de calor ubicadas en las viviendas.



Pozo para sonda geotérmica (captador)

13

Rehabilitación de un Edificio de Oficinas Corporativas para la Eficiencia Energética



Rehabilitación para la eficiencia energética de un edificio de oficinas corporativas

Ubicación: C/ Apolonio Morales, 29

Municipio: Madrid

Propiedad: Fernández Molina Obras y Servicios

Fecha de puesta en marcha: Febrero - 2010

Participantes:

- Fernández Molina Obras y Servicios
- ENERES Sistemas Energéticos Sostenibles
- Manuel Mallo, Luis de Pereda. Arquitectos
- Instituto Europeo de Innovación IEI
- Integral Park Systems IPS. Aparcamiento semiautomático

Descripción

Este caso es un modelo de intervención en la rehabilitación para la eficiencia energética, funcional y arquitectónica, de un edificio de oficinas de 800 m² de superficie en una zona residencial y terciaria de alto nivel en Madrid.

Construido en 1989, el edificio acusaba una obsolescencia total en sus sistemas de climatización y era muy deficiente en su interacción con el medio: no estaba concebido para obtener aprovechamiento energético pasivo, carecía de un adecuado aislamiento, tenía unos niveles bajos de estanqueidad, no recuperaba energía en sus sistemas de ventilación y el sistema de climatización era ineficiente y contaminante.

En el proceso de rehabilitación se ha actuado eliminando todos los sistemas de instalaciones, divisiones interiores, fachadas y cerramientos y conservando al 95% la estructura y la cubierta del edificio, que tenía un claro potencial termo-activo, en particular en los forjados.

El edificio se replantea en primer lugar con nuevas soluciones de fachada y cubierta que refuerzan el aislamiento y la estanqueidad, resolviendo los puentes térmicos, y dotándolo de dispositivos mecanizados, lamas y huecos practicables, que permiten desarrollar estrategias pasivas de bajo coste, como el control de la captación solar como aporte de energía e iluminación natural, y la realización de ventilación directa nocturna para refrigerar el edificio, según escenarios de mínimo coste y máxima eficiencia, todo ello bajo la gestión por el sistema de control.

Como criterio de partida se establece que los diversos dispositivos irán activándose para entrar en juego, integrados o escalonados, en función de la optimización del consumo energético.

El edificio no cuenta con un buen soleamiento en invierno a causa de la altura de los edificios colindantes, pero sí puede captar radiación solar difusa en toda la cubierta y, mediante paneles termo-dinámicos, generar un volumen muy significativo de aire caliente que, a través de las unidades de tratamiento de aire, se incorporan al edificio.

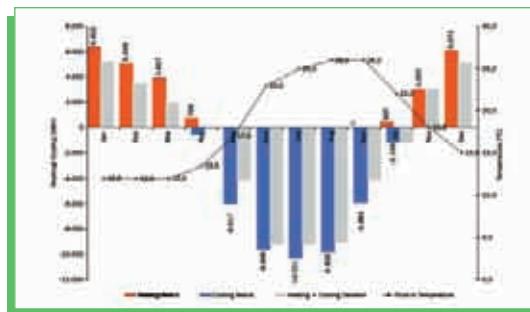


Vista general del edificio antes de la rehabilitación. 2007

Todos los huecos están dotados con vidrios de baja emisividad y juntas estancas entre la carpintería y la estructura del edificio.

Se instalaron captadores en cubierta que canalizan e introducen luz natural a las zonas interiores de cada planta reduciendo las cargas y consumos correspondientes a la iluminación artificial.

Se calculó la distribución mensual de energía demandada por el edificio en función de su uso y ocupación, de su régimen de funcionamiento y de las cargas previstas. La distribución de la demanda mensual se aportó como dato de partida en el cálculo y la simulación del funcionamiento del terreno como dispositivo termoactivo acumulador e intercambiador de energía.



Resultados de la generación mensual de frío y calor desde el sistema de intercambio geotérmico

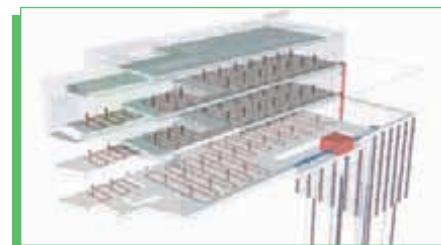
La construcción de un aparcamiento mecánico bajo el patio trasero del edificio dio pie a la construcción de un vaso contenedor de 6 metros de profundidad con pilotes de 10 metros, que fueron activados para su uso como intercambiadores geotérmicos. El aparcamiento mecánico, IPS Parklift 440, es, en sí mismo, un dispositivo de alta eficiencia energética. Reduce el volumen de obra en un 33% y el consumo energético en un 80% respecto a una solución convencional para el mismo aparcamiento.

