

# ANEJO 5: INFORMACIÓN GEOTÉRMICA UTILIZADA

El objeto de este Anejo es el de sintetizar los datos y tablas utilizados como información de partida para el diseño del intercambiador geotérmico.

## Contenido

1	OBJETO.....	2
2	DATOS DEL TERRENO. ....	3
3	DATOS DE LA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA. ....	6
3.1	CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DEL FLUIDO DE TRABAJO PARA EL CIRCUITO PRIMARIO., .....	9

## 1 OBJETO.

El objeto de este Anejo es el de sintetizar los datos y tablas utilizados como información de partida para el diseño del intercambiador geotérmico.

Dado que no se tienen datos de ningún ensayo o estudio geotérmico realizado previamente, se ha empleado para la elaboración de este trabajo académico, los datos y explicaciones disponibles en la Guía Técnica de Sistemas de Bomba de Calor Geotérmica del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, complementando la información con otras fuentes externas que se detallan en este Anejo.

## 2 DATOS DEL TERRENO.

Los parámetros del terreno más importantes se enumeran en la siguiente lista:

- Conductividad térmica
- Capacidad térmica
- Temperatura media
- Variación máxima anual de la temperatura
- Desfase en días de la senoide de temperaturas del terreno con respecto a la temperatura superficial

Los parámetros de conductividad térmica y capacidad térmica se pueden extraer de la siguiente tabla.

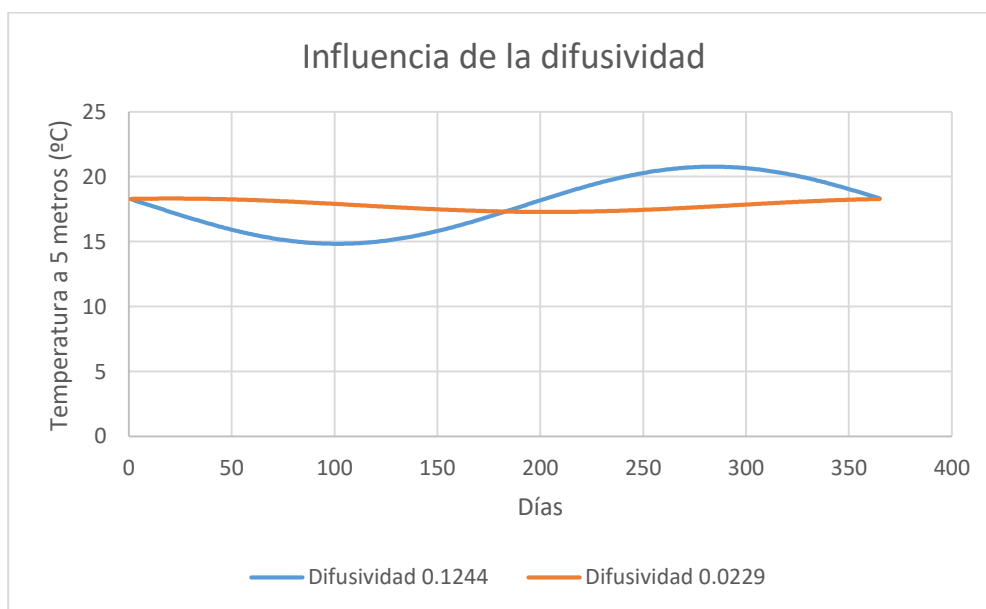
Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica (MJ/m³K)
	Mín.	Valor típico	Máx.	
Rocas magmáticas				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Granito	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
Rocas metamórficas				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Micasquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos anfibolíticos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
Rocas sedimentarias				
Caliza	2,5	2,8	4	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,1-2,2
Sal	5,3	5,4	6,4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
Rocas no consolidadas				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8
Otros materiales				
Bentonita	0,5	0,6	0,8	aprox. 3,9
Hormigón	0,9	1,6	2	aprox. 1,8
Hielo (-10°C)		2,32		1,87
Plástico (PE)		0,39		
Aire (0 - 20 °C, seco)		0,02		0,0012
Acero		60		3,12
Agua (+ 10 °C)		0,58		4,19

Figura 5. 1. Conductividad térmica y capacidad térmica para diversos tipos de suelos y materiales. Guía Técnica de Sistemas de Bomba de Calor Geotérmica del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.  
Tabla 4.1

De la tabla anterior se ha escogido como suelo el indicado como “Arcilla/limo, saturado de agua”. Se ha tomado el límite superior para la conductividad térmica (2.3 W/(m\*K)) y el inferior para la capacidad térmica (1.6 MJ/(m³\*K)), ya que de esta forma se escoge un valor máximo para la difusividad térmica, considerando así el caso más desfavorable.

Al emplear el valor más desfavorable para la difusividad térmica, podremos asegurar que existirá un contraste de temperaturas entre el terreno y la superficie mayor al considerado en los cálculos.

La influencia de la difusividad térmica en la variación de la temperatura del terreno se representa en la siguiente gráfica.



*Figura 5. 2. Influencia de la difusividad térmica en la variación de la temperatura del terreno. Elaboración propia.*

En la Guía Técnica de Sistemas de Bomba de Calor Geotérmica del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en el apartado 5.1.5.1 “Determinar la temperatura máxima y mínima de la tierra”, se realiza un ejemplo con datos para la ciudad de Valencia. Dada la proximidad espacial, se han extraído los datos de dicho ejemplo para la aplicación en el caso de estudio. Los datos se corresponden con la temperatura media del terreno y con la máxima diferencia de temperaturas anual, con unos valores de 17.8°C y 11.05°C respectivamente.

El dato del desfase temporal ha sido extraído del apartado 4.1.1 “Métodos para calcular la evolución de temperatura del terreno” de la Guía Técnica de Sistemas de Bomba de Calor Geotérmica del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. En dicho apartado se da un valor típico para el valor del desfase temporal, teniendo este un valor de  $35 \pm 10$  días.

### 3 DATOS DE LA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.

Para obtener unos datos de potencia entregada y consumida de la bomba de calor geotérmica, para el ciclo de calefacción y refrigeración, se ha recurrido al catálogo de la empresa NIBE.

		MONOFÁSICAS				TRIFÁSICAS						
Tipo F1145-		5	8	10	12	5	6	8	10	12	15	17
Datos según norma EN 14511 Calefacción												
Potencia entregada a 0/35°C	(kW)	4.65	8.15	9.98	11.60	4.65	6.07	7.67	9.66	11.48	15.37	16.89
Potencia consumida a 0/35°C	(kW)	1.08	1.78	2.20	2.64	1.08	1.32	1.64	2.01	2.51	3.48	3.93
COP a 0/35°C		4.30	4.58	4.54	4.39	4.30	4.59	4.68	4.81	4.57	4.42	4.30
Potencia entregada a 5/35°C ***	(kW)	5.60	9.26	11.56	13.34	5.60	6.87	9.20	11.24	13.30	17.83	19.41
Potencia consumida a 5/35°C ***	(kW)	1.13	1.83	2.21	2.75	1.13	1.35	1.73	2.10	2.66	3.88	4.37
COP a 5/35°C ***		4.96	5.06	5.23	4.85	4.96	5.09	5.32	5.35	5.00	4.60	4.44
Potencia entregada a 10/45°C	(kW)	3.98	7.75	9.49	10.99	3.98	5.19	6.70	8.55	10.99	14.68	16.10
Potencia consumida a 10/45°C	(kW)	1.17	2.11	2.60	3.11	1.17	1.46	1.83	2.27	3.02	4.09	4.49
COP a 10/45°C		3.40	3.67	3.65	3.53	3.40	3.56	3.67	3.77	3.64	3.63	3.59
Potencia entregada a 5/45°C ****	(kW)	4.92	8.82	10.51	12.86	4.92	6.35	8.20	10.18	12.84	17.23	18.72
Potencia consumida a 5/45°C ****	(kW)	1.26	2.16	2.49	3.22	1.25	1.55	1.95	2.41	3.15	4.52	4.98
COP a 5/45°C ****		3.90	4.08	4.22	3.99	3.94	4.10	4.21	4.22	4.08	3.81	3.76
Potencia entregada a 0/55°C	(kW)	3.23	7.41	7.93	10.64	3.23	4.54	5.93	7.58	10.71	14.59	15.99
Potencia consumida a 0/55°C	(kW)	1.18	2.42	2.48	3.59	1.18	1.54	1.94	2.38	3.44	4.96	5.21
COP a 0/55°C		2.74	3.06	3.20	2.97	2.74	2.96	3.06	3.19	3.11	2.94	3.07
Refrigeración												
Potencia entregada a 35/10°C	(kW)	5.36	8.49	11.08	12.22	5.36	6.29	8.91	10.63	12.30	15.99	17.08
Potencia consumida a 35/10°C	(kW)	1.18	1.88	2.35	2.86	1.18	1.38	1.82	2.19	2.81	4.29	4.85
EER a 35/10°C		4.54	4.52	4.71	4.27	4.54	4.56	4.90	4.85	4.34	3.73	3.52
Tensión de alimentación (V)	(V)	230V 50Hz				400VAC 50Hz						
Fusible mínimo (tipo C) excluyendo resistencia	(A)	16	20	25	25	16	16	16	16	16	16	16
Resistencia eléctrica máxima	(kW)	7				9						
Refrigerante (R407C)	(kg)	1.2	1.7	2.0	2.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8
Máxima temp. medio calentamiento impulsión/retorno	(°C)	65/58				65/58						
Potencia nