

Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de **la Energía Geotérmica**



**Comunidad
de Madrid**

Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de **la Energía Geotérmica**



**Comunidad
de Madrid**

Depósito Legal: M-12053-2017

MAQUETACIÓN E IMPRESIÓN:



www.ariasmontano.com

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 cuarta edición de la publicación "Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica", que se presenta coincidiendo con la celebración del V Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria - GeoEner 2017 el día 26 de abril de 2017.

Con esta publicación se pretende dar una visión de las características de los aprovechamientos geotérmicos que actualmente se están realizando en nuestra Región, confirmando las grandes posibilidades que este tipo de energía renovable presenta para la climatización de edificios, así como su aportación en el desarrollo energético sostenible de la Comunidad de Madrid.

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

- C.I.P. Arquitectos.
- Centro Canalejas Madrid.
- Eneres.
- Esak.
- Geoter.
- Geotermia Vertical Instalaciones.
- Girod Geotermia.
- Sacyr Industrial.



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica 4



Índice



Índice

Índice

Presentación

9

Proyectos

- 1 Instalación geotérmica para la climatización del polideportivo municipal de Guadarrama 14
- 2 Centro para recursos del aprendizaje y la enseñanza en la universidad de Alcalá de Henares 16
- 3 Empleo de la geotermia para la climatización centralizada de dos viviendas y una guardería en Las Rozas de Madrid 18
- 4 Instalación de aprovechamiento geotérmico en el Centro Canalejas 20
- 5 Instalación sistema geotérmico en proyecto Calanda Homes en Madrid 22
- 6 Sistema geotérmico en edificio para residencia de estudiantes Montegancedo 24
- 7 Rehabilitación energética mediante una instalación apoyada en la energía geotérmica en una vivienda unifamiliar situada en Alcobendas 26
- 8 Instalación geotérmica y estructuras termoactivas la climatización de Vía Célere 28
- 9 Instalación sistema geotérmico en edificio de oficinas en Madrid con certificación LEED de construcción sostenible 30
- 10 Aprovechamiento geotérmico en vivienda unifamiliar en Pozuelo 32
- 11 Instalación geotérmica y estructuras termoactivas para la climatización de un espacio de la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente 34
- 12 Recuperación y uso de los recursos termodinámicos del sistema de túneles de calle 30 en Madrid 36
- 13 Climatización geotérmica del Colegio Mayor de Moncloa 38

Anexo

- Situación geográfica de los proyectos en la Comunidad de Madrid 42
- Información acerca de esta Guía 44



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica 4



Presentación



Presentación

Presentación

Desde hace años, el tema de la energía está permanentemente de actualidad, bien sea por las variaciones en los precios de los diferentes recursos energéticos, por los impactos ambientales de las distintas fuentes, por problemas de abastecimiento, por cuestiones fiscales o por dificultades de cumplimiento de los objetivos marcados por las diferentes disposiciones normativas.

Es de sobra conocido que Europa tiene una gran dependencia para su abastecimiento energético del exterior, problema que se acentúa en nuestro país y, más aún, en la Comunidad de Madrid, en la que más del 97% de la energía primaria proviene del exterior.

En la estructura del consumo de energía primaria en España destaca el petróleo, que representa un 42,3% del total. El gas natural ocupa la segunda posición con un 19,9% del total. La energía nuclear es la tercera fuente en importancia, representando el 12,1% seguida por el carbón con un 11,6%, según datos de 2015. En relación a las energías renovables, éstas representaron en el año 2015 el 14,1% del total nacional.

En la Comunidad de Madrid, los derivados del petróleo supusieron en 2015 un 56,3% del consumo energético final, la electricidad un 23,46%, el gas natural un 18,4% y el resto de fuentes alrededor del 2%.

La energía producida en 2015 en la Comunidad de Madrid con recursos autóctonos fue de aproximadamente un 1,8% del total de energía final consumida. La mayor generación se produce a través de la biomasa, con un 56,2% del total, seguida por el tratamiento de residuos con un 12,9%, la solar térmica con un 9,9%, los RSU con un 8,6% y la hidráulica con un 7,6%.

En este marco, la energía geotérmica aún es una fuente de energía con una pequeña aportación respecto del total, pero que sigue evolucionando al alza durante los últimos años. Así, durante 2015, la potencia instalada ha experimentado un incremento del 381% desde 2008, pasando de 487 kW a 1.856 kW.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Potencia instalada (kW)	487	1.698	3.201	1.891	2.398	2.750	1.396	1.856	15.677
Instalaciones	19	40	48	55	68	59	45	38	372
N.º perforaciones	53	342	365	276	324	387	380	256	2.383

En esta cuarta edición de “Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica”, presentado en el V Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria – GeoEner 2017, se recogen proyectos en los que se ha aplicado la energía geotérmica para usos térmicos en edificios de forma exitosa y económicamente viable.

En los capítulos que conforman esta publicación se puede observar la evolución en el uso de los recursos geotérmicos en cuanto a la ampliación en la tipología de edificios. De esta manera, se puede observar que la climatización de estancias mediante el uso de la geotermia puede realizarse en viviendas unifamiliares, viviendas en altura, edificios públicos o edificios de uso terciario, adaptándose a las necesidades de cada caso y pudiéndose aplicar tanto en obra nueva como en rehabilitación.



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica 4



Proyectos



Proyectos

1 Instalación geotérmica para la climatización del polideportivo municipal de Guadarrama



Instalación geotérmica para la climatización del polideportivo municipal de Guadarrama.

Lugar: C/ Los Escoriales, 13.

Municipio: Guadarrama.

Fecha de puesta en marcha:

- Perforaciones: enero-marzo 2016.
- Sala técnica: junio-septiembre 2016.

Participantes:

- Ayuntamiento de Guadarrama.
- Sacyr Industrial.

Descripción

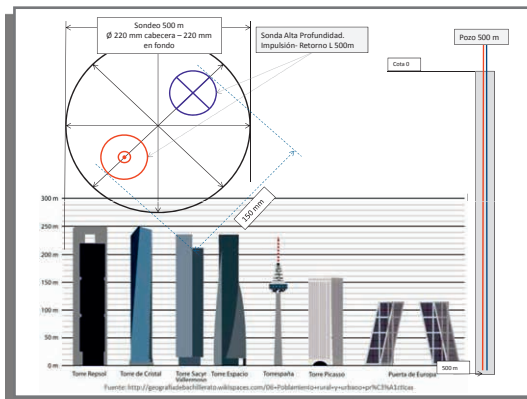
El edificio en estudio acoge una cancha polideportiva de 47x25 m² con gradas ubicadas en una de las alas del recinto, en el que inicialmente la calefacción se generaba mediante consumo de gasóleo con calderas de baja eficiencia y elevados costes de mantenimiento y producción.

Teniendo en cuenta el alto coste que supone calefactar las instalaciones y la producción de ACS mediante calderas de gasóleo, SACYR INDUSTRIAL propuso la implantación de una instalación geotérmica, mucho más eficiente, compuesta por una bomba de calor y un intercambiador vertical enterrado. Además, la nueva instalación reducirá sensiblemente las emisiones de CO₂, así como las partículas en suspensión.

Campos de captación geotérmica

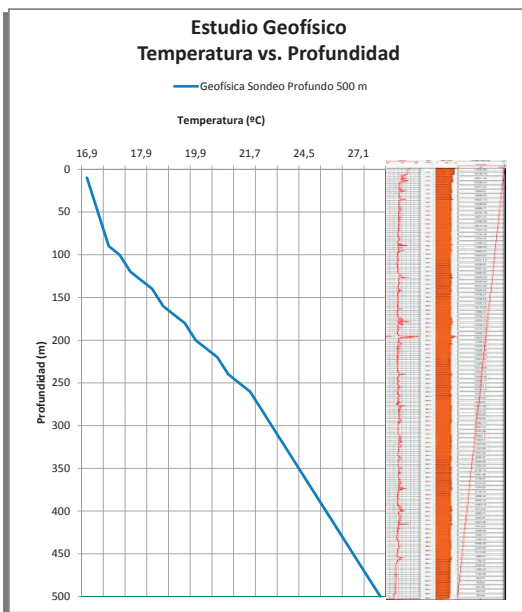
El sistema cuenta con dos campos de captación, uno que corresponde a un sondeo de 500 m de profundidad y otro que comprende 8 sondeos de 150 m de

profundidad cada uno. La captación de uno u otro campo se irá estableciendo a medida que se analicen los resultados del sistema.



Campo de captación de 500 m.

Se trata de un sistema excepcional en Europa y único en España. Primeramente, se realizó un sondeo con propósitos de I+D en el que se estudió el procedimiento de ejecución más idóneo, y posteriormente se realizó una evaluación geofísica para medir las fluctuaciones de la temperatura vs. profundidad.

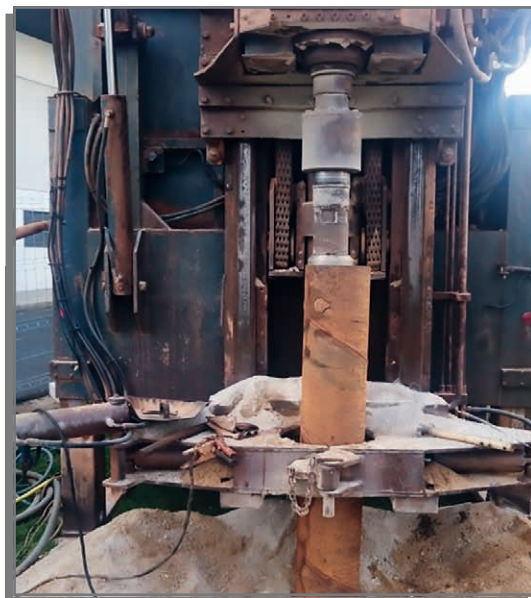


En dicha gráfica se comprueba que se cumple el gradiente geotérmico teórico, que equivale a 3 °C por cada 100 m. Además, se mantiene una pendiente lineal, debido al buen comportamiento térmico del terreno (granito no meteorizado).

En 2015, Sacyr Industrial llevó a cabo un proyecto de I+D+i que consistió en desarrollar un pozo de 500 m y monitorizarlo con prototipos de sondas térmicas. Después de evaluar los buenos resultados del proyecto, en 2016 se realizó otro sondeo similar para un nuevo proyecto de investigación, con el objetivo de optimizar los elementos de monitorización y asociarlos a un campo de sondeos convencionales, siendo ambos productivos y comercialmente viables.

El sondeo de 500 m para explotación comercial se monitoriza para evaluar las fluctuaciones de la temperatura en función de la profundidad y el tiempo.

Para incrementar la captación de energía del terreno se realizó además un campo de 8 sondeos de 150 m de profundidad cada uno. Se utilizaron sondas simples de 40 mm de diámetro y para rellenar las perforaciones se utilizó mortero de alta conductividad térmica.

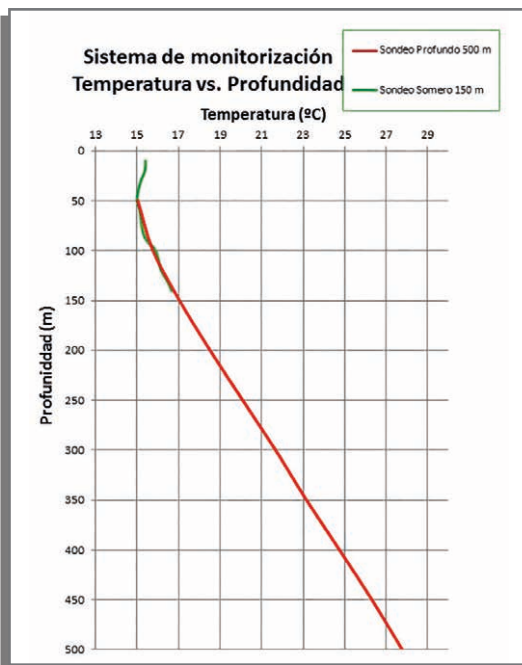


Campo de captación de 8 x 150 m.

Con el objetivo de monitorizar también el comportamiento de este campo, se adicionó otra sonda de temperatura.

Temperaturas del subsuelo

Observando el comparativo de temperaturas del sondeo somero de 150 m frente al sondeo profundo de 500 m, el ajuste de temperaturas es muy próximo. La distancia horizontal entre ambos pozos es de 10 m. Si se observan los resultados de la geofísica en el pozo de 500 m, los resultados también son similares.



Sala técnica y sistema de emisores

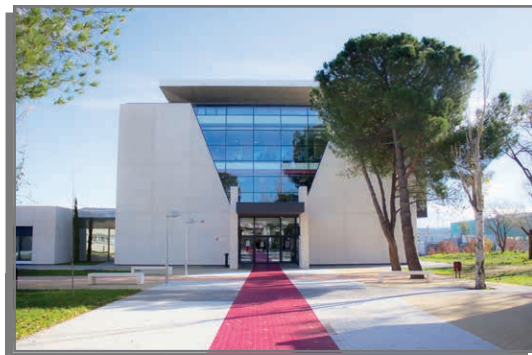
- Bomba de calor 100 kW modulante 50%.
- 2 depósitos de inercia de 1.500 l.
- Aeroconvectores y superficies radiantes.

Conclusiones

La fase inicial del proyecto permite concluir que los resultados se ajustan a las predicciones, es decir, se trata de un terreno óptimo para la conducción térmica y la obtención de energía geotérmica para satisfacer altas demandas de climatización y ACS.

A medida que la producción y la demanda se van ajustando, los rendimientos del sistema serán más estables y permitirán optimizar el rendimiento del conjunto.

2 Centro para recursos del aprendizaje y la enseñanza en la universidad de Alcalá de Henares



Centro para Recursos del Aprendizaje y la Enseñanza en la Universidad de Alcalá de Henares.

Lugar: Universidad Cardenal Cisneros.

Municipio: Alcalá de Henares.

Fecha de puesta en marcha:

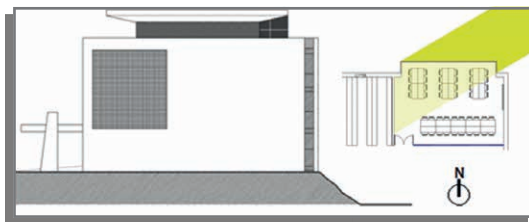
Participantes:

- C.I.P. Arquitectos.
- Hermanos Maristas.
- Esprosa.
- 3A3 Arquitectos.
- Fonotel Ingenieros.
- Telur.
- Grupo Ortiz.

yeso laminado, con grandes cámaras rellenas de aislamientos de alta eficacia, tanto en cubierta como en las paredes.

Utilización del Muro Trombe como un controlador/acumulador de energía radiada. En verano, se provoca una refrigeración de la energía radiada por el Sol sobre esta fachada. En invierno, la cámara de 40 cm se convierte en un acumulador de energía.

Ubicación de los huecos de luz hacia el norte o con control solar. Se han diseñado una serie de elementos que protegen de la radiación directa solar pero que permiten el paso de la luz para su uso eficaz el mayor tiempo posible.



Creación de un gran cimborrio por el que se ilumina el espacio central. Es un componente de conducción que lleva la luz natural al interior. Los vidrios de la piel interior se diseñan blancos para favorecer la reflexión de la luz.

Objetivos

- Actuación sostenible y bajo consumo energético.
- Propuesta innovadora en el ámbito de la edificación basada en sistemas industrializados.
- Transformación de espacios urbanos creando áreas de encuentro y esparcimiento.
- Destacar los principios de la sostenibilidad en la arquitectura con soluciones de diseño ambientalmente sensibles pasivos.
- Implementación de sistemas naturales y de las tecnologías manejables.



Reducción de la demanda

Muros con grandes aislamientos (16 cm). Se han empleado fachadas de prefabricados estructurales de hormigón con trasdosados realizados en

Creación de espacios comunicados verticales. Fomentan la renovación ambiental, la optimización de los recuperadores de calor y la homogeneidad de temperatura en todo el espacio, favoreciéndose el sistema inercial.

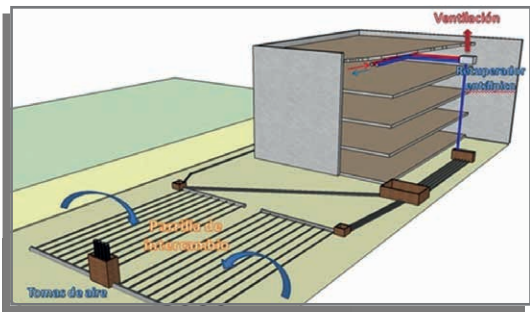


Creación de dos volúmenes diferenciados de acuerdo a su uso no simultáneo. El pabellón anexo se plantea con un uso puntual de expansión, consiguiéndose un uso más eficaz de este anexo polivalente.

Energía geotérmica y sistema inercial

Tratamiento previo del aire de renovación con pozo canadiense. Consiste en un intercambiador geotérmico tierra-aire que utiliza el subsuelo para enfriamiento y calentamiento de una corriente de aire que circula a través de tubos enterrados.

Se instalaron 2 bucles compuestos por 5 conductos paralelos de 315 mm de diámetro con una longitud de 48 metros cada uno y separados 1 metro para garantizar que sean térmicamente independientes. Una vez se cierra cada bucle, salen 3 conductos de 250 mm de diámetro y se conecta con el edificio principal y con el edificio anexo para ascender a las distintas máquinas de ventilación mecánica controlada de las plantas existentes.



Empleo de geotermia con pozos de gran profundidad. Sistema de intercambio geotérmico con 18 sondeos de más de 100 m integrados en la plaza de acceso al edificio, y dos bombas de calor geotérmicas.



Como apoyo, se dispondrá de una red de baterías que aportarán la carga térmica pico necesaria a través de caldera de condensación o enfriadoras aire-agua.

Para la producción de ACS se utilizará la geotermia como apoyo para precalentar el agua a 35 °C y una caldera de condensación para elevarla a 60 °C.

Todo el sistema está conectado a 2 centralitas con sondas de temperatura y humedad tanto del terreno como del ambiente interior.

Otros principios de sostenibilidad

El edificio tiene dotado un sistema que recupera las aguas procedentes de lluvia y grises de los aseos.



También se han recuperado las tierras extraídas para la realización de los sótanos y cimentación para la propia obra y para la jardinería.

Coste total de la edificación	2.330.000 €
Coste total instalación de geotermia	140.000 €
Metros cuadrados de la edificación	3.400 m²
Precio total por metro cuadrado	726 €/m²
Tiempo de realización del proyecto	7 meses
Tiempo de construcción del edificio	7 meses

3 Empleo de la geotermia para la climatización centralizada de dos viviendas y una guardería en Las Rozas de Madrid



Municipio: Las Rozas de Madrid.

Fecha de puesta en marcha prevista: 2016.

Participantes:

- GEOTER.

Descripción

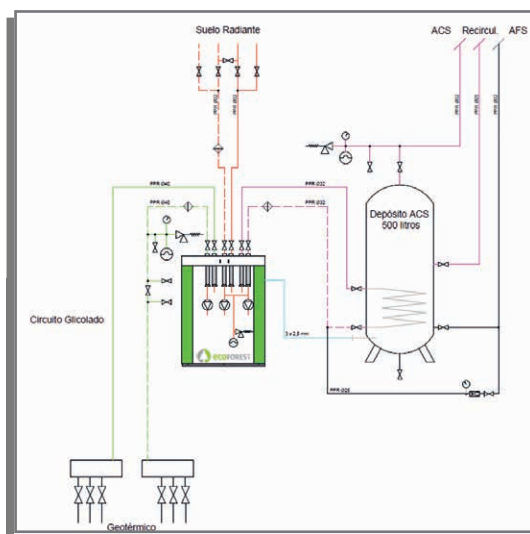
En Las Rozas de Madrid se ha climatizado un complejo constituido por dos viviendas y una guardería gracias a la energía geotérmica, mediante una producción centralizada para las tres edificaciones, constituyendo un sistema centralizado y de alta eficiencia de producción, para distribución de calor, frío y ACS denominada técnicamente “*district heating and cooling*”.

El sistema de captación consta de 330 metros de perforación distribuidos en tres perforaciones ejecutadas mediante un sistema de rotación directa con lodos para permitir un intercambio térmico con el subsuelo y climatizar los edificios, para lo cual se emplearon sondas certificadas de polietileno de alta densidad. El fluido caloportador contiene propilenglicol al 30% para el correcto funcionamiento de las bombas de calor geotérmicas, y se empleó como relleno un mortero especial con una conductividad y dosificación adecuadas para aprovechar la máxima energía del terreno. Para poder calefactar y producir ACS, la bomba geotérmica extrae calor de la tierra y éste es transferido a las edificaciones a través de colectores.

El calor de la tierra llega a la bomba de calor de 22 kW de potencia con un COP de 4,9. En



Conexiones de la sala técnica.



Esquema hidráulico.

la sala técnica se incluyen otros equipos como un depósito de inercia dentro del cual se tienen tres grupos de bombeo destinados a cada uno de los edificios y que permiten contar con una distribución por separado según necesidades de cada vivienda. Asimismo se cuenta con recuperación de calor con una bomba de calor inverter, pudiendo obtener calor y frío al mismo tiempo durante el periodo estival. Así se consigue en primer lugar tener una producción centralizada pero que a su vez se distribuya de manera independiente a cada edificio según sus necesidades, y en segundo lugar adaptar la demanda de cada uno de ellos gracias a una bomba de calor inverter de variación de potencia que asegure la continuidad de suminis-

tro sin necesidad de sobredimensionar la unidad generadora.

La bomba de calor lleva integrada un sistema de control que ofrece tanto a la guardería como a las dos viviendas cierta información sobre consumos o sobre temperaturas y presiones, entre otros.

FICHA DEL PROYECTO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

N.º perforaciones	3 de 110 m
Separación Mínima	6 m
Sonda	Simple U PEX-a 40 mm
Mortero Termoconductor	$\lambda = 2.1 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$
Ejecución	1,5 días/pozo
Método de ejecución perforaciones	Rotación con lodos
Terreno	Arenas + arcillas
Potencia	22 kW
Producción anual estimada	45 MWh/año
Presupuesto del sistema geotérmico con bomba de calor	31.714,20 €
Sobrecoste de la instalación respecto a la convencional	20.000 €
Ahorro anual respecto combustible fósil	3.750 €
Emisiones de CO ₂ evitadas anualmente	9,57 t CO ₂
Calificación energética obtenida	A
Amortización	< 5,3 años

Resultados

Se concluye enfatizando en la posibilidad de climatización completa de un conjunto de edificios de nueva construcción mediante energía geotérmica de forma centralizada, pudiendo aumentar los rendimientos de los sistemas con la recuperación de calor o el empleo de bomba inverter. Dicha instalación ha sido realizada acorde a la Normativa RITE, mejorando los sistemas de recuperación y ventilación obligatorios, permitiendo una elevada calidad de vida de los usuarios y una mejora en la factura energética de la misma.

4 Instalación de aprovechamiento geotérmico en el Centro Canalejas



Instalación de aprovechamiento geotérmico en el Centro Canalejas.

Lugar: C/ Alcalá, 6 a 14, Canalejas, 1 y Carrera San Jerónimo, 7.

Municipio: Madrid.

Fecha de puesta en marcha: 2018.

Participantes:

- Centro Canalejas Madrid.
- JG Ingenieros.
- Ingeo.
- Geotermia Vertical.

Descripción

El conjunto "Centro Canalejas Madrid" abarca siete edificios: Alcalá 6 - 14, Pza. de Canalejas 1 y Carrera de San Jerónimo 7. Este conjunto es el producto de una serie de actuaciones arquitectónicas notables que se desarrollaron de manera continua desde 1887 (año que se inaugura el edificio de La Equitativa), hasta prácticamente finales del siglo XX.

Los usos previstos tras la rehabilitación se destinarán principalmente a la implantación del primer Hotel Four Seasons en España, con 202 habitaciones y cerca de 28.000 m².

Además, contará con 22 residencias (6.000 m²) de alto nivel, operada por la misma cadena hote-

lera, una de las más prestigiosas del mundo; así como una exclusiva galería comercial de 10.000 m² en sintonía con las tendencias de las grandes capitales europeas, y un espacio gourmet ideado como una experiencia de la mejor gastronomía española.

Como complemento, dispondrá de 400 plazas de aparcamiento en los sótanos inferiores (15.000 m²).

Dentro del proyecto, se ha previsto realizar la producción de calefacción y refrigeración de las plantas de las residencias (plantas 5, 6, 7 y 8) mediante una instalación de energía geotérmica en circuito cerrado vertical.

■ Diseño y dimensionamiento ■

La descripción arquitectónica contempla un uso residencial con una superficie de 6.000 m². Las viviendas aprovechan la energía del subsuelo, o geotérmica, para producir calefacción en invierno y refrigeración en verano. Las residencias están dotadas de un sistema emisor de baja temperatura compuesto por suelo radiante-refrescante y un sistema de climatización mediante unidades de tratamiento de aire.

Para realizar el dimensionado del campo de captación, se ejecuta inicialmente un Test de Respuesta Geotérmica en el lugar de la obra. A partir de los datos obtenidos, y teniendo en cuenta el estudio de cargas y demandas elaborado por la ingeniería de climatización, se diseña la configuración adecuada.

El resultado final de todo el proceso de diseño del campo de captación se materializa en la realización de 42 sondeos, con una profundidad de 129 m (120 m realmente efectivos una vez excavados los sótanos) y separación mínima entre ejes de sondeo de 6 m.

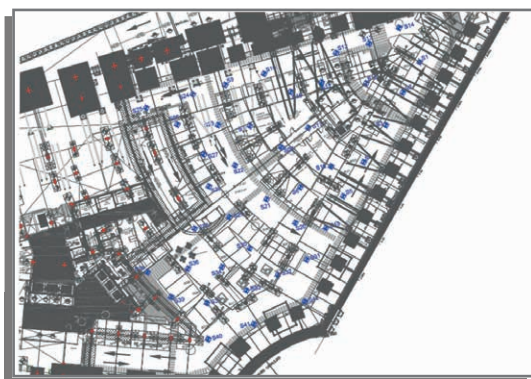
Se han utilizado sondas geotérmicas de Doble U DN 32 mm, calidad PE100-RC SDR 11 PN16, con certificado SKZ. El material de relleno utilizado es un mortero de conductividad térmica mejorada. La perforación de los sondeos se ha realizado me-

diente método de rotación con trialeta mediante circulación directa de lodos.



Las perforaciones geotérmicas se han proyectado en la huella del edificio con la complejidad que esto supone para la ejecución de los sondeos y trazado horizontal por parte de la empresa perforadora, y la interferencia con otros oficios y actividades paralelas en la obra, así como el cumplimiento del cronograma de ejecución.

Cabe señalar la importancia de la empresa de perforación a la hora de ejecutar obturaciones temporales mediante tapones progresivos en el interior de los intercambiadores, ya que la perforación se ejecutó desde cota 0, cuando aún no estaban vaciados los sótanos, y que obliga conforme se vayan vaciando a ir recortando planta por planta hasta llegar al cuarto sótano bajo rasante y eliminar la obturación.



Como se puede ver en la imagen superior del sótano -4, el número de sondeos se ha ajustado al espacio físico disponible, respetando cimentaciones

provisionales y futuras de la estructura, así como disposición de otros servicios y proyecto.

Prueba de la complejidad de ejecución se aprecia dónde la estructura de soporte de las fachadas históricas, así como las máquinas de cimentaciones especiales, deben convivir en el espacio interior del edificio.

Los emisores de la instalación en el interior están definidos por suelo radiante para calefacción, suelo radiante refrescante y unidades de tratamiento de aire para refrigeración que operan con recuperadores entálpicos y reguladores de humedad y temperatura mediante baterías sobre las que intervienen circuitos frigoríficos para controlar determinados rangos de oscilaciones térmicas.

Equipos proyectados

La bomba de calor geotérmica proyectada es el modelo DS 6352.5 TR de Waterkotte, cuyas características son las siguientes:

- Potencia nominal: 305,9 kW
- Rendimiento (COP): 5,1
- Bombas de circulación electrónicas en circuitos primario y secundario de velocidad variable.
- Alimentación trifásica.
- De condensación por agua con una potencia nominal de 288,3 kW en frío y 305,9 kW en calor.

Balance medioambiental de la instalación

Si se realiza un balance de CO₂, según datos de emisiones publicados por el IDAE, se obtiene el siguiente balance:

- Potencia calefacción (B5/W35): 305,9 kW.
- Rendimiento (COP): 5,39.
- Potencia refrigeración (B35/W10): 288,35 kW.
- Rendimiento (EER): 5,02.
- Bombas de circulación electrónicas en circuitos primario y secundario de velocidad variable.
- Alimentación trifásica.

Para fijar esa cantidad de CO₂ en la producción de biomasa generada por un árbol se necesitaría un bosque de aproximadamente 13.900 árboles para el caso de gas natural, 21.000 para el caso del gasóleo y 17.300 árboles para los gases licuados de petróleo.

5 Instalación sistema geotérmico en proyecto Calanda Homes en Madrid



Proyecto Calanda Homes.

Instalación de sistema de climatización geotérmico para edificio de 89 viviendas.

Lugar: Avenida de Burgos, 7.

Municipio: Madrid.

Fecha de puesta en marcha prevista: diciembre 2017.

Participantes:

- Promociones y Construcciones PYC. Pryconsa S.A.
- Geotermia Vertical Instalaciones S.L.
- Industrias Rehau S.A.

Ficha proyecto del sistema de intercambio geotérmico (SIG)

- Metros lineales de perforación: 5.500 m.
- N.º de perforaciones: 44 de 125 m.
- Separación mínima: 6 m.
- Sonda: PE-Xa Rehau doble U 32 mm.
- Mortero termoconductor $\lambda = 1,8 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$.
- Ejecución: 1 día/perforación.
- Método de ejecución perforaciones: rotación con lodos.
- Terreno: intercalaciones de arenas y arcillas.
- Conexión horizontal (CH): 3 colectores de 13, 15 y 16 sondeos.
- Método de ejecución CH: electrofusión.
- Producción anual estimada geotermia > 372 MWh/año.
- Ahorro energético sistema convencional > 70%.

- COP (rendimiento SIG calor) $\geq 4,3$.
- EER (rendimiento SIG frío) ≥ 5 .
- Amortización < 5 años.

Descripción

Calanda Homes es un complejo de nueva construcción con marcada personalidad que le confiere su moderna entrada, el delicado tratamiento de las fachadas, el cuidado diseño de las zonas comunes, las dotaciones deportivas y sociales, las zonas ajardinadas, y la variada oferta de espaciosas y luminosas viviendas con espacios ajardinados en el caso de las plantas bajas, o con amplias terrazas en las restantes viviendas, proyectado todo ello bajo los rigurosos estándares de calidad.

En este sentido, Pryconsa ha decidido, para esta promoción, la implantación de un sistema geotérmico para proporcionar calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria a las viviendas de una forma totalmente limpia y eficiente. En combinación con los elementos constructivos y de diseño del complejo, el resultado es un coste de operación en climatización de las viviendas extremadamente bajo, es decir, que las familias usuarias finales podrán disfrutar de la calefacción y refrigeración mediante sistemas de suelo radiante y fan coils, y del agua caliente sanitaria, con un consumo económico mensual muy reducido.

Campo de captación

El sistema de intercambio geotérmico ejecutado es cerrado vertical consistente en 5.500 metros lineales de captación para su conexión con las bombas de calor geotérmicas altamente eficientes.

Para ejecutar los sondeos geotérmicos se ha utilizado un equipo hidráulico sobre carro de orugas marca Comacchio modelo MC 900 P de Geotermia Vertical Instalaciones SL, dotado de un doble cabezal que permite la introducción de la sarta de perforación acompañada de la tubería de revestimiento en las zonas inestables.

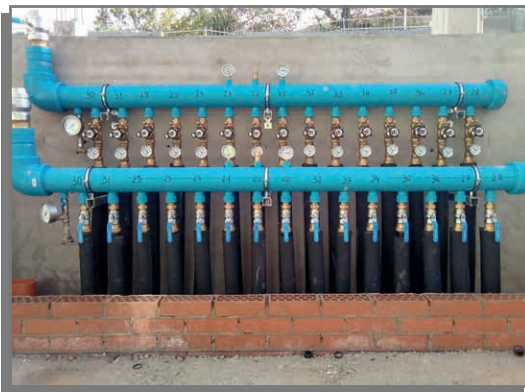
En cada perforación se ha introducido un captador geotérmico doble U 32 mm en material PE-



Ejecución de sondeos geotérmicos con equipo MC 900P en parcela Calanda Homes.



Ejecución de sondeos geotérmicos con equipo MC 900P en parcela Calanda Homes.



Conjunto de colectores unificadores 15 sondeos

Xa sin unión en el pie marca Rehau, que por sus características mecánicas y estructurales confiere una robustez al sistema que garantiza la durabilidad y funcionamiento de la instalación durante la vida útil de la edificación.

Para la conexión de los sondeos con la bomba de calor, se han instalado tres grupos de colectores unificadores situados en los sótanos del edificio, donde se queda registrable cada uno de ellos de manera independiente.

Con la implantación de este sistema de cubren en la totalidad las demandas de las viviendas, de manera limpia, eficiente e inagotable, sin emisiones de CO_2 , con unos ahorros energéticos y económicos garantizados para los usuarios finales > 50% respecto a otros sistemas convencionales.

En el futuro próximo, impulsado por las directrices de la UE, las edificaciones tendrá que ejecutarse neutras en carbono, por lo que la energía geotérmica es el presente y el futuro de la climatización a nivel mundial.



Sistema geotérmico en edificio para Residencia de Estudiantes Montegancedo.

Municipio: Pozuelo de Alarcón.

Fecha de puesta en marcha prevista: septiembre 2016.

Participantes:

- Girod Geotermia.
- Perforaciones Jofer.
- ALEA. Arquitectura, Gestión Integral Inmobiliaria S.A.

Descripción

La nueva Residencia de Estudiantes Montegancedo ha querido ser desde el principio un edificio de bajo consumo energético por lo que optó por un sistema de climatización basado en bomba de calor geotérmica que le proporcionase el máximo confort a un coste muy reducido.

Se trata de un edificio de tres plantas. En planta baja se ubica una vivienda y oficinas; en planta primera hay doce apartamentos de estudiantes y en planta segunda diez apartamentos.

La superficie útil a climatizar es de 1.200 m² y el sistema de distribución es mediante fan coils a cuatro tubos por lo que es posible suministrar calefacción y refrigeración simultáneamente.

Campo de captación

El campo de captación está formado por siete perforaciones verticales de 140 m cada una.

La unión de las siete perforaciones se realiza en una arqueta prefabricada de la marca Muovitech.

Los captadores energéticos empleados fueron de la marca sueca Muovitech modelo TurboCollector™ PE100 PN16 SDR11 ø40. Estos captadores energéticos se caracterizan por tener un estriado interno que mejora la captación energética por unidad de longitud, con una menor pérdida de carga que los captadores convencionales.

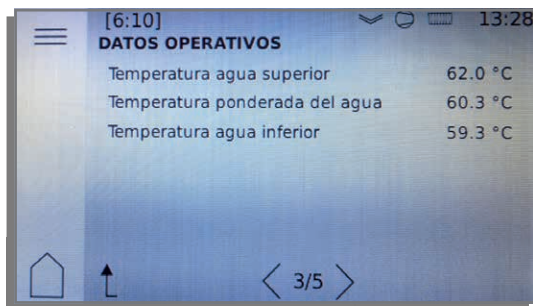
Equipos instalados

La potencia necesaria para calefacción es de 62 kW y para refrigeración es de 48 kW. Para ello, se ha instalado una bomba de calor de la marca Thermia, modelo Mega L de última generación.

Se trata de una bomba de calor con compresor Inverter VHZ de velocidad variable, válvula de expansión electrónica, doble condensador, Hot-gas y condensador asimétrico entre otras características.



El agua caliente sanitaria es producida por un tanque Thermia, modelo WTC 750 cuya principal característica es que es de producción instantánea, por lo que los problemas de legionella se eliminan.



Este tanque tiene una capacidad de producción de ACS de 1,5 l/s -5,4 m³/h- a una temperatura de >60 °C.

No existe tanque de inercia para calefacción que es suplido por el control de la bomba de calor, consiguiendo de esta forma mayores rendimientos al trabajar a menores temperaturas. Para el sistema de frío sí hay un tanque de 800 litros.

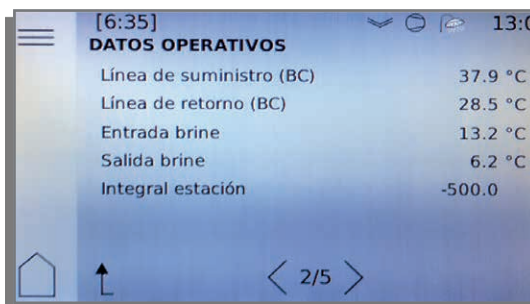
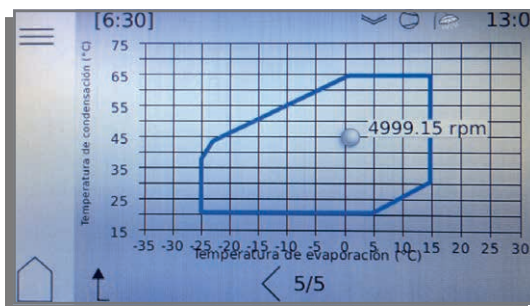


Esta instalación tiene la capacidad de producir agua caliente sanitaria a la vez que se está suministrando frío al edificio, por lo que la producción del ACS se puede considerar como gratuita en dichos momentos de funcionamiento de frío.

Control Genesis

El sofisticado control Genesis de Thermia desarrollado después de 40 años de experiencia en el desarrollo de la tecnología de bombas de calor geotérmicas permite el máximo control del intercambio óptimo.

En su pantalla táctil se puede controlar y seguir los parámetros de una forma intuitiva.



Consumos y ahorros energéticos

El edificio tiene previstos los siguientes consumos energéticos:

Calefacción:	74.854 kWh/año
Refrigeración:	40.306 kWh/año
ACS:	14.500 kWh/año
Total energía	129.660 kWh/año

La bomba de calor Mega L tiene una potencia comprendida entre los 14 kW (1.500 rpm) y 54 kW (6.000 rpm) considerando el terreno a 0 °C. El SCOP es de 5,1 por lo que el consumo energético es de:

Consumo bomba de calor:	25.424 kWh/año
-------------------------	----------------

Si se comparan estos valores con una instalación convencional formada por caldera de gas natural, bombas de calor aire-agua para refrigeración y paneles solares, el ahorro energético y de emisiones de CO₂ son los siguientes (referidos a energía primaria):

Ahorro energético:	85.679 kWh/año (63%)
Ahorro emisiones:	20.777 kg CO ₂ (56%)

7 Rehabilitación energética mediante una instalación apoyada en la energía geotérmica en una vivienda unifamiliar situada en Alcobendas

Municipio: Alcobendas.

Fecha de puesta en marcha prevista: 2015.

Participantes:

- GEOTER.

Descripción

El proyecto consistió en la rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar que renovó su antiguo sistema de climatización ejecutado hace alrededor de 30 años. Se optó por un sistema energético basado en la geotermia para dar lugar a una instalación mixta que se encargase tanto de la producción de calor como de la de frío, así como de ACS.

Se realizó un exhaustivo estudio con la Propiedad, estudio de Arquitectura y empresa constructora para conseguir un incremento de la calificación energética de la vivienda, consiguiendo pasar de una letra E a una letra A. En cuanto a la instalación geotérmica, fue necesaria la realización de 5 perforaciones de 102 metros para el intercambio de calor/frío con el subsuelo, las cuales se efectuaron mediante un sistema de rotopercusión por rotación con circulación inversa con trialeta.

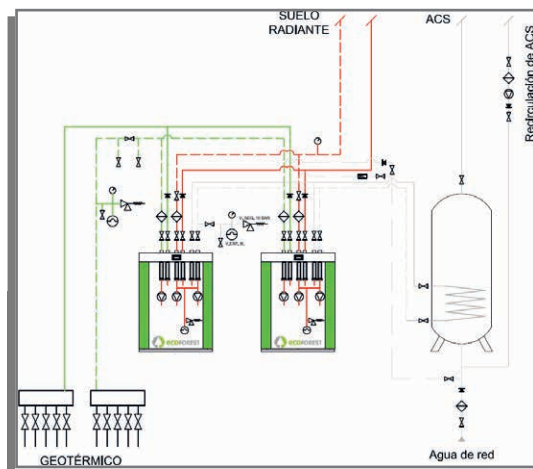
Para cubrir la totalidad de la demanda de climatización y ACS mediante el empleo único de geotermia se necesitaron dos bombas de calor, una de las cuales tiene una potencia de 22 kW con un COP de 4,9, contando la segunda con una potencia de 12 kW y un rendimiento de 4,9. Ambas cuentan con una tecnología inverter que permite que se adapten a la demanda del edificio, alargando así el ciclo de vida del compresor y reduciendo el consumo.

Una de las particularidades que presenta el proyecto es que las bombas tienen un funcionamiento en cascada, esto es, están dispuestas de tal manera que se consigue maximizar la eficiencia y permitir que ambas funcionen en su punto de mayor COP.

Cabe destacar que se cuenta con la recuperación de calor para ACS, originando un aprovecha-



Perforaciones geotérmicas.



Esquema hidráulico.



Colector geotérmico.

miento del exceso de energía que permite aportar calor y frío simultáneamente.

Respecto al sistema de distribución que se empleó para cubrir la superficie de 506 m², y utilizando parte del circuito que existía anteriormente en el edificio, se trata de suelo radiante/refrescante, el cual cuenta con el apoyo energético mediante cuatro fan-coils.

Por último, se tiene un sistema de control centralizado con regulador, convertidor, transformador, sondas exteriores, sondas de colector ida y retorno, sondas de ida, sondas de ambiente, sondas de humedad, termostatos limitadores de contacto, contadores de energía eléctrica, contadores de agua y cuadros de control en cascada de bomba de calor.

FICHA DEL PROYECTO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

N.º perforaciones	5 de 102 m
Separación Mínima	6 m
Sonda	Simple U PEX-a 40 mm
Mortero Termoconductor	$\lambda = 2.1 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$
Ejecución	1,5 días/pozo
Método de ejecución perforaciones	Rotación con lodos
Terreno	Arenas + arcillas
Producción anual estimada	57,7 MWh/año
Presupuesto sistema geotérmico con bomba de calor (sin distribución)	46.705,30 €
Ahorro anual respecto combustible fósil	9.000 €
Emisiones de CO ₂ evitadas anualmente	18 t CO ₂
Calificación energética obtenida	A
Amortización	5 años

Resultados

Se concluye subrayando que se consiguió maximizar la eficiencia en un proyecto de rehabilitación energética completo, en la búsqueda del máximo ahorro y respeto medioambiental, optando por un sistema tanto de generación como de distribución que permite cubrir las necesidades de climatización de la vivienda unifamiliar en su totalidad. En la actualidad, el rendimiento estacional de la instalación una vez transcurridos 12 meses asciende a 4,63, lo cual es una gran mejora teniendo en cuenta que el mismo se encontraba en 0,98 en el momento de la realización de la certificación energética del estado previo a la realización de la instalación geotérmica a principios del 2015, siendo gratificante para esta Propiedad el ahorro energético y el compromiso medioambiental con la consiguiente disminución de emisiones de CO₂.

8 Instalación geotérmica y estructuras termoactivas la climatización de Vía Célere



Lugar: C/ Carlos y Guillermo Fernández Shaw, n.º 1. 28007 Madrid.

Municipio: Madrid.

Propiedad: Vía Célere.

Instalador: Sacyr Industrial S.L.U.

Fabricantes: Uponor.

Descripción del edificio

La nueva sede de la inmobiliaria Vía Célere es una obra de nueva construcción destinada al uso terciario, compuesto de tres plantas, destinadas a oficinas y despachos para la venta de promociones residenciales de alto *standing*, en las que se prima la calidad de las viviendas y eficiencia energética, así como elementos arquitectónicos adaptados a las nuevas tecnologías.

La necesidad de trasladar su sede a un nuevo edificio destinado en exclusivo a sus oficinas, pretende dar mayor impulsión al mercado de las viviendas sostenibles y eficientes, con una nueva edificación que muestra esa iniciativa, siendo una referente en el sector.

Se trata de un edificio de oficinas que dispone de ocho salas de reuniones, auditorio, thinking point e incluso una zona chill out ajardinada en la azotea.

Descripción de la Instalación

Las instalaciones se componen de una instalación híbrida de geotermia y cimentación termoactiva, que consisten en:

- 12 perforaciones geotérmicas de hasta 100 m de profundidad con sondas Uponor de PEX SDR11 PN16.
- Un muro pantalla termoactivado de unos 600 m² mediante 15 pilotes de 14m de profundidad con doble bucle en tubería PEX 25x2,3mm SDR11 PN16.

Estas instalaciones dan climatización al edificio mediante:

- Forjados activos para calefacción y refrescamiento, que cubre una superficie total de unos 1.452 m².



Termoactivación de pantalla de pilotes.

- Sistema de ventilación para la filtración del aire y recuperación de la energía del aire renovado y baterías de frío para aportar carga de frío adicional a través de la red de conductos de ventilación del edificio.

La sala técnica se compone de una bomba de calor geotérmica de 110 kW de potencia de frío y 75 kW de potencia de calor, con recuperación energética total. Parte de la recuperación de calor en la producción de frío del edificio de oficinas se utiliza para dar precalentamiento del agua caliente sanitaria (ACS) del hotel Claridge, cercano a las oficinas.

Así mismo, en la red de renovación de aire de las oficinas se han integrado sensores de CO₂ que gobiernan las compuertas de caudal para la ventilación adecuada de las diferentes estancias, y así asegurar la calidad del aire en los momentos de mayor ocupación. Además, dispone de un control de iluminación para reducir los costes energéticos y mantener un sistema eficiente de consumos, aminorando los costes de operación y mantenimiento del edificio.



Instalación ventilación interior oficinas.

También permite recopilar datos y obtener gráficos de:

- Consumos eléctricos.
- Producción energética (calor y frío).
- Control de CO₂ y humedad.
- Temperatura de forjados activos, temperatura interior de los diferentes recintos, temperatura exterior, temperatura de sondeos, temperatura impulsiones y retornos sondeos, forjados activos, etc.

Control instalaciones

Las instalaciones disponen de un control en sala técnica con acceso vía web que permite controlar:

- Estado de forjado activo (frío o calor).
- Estado de ventilación y recuperadores.
- Programación horaria de climatización.
- Modo invierno y modo verano.



Ejecución de los forjados termoactivos de las plantas del edificio.

Eficiencia de la instalación

Las temperaturas de trabajo de climatización de la instalación que establecen 35°C para impulsión en modo calor y 16°C en modo frío, sumado a la inercia térmica que confieren los forjados termoactivos, permiten conseguir altas eficiencias del sistema (COP $\approx$ 5,2 y EER $\approx$ 5,7). Todo esto junto con la recuperación parcial de calor en la recuperación de la producción de frío y a la recuperación de energía en la ventilación del edificio disminuye mucho las cargas térmicas necesarias para la climatización, haciendo de ésta una instalación altamente eficiente.

Cabe destacar que la instalación recibió el premio Asprima-Sima 2015 a la mejor iniciativa innovadora en rehabilitación energética de edificios, reconociendo así el aporte innovador de la instalación y su sistema geotérmico en un edificio de nueva construcción de uso terciario, cuyo calor sobrante es utilizado por un hotel colindante para la producción de agua caliente sanitaria. Los premios Asprima-Sima son los galardones más prestigiosos del sector inmobiliario español.

9 Instalación sistema geotérmico en edificio de oficinas en Madrid con certificación LEED de construcción sostenible



Instalación de sistema de climatización geotérmico para edificio de oficinas en Madrid con certificación LEED.

Lugar: Calle Julián Camarillo, 29-31.

Municipio: Madrid.

Fecha de puesta en marcha prevista: marzo 2018.

Participantes:

- Torre Rioja S.A.
- Geotermia Vertical Instalaciones S.L.
- Industrias Rehau S.A.



Ejecución de sondeos geotérmicos con equipo MC 900P.

Ficha proyecto de instalación geotérmico

- Metros lineales de perforación: 4.050 ml.
- N.º de perforaciones: 30 de 135 m.
- Separación mínima: 8 m.
- Sonda: PE-Xa Rehau doble U 32 mm.
- Mortero termoconductor: Tudela Veguin $\lambda = 2 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$.
- Ejecución: 1 día/perforación y equipo.
- Método de ejecución perforaciones: Rotación con lodos.
- Terreno:
 - 0-40 m: arenas arcillosas color marrón.
 - 40-135 m: arenas grises con intercalaciones arenosas y de sílex.
- Conductividad real del terreno: $\lambda^* = 2 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$
* Test de Respuesta Térmica realizado por Geotermia Vertical Instalaciones SL.
- Conexionado horizontal (CH): retorno invertido, 6 grupos de 5 perforaciones.
- Método de ejecución CH: electrofusión.
- Producción anual estimada geotermia > 245 MWh/año.
- COP $\geq 4,5$.
- EER $\geq 5,2$.
- Amortización < 7 años.

Descripción

La promotora del proyecto, Torre Rioja SA, para obtener la calificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), que evalúa la sostenibilidad de la edificación valorando su impacto en siete áreas principales

- Emplazamiento sostenible.
- Eficiencia del uso del agua.
- Eficiencia energética, energías renovables y emisiones a la atmosfera.
- Materiales y recursos naturales.
- Calidad del ambiente interior.
- Innovación en el diseño.
- Prioridad regional.

Para el edificio de oficinas de nueva construcción situado en la calle Julián Camarillo 29-31 en Madrid, ha optado por la implantación de un siste-



Toma de muestras in-situ de mortero geotérmico.



Detalle conexión trazado horizontal.



Conjunto de colectores unificadores 6 grupos de 5 sondeos.

ma geotérmico de 240 kW de muy baja entalpía para cubrir la demanda base de climatización del edificio. Las bombas de calor geotérmicas formarán parte, por tanto, del sistema híbrido geotermia - sistemas convencionales (caldera de gas y enfriadora de levitación magnética) planteados

para cubrir 100% de las demandas energéticas. Las energías convencionales cubrirán las demandas punta, permitiendo optimizar inversión inicial vs amortización y ahorros.

Campo de captación

El sistema de intercambio geotérmico ejecutado es cerrado vertical consistente en 4.050 metros lineales de captación para su conexión con las bombas de calor geotérmicas altamente eficientes.

Para ejecutar los sondeos geotérmicos se han utilizado dos equipos hidráulicos sobre carro de orugas marca Comacchio modelo MC 900 P propiedad de Geotermia Vertical Instalaciones SL, dotados de un doble cabezal que permite la introducción de la sarta de perforación acompañada de la tubería de revestimiento en las zonas inestables.

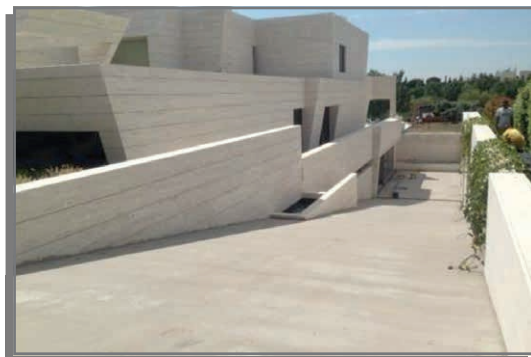
En cada perforación se ha introducido un captador geotérmico doble U 32 mm en material PE-Xa sin unión en el pie marca Rehau, que por sus características mecánicas y estructurales confiere una robustez al sistema que garantiza la durabilidad y funcionamiento de la instalación durante la vida útil de la edificación, y recubrimiento con mortero de alta conductividad Tudela Veguin $\lambda = 2 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$.

Durante la ejecución se realizaron controles exhaustivos de calidad conforme a los protocolos certificación LEED.

La conexión de los sondeos con la bomba de calor se ha realizado mediante retorno invertido, que permite obtener pérdidas de carga muy similares por circuito, equilibrando y optimizando el sistema para obtener aún mayores rendimientos.

El conjunto de colectores unificadores se ha situado en el sótano -3 del edificio, donde cada grupo de 5 sondeos queda registrable de manera independiente.

El sistema geotérmico, en combinación con los elementos constructivos y de diseño, permite reducir significativamente los costes de operación y mantenimiento, y obtener la mayor parte de la energía que necesita el edificio de manera limpia, eficiente e inagotable, sin emisiones de CO_2 , con unos ahorros energéticos y económicos garantizados $> 50\%$ respecto a otros sistemas totalmente convencionales.



Aprovechamiento geotérmico en vivienda unifamiliar en Pozuelo de Alarcón.

Municipio: Pozuelo de Alarcón.

Fecha de puesta en marcha prevista: enero 2016.

Participantes:

- Esak S.A.
- Thermia.
- Perforaciones Jofer S.L.

Descripción

La urbanización La Finca, ubicada en el término municipal de Pozuelo de Alarcón, se caracteriza por la elevada calidad de sus viviendas y las elevadas exigencias de las mismas en lo referente a climatización.

Es en este contexto donde se ha llevado a cabo esta instalación geotérmica en una vivienda unifamiliar con grandes volúmenes de aire al disponer de salones de doble altura y grandes superficies acristaladas. Dispone de una piscina exterior, una piscina interior, zona de spá, bodega, elevado demanda de agua caliente sanitaria y suelo radiante en rampa de acceso.

El sistema de distribución se realiza por medio de un suelo radiante/refrescante y sistema de fan coils a cuatro tubos con capacidad de aportar frío o calor según las necesidades de cada local y en cada momento, a lo largo de todo el año.

La piscina exterior dispone de alargamiento de temporada, aprovechando el calor sobrante del edificio, utilizándose como foco donde disipar dicho calor cuando se está produciendo frío para la vivienda y el ACS no admite más energía. De esta forma se puede utilizar en aquellos periodos en los que la temperatura ambiente es buena pero el agua de la piscina no está lo suficientemente caliente aún. Por esta misma razón, la producción de ACS es gratuita cuando se está produciendo frío a la vivienda, ya que se aprovecha el calor sobrante para este fin. La piscina interior está climatizada todo el año.

Los tipos de suelo que presenta la vivienda son de tipo porcelánico y madera, por lo que las temperaturas de impulsión son diferentes en cada caso y controladas por el ordenador de la bomba de calor Thermia.

Campo de captación

El campo de captación está formado por catorce perforaciones verticales de 140 m cada una y separadas 8 metros entre sí. Están rellenas con mortero de cemento-bentonita para el sellado completo de las mismas.





Los captadores empleados fueron de la marca Muovitech, modelo TurboCollector™ en configuración de U Simple PE100 Ø40x3,7 mm PN16 SDR11, que proporciona una mayor captación por metro de perforación gracias a su sistema interno de microaletas que generan un régimen turbulento interior mayor a los conseguidos con los captadores convencionales.

Equipos instalados

Para hacer frente a las demandas de la vivienda, se instalaron tres bombas de calor geotérmicas de la marca Thermia, modelos Robust Eco 42 que presentan las siguientes características:

Potencia nominal:	42,0 kW (EN14511, B0W35)
Rendimiento (COP):	4,7 (EN14511, B0W35)
Medidas (LxAxH):	690x596x1497
Total energía	129.660 kWh/año
Control de ocho curvas de calor	
Bombas de circulación de circuitos primario y secundario de velocidad variable de Clase A	
Doble condensador	
Refrigerante R-410-A	
Válvula de expansión electrónica	

La potencia de la bomba de calor Robust Eco 42 considerando una temperatura de evaporador de 5 °C es de 47,8 kW. Por tanto, la potencia total instalada es de 143,4 kW.

Para la acumulación del agua caliente sanitaria se instalaron dos tanques Thermia modelos TW-C750 (con producción instantánea de 3 l/s) y un tercer tanque TW-C 500 conectado al hot gas de las tres bombas de calor para garantizar un suministro constante a la vivienda.

Para el suministro de refrigeración, se instalaron dos tanques de 500 litros, no siendo necesaria la instalación de un tanque de inercia para calefacción, ya que ésta se ha sustituido por control mediante el ordenador de las bombas de calor.

Consumos y ahorros energéticos

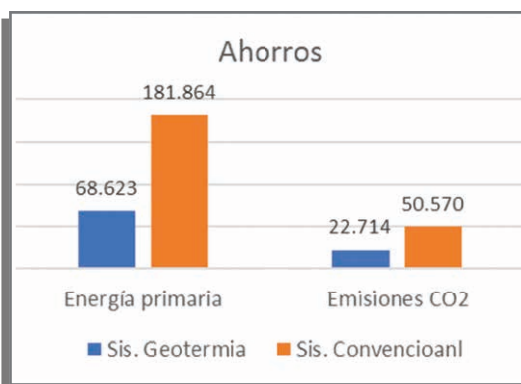
La vivienda presenta las siguientes demandas energéticas:

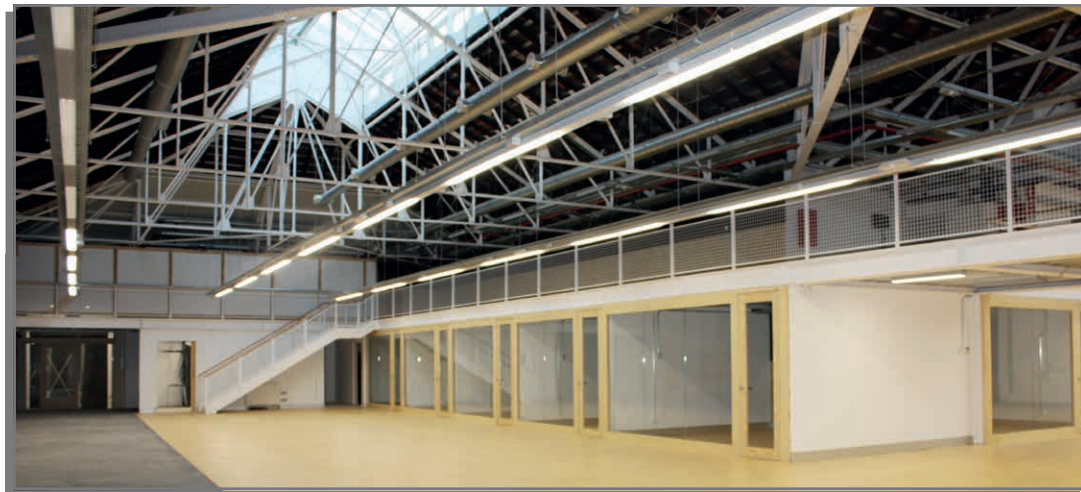
Calefacción:	99.805 kWh/año
Refrigeración:	53.741 kWh/año
Piscina interior:	10.778 kWh/año
ACS:	3.900 kWh/año

Ello supone un consumo total de 168.224 kWh/año.

Teniendo en cuenta los diferentes COPs de funcionamiento en función de las demandas atendidas, el consumo global de la instalación es de 35.119 kWh/año.

Si lo comparamos, en términos de energía primaria, con un sistema convencional de caldera de gas natural, bombas de calor aire-agua para frío y paneles solares, los ahorros son los siguientes:





Lugar: C/ de las Peñuelas, 10. C/Laurel, 9.

Municipio: Madrid.

Fecha de puesta en marcha prevista:

- Perforaciones: marzo-abril de 2015.
- Sala técnica y puesta en marcha: enero-mayo de 2016.

Participantes:

- Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio ambiente.
- Sacyr Industrial.
- Tragsa.
- Uponor.

primando los criterios de sostenibilidad. Para la optimización de la eficiencia en el consumo de energía de las instalaciones de climatización, ha sido indispensable la diversificación energética de los equipos de generación y un esquema de control complejo.

Descripción de la instalación

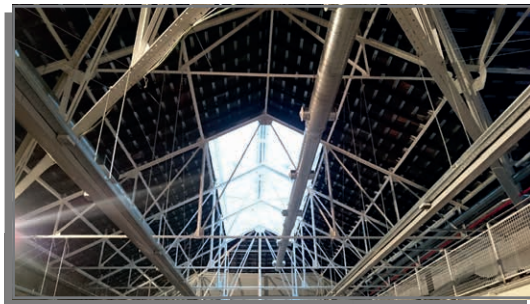
El sistema geotérmico consiste en un campo de captación de 6 sondeos de 120 metros de profundidad, y una bomba de calor geotérmica de 50 kW de potencia calorífica y 36 kW de potencia frigorífica. Además, el sistema de climatización requiere de un equipo aerotérmico de 75 kW de potencia calorífica y 66 kW de potencia frigorífica.

Descripción del edificio

El espacio está ubicado en el centro de Madrid, en un edificio de los años 40 del pasado siglo XX. Hasta la presente rehabilitación de la planta baja, el edificio albergaba en su base un local de uso industrial y diversas estancias habitables con muy bajo grado de acondicionamiento. Así las cosas, se hallan hasta 4 locales acondicionados independientes, repartidos en las fachadas de las calles Peñuelas y Laurel, más una nave interior que los conecta que también está acondicionada. La instalación geotérmica forma parte del proyecto de la rehabilitación de la planta baja del edificio, la cual ha incorporado modernas instalaciones

- **Control:** el sistema hidráulico trabaja desde la generación contra un colector que actúa como depósito de inercia o aguja hidráulica, regido por un sistema de control a modo de cerebro que distribuye la energía mediante el siguiente esquema de principio:

- Las dos bombas de calor para la producción de frío o calor podrán funcionar simultáneamente arrancando en cascada contra el colector.
- El control contabiliza los consumos de energía y analiza el rendimiento de cada equipo.



Estado final en nave principal red de conductos de renovación de aire con aporte de energía mediante baterías nutridas desde el colector geotérmico.



Desarrollo del suelo radiante de la nave principal y estancias colindantes.

- Se prioriza el funcionamiento de la máquina de geotermia frente a la aerotermia.
- Si la geotermia no consigue alcanzar una temperatura en el colector en un tiempo dado, arranca como apoyo la bomba de calor aerotérmica.
- Si el rendimiento de la geotermia es inferior a la aerotermia, se prioriza el funcionamiento de la máquina de aerotermia dejando como apoyo a la geotermia.
- Las bombas de calor se detendrán cuando no exista ninguna estancia en demanda.
- Geotermia y distribución: desde el subsuelo y posterior producción de energía, el agua como elemento caloportador llega hasta los diferentes elementos emisores:
 - Sondas verticales Uponor Geo Vertis PEXa, Conexiones horizontales Uponor PEXa, Sistemas de conexión Q&E Uponor.
 - Forjados Activos: emisión mediante forjado con circuito radiante de 240 m² de losa en la entreplanta.
 - Suelo Radiante: sistema Uponor para emisión mediante suelo radiante de 450 m² de la planta del local.
 - *Fancoils* de agua: emisión mediante *fancoils* de agua actuando sobre 8 estancias independientes.
 - Batería de agua del climatizador: emisión mediante la batería del climatizador (UTA) hacia el circuito de renovación de aire de caudal

10.200 m³/h, y con recuperador rotativo de rendimiento superior al 60%.

Por tanto, el sistema está diseñado para que en generación, la bomba de calor geotérmica y la aerotérmica trabajen manteniendo un rendimiento instantáneo óptimo (EER y COP). Asimismo el control de la instalación registra la información y acumula los datos, completando un archivo histórico que con el tiempo va optimizando el rendimiento estacional de la instalación (SEER y SCOP).

Cabe añadir que el inmueble dispone de varios sistemas autónomos de expansión directa y un equipo VRV para cubrir picos de demanda. Además, la cubierta de la nave principal, cuya estructura de cerchas original se ha mantenido, soporta una cubierta vegetal que favorece el aislamiento térmico, y un sistema de lucernarios y ventanas que permiten la iluminación y la ventilación natural.

En cuanto a reconocimientos de la instalación, a fecha de redacción del documento se está ultimando la fase de entrega de documentación para la obtención de la certificación LEED, habiendo sido realizado un proceso de commissioning.

Datos de la instalación

- Campo de captación: 6 pozos de 120 m; potencia geotérmica superior a 45 kW.
- Potencia geotérmica: Calor 50 kW; COP 4,31; Frío 36 kW; EER 5,02.
- Potencia aerotérmica: Calor 75 kW; COP 3; Frío 66 kW; EER 2,62.
- Potencia total del sistema hidrónico: Calor 124 kW; Frío 101 kW.

12 Recuperación y uso de los recursos termodinámicos del sistema de túneles de calle 30 en Madrid



Recuperación y uso de los recursos termodinámicos del sistema de túneles de Calle 30 en Madrid.

Lugar: Calle 30.

Municipio: Madrid.

Fecha de puesta en marcha:

Participantes:

- Madrid Calle 30.
- Eneres.
- Cener.

Introducción

Madrid Río es un caso emblemático de recuperación de los recursos desperdiciados en términos de espacio urbano, calidad ambiental y valor añadido para la ciudad.

El instrumento que sustenta esta operación ha sido la red de túneles e infraestructura enterrada de movilidad, gestionada y operada por Madrid Calle 30, que ha puesto en juego recursos subterráneos disponibles y no utilizados hasta ahora. La recuperación y aplicación al ámbito urbano de la ingente cantidad de recursos energéticos que capta y canaliza esta infraestructura es el objeto de un proyecto llevado a cabo desde 2011 y cuyas primeras acciones piloto ya están siendo monitorizadas.

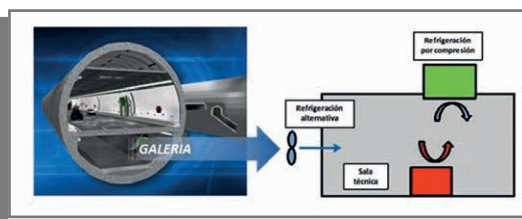
Descripción del proyecto

La primera actuación realizada en el sistema de túneles de C30 ha sido un proyecto piloto de refrigeración de equipos e instalaciones del sistema

técnico de C30 a partir de intercambio térmico y geotérmico con el agua de drenaje y el aire de los túneles, que ha permitido evaluar el rendimiento del intercambio y la aplicación de recursos térmicos existentes en un caso real.

El proyecto piloto realizado, y actualmente en monitorización (los resultados del primer ciclo de monitorización arrojan unos porcentajes de ahorro entre el 65% y el 80%), implementa medidas de ahorro de energía que consisten en la implantación de un sistema de refrigeración mediante aire captado en la galería de servicio de los túneles, en paralelo y como alternativa al sistema de refrigeración por compresión actualmente instalado en dos salas técnicas en cada centro de transformación, CT.

Estas dos salas técnicas tienen un uso distinto, ya que en una de ellas se disponen equipos de comunicaciones, y en la otra se disponen los variadores de frecuencia de los ventiladores de aspiración y extracción de las galerías.



Esquema de sistema de refrigeración alternativo en paralelo con el de compresión. Fuente: CENER-ENERES.

Este sistema alternativo introduce aire de la galería de emergencia, que habitualmente está a menor temperatura que la consigna de refrigeración de las salas técnicas, pudiendo refrigerar en condiciones normales de uso dichas estancias mediante la introducción de un caudal suficiente de aire, sin necesidad de que entren en funcionamiento los sistemas de generación de frío por compresión.

La temperatura del aire en el interior de la galería de emergencia, que sería de donde tomaría el aire el sistema alternativo por encontrarse emplazada a varios metros bajo tierra, se ve amortiguada por efecto del intercambio geotérmico debido a la inercia térmica del subsuelo, de manera que la variación de la misma a lo largo del año es reducida 2-3 °C, entre 18 y 21 °C.



Esquema básico de los planteamientos técnicos y objetivos del proyecto piloto. Fuente: ENERES.

En el caso de la refrigeración alternativa propuesta, la potencia máxima de refrigeración está supeditada a la diferencia de temperatura entre la sala técnica a refrigerar y la galería, y al caudal máximo de aire que puede impulsarse.

Si no fuera suficiente para alcanzar la temperatura de consigna establecida para la sala para el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos, entraría en funcionamiento el sistema por compresión convencional.

Los ventiladores de admisión y extracción de aire exterior en los túneles tienen una potencia nominal elevada, alcanzando los 630 kW. A fin de evitar el funcionamiento de los mismos al 100%, se instalaron unos variadores de frecuencia que, normalmente, salvo caso de emergencia, hacen funcionar a los ventiladores al 30%, logrando un ahorro energético importante. Estos variadores de frecuencia tienen un rendimiento elevado.

No obstante, a pesar de que las pérdidas porcentuales de energía son reducidas, dado que la potencia es elevada, las pérdidas globales de energía emitidas a la sala también serán elevadas.

Además, la sala deberá estar a una temperatura de consigna para que los variadores de frecuencia no se deterioren, por lo que se debe eliminar el calor aportado a la sala, por medio de un sistema de climatización, encargado de aportar la potencia frigorífica necesaria para mantener dichas condiciones de temperatura.

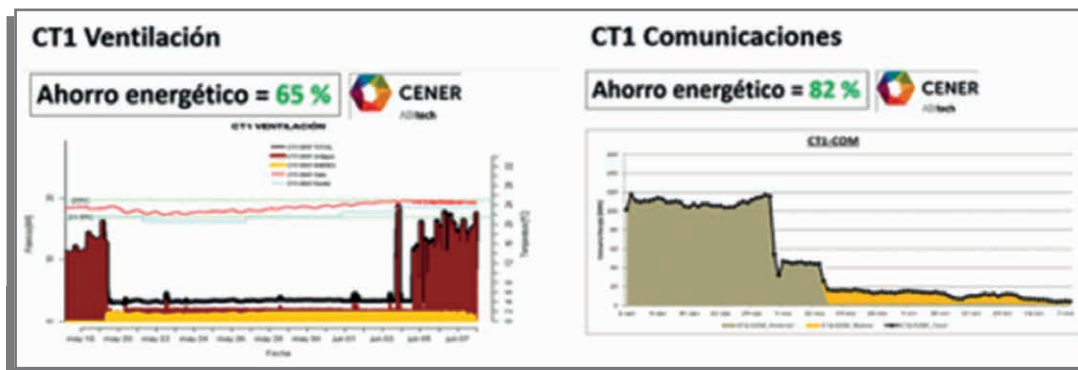
Por otro lado, se actúa en las salas de comunicaciones, CPD, destinadas a las comunicaciones en el túnel. Al igual que en el caso de los cuartos de variadores de frecuencia, estos cuartos disponen de una temperatura de consigna que no deberá ser sobrepasada.

Las cargas internas en estos cuartos que hacen incrementar la temperatura interna son debidas al consumo de los propios equipos informáticos y de comunicaciones. Asimismo, la temperatura en el exterior será registrada, ya que el rendimiento de los equipos de refrigeración o las demandas internas pudieran verse afectadas por incrementos en la temperatura exterior.

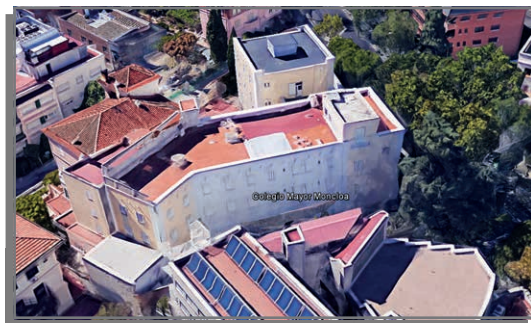
■ Conclusiones provisionales ■

La realización de este proyecto piloto ha permitido:

- Validar las posibilidades de aplicación directa a través del aire de los recursos geotérmicos del túnel del bypass.
- Implementar y validar la metodología de medición y verificación de ahorros.
- Adquirir una experiencia real de diseño, desarrollo, ejecución y monitorización que ya se está aplicando a otros proyectos, en otras escalas, sobre otros medios y con otros recursos energéticos extraídos de los túneles.



Registro de consumos y evaluación de ahorros. Fuente: CENER-ENERES



Vista del Colegio Mayor Moncloa.

Municipio: Madrid.

Fecha de puesta en marcha prevista: 2016.

Participantes:

- GEOTER.

Descripción

El Colegio Mayor de Moncloa, situado en Madrid, sufrió una serie de reformas y ampliaciones que desde el punto de vista energético supuso la sustitución de sus antiguos equipos por un equipo de geotermia de baja entalpía que satisface las necesidades de precalentamiento de ACS de sus residentes así como ayuda a la calefacción y refrigeración del edificio.

Para garantizar un suministro adecuado se ejecutó una captación geotérmica de cuatro perforaciones que cuentan con una longitud de 138 metros cada una para así obtener un recurso energético renovable que es utilizado para satisfacer las necesidades que son demandadas, acorde a la Normativa para la incorporación de E.E.R.R. (Energías Renovables) a la hora de satisfacer la demanda de ACS en grandes reformas.

Se instaló una única bomba de calor de 57 kW de potencia que tiene unos rendimientos de 4,56 para calefacción (COP) y 4,68 para refrigeración (EER). Para aumentar la eficiencia del sistema se llevó a cabo un precalentamiento del agua de ACS con el fin de conseguir que el salto térmico a cubrir disminuya.

Asimismo, existe una recuperación energética en verano para producción de calor y frío simultáneamente, gracias al aprovechamiento del frío residual producto de la generación de ACS, pudiendo redistribuirlo y reutilizarlo, con lo cual se disminuye la pérdida de energía térmica, especialmente importante en grandes instalaciones. Estas pérdidas penalizan el rendimiento de una instalación y por ello el precalentamiento aumenta significativamente la eficiencia en la instalación.

Además de lo anterior, la bomba de calor cuenta con un sistema de monitorización que muestra toda la información relativa al funcionamiento de la bomba de calor y al estado de la instalación en general, pudiéndose controlar vía internet. También se podrán registrar valores de energía mensual o acumulados, u otra información como datos sobre captación/producción, temperatura exterior, inercia de calefacción, grupos de calefacción y ACS.

FICHA DEL PROYECTO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

N.º perforaciones	4 de 138 m
Separación Mínima	6 m
Sonda	Simple U PEX-α 40 mm
Mortero Termoconductor	$\lambda = 2,1 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$
Ejecución	1,5 días/pozo
Método de ejecución perforaciones	Rotación con lodos
Terreno	Arenas + arcillas
Potencia	57 kW
Producción anual estimada	105 MWh/año
Presupuesto del sistema geotérmico con bomba de calor	53.591,21 €
Ahorro anual respecto combustible fósil	6.500 €
Emisiones de CO ₂ evitadas anualmente	23 t CO ₂
Amortización	5 años



Resultados

Con esta instalación se consiguió un apoyo tanto en calefacción como en refrigeración mediante la geotermia en el Colegio Mayor de Moncloa, el

cual fue rehabilitado. Por tanto, se evidencia la capacidad de climatización total que ofrece esta energía limpia sin necesidad de apoyo y con unos altos rendimientos sin penalizar al medio ambiente para conseguirlo.



Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica 4



Anexo



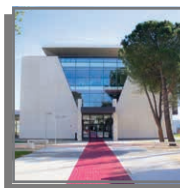
Anexo

Situación geográfica de los proyectos en la Comunidad de Madrid



1 Guadarrama

Polideportivo municipal



2 Alcalá de Henares

Universidad de Alcalá de Henares



3 Las Rozas

Climaticación de viviendas y guardería



4 Madrid

Centro Canalejas



5 Madrid

Calanda Homes



6 Pozuelo de Alarcón

Residencia Montegancedo



7 Alcobendas

Vivienda unifamiliar



8 Madrid

Sede Vía Célere



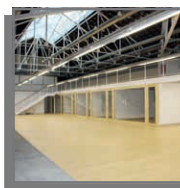
9 Madrid

Edificio de oficinas



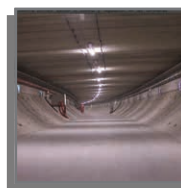
10 Pozuelo de Alarcón

Vivienda unifamiliar



11 Madrid

Fundación Biodiversidad



12 Madrid

Túneles de Calle 30



13 Madrid

Colegio Mayor de Moncloa

Situación



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, Empleo y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)



www.fenercom.com

Información

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency
Intelligent Energy Europe

Inicio Conócenos Información Formación Publicaciones Aula de la Energía Normativa Noticias Tecnocios

GeoEner 2017

Madrid 26 de Abril de 2017
V CONGRESO de Energía Geotérmica
en la EDIFICACIÓN Y LA INDUSTRIA

GeoEner 2017
El próximo 26 de abril de 2017, se celebrará en Madrid la quinta edición de GeoEner, el Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria. [Ir al sitio web](#)

Lo más descargado

1. Tecnología LED en alumbrado
2. Ahorro y eficiencia en Hospitales
3. Drones e ingeniería civil
4. Auditorías energ. edificios oficinas
5. Guía de la Energía Geotérmica

Lo último
Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas y Despachos
De interés tanto para propietarios, empresarios, y usuarios de oficinas y despachos, así como para los profesionales encargados de su gestión, aporta ideas y experiencias de mejora para la eficiencia

Publicaciones más recientes

- ★ Plan Energético de la Comunidad de Madrid Horizonte 2020
- ★ Guía de Buenas Prácticas en el Aislamiento Industrial (2017)
- ★ Balance Energético de la Comunidad de Madrid 2015
- ★ Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de Regulación y Control Solar (2ª Ed.)
- ★ Guía de Calidad del Aire Interior (2016)

Por secciones: **Libros y Guías técnicas - Cuadernos - Boletín**

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
www.fenercom.com



**Comunidad
de Madrid**