



Intercambiadores geotérmicos verticales

► Instalaciones Enrique Pérez Geotermia

En los últimos años el ser humano ha realizado un derroche energético considerable. Al mismo tiempo se ha dado cuenta que sus fuentes de energía convencionales se le están agotando, así que se ha visto obligado a ingeniar sistemas de producción y consumo renovables y eficientes. Es ahora cuando los profesionales del campo, tanto de la generación como de las instalaciones, hemos de hacer un esfuerzo por apostar por este tipo de recursos.

Actualmente, en este país, existen multitud de instalaciones solares, hidráulicas y eólicas. Son casi instalaciones “convencionales” y están muy avanzadas, pero, por el contrario, todavía hay una fuente energética muy importante por utilizar y/o descubrir. Se trata de la energía geotérmica. El Instituto Geológico Minero de España la define como: “fuente de energía renovable abundante, de explotación viable, técnica y económicamente, que evita emisiones de gases de efecto invernadero y cuya existencia en nuestro subsuelo está probada”.

La energía geotérmica puede utilizarse de dos formas diferentes, dependiendo del origen del calor que se utilice. En el primer caso su uso está restringido a zonas geográficas concretas, relacionadas con un magmatismo intenso. En el segundo caso nos referimos al calor absorbido y almacenado por la Tierra de forma totalmente natural, en este caso lo que se aprovecha no es el calor generado por la Tierra, sino su capacidad

para intercambiar el calor. Los recursos de muy baja temperatura se caracterizan porque se encuentran en cualquier terreno próximo a la superficie y porque su posibilidad de aprovechamiento está subordinada al uso obligatorio de bombas de calor geotérmicas.

Cálculo y diseño del intercambiador

En los intercambiadores geotérmicos verticales se suele perforar a profundidades relativamente superficiales (entre 60 y 150 m aproximadamente), de modo que a tal profundidad se puede aprovechar tanto el calor solar almacenado por la Tierra como algo del calor intrínseco de ella misma.

Empezaremos el diseño de los intercambiadores verticales, valorando los datos geológicos que disponemos de la zona, lo que supone una evaluación de toda la información disponible sobre la estructura geológica, variaciones de fa-

cias litológicas, hidrogeología, medidas de gradiente y flujo térmico.

Parte de esta información puede provenir de previas perforaciones para hidrocarburos, así como de campañas sísmicas y gravimétricas, que nos pueden abastecer de datos tan importantes como el espesor, porosidad, permeabilidad, conductividad térmica y capacidad térmica volumétrica.

Dependiendo de las características geológicas del terreno determinaremos la longitud del sondeo y el tipo de perforación que aplicaremos. Básicamente, se pueden realizar dos tipos diferentes de perforación:

- 1 ► Rotopercusión neumática con martillo en fondo, para terrenos duros, competentes y estables, sobre todo terrenos cuyas paredes aguanten el impacto que produce aire comprimido a alta presión, por ejemplo, granitos, pizarras, calizas, etc.

2 ▶ Rotación con circulación directa de lodos para terrenos inestables, cuyas paredes se derrumben con facilidad, por ejemplo, arenas, gravas, zonas descompuestas o alteradas.

Si es necesario alternaremos los dos tipos de perforación en el caso de encontramos varios tipos de terreno en el mismo sondeo, así como encamisar la perforación en caso de peligro de colapso por materiales inestables.

Sonda simple U y sondas doble U

Una vez realizadas las perforaciones, se procede a la introducción de las sondas geotérmicas, a través de las cuales se realizará el intercambio de calor con la Tierra. Éstas podrán ser en simple U (2 tubos) o doble U (4 tubos).

Para contrarrestar las presiones de fuera hacia dentro que se producen en la sonda, se añade agua, también para aumentar el peso de la misma, haciendo que baje lo más recta posible para disminuir los posibles roces que se pudieran producir con las paredes del sondeo.

Un factor importante a considerar en terrenos en los que hay más de una perforación es la distancia mínima que debe existir entre ellos. Se establece una distancia mínima entre pozos de 6 metros, con el fin de que no se produzcan interferencias en la zona de cesión de energía de los distintos pozos pues bajaría considerablemente el rendimiento de estos, al tener zonas comunes de intercambio entre ellos.

Desde nuestro punto de vista preferimos las sondas simples, pues si tenemos en cuenta que el radio de captación de energía de una sonda es de tres metros, y el agujero donde se albergan de diámetro 180 mm, la superficie de captación de energía, si ejecutamos las circunferencias de tres metros de radio desde los tubos que las componen, es solamente un 5% mayor en una sonda doble que en una simple. Deducimos



DOBLE U



SIMPLE U

pues, que es más interesante profundizar un 5% o un 10% más en cada perforación pues el gasto que esto supone una vez estamos ejecutando la obra es mínimo, también hay que tener en cuenta que a la hora de introducir el material de relleno para la sonda es mucho más fácil que se formen bolsas de aire si tenemos en tan poco espacio cuatro tubos en lugar de dos, con un considerable descenso de la transmisión de energía por esto en nuestra sonda.

Tipo de circulación (laminar y turbulenta)

Para evitar pérdidas de calor adicionales, es interesante considerar el tipo de flujo existente dentro de los colectores. El análisis del movimiento de fluidos en el interior de conductos proporciona una indicación de la pérdida de carga causada por efectos viscosos. Para ello cabe

diferenciar entre flujo laminar y flujo turbulento. En el caso del flujo laminar, se puede decir que es un movimiento ordenado y suave, de modo que el fluido se mueve en láminas paralelas, disminuyendo el rozamiento de las partículas de agua con las paredes de la tubería y, por tanto, reduciendo la capacidad de intercambio calorífico del fluido, mientras que por el contrario, el flujo turbulento es un movimiento caótico, en el que las partículas se mueven desordenadamente, consecuentemente con un mayor rozamiento de las partículas, implicando una mayor capacidad de intercambio.

Un parámetro utilizado para establecer los límites entre ambos tipos de flujo, y la transición de uno a otro es el Número de Reynolds, que relaciona la convectividad, viscosidad y diámetro de la tubería por la que circula el fluido en cues-



FLUJO LAMINAR



FLUJO TURBULENTO



tión. Una circulación turbulenta puede aportarnos hasta un 16% más de energía frente a una circulación laminar. Para garantizar en nuestra instalación un flujo turbulento, tendremos que tener en cuenta unos detalles básicos, pero muy importantes para el buen funcionamiento de ésta.

Tendremos que conocer los datos de caudal y pérdida de carga del circulador para los pozos de los que dispone la bomba de calor que hemos elegido y así, garantizar el salto térmico óptimo para un mejor aprovechamiento de la

energía en el intercambiador de la máquina. También consideraremos otros factores como la viscosidad mecánica del líquido caloportador (% de anticongelante en la mezcla). Es muy importante el diseño de la instalación en el que tendremos que determinar los diámetros de las tuberías y las pérdidas de carga de todos los elementos que componen la instalación, tanto de sondas geotérmicas como de la instalación horizontal para la conexión de éstas con la bomba de calor, codos, manguitos, derivaciones, colectores etc..., asegurando así el flujo turbulento.

Relleno

En función de la litología y el nivel freático elegiremos un tipo de relleno que nos garantice la conductividad y nos altere lo más mínimo las condiciones del terreno:

- ▶ Relleno con arena silícea calibrada en 3-5 mm o 2-4 mm hasta el nivel de agua y desde ahí hasta la superficie una mezcla de cemento-bentonita.
- ▶ Inyección por otra tubería desde el fondo de mezcla de cemento-bentonita.
- ▶ Inyección desde el fondo de mezcla de cemento-bentonita y arena silícea.

Hay fabricantes que comercializan esta última mezcla preparada en seco a la que sólo hay que añadir agua, evitando así un posible error del operario. Además el fabricante ha de asegurar una conductividad de al menos 2 W/mK.

Ensayo de respuesta térmica

Una vez realizada la perforación y el posterior relleno, tras tiempo suficiente para que se haya estabilizado la temperatura del terreno y con el fin de contrastar los datos del estudio, realizaremos un ensayo de respuesta térmica en nuestro intercambiador geotérmico.

El test consiste básicamente en ver cuánta energía es capaz de disipar nuestra sonda, para ello le haremos un aporte calorífico constante mientras medimos la cantidad de calor suministrada en el tiempo.

Con esto elaboraremos una curva que nos reflejará el comportamiento energético de nuestro intercambiador en el tiempo, en un periodo de al menos 72 horas, resultados que incluiremos en nuestra base de datos, y que utilizaremos para contrastar la información obtenida en los cálculos previos. ✕