

Sistema geotérmico y sistema convencional de Energesis Ingeniería

Azimut: primer edificio de España con climatización híbrida

EN la zona del litoral mediterráneo, se ha llevado a cabo la ejecución de un edificio de oficinas, constituido por tres plantas y una superficie total de alrededor de 1350 m². El objetivo principal de esta construcción era la creación de un microclima artificial, definido por los parámetros contemporáneos del "comfort térmico": temperatura, velocidad del aire, radiación, y humedad. El enfoque, desde el que se han seleccionado las posibles actuaciones, es el de la construcción sostenible y la arquitectura bioclimática, corrientes de pensamiento que conceptualmente se fundamentan en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenidas durante el proceso del proyecto y la obra, siguiendo una lógica que parte del estudio de las condiciones climáticas y ambientales y de la adecuación del diseño arquitectónico para protegerse y/o utilizar los distintos procesos naturales.

También se ha estudiado minuciosamente el sistema de generación de calor-frío del edificio. En esta construcción se ha apostado por el empleo de energías renovables para climatizar el edificio y para ello se ha llevado a cabo una instalación de bomba de calor geotérmica para cubrir las necesidades de climatización. El proyecto es obra de la empresa valenciana Energesis Ingeniería, compañía creada en el seno de la Universidad Politécnica de Valencia y pionera en el desarrollo e instalación de sistemas de climatización geotérmica en nuestro país.

Ventilación natural, aislamiento e iluminación

El edificio cuenta con un vestíbulo principal con un único volumen que

En el edificio de oficinas Azimut, situado en la ciudad valenciana de Gandia, Energesis Ingeniería ha implantado un sistema geotérmico híbrido, es decir, que combina lo 'mejor' del sistema convencional con lo 'mejor' del sistema de climatización geotérmica, de forma que el edificio es más eficiente energéticamente. Alrededor del edificio existe una zona común donde se ha ubicado el intercambiador enterrado. A partir de los datos del

perfil energético del edificio y de la conductividad térmica de la parcela, determinada "in situ" mediante el laboratorio móvil que dispone Energesis Ingeniería, se concluyó que era necesario realizar un intercambiador de calor enterrado de 16 perforaciones de 100 metros de profundidad para disipar una potencia en refrigeración de 100 kW, y el resto de potencia instalada se disiparía en tres baterías de aerocondensadores de cada una.



une todas las alturas. Se plantea utilizar el núcleo de la escalera como convector natural de modo que favorezca la ventilación durante los meses en los que es posible realizar la climatización sin elementos mecánicos y apoyando la renovación del aire y la refrigeración del vestíbulo y del núcleo de la escalera durante los meses de verano. La propuesta de adaptación del edificio para

permitir la ventilación natural durante algunos meses del año (sobre todo, en otoño y en primavera) permite evitar en estos meses el gasto energético producido por los equipos responsables de garantizar la renovación del aire necesaria para el edificio.

Por otro lado, existen numerosos estudios que muestran la fuerte influencia existente entre las propieda-

des térmicas de los cerramientos y la demanda energética. Por lo tanto es importante realizar una buena elección de los mismos, ya que esto permitirá reducir la demanda energética requerida por el edificio sea menor. Así, para el muro exterior, se ha optado por el cerramiento mediante fachada ventilada, con el se prevé un ahorro energético entre el 25% y el 40%, menor absorción de calor en los meses cálidos y su menor dispersión, lo que permite un fuerte ahorro en los meses fríos. También se han tomado medidas para el acristalamiento, con el fin de mejorar el aislamiento y el control de la radiación solar, mediante vidrios reflectantes en ventanas. Finalmente, la propuesta para reducir el consumo eléctrico en la iluminación interior del edificio pasa por la utilización de elementos de bajo consumo y la optimización de los niveles requeridos de iluminación sobre el plano de trabajo, utilizando programas informáticos de reciente aplicación.

Calefacción por baja temperatura y refrigeración

Como elemento complementario al aumento de aislamiento, se propone la utilización de elementos calefactores de la marca JAGA en la periferia de las plantas cuarta y tercera. En el resto de planta,s aunque sería energéticamente positivo, económicamente es más razonable utilizar la instalación de climatización convencional agua-aire, utilizada también para la refrigeración en verano. Los elementos propuestos, de la marca JAGA, pueden ser tanto empotrados en el suelo, como paneles situados bajo las ventanas. Debido a las complicaciones técnicas derivadas del empotrado en el suelo si no se utilizan suelos técnicos aconsejamos el uso de paneles. Estos sistemas tienen solamente una décima parte del agua que tiene un radiador normal. El resultado es que acumula mucho menos calor y reaccionan al menos tres veces más rápido a las fluctuaciones de temperatura. Calientan de inmediato si el local se enfría y paran al instante si éste se calienta demasiado. Estudios prácticos independientes de la Universidad de Portsmouth demuestran un ahorro de energía de un 10% respecto a los sistemas convencionales. Resumiendo, las propuestas en este



apartado son:

- Instalación de calefactores debajo de todos los cerramientos acristalados en la planta cuarta y tercera.
- Realización de un proyecto detallado por la marca suministradora.

Dichos elementos estarán alimentados por una bomba de calor agua-agua acoplada al sistema geotérmico.

En cuanto a las unidades interiores de refrigeración, serán de la marca MITSUBISHI, dichas unidades funcionarán de la siguiente manera:

- En calefacción actuarán dando un pulso de calor al edificio y posteriormente se pondrán en funcionamiento los radiadores de baja temperatura
- En refrigeración actuará únicamente dichas unidades.

También se dispondrá de unidades de intercambiadores "entálpicos". Dichos intercambiadores aprovechan la entalpía del volumen de aire de renovación y evita esta pérdida de energía en el aire.

Instalación: bomba de calor geotérmica

La reducción del gasto energético en sistemas de climatización se relaciona directamente con el medio con el que se intercambia calor (aire, agua, suelo). El medio más empleado es el aire ambiente pero no el más eficiente, debido a la oscilación de su temperatura a lo largo del año. El intercambio con agua es más eficiente aunque presenta otros problemas asociados como la

legionelosis (torres de refrigeración). El intercambio con el suelo es mucho más ventajoso, ya que la temperatura de la tierra es estable a lo largo del año a partir de una cierta profundidad (en torno a los 5 metros) y el intercambio se produce mediante un sistema cerrado sin contacto exterior. En la zona donde se situará el intercambiador tenemos una temperatura en el terreno de 18 °C.

La manera de aprovechar dicho foco de temperatura constante a lo largo del año es mediante un intercambiador de calor embebido en el terreno. En este proyecto dicho intercambiador se realizará con perforaciones verticales en las cuales se introducirán tuberías de PE por las que circulará agua, de esta manera el sistema funcionará absorbiendo calor del terreno en invierno (evaporación de la bomba de calor) y cediendo calor al terreno en verano (condensación de la bomba de calor).

Esta sistema, implementado mediante las denominadas bombas de calor geotérmicas, está menos extendido en el mercado, debido fundamentalmente al coste asociado al movimiento de tierras (zanjas y perforaciones), aunque está demostrado que es una tecnología eficaz en la producción de calor y frío, ya que consume una menor cantidad de energía primaria que el resto de sistemas convencionales, reduciéndose por consiguiente el consumo de combustibles fósiles y, como consecuencia,

las emisiones de gases nocivos para el medio ambiente, como el dióxido de carbono.

En muchas ocasiones, principalmente en los diseños relativos a edificios del sector terciario, es difícil conjugar la implantación de un sistema energéticamente eficiente, como es un sistema geotérmico, con un sistema económicamente rentable, con periodos de retorno de la inversión atractivos, debido a los sobrecostes por perforación. En estos casos, los diseños se basan en una combinación de sistemas que intercambian tanto con el aire como con el suelo, con el objeto de realizar un sistema energética y económicamente viable. Estos diseños, denominados sistemas híbridos, se implementan mediante de la combinación de tecnologías y equipos existentes, no diseñados específicamente para este fin, por lo que es necesario un cuidadoso proyecto para la combinación de equipos formando un sistema global, así como el desarrollo de una estrategia de control específica.

Diseño de un sistema híbrido

A continuación se describen los principios de diseño de un sistema híbrido de bomba de calor acoplada al terreno mediante intercambiadores enterrados (bomba de calor geotérmica) y torre seca (sistema aerocondensador) para la climatización de edificios del sector terciario, principalmente oficinas y centros de trabajo, caracterizados por un uso energético intensivo en refrigeración, debido a la elevada carga térmica por iluminación, ocupantes y equipos. El sistema permite elevados ahorros energéticos (entre el 20 y el 40%) respecto a los sistemas existentes actualmente en el mercado, optimizando a la vez los costes de implantación.

Generalmente, en los edificios del sector terciario en las zonas de clima mediterráneo, la demanda energética de climatización en refrigeración es mucho mayor que la de calefacción, por dicho motivo las bombas de calor cederán más calor al terreno (condensación) que el que absorban en calefacción (evaporación), este funcionamiento de las bombas de calor produce un aumento progresivo de la temperatura del terreno, produciéndose un descenso progresivo de la eficiencia (COP) de



las bombas de calor. Para evitar este problema se plantea un diseño innovador consistente en una instalación geotérmica apoyada por un aerocondensador, denominada instalación geotérmica híbrida.

El uso de este tipo de instalaciones híbridas permite:

- Regenerar el terreno. Cuando en épocas de refrigeración aumenta la temperatura del terreno se puede evacuar el calor al ambiente mediante el aerocondensador. De esta misma manera también se puede preparar el terreno para la época estival disminuyendo su temperatura.
- Utilizar en todo momento el foco de calor más eficiente. En épocas de primavera-otoño donde se puede tener demanda de refrigeración es posible que sea más eficiente trabajar contra el ambiente que contra el terreno.
- Reducir considerablemente el tamaño del intercambiador geotérmico puesto que el dimensionamiento del intercambiador se realiza para la potencia de refrigeración nominal del edificio, no para la potencia pico. De esta manera en los momentos en donde por simultaneidad u otros factores tengamos una potencia por encima de la nominal se pondrán en funcionamiento ambos sistemas (intercambiador y aerocondensador) para condensar las bombas de calor.
- Reducir considerablemente el coste

del intercambiador y el tiempo de amortización de la instalación debido a la reducción de los metros de perforación.