En un terreno arenoso compacto con corrientes de agua de aforo considerable a partir de 4 m de profundidad, 23 pilotes termoactivos de 10 m de longitud intercambian el 25% de la energía demandada por el edificio. El 75% restante se obtiene con 6 intercambiadores verticales de 100 m de profundidad. Sin duda, la presencia de agua a poca profundidad y la porosidad del terreno han favorecido la capacidad de refrigeración, que era más crítica que la de calefacción. El régimen de temperaturas en el suelo oscila entre 14 °C tras el invierno y 26 °C tras el verano.

El sistema de climatización del edificio se completa con el uso de dos bombas de calor geotérmicas de 25 kW, y sistemas inerciales de acumulación o absorción de energía asociados al uso de la masa de los forjados en todo el edificio. El total de masa de hormigón activada en el edificio es, aproximadamente, 210.000 kg.



Proyecto de rehabilitación para la Eficiencia Energética. 2007



Esquema del sistema termoactivo de captación geotérmica y climatización del edificio

En verano, durante el periodo nocturno, la libre circulación de agua, y, en su caso, las bombas de calor geotérmicas, funcionarán para enfriar los forjados de manera que el edificio al día siguiente se encuentre preenfriado. En invierno, las bombas de calor geotérmicas funcionarán para mantener calor en los forjados y evitar picos de arranque a la mañana siguiente.

La adecuada integración de los dispositivos inerciales con los sistemas de bomba de calor geotérmica y las unidades de tratamiento de aire del edificio, bajo la gestión de un sistema de control específicamente diseñado, permite la adecuación a eventuales puntas de demanda.

■ Beneficios - Impactos positivos ■

La reducción del consumo energético del edificio respecto a la situación original se cifra en un 87%, la reducción de los gastos de consumo eléctrico en un 75% y los costes de mantenimiento de la instalación en un 63%. El consumo de energía estimado para la climatización del edificio es de 15 kWh/m² año.

14

Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Colmenarejo



Instalación geotérmica en una vivienda unifamiliar

Lugar: C/ Las Quirogas

Municipio: Colmenarejo

Fecha de puesta en marcha: 2009

Participantes:

- Girod Geotermia
- Sondeos Sierra de Madrid S.L.

Descripción

Girod Geotermia participa activamente dentro del Plan de Proyectos Demostrativos de BCG en España que está llevando a cabo EnergyLab para conocer el rendimiento de las bombas de calor geotérmicas. Este proyecto monitoriza diversos parámetros de funcionamiento del sistema geotérmico y analiza el rendimiento del sistema para comprobar y evaluar los consumos y ahorros conseguidos mediante la utilización de esta tecnología.

La instalación de Colmenarejo es la primera que se ha llevado a cabo por parte de Girod Geotermia para dicho Proyecto Demostrativo.

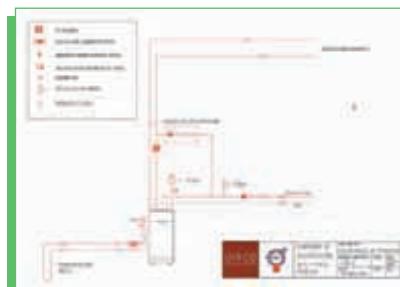
Se trata de una vivienda unifamiliar ya construida en la que se ha sustituido la antigua caldera eléctrica de 21 kW con resistencia para ACS de 15 kW, por una bomba de calor Thermia Comfort 10 con tanque de ACS incorporado de 180 litros. Estas bombas llevan incorporadas todas las bombas de circulación necesarias (ciclo primario y secundario) para el funcionamiento de todo el sistema.

Dado que el sistema de distribución existente en la vivienda era suelo radiante, se optó por este modelo de bomba de calor que aporta refrigeración pasiva. Esto significa que se aprovecha la temperatura del subsuelo directamente al suelo radiante sin que se ponga en marcha el compresor de la bomba de calor; tan sólo funcionando las bombas de circulación de la captación y del suelo radiante. En el supuesto de tener temperaturas inferiores a la de condensación, el ordenador del equipo, mediante una válvula mezcladora de tres vías, mezclará la ida con el retorno del suelo radiante para evitar dichas condensaciones.

El poco espacio disponible en general para llevar a cabo la instalación fue una constante en este proyecto.

Por una parte, la zona destinada a la ubicación de los equipos es de poco más de un metro cuadrado, en la que se instaló la bomba de calor y los numerosos equipos de medida.

Gracias a que todos los componentes auxiliares de la instalación están integrados de serie dentro de la bomba de calor, el espacio ocupado por ésta es muy reducido.





Por otra parte, el acceso del carro de perforación a la parcela se tuvo que realizar por medio de una grúa que izó el equipo por encima de la valla de la vivienda.

Una vez dentro, la perforación se realizó en el lateral de la vivienda, cubriendo todo mediante plásticos para evitar en lo posible que el polvo y el barro ensuciasen demasiado. El detritus procedente de la perforación se evacuó directamente a un contenedor situado en el exterior de la parcela.

La captación energética está constituida por una perforación vertical de 150 m de profundidad en terreno granítico. En ella se introdujo un colector energético Muovitech PEM 40x3,7 PN 12,5 2x150 m con peso guía de 22 kg de serie. Por su interior circula agua glicolada cuyo punto de congelación se sitúa en -18 °C.



Consumos y ahorros energéticos

El consumo energético de la vivienda es:

- Climatización: 22.598 kWh/año.
- ACS: 4.000 kWh/año.

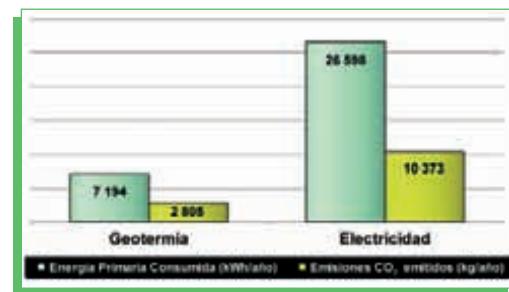
Los consumos reales del sistema de la bomba de calor son:

- Compresor: 5.756 kWh/año.
- Bombas de circulación: 1.438 kWh/año.

Por tanto, se consigue un ahorro energético de:

- 19.404 kWh/año.

Esto se traduce en una disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera de 7.568 kg al año o, lo que es lo mismo, un 73% menos que con el sistema anterior de caldera eléctrica.



15 Centro de Ensayos y Formación de Sistemas de Eficiencia Energética para la Edificación



Centro de ensayos y formación de sistemas de eficiencia energética para la edificación (vivienda unifamiliar)

Lugar: C/ Cerrillo, 7

Municipio: Becerril de la Sierra

Fecha de puesta en marcha: Junio - 2009

Participantes:

- Saunier Duval
- Instalaciones Solares Becerril
- Siber
- Testo

Descripción

En la actualidad, España está desarrollando un modelo energético sostenible para la edificación basándose en dos aspectos: la eficiencia energética y las energías renovables.

Los programas de eficiencia energética se orientan, entre otros, a la mejora de las condiciones técnicas de los edificios y de sus instalaciones (calefacción, refrigeración, ventilación y agua caliente sanitaria), motivando la utilización de las energías renovables.

Conscientes de la necesidad de disponer de un edificio donde se pueda comprobar de forma "práctica" todos los conceptos "teóricos" so-

bre eficiencia energética, se ha desarrollado el "Centro de Ensayos y Formación de Sistemas de Eficiencia Energética para la Edificación (vivienda unifamiliar)", ubicado en Becerril de la Sierra (Madrid), como resultado de la colaboración de cuatro empresas concienciadas con el ahorro energético y el medio ambiente: Saunier Duval, Instalaciones Solares Becerril, Siber y Testo.

Objetivos

En esta instalación ya se están desarrollando diferentes pruebas para comprobar el funcionamiento termodinámico del edificio, tanto en invierno como en verano, buscando alcanzar el máximo rendimiento de:

- Los generadores de energía (calor y frío): bomba de calor (aire/agua), bomba de calor geotérmica y energía solar térmica.
- El sistema de climatización (sistema de suelo radiante en combinación con sistema de ventilación): favoreciendo en todo momento la calefacción y refrigeración "pasiva".

Con esta actuación, se pretende:

- Comparar los diferentes sistemas de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria.
- Definir y recomendar al mercado de España los mejores Sistemas Integrales de Alta Eficiencia Energética para reducir al mínimo el consumo de energía en los edificios de viviendas.



Programa de ensayos y monitorización del sistema de climatización del edificio.



Instalación de suelo radiante (calefacción y refrigeración).

El edificio donde se encuentra este Centro de Ensayos y Formación, ha sido diseñado siguiendo todas las recomendaciones técnicas de la Arquitectura Bioclimática para minimizar su "demanda energética":

- Aislamientos térmicos según el Código Técnico de la Edificación (paredes, techo y suelo exteriores, sistemas de puertas y ventanas exteriores).
- Sombreado exterior en las zonas acristaladas para evitar la radiación solar en verano (fachada sur del edificio).

Por otro lado, para aprovechar la energía con "máxima eficiencia", se han instalado todos los componentes de un Sistema Integral de Eficiencia Energética de Saunier Duval para calefacción, refrigeración y ACS:

- Bomba de calor (aire/agua).
- Bomba de calor geotérmica (suelo/agua).
- Energía solar térmica.
- Suelo radiante (calefacción y refrigeración).
- Regulación de temperatura de confort (invierno y verano).

De forma complementaria, el edificio cuenta con un equipo de ventilación mecánica controlada de doble flujo con recuperador entálico de calor de la empresa Siber, que permite asegurar la calidad del aire en el interior de la vivienda según el Código Técnico de la Edificación (CTE/HS3).

Toda la instalación está "monitorizada" por medio del sistema Saveris de la empresa Testo que permite visualizar los "valores reales" de funcionamiento del sistema de climatización de la vivienda:

- Temperatura del aire (interior/exterior).
- Humedad relativa del aire (interior/exterior).
- Temperatura radiante (suelo, paredes).
- Temperatura del agua en el suelo radiante (impulsión/retorno).
- Temperatura del terreno (20, 50 y 90 m de profundidad).

Esta instalación, además de funcionar como un centro de pruebas, funciona como un centro de formación teórico/práctica para cualquier persona interesada.



Instalación geotérmica en la sede de Ingenierías Geo-Ambientales

Lugar: Barrio de la Estación

Municipio: Robledo de Chavela

Participantes:

- Promotor: Ingenierías Geo-Ambientales, S.L.
- Dirección y coordinación: Daniel Muñoz Sanz
- Perforación: Termoterra, S.L.

Descripción

Un sistema de aprovechamiento geotérmico vertical está compuesto por una serie de perforaciones en cuyo interior se instalan intercambiadores de calor de PEAD (sondas geotérmicas).

El objetivo del presente capítulo, por tanto, es presentar algunas ideas y conceptos para la implantación de un sistema geotérmico cerrado.

La tecnología de almacenamiento subterráneo de energía térmica con sondeos geotérmicos se basa en el almacenamiento e intercambio térmico con el subsuelo para climatizar edificios de forma eficiente. Es una tecnología que se ha desarrollado con mucho éxito en países del norte y centro de Europa y América del Norte, tanto en edificios residenciales como industriales, comerciales e institucionales. Una de las mayores ventajas es que permite una reducción de las demandas y consumos de electricidad y combustibles.

En este caso, el tipo de instalación empleado es el denominado sistema cerrado, consisten-

te en una serie de sondeos verticales dotados de tuberías longitudinales que forman un bucle por cuyo interior circular un fluido caloportador, normalmente agua glicolada.

Un sondeo geotérmico consiste en una perforación geotérmica en la que se introduce una sonda de polietileno de alta densidad (PEAD 100 SDR11 PN16) y se rellena con una mezcla de cemento-bentonita de una conductividad térmica similar a la del terreno circundante, para garantizar un buen contacto térmico. Los bucles geotérmicos funcionan como un intercambiador de calor terrestre. En invierno se produce la extracción de calor del subsuelo por medio de la circulación del agua del interior de los sondeos hacia el interior del edificio. Según se va realizando el intercambio de calor, la temperatura de la sonda y del terreno va disminuyendo.



Durante los meses de verano, el flujo en el sistema es el contrario, es decir, se inyecta el calor del interior del edificio al subsuelo. Además, la demanda de frío (o parte de ella) puede ser cubierta por el proceso denominado free-cooling, sin necesidad de funcionamiento de la bomba de calor. En períodos de alta demanda de refrigeración se puede utilizar free-cooling junto a la bomba de calor.

Localización

Robledo de Chavela es un municipio de la sierra oeste de la Comunidad de Madrid, situado a 65 km de la capital en un entorno de montañas, entre las sierras de Guadarrama y de Gredos.

Antecedentes

El chalet ha sustituido la instalación térmica por la climatización geotérmica ya que el sistema anterior (calefacción mediante radiador de calor azul) era poco eficiente. Además, era necesario implantar un sistema de refrigeración o aire acondicionado. Este hecho generaba un nivel de confort deficiente que, unido a los incrementos de tarifas, hizo recomendable un cambio del sistema de climatización.



El principal objetivo de las actuaciones es disminuir los costes de mantenimiento y aumentar la eficiencia energética, adaptándose a las necesidades del cliente.

En este caso, además se pretende climatizar (calefacción y refrigeración) mediante el uso de una energía renovable capaz de suministrar frío, calor y ACS manteniendo niveles de eficiencia energética elevados.

Información geológica

La composición principal del terreno afectado (formación granítica), hace de la geotermia una fuente de energía renovable muy adecuada para cubrir sus necesidades energéticas.

Se ha empleado para la perforación una máquina con doble cabezal y martillo en fondo. El comportamiento térmico y la conductividad de esta formación es excelente, lo que ha permitido perforar menos metros de lo necesario en otro tipo de materiales. Sin embargo, hay que

ser bastante conservador en otros aspectos, pues es normal que se den bruscas oscilaciones estacionales del nivel freático.

El detrito y materiales procedentes de la perforación se almacenaron en un contenedor estanco para escombros y residuos de obra.

Descripción del sistema geotérmico

En este proyecto se ha realizado una perforación de 150 m que se conecta a una bomba de calor geotérmica de 8 kW. La superficie útil a climatizar es de 120 m².



Resultados

En este proyecto se puede cubrir el 100% de la carga pico de calefacción y de refrigeración.

Es importante destacar que, aunque la inversión del sistema geotérmico es superior a la inversión requerida por un sistema convencional, permite reducir notablemente los gastos anuales en electricidad, además de reducir en gran medida la emisión de CO₂.

Además, la geotermia permite alcanzar calidades arquitectónicas y estéticas elevadas, pues no se ocupan con equipos las fachadas, cubiertas ni azoteas, y, por supuesto, es totalmente silenciosa y saludable.

