

Ingrit Gómez Elvira (INGRIT.GOMEZELVIRA@osakidetza.net)

Ingeniera Industrial Superior

Subdirección de Compras, Obras y Servicios estratégicos– Osakidetza

Diseño de un Sistema de Intercambio Geotérmico

Osakidetza – Nuevo Hospital de Urduliz de la comarca Uribe–Kosta

El intercambio energético con el subsuelo mediante bombas de calor puede considerarse un sistema de alta eficiencia dentro de los sistemas de energías renovables que incorpora el CTE siguiendo las directrices europeas en este sentido. El artículo describe el proceso de diseño para cubrir las necesidades energéticas base de la climatización del nuevo Hospital de Urduliz, en la comarca Uribe–Kosta en Bizkaia

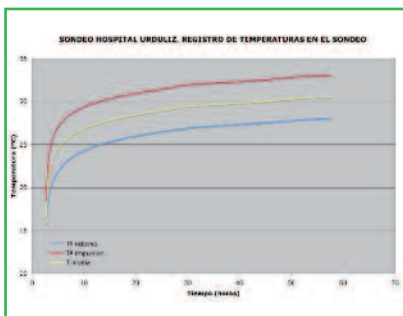
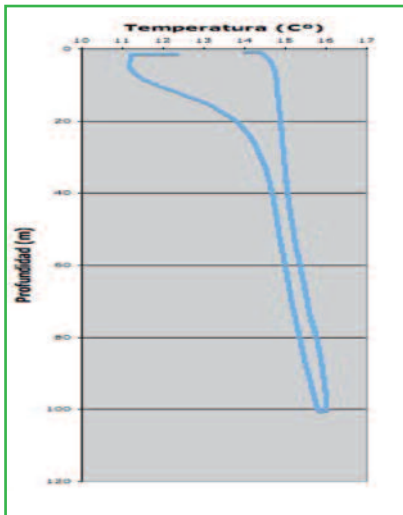
El protocolo de Kyoto y posteriormente la estrategia de la Comisión Europea EUROPA 2020 marcan el objetivo de reducir el 20% de las emisiones de CO₂, reducir el 20% la demanda de energía primaria y obtener un 20% de esa demanda con energías renovables. Desde entonces el camino a recorrer está marcado y así se ha ido materializando en las distintas directivas europeas al respecto. En este contexto se enmarcan las directivas 2002/91/CE de Eficiencia Energética de Edificios, la 2006/32/UE para el uso final de la energía, la 2009/28/CE de energías renovables, la 2010/31/UE, que establece la metodología de cálculo y la más reciente la 2012/27/UE de Eficiencia Energética. La trasposición de la directiva 2002 se materializó en el Código Técnico de la Edificación. En el documento básico del CTE HE 4 se contempla la obligatoriedad de aportación solar mínima en edificios sanitarios pero abre la posibilidad de justificar otra alternativa renovable a los paneles solares.

La geotermia de baja entalpía es una de las alternativas posibles para cubrir la demanda de climatización de un edificio por medio de energías renovables. Es una fuente de energía renovable, constante y gestionable porque la gran masa de la tierra y los materiales que la componen tienen la cualidad de almacenar calor proveniente de la radiación solar. Como la temperatura es estable podemos aprovechar dicha energía con la tecnología de intercambio geotérmico, aprovechando la energía térmica acumulada en la zona superficial de la tierra, que como suele ser de baja temperatura, menos de 25 °C, requiere el uso de una bomba de calor, para su captación y transmisión al interior de un edificio. En modo calefacción el fluido de intercambio circula por el circuito cerrado captando calor del terreno (foco frío) en invierno. En modo refrigeración se disipa el calor del edificio (foco frío) y transfiriéndolo al terreno (foco caliente) en verano. Para esta captación y utilización del calor y el frío se utiliza la bomba de calor, cuyo rendimiento energético es inversamente proporcional a la diferencia de temperatura de los focos; y en el caso del geointercambio no es grande y prácticamente independiente de las variaciones estacionales. Además se proyecta un by-pass, a la bomba de calor geotérmica, con un intercambiador de calor y válvulas de tres vías, para cuando el terreno por sí sólo pueda satisfacer las necesidades térmicas del edificio

En este contexto, se decidió utilizar un sistema de intercambio geotérmico para proporcionar la demanda térmica base de la instalación necesaria para el sistema de climatización de calor y frío del futuro Hospital de Urduliz; consiguiendo varios beneficios, sustituir los paneles solares por otra fuente de energía renovable y reducir la potencia instalada del resto de tecnologías convencionales, entre otros.

En el caso en que el sistema IG se proyecte para un edificio existente se puede conocer bien la demanda energética estudiando los consumos por medio de las facturas, monitorizaciones, mediciones, etc... teniendo cuidado si además de la instalación geotérmica se van a hacer cambios adicionales en la envolvente, usos, puesto que pudieran cambiar la demanda. En nuestro caso al ser el Hospital totalmente nuevo, era fundamental un buen cálculo de la demanda energética y consumos anuales previstos.

Un estudio previo de modelización energética del edificio puede ser vital para eliminar desviaciones posteriores respecto a la demanda energética real. Es fundamental evaluar bien lo proyectado, para lo que se pueden utilizar una de las muchas herramientas informáticas de simulación energética de los edificios. Existen en el mercado potentes programas que permiten modelizar el edificio y evaluar condicionantes como la climatología, lugar de ubicación, envolvente del edificio, sombras de edificios cercanos, características térmicas de los cerramientos y



acristalamientos, condiciones de uso del edificio, ocupación, horarios, instalaciones del edificio, etc.

Por otra parte, al ser el hospital de nueva construcción, teníamos la ventaja de asumir los costes y ejecutar los sondeos dentro de la fase de excavación de obra.

Como el geointercambio se realiza con la tierra, para estudiar la viabilidad del sistema es fundamental conocer las principales características geológicas e hidrogeológicas del terreno. Para ello se perforó un sondeo piloto de 100 metros y se realizó además un inventario de puntos de agua cercanos al solar de construcción para descartar la posible afección de captaciones de agua cercanas.

El ensayo más importante que se ha de realizar es el de caracterización térmica del terreno. Thermal Response Test (TRT) es la prueba más aceptada y habitual para la determinación de la conductividad térmica del terreno y la resistividad térmica del sondeo. Además, permite el cálculo de otro parámetro de interés para el dimensionamiento

del circuito: la difusividad térmica. Se trata de un ensayo in-situ que proporciona información sobre el terreno en volúmenes representativos y condiciones no influenciadas similares a las de la futura explotación. La correcta determinación de estos parámetros es fundamental para el correcto diseño de instalaciones de intercambio geotérmico

Antes de iniciar la inyección de calor se realizó una diagráfia de temperatura en el sondeo, obteniendo el perfil de temperatura del terreno en condiciones estáticas, no influenciadas. De este modo se determinó la temperatura base del terreno con mayor precisión.

En el ensayo TRT se registraron de manera continua las temperaturas de entrada y salida del circuito, el caudal circulante, la intensidad de corriente absorbida y la presión del sistema, así como la temperatura ambiente.

El terreno se considera un medio homogéneo, isotrópico e infinito con el que intercambiar calor o frío y la conductividad térmica se puede calcular a partir de la expresión:

$$T_f(t) - T_0 = \frac{q_c}{4\pi\lambda} \ln(t) + q_c \left[R_b + \frac{1}{4\pi\lambda} \left(\ln \left(\frac{4\alpha}{r_s^2} \right) - \gamma \right) \right]$$

Donde:

q_c : es la potencia unitaria disipada durante el ensayo (W/m)

T_0 : Temperatura del terreno sin influenciar

t : tiempo de inyección de calor

R_b : Resistividad térmica del sondeo
 r_b : radio perforación
 λ : Conductividad térmica
 α : Difusividad térmica (m²/s)
 γ : Constante de Euler

Para un período de tiempo suficientemente prolongado se puede calcular la conductividad térmica con suficiente precisión mediante la expresión:

$$\lambda = \frac{q_c}{4\pi k}$$

donde k es la pendiente de la curva temperatura media vs. $\ln(t)$.

Conductividad térmica (W/m ² K)	2,00
Difusividad térmica (m ² /d)	0,085
Resistividad sondeo (°K ² C/m)	0,100
Temperatura terreno (°C)	15,3

Estos datos del terreno y la demanda energética prevista del edificio para las condiciones de confort necesarias, permitieron analizar los parámetros de diseño fundamentales de la superficie de intercambio: tubería, relleno, profundidad, configuración, fluido, caudal.

Una característica muy particular de la geoterminia es la evolución del terreno. La constante de tiempo del terreno se mide en años y su evolución es función de la energía aportada o extraída a lo largo del tiempo, que a su vez es función de la demanda energética del edificio. Por tanto, a la hora de dimensionar la instalación geotérmica nunca debe hacerse con las reglas generales

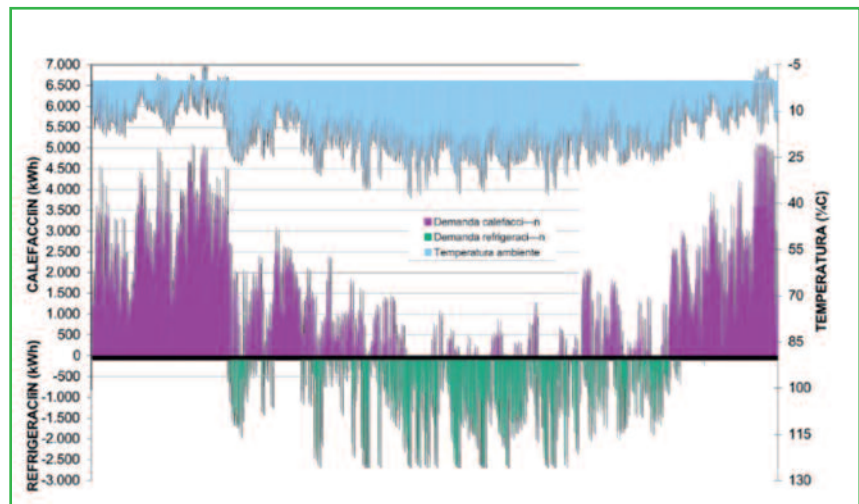




Foto de una arqueta



Foto de sondeos geotérmicos

basadas en la carga máxima o potencia máxima instalada, sino por medio de la demanda energética anual.

El perfil climático de la zona junto con el histograma de uso determina la demanda frigorífica y calorífica del edificio en base a la temperatura exterior. Las demandas térmicas brutas del edificio, así como la potencia punta requerida por el mismo en calefacción y refrigeración son fundamentales. Así, las demandas energéticas horarias se utilizaron para obtener la cobertura horaria del sistema geotérmico en calefacción y refrigeración. A su vez, las potencias horarias de calefacción y refrigeración requeridas por el edificio dependen de la temperatura ambiente. En el gráfico se muestra la demandas horarias en calefacción y refrigeración y que dependen directamente de la temperatura ambiente:

El dimensionamiento del sistema se hizo con la premisa de que fuera bivalente, es decir, el sistema de IG proporciona la demanda base y un sistema convencional de apoyo de enfriadoras y calderas cubre el resto de la carga punta.

En dichas alternativas posibles el rango de cobertura de la demanda térmica en calefacción y ACS variaba entre el 29% y el 54% y el rango de cobertura de refrigeración con el sistema IG variaba entre 57% y el 87% de la demanda total. La inversión total a realizar, el ahorro en costes de operación, la reducción del consumo equivalente anual según la demanda cubierta y los períodos de retorno de la inversión nos hizo decantarnos por una de las alternativas.

Así, la cobertura del sistema para la demanda de calor de ACS es del 70%, de manera que el sistema de IG conseguiría elevar la temperatura (hasta 45°C) en el depósito de ACS y se elevaría unos grados más con el apoyo de una caldera de gas natural, de manera que se mantenga el agua en los acumuladores a la temperatura mínima de 60°C y se puedan realizar los choques térmicos de pasteurización a 70°C de la normativa antilegionela.

La longitud de circuito de intercambio se obtuvo utilizando una aplicación informática comercial. El sistema de captadores en circuito cerrado vertical consta de 48 sondeos de 150m. de profundidad. Los captadores de geotermia verticales permiten usar menos superficie y están menos influenciados por cambios de temperatura ambiente. El fluido de intercambio es agua glicolada, para evitar congelaciones por temperaturas menores a 0°C.

A continuación se muestra el plano de sondeos (48 sondeos a 150m.) red de tubería y colectores, arquetas y válvulas de regulación y corte y bomba de calor sobre el plano de planta del hospital:

En cuanto a los equipos de la instalación es importante realizar una adecuada elección de la bomba de calor. Se ha de hacer en base al rendimiento medio estacional (SCOP) y no al rendimiento de la bomba en instantáneo. La directiva 2009/28/UE obliga a un COP estacional mayor o igual que 3, para que la energía procedente de las bombas de calor sea considerada como renovable. Esto significa que el sistema de intercambio geotérmico captará al menos 3 kWh de energía térmica del terreno por cada kWh absorbido de la red para accionar la bomba de calor. Por esto el geointercambio es una alternativa muy competitiva frente a otras alternativas convencionales para calefacción y refrigeración.

Nuestro sistema consta de una bomba de calor geotérmica, para cubrir la demanda base y 2 máquinas aerotérmicas para cubrir las puntas de demanda. Es decir, que si la demanda es la de base o más pequeña, la máquina geotérmica robaría calor al colector de frío o al suelo. Si la demanda es mayor a la de base la cobertura de la máquina geotérmica sería complementada con las enfriadoras convencionales. Hay que tener en cuenta que las temperaturas de consigna deben ser distintas para los dos tipos de máquinas, para que la máquina geotérmica

siempre sea la que dé la máxima cobertura posible de la demanda y sean las enfriadoras convencionales las que parcialicen y modulen en caso de que la demanda del edificio sea mayor. Así, cuando la demanda suba, la temperatura de consigna de las enfriadoras debe bajar, para que éstas aporten menos potencia de la posible, y sólo cubran la punta de demanda energética del hospital que no aportaría la bomba de calor. Para esta modulación el mecanismo de control es vital.

En todas las instalaciones hidrónicas centralizadas una de las variables principales de partida es la carga térmica, pero también hay que tener en cuenta los perfiles prestaciones de las máquinas según la tecnología.

Se puede tener en cuenta también la decisión de la Comisión Europea 2007/742/CE, que establece los criterios para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a las bombas de calor accionadas eléctricamente o por gas o de absorción a gas. También cabe mencionar el Reglamento 626/2011 en relación al etiquetado energético de los acondicionadores de aire que se pongan en el mercado a partir de Enero 2013. Lo cual nos lleva a exigir rendimientos estacionales mayores aún para la calificación energética A o A+ de nuestros acondicionadores de aire.

Nuestra elección dentro de los equipos en el mercado, siempre teniendo en cuenta el mínimo de calificación energética "A" comentado, nos decantó por enfriadoras que aseguran rendimiento de 4,46 para temperaturas de salida del evaporador/condensador de 7°C/35°C. La red de distribución está constituida por un colector a 15°C para las unidades de inductores y por otro segundo colector a 7°C para las UTAs y fancoils. Para aumentar la eficiencia energética de la solución técnica proyectada se dotó al conjunto con mecanismos de control muy finos, complemen-

Resumen datos técnicos principales:

Hospital

- ▶ Sup Construida: 37.000 m²
- ▶ Sup climatizada: 15.786 m²
- ▶ Sup calefactada: 7.758 m²

Potencia del sistema

- ▶ IG 360 kW

Sondeos

- ▶ 48 Pozos de 150m y diámetro 160mm
- ▶ Separación entre pozos: 9m
- ▶ 14.400 m de tubo PE 40 mm diámetro

Red horizontal

- ▶ 2.270 m de tubo PE 90 mm diámetro
- ▶ 5 arquetas colectoras con válvulas de
- ▶ equilibrado de los circuitos

Inversión en el sistema IG

▶ Sondeos (pozos)	252.000
€	
▶ Tuberías, glicol y relleno	104.185
€	
▶ Arquetas y valvulería	17.540
▶ Equipos y accesorios	145.056
€	
▶ Control	24.693
	€

tado con un sistema de impulsión con bombas dinámicas y no a presión constante y se implementó un sistema de consignas variables en la producción.

Ahora mismo la fase de obra sigue en ejecución y el hospital no ha sido todavía inaugurado. La solución técnica planteada requiere de un seguimiento y control que se alargará en el tiempo. Somos conscientes que el proceso para lograr una adecuada regulación puede dilatarse incluso hasta dos años, pero es nuestra responsabilidad que la solución sea óptima en cada momento, y que seamos capaces de sacarle todo el partido posible a una solución que todavía es poco aplicada en nuestro país pero que ha sido implementada en muchos países europeos como una más de las soluciones de energías renovables a considerar. Son numerosas las instalaciones de geointercambio en edificios de países como Suecia, Estados Unidos, Suiza, Alemania, Austria y Canadá. Para concluir, el geointercambio es una alternativa muy competitiva frente a otras alternativas convencionales, más aún en el caso de centros sanitarios, que dan servicio 24 horas los 365 días del año. Su demanda ha de seguir los criterios de servicio, responsabilidad, seguridad, calidad, rigor e incluir como uno más los criterios de eficiencia energética.