- Mejorar la eficiencia de la instalación. Desarrollando un sistema de control adecuado se puede llegar a ahorrar más de un 30 % respecto a un sistema convencional.

El criterio de dimensionado de un sistema

híbrido, es decir, el tamaño del intercambiador de calor enterrado (metros de perforación necesarios) y la potencia del aerocondensador auxiliar se basa en el periodo de retorno de la inversión. Existe un punto óptimo de diseño si representamos el cociente entre el coste de la instalación y el ahorro energético en la explotación, en función de la potencia condensada en el foco aire. Esto significa que, en función del factor de utilización de la instalación, la instalación geotérmica puede estar más o menos sobredimensionada para la demanda base de energía, con lo que el aumento de coste de inversión es más significativo que el ahorro económico en la explotación. Para realizar correctamente un dimensionado de un sistema geotérmico es muy importante saber con precisión las características térmicas de donde se va a realizar el intercambiador. Por ello, en algunas ocasiones es factible llevar a cabo una medida de la conductividad del terreno in situ.

La forma de llevar a cabo la medida de la conductividad es mediante un laboratorio, dicho laboratorio realiza mediante introducción de un pulso de calor o frío y con la toma de datos de las temperaturas de entrada y de salida del agua un análisis mediante el cual puede llevar a cabo la caracterización del terreno.

	Sólo geotérmico	Sistema híbrido
Longitud de la perforación (m)	2.400	1.600
Coste intercambiador enterrado (€)	175.138	116.758
Coste instalación aerocondensador (€)	0	12.472
Coste sistema de control (€)	0	1.948
Total coste (€)	175.138	131.178

Ejecución de la instalación geotérmica

En el edificio de oficinas Azimut, situado en la ciudad valenciana de Gandía, se ha implantado un sistema geotérmico híbrido. Alrededor del edificio existe una zona común donde se ha ubicado el intercambiador enterrado. El edificio dispone de una sala de conferencias, una sala de exposiciones, varias aulas de formación, etc. cuyo uso no es continuo, por lo que al estudiar su perfil energético se observó que la demanda base diaria era muy inferior a la demanda total. Por este motivo y por las restricciones de espacio para ubicar el intercambiador de calor enterrado, se decidió realizar un sistema geotérmico híbrido. A partir de los datos del perfil energético del edificio y de la conductividad térmica de la parcela, determinada "in situ" mediante el laboratorio móvil que dispone Energesis Ingeniería, se concluyó que era necesario realizar un intercambiador de calor enterrado de 16 perforaciones de 100 metros de profundidad para disipar una potencia en refrigeración de 100 kW, y el resto de potencia instalada se disiparía en tres baterías de aerocondensadores de cada una.

Las bombas de calor instaladas son unidades Mitsubishi de refrigerante variable. Dichas unidades cuentan con el sistema INVERTER, por ello el sistema es capaz de trabajar a cargas parciales. Esto es una ventaja puesto que conlleva una reducción significativa en el gasto energético debido a la eliminación de paradas de la máquina, a parte de ser muy aconsejable en edificios donde existen zonas de utilización intermitente. El sistema geotérmico también tiene acoplada una bomba de calor agua-agua que trabajara contra los radiadores de baja temperatura descritos en apartados anteriores.

La máquina de perforación es una máquina específica para realizar geotermia, la torre seca toma el aire de un almacén interior, por ello se ha tenido que asegurar la renovación de aire de dicho almacén. En dicha instalación uno de los puntos más críticos era realizar un buen diseño del sistema de control de la instalación, como ya se ha comentado el control será el encargado de que las bombas de calor trabajen contra el terreno o control el ambiente en función de la potencia requerida por el edificio. Por ello se han instalado diferentes válvulas de tres vías motorizadas que nos derivan el caudal de agua hacia los aerocondensadores o hacia las perforaciones. Comparando el sistema diseñado con un sistema de refrigeración convencional mediante herramientas de simulación, el ahorro energético obtenido es del 22%. En cuanto a la inversión en la instalación, en la siguiente tabla se puede ver la comparativa de costes respecto a un sistema todo geotérmico. Como se observa, el sistema híbrido es un 25% más económico.

Como conclusión, el sistema híbrido diseñado permite obtener importantes ahorros energéticos respecto a los sistemas convencionales minimizando el sobre coste que se asocia a un sistema de climatización geotérmico, por lo que es una herramienta importante para la introducción y el desarrollo de esta tecnología en España, principalmente en los edificios en los que la demanda de refrigeración es muy elevada unos pocos días al año. ▲

Electra Molins
GRUPOS ELECTRÓGENOS

**VENTRA Y
ALQUILER**
de 12 a 2.200 kVA.



60
EM
1948-2008

Gran Via, 434, 08015 Barcelona (España)
Tel. 93 289 25 40 - Fax 93 425 39 44
em@electramolins.es / www.electramolins.es