Datos de la Instalación

Superficie a climatizar	120 m ²
Carga pico:	
Calefacción	8 kW
Refrigeración	8 kW
Perforación geotérmica	150 m
Normativa aplicable	Real Decreto 863/1985 Ley 2/2002



Perforaciones para sondas geotérmicas en Puerta de Hierro

Lugar: Barrio de Puerta de Hierro

Municipio: Madrid

Fecha de realización: Diciembre - 2009

Participantes:

- Geotermia Vertical

Descripción

El trabajo consistió en realizar 4 perforaciones de 120 m de profundidad en las que se introdujeron sondas de simple U de 40 mm.

Desde un punto de vista geológico, el área de trabajo se encuentra sobre materiales de relleno de la cuenca sedimentaria del Tajo que, en la zona de Puerta de Hierro, se caracterizan por su naturaleza predominantemente detrítica. Los materiales encontrados reciben el nombre local de "arena de migas" y las intercalaciones arcillo-sa el de "Tosco" o "Tosco arenoso".

El nivel freático se encuentra situado sobre los 50 m, aunque aparecen niveles colgados.

En general, la perforación a lo largo de formaciones arenosas con intercalaciones de arcilla y la presencia de agua en diferentes niveles, hace que la instalación de las sondas geotérmicas sea muy compleja y costosa.



Existen tres opciones en el mercado en cuanto a los medios y sistemas de perforación que se podrían utilizar en esta obra.

El primer sistema se basa en la perforación con un equipo dotado de una única cabeza de rotación que utilice un martillo en fondo neumático y un compresor de aire como medio de barrido, con la entubación únicamente de los primeros metros de perforación.

Este tipo de perforación no es técnicamente viable en este tipo de formaciones, ya que no sólo no mantiene estables las paredes del sondeo, sino que, además, genera una gran cantidad de agua junto con el detritus que será necesario gestionar una vez finalizada la obra.

La segunda opción es utilizar un equipo con una sola cabeza de rotación y el uso de lodos bentoníticos o polímeros en circuito cerrado.

Con este sistema se podrían llegar a realizar las perforaciones con éxito. Sin embargo, la necesidad de una infraestructura previa (balsas de lodos) y la costosa gestión del detritus, además de las bajas producciones obtenidas, hacen que no sea económicamente rentable.

La tercera opción, utilizada por Geotermia Vertical, asegura la correcta instalación de las sondas y minimiza los costes de gestión del detritus.

La perforación se realizó con un equipo Comacchio 900 P con doble unidad de rotación, que permitió revestir el taladro totalmente. Se utilizó una trialeta como útil de corte y una tubería de revestimiento recuperable de 152,4 mm de diámetro exterior.



Como fluido de barrido se usó agua en circuito cerrado. Esto supone que el agua cargada de elementos en suspensión circula entre el sondeo y el equipo de tratamiento, separando en éste la arena de la fase acuosa. La arena se vierte sobre un contenedor y la fase acuosa se recircula. Así, el residuo obtenido está compuesto únicamente por la fase sólida, cuya gestión es más sencilla y económica.

Una de las ventajas de usar agua como elemento de barrido es la de eliminar el riesgo de contaminación de los acuíferos subterráneos.

Otra de las ventajas que aporta este sistema cerrado es evitar los elevados consumos de agua que supone un circuito abierto (20-25 m³ por sondeo), pero requiere equipos de tratamiento de lodos para separar la arena.

Una vez alcanzados los 120 metros, se retiró el varillaje interior, dejando el sondeo revestido con la tubería recuperable. Al tener el sondeo protegido ante posibles derrumbes y desprendimien-

mientos, se puede colocar la sonda en su interior sin dificultad.



Para introducir la sonda, previamente llena de agua glicolada, se utilizó un equipo con rodillos accionado por un moto-reductor eléctrico y un centrador montado sobre la tubería de revestimiento, para evitar daños en la sonda. Junto con la sonda, se introdujo un tercer tubo para la inyección posterior.

La inyección se realizó con un equipo provisto de control de caudal y presión continuos. La mezcla se realizó en un mezclador de alta turbulencia para obtener una buena calidad de la suspensión final. Al hacerse la inyección desde el fondo del taladro hacia la superficie, se asegura que el relleno del sondeo es completo, así como el contacto entre la sonda geotérmica y el terreno.

Finalizada la inyección, se extrae la tubería de revestimiento y se procede a llenar de mortero el volumen desplazado por la tubería.

Conclusiones

Para la perforación en formaciones detríticas deben utilizarse equipos con doble unidad de rotación que permiten revestir el sondeo facilitando la instalación posterior de la sonda.

La utilización de aire o agua en circuito abierto origina serios problemas dada la cantidad de agua y detritus generados, que será necesario gestionar con unos costes muy elevados. Como se ha comprobado en esta obra, la utilización de agua en circuito cerrado es una buena solución, siempre que se disponga de un equipo de tratamiento de lodos que minimice los costes de mantenimiento de la bomba y las paradas para eventuales reparaciones.

18

Instalación Geotérmica en una Vivienda Unifamiliar en Boadilla del Monte



Instalación geotérmica en una vivienda unifamiliar

Lugar: C/ Valle del Baztán

Municipio: Boadilla del Monte

Fecha de puesta en marcha: 2009

Participantes:

- Girod Geotermia
- Perforaciones Jofer S.L.

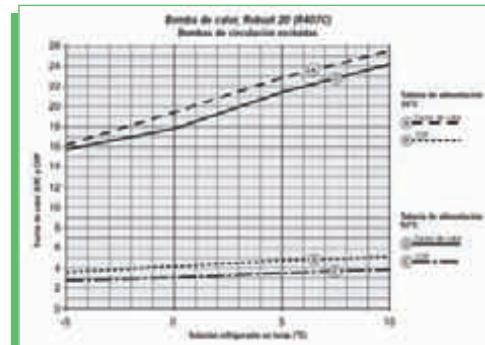
Descripción

El estudio de arquitectura Otto Medem diseñó esta vivienda en Boadilla del Monte para la cual se optó por un sistema de climatización mediante bomba de calor geotérmica para el suministro de calefacción, refrigeración activa y agua caliente sanitaria. Además, se dispone de una piscina, la cual puede ver alargada su temporada de uso, gracias al calor sobrante en la vivienda, ya que se emplea como foco disipador de energía.

Se trata de una vivienda unifamiliar de 450 m² a climatizar, cuyos equipos instalados son:

- Bomba de calor Thermia Robust 20.
- Acumulador de doble pared KBH 500/140.
- Tanque de inercia para frío de 370 litros.

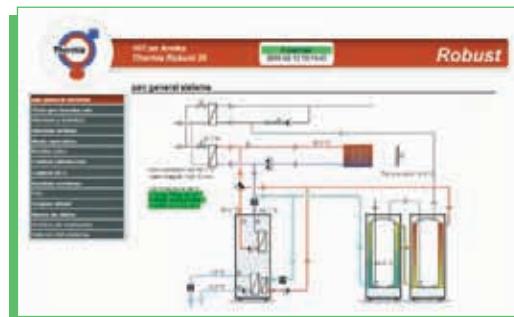
La bomba de calor tiene una potencia calorífica de 25 kW para B10W35, con un COP de 5,09 sin bombas de circulación y de 4,3 con bombas de circulación (Norma EN255).



La captación energética consta de tres perforaciones de 120 m cada una en las cuales se introdujeron colectores energéticos Muovitech PEM 40x3,7 PN12,5 PE80 2x120 m con peso de retorno de 18 kg incluido y punta reforzada.

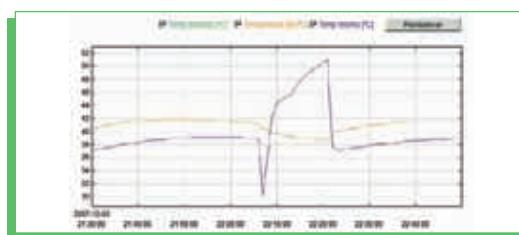


Gracias a la posibilidad de conectarse vía ADSL, la bomba de calor de esta vivienda puede ser totalmente controlada a distancia si se dispone de ordenador y conexión a Internet.



Se pueden observar todos los parámetros de funcionamiento, las temperaturas de las perforaciones, ACS, suelo radiante, interior, exterior, etc., así como modificar las curvas de calor de la bomba de calor.

También se pueden observar las horas de funcionamiento de diferentes parámetros y equipos: horas de funcionamiento de compresor, horas para generar ACS, horas de generación de frío, número de paradas y arranques del equipo, entre otras.



Consumos y ahorros energéticos

El consumo energético de la vivienda es el siguiente:

- Energía requerida: 55.597 kWh/año.
- Energía para ACS: 5.000 kWh/año.
- Energía consumida por la bomba de calor: 14.683 kWh/año.
- Energía consumida por bombas de circulación: 3.180 kWh/año.

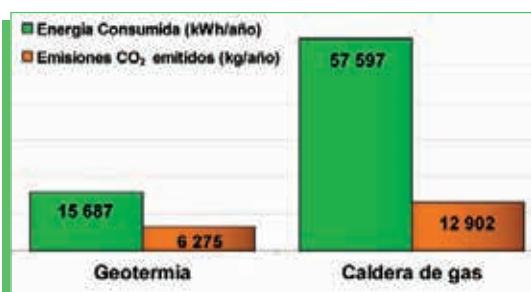
Con ello, el ahorro energético de la vivienda gracias al empleo de bomba de calor geotérmica es de:

- 42.734 kWh/año.



De igual manera, la emisión de gases de efecto invernadero es muy inferior a otros sistemas convencionales, siendo el sistema de climatización que menos emisiones genera.

Si se compara el consumo de esta vivienda con un sistema convencional de caldera de gas, bombas de calor para frío y paneles solares, los consumos y ahorros energéticos, así como las emisiones de CO₂ de ambos sistemas son los que se muestran a continuación:



El sistema de distribución de la vivienda es mediante suelo radiante y *fan-coils*, por lo que se puede en cualquier momento aportar calor a una parte de la casa y frío a otra que lo demande.



Proyecto de ahorro y eficiencia energética llevado a cabo bajo el esquema de una Empresa de Servicios Energéticos (ESE)

Lugar: Colmenar Viejo

Fecha de puesta en marcha: Enero - 2010

Participantes:

- Grupo Gas Natural

■ Descripción de la instalación ■

Se trata de una primera vivienda ocupada todo el año por una familia de siete miembros. Además, de forma eventual, viven en ella dos personas más.



Ubicada en una localidad de la zona norte de la Comunidad de Madrid, cuenta con una parcela de 2.600 m² y una superficie total construida de 787,5 m², de los cuales 542,6 m² se encuentran calefactados.

La vivienda consta de tres plantas sobre rasante y un sótano.

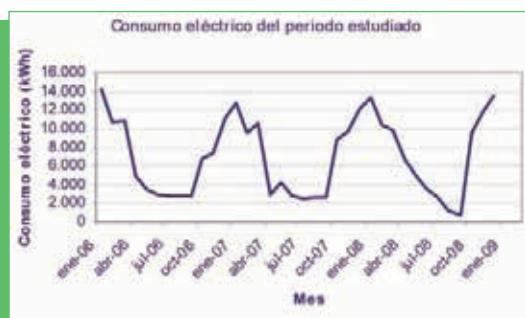
Dispone de un total de siete dormitorios/cuartos y de ocho cuartos de baño/aseos.

Además, cuenta con una piscina descubierta de forma irregular de, aproximadamente, 9 x 8 m² no calefactada y de uso en periodo estival.

■ Situación de partida ■

El consumo energético de la vivienda es 100% eléctrico. El sistema de calefacción original cuenta con una caldera eléctrica Gabarrón que abastece de agua caliente a baja temperatura al suelo radiante y con una centralita de distribución por cada planta (cuatro en total).

La producción y distribución de agua caliente sanitaria (ACS) se realiza a través de un interacumulador y un sistema de tuberías y equipos mecánicos. En cuanto a la refrigeración, la vivienda no cuenta con ningún sistema. Su perfil de consumo es el siguiente con un gasto anual de 83.415 kWh/año:



■ Descripción del proyecto ■

El proyecto de eficiencia energética que se lleva a cabo contempla una serie de medidas que se describen a continuación.

En cuanto a climatización, la mejora que se propone llevar a cabo para disminuir el con-

sumo eléctrico en calefacción y producción de ACS, es la instalación de un sistema de bomba de calor geotérmica.

El sistema de captación constará de 600 metros de perforación, con una profundidad por pozo que oscila entre 80 y 100 metros.

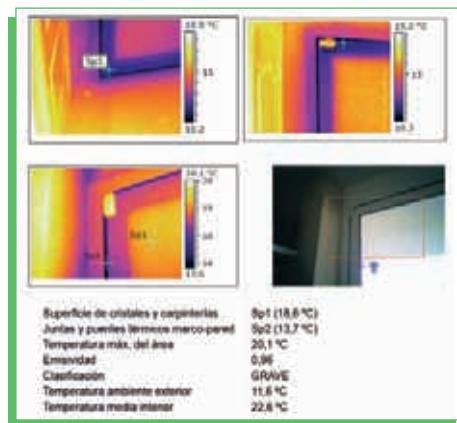
En cuanto a refrigeración, se propone el aprovechamiento de la instalación geotérmica para la generación de frío pasivo o *free-cooling*. A diferencia de la refrigeración activa, que utiliza el ciclo frigorífico de la bomba de calor geotérmica y es necesario equipar a la misma con un módulo de refrigeración, si se utiliza frío pasivo, el agua de red circula por las tuberías de la instalación de suelo radiante sin aporte energético extra.

Para comprobar el estado de la envolvente térmica y el aislamiento de la vivienda se realiza un estudio termográfico, en el que se observa el estado favorable de la misma.

El mayor problema existente en la vivienda son las pérdidas energéticas que se producen tanto en las ventanas como en las puertas de tipo correderas, solucionándolo con la colocación de burletes de goma o similar en los marcos de las mismas.

También existen algunos problemas de pérdidas energéticas no significativas, mediante convección en puertas mal instaladas.

Las pérdidas energéticas que se producían a través de los cerramientos eran de 11.762,66 kWh/año, pero con la aplicación de las medidas se consiguen reducir a 4.116,96 kWh/año.



Financiación

La inversión de 82.470 € fue acometida por el Grupo Gas Natural.

Tipo de contrato

Las características principales del contrato son:

- Contrato con garantía de ahorro de energía: la ESE garantiza los ahorros durante un periodo de validez del contrato de diez años con cuotas mensuales correspondientes al 60% de los ahorros obtenidos con las mejoras.
- Plan de medida y verificación de ahorros de acuerdo a los IPMVP de la *Efficiency Valuation Organization* (EVO).

Descripción de la medida	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro porcentual respecto al consumo total (%)
Bomba de calor geotérmica (ACS y calefacción)	49.926	63,3
Instalación de burletes de goma o similar y ajustes en carpintería metálica	4.590	5,5

Ahorro económico

En el marco del contrato de garantía de ahorro de energía, los ahorros económicos para el propietario, durante los diez primeros años, serían el 40% de los ahorros obtenidos, siendo del 100% en los años posteriores.

Ahorro energético

El ahorro de energía anual asciende a 53.853 kWh/año, lo que supone casi el 68% de la demanda energética previa.

Se estima que el ahorro de energía supone la reducción de 18,5 t de CO₂ emitidas anualmente a la atmósfera.



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica

Anexo



Situación Geográfica de los Proyectos en la Comunidad de Madrid



1 Arganda

Instalación Geotérmica



6 Fuente el Saz de Jarama

Climatización Pasiva Bioclimática y Sistema Geotérmico de Baja Entalpía



8 Madrid

Rehabilitación para la Eficiencia Energética



2 Becerri de la Sierra

Eficiencia Energética para Edificación



7 Getafe

Estación de Servicio con Instalación Geotérmica



8 Madrid

Perforaciones para Sondas Geotérmicas



3 Boadilla del Monte

Instalación Geotérmica



7 Getafe

Aprovechamiento Geotérmico



9 Pozuelo de Alarcón

Instalación Geotérmica



4 Colmenarejo

Instalación Geotérmica



8 Madrid

Sistema de Bombas de Calor Geotérmico



9 Pozuelo de Alarcón

Climatización Geotérmica



5 Colmenar Viejo

Instalación Geotérmica



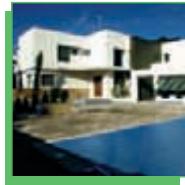
8 Madrid

Climatización Geotérmica y Termoactiva



10 Robledo de Chavela

Sede de Ingenierías Geo-Ambientales



5 Colmenar Viejo

Climatización Geotérmica



8 Madrid

Instalación Geotérmica



11 Villaviciosa de Odón

Instalación Geotérmica de Bucle Abierto



5 Colmenar Viejo

Servicio Energético para la Climatización



8 Madrid

Edificio Dotacional Mixto con Climatización Solar/Geotérmica





Información Acerca de esta Guía

Esta Guía es descargable en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

The screenshot shows the official website of the Madrid Community (www.madrid.org). The top navigation bar includes links for 'Boletín Oficial', 'Atención al ciudadano' (with icons for 0, 1, 2), and 'Accesibilidad'. The main menu categories are 'INDUSTRIA', 'TRANSPORTES', 'MINAS', 'EDIFICIOS', 'ACCESIBILIDAD', 'SERVICIOS', and 'PERMISOS'. Below this, a secondary navigation bar includes 'Planes y Redacciones', 'Sistemas y Trámites', 'Actualidad', 'Publicaciones', 'Normativa', 'Organización', and 'Competencias'. The main content area features a banner for the 'D.G. de Industria, Energía y Minas' (DG of Industry, Energy and Mines) with the tagline 'trabajamos por la Comunidad y para la Comunidad.' It also highlights the 'DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINAS' and 'trabajamos por la Comunidad y para la Comunidad.'. A sidebar on the right provides contact information for the DG, including address (C/ Cervantes Martínez Sánchez, 14, Edif. F-4), telephone (91 581 18 00), fax (91 581 18 01), and email (mailto:chamada@madrid.org). Other sections include 'Atención al ciudadano' (with a link to 'Oficina, Documentos y Teléfono de Atención al Ciudadano'), 'Bases Reguladoras' (with links to 'Cárter Profesionales Exámenes', 'BUSCADOR de empresas Instalaciones y Mantenedoras', 'Normas Técnicas Procedimientos Eventos', and 'Acceso libre certificado'), and a 'NOTICIAS' section.

www.fenercom.com

The screenshot shows the homepage of the website www.fenercom.com. At the top right, there is a logo for the Energy Management Agency Intelligent Energy Europe. Below it, the text "Bienvenid@" is displayed, followed by the date "Madrid 10-11 de marzo de 2010" and the title "II CONGRESO Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria". To the right of the text is a graphic of a green sphere with a white arrow pointing upwards. On the left side, there is a sidebar with links to "Conocemos", "Información", "Publicaciones", "Aula de la Energía", "Normativa y Organismos", "Noticias", and "Mapa de la web". Below this sidebar are three blue boxes: "Plan Renove de Ascensores de la Comunidad de Madrid", "Plan Renove de Calderas de Condensación de la Comunidad de Madrid", and "Plan Renove de ventanas en viviendas de la Comunidad de Madrid". At the bottom of the page, there are several logos for energy-related organizations and a footer with links to "Aviso legal", "Correlación", "¿Dónde estamos?", "Accesibilidad", "Créditos", "Privacidad", and "RSS".

SI DESEA RECIBIR MÁS EJEMPLARES DE ESTA PUBLICACIÓN EN FORMATO PAPEL PUEDE CONTACTAR CON:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid
dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
fundacion@fenercom.com



Fundación de
la Energía de
la Comunidad
de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

www.fenercom.com

