

1. Introducción

1.1. La energía geotérmica

En el interior de la tierra hay una gran cantidad de energía almacenada en forma de calor. La posibilidad de aprovechamiento de este calor es lo que representa el término *energía geotérmica*, que indica la cantidad de calor procedente del interior del planeta que puede o podría ser utilizada en procesos por la mano humana. Esto es posible debido al calentamiento de fluidos por este calor.

Es posible transformar energía geotérmica directamente en energía eléctrica, aprovechando el agua caliente de los yacimientos subterráneos o calentando agua directamente con el terreno. Este agua puede transformarse fácilmente en vapor y éste generar energía eléctrica a su paso por una turbina de vapor.

La energía geotérmica es una de las energías consideradas renovable. Una energía renovable es aquella *cuyas fuentes se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable*, definición DRAE [1].

En el ámbito de aplicación directa de intercambiadores de calor entre un fluido y el terreno se encuentra la climatización. Actualmente la energía geotérmica tiene un aprovechamiento en el campo de la climatización bastante amplio. En este hecho se centrará este proyecto.

No se debe confundir la energía geotérmica con la climatización geotérmica, ya que esta última aprovecha la inercia térmica del terreno, manteniéndose una temperatura constante en el subsuelo entre 7 y 14 grados centígrados, en función del emplazamiento, reduciendo los saltos térmicos y por tanto aumentando la eficiencia.

Existen dos tipos de sistemas para climatización geotérmica, un primer sistema aprovecha directamente el calor bombeando un fluido a la temperatura deseada que intercambia calor directamente desde el terreno, evitándose el uso de una bomba de calor y su complejidad y pudiendo ser insuficiente y requerir un sistema auxiliar.

Y un segundo sistema, en el que se introduce una bomba de calor. El funcionamiento es el mismo que de un sistema de climatización convencional, salvo que se expulsa o absorbe el calor al subsuelo en vez de al ambiente, en función del régimen de trabajo.

En primer término se va a definir *climatización* como el efecto de *climatizar*, que no es más que *dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad del aire y a veces también de presión, necesarias para la salud o la comodidad de quienes lo ocupan*, según DRAE.

En un sistema convencional de climatización se tiene una bomba de calor, que es una máquina capaz tanto de extraer calor de un local a climatizar y expulsarlo al exterior que se encuentra a una temperatura superior, como de introducir calor, extrayéndolo de una atmósfera a menor temperatura.

Para el caso de aprovechamiento geotérmico, a estas bombas de calor se les acopla un intercambiador enterrado, evitándose así la fluctuación de la temperatura exterior en función del momento del año en que se encuentre, haciendo funcionar al equipo en condiciones más estables, más constantes. Se puede ver como estaría configurada una instalación de este tipo, a grandes rasgos, en la figura 1.1

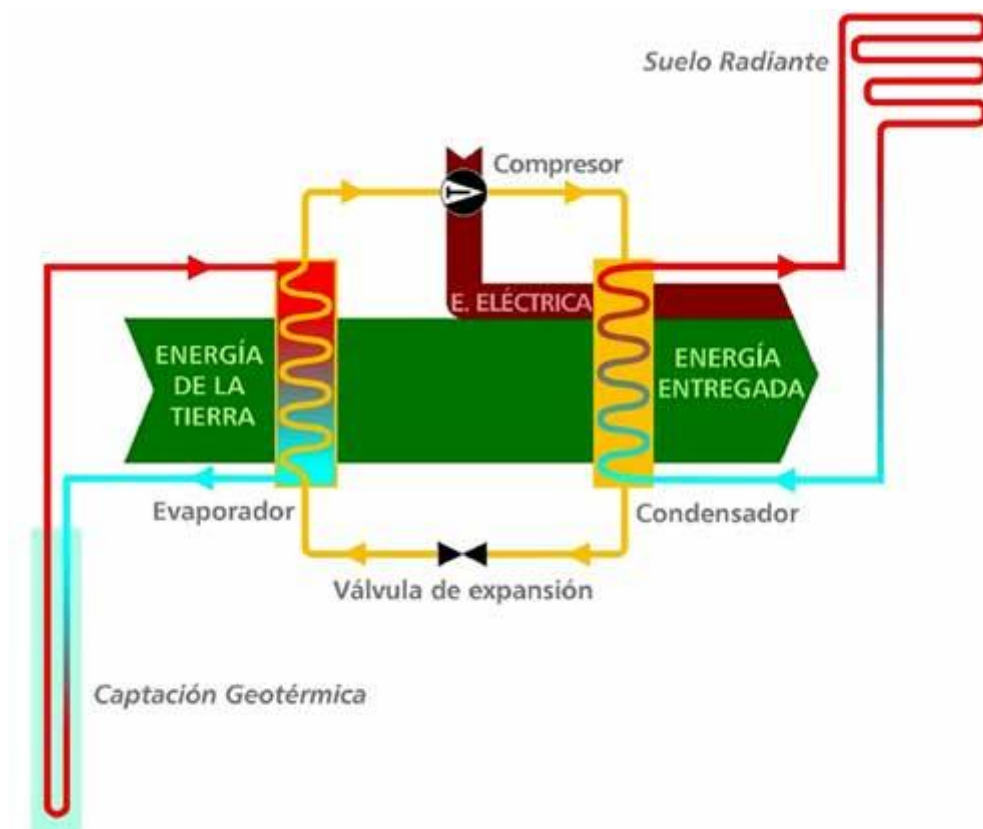


Figura 1.1. Esquema general de una instalación geotérmica.

Esto es así debido a que la temperatura del terreno a cierta profundidad es aproximadamente constante, o muy poco variable con el clima.

Cuando se habla de condiciones más estables, se está queriendo decir que no habría temperaturas extremas, es decir, en verano no se tendrían temperaturas exteriores (al sistema de intercambio) del orden 40°C, y en invierno no serían de 0°C, ya que el terreno se encontraría a una temperatura entre 7 y 14°C.

1.1. Objetivo

El objeto del estudio que se expone a continuación y a lo largo de todo el documento trata estudiar la tecnología de climatización geotérmica existente, tanto de bombas de calor como de métodos de dimensionado de intercambiadores enterrados, analizando los modelos matemáticos necesarios para poder caracterizar dichos intercambiadores y el terreno en el que se introducen.

Además, se realizará un estudio del mercado de bomba de calor a través de los catálogos técnicos de los fabricantes, analizando el comportamiento en función de los modelos y situaciones ambientales, referenciándose las normativas de aplicación.

En última instancia, se estudiará el software específico disponible para el diseño de instalaciones geotérmicas.

La tecnología geotérmica, frente a la convencional, se diferencia en la adicción de un intercambiador de calor enterrado para la evacuación del calor (en régimen de refrigeración) o el frío (en régimen de calefacción).

1.2. Alcance

En este proyecto, se ha abarcado el tema de la energía geotérmica desde un punto de vista domestico, para su uso en climatización, así para poder explicar con detalle la tecnología, se ha realizado una breve definición de la energía geotérmica y se ha ahondado sobre el estado del arte de las tecnologías de climatización en esta modalidad. Se ha realizado un estudio desde la base, explicando qué es una bomba de calor, un intercambiador enterrado y cuáles son las aplicaciones de estos sistemas.

Tras una definición básica de los componentes a utilizar se ha analizado mas exhaustivamente la tipología de los intercambiadores (según fluido y según su orientación) y de los sistemas más representativos.

En aras de comprender mejor como se dimensionan estos sistemas se han revisado los criterios, las propiedades del terreno y los modelos matemáticos más importantes.

Ya en este punto se ha estudiado el mercado, desde el punto de vista de catálogos técnicos para observar el comportamiento de las maquinas existentes en función de las temperaturas que determinan el funcionamiento de los equipos. Se han estudiado dos maquinas enfriadoras de las marcas ECONAR y CIATESA y un equipo autónomo del fabricante HYDRON MODULE. Se ha estudiado el comportamiento de cinco modelos de ECONAR, con potencias entre 10 y 25 kW y doce modelos de CIATESA, con potencias comprendidas entre 7,5 y 37,5 kW. De la

marca Hydron Module se han estudiado un total de ocho modelos con potencias entre 5 y 21 kW.

También se ha mencionado la normativa aplicable: EN 14511 e ISO Standard 12356.

También se ha realizado una breve revisión del software existente. Entre la amplia gama de aplicaciones se ha centrado el estudio en tres: **Earth Energy Design** (en adelante EED), diseñado por la Universidad de Lund, **Ground Loop Design** (en adelante GLD), diseñado por Gaia Geothermal, y **GeoCiatesa**, fruto de la investigación conjunta entre la Universidad Politécnica de Valencia y CIATESA.

Se ha comprobado la diversidad, ya que cada uno está orientado a determinar parámetros diferentes, desde la longitud del intercambiador o las pérdidas de carga (GeoCiatesa) hasta la temperatura media del fluido en el horizonte de vida útil de la instalación y por extensión del terreno dando una idea de la saturación del mismo (EED), o simplemente datos de diseño para situaciones concretas (GLD).

Con respecto al software solo se ha podido realizar un análisis numérico con la aplicación GeoCiatesa, donde se han simulado varias configuraciones de un sistema de intercambio vertical, comprobándose la variación de la longitud del intercambiador y de la pérdida de carga en función del número de pozos de intercambio y el número de bucles que recorren el intercambiador, así como de la variación del rendimiento.

En los programas EED y GLD tan solo se ha podido realizar un análisis cualitativo ya que al ser programas de demostración y no disponerse de la versión comercial, los parámetros necesarios para distinguir una instalación de otra están fijados, comprobándose tan solo que resultados facilitan, sin prestar atención a su magnitud.

Para finalizar este documento se ha realizado una revisión de las perspectivas futuras de esta tecnología en cuestión de investigación, normativa y aplicación.

1.3. Contenido

Capítulo		Contenido
2.	Bombas de calor	Principio de funcionamiento Intercambiadores enterrados. Definición y tipología Tipología de sistemas
3.	Modelado matemático y dimensionado de captadores	Criterios Terreno: propiedades térmicas y ensayos. Métodos de dimensionado Modelos matemáticos
4.	Análisis de equipos de mercado	Estructura de catálogos técnicos Análisis comparativo Normativa
5.	Aplicaciones Informáticas	Datos de entrada y salida según aplicación. Resultados numéricos de la aplicación GeoCiatesa
6.	Conclusiones	Conclusiones Perspectivas de futuro Líneas de investigación

Tabla 1.1. Contenido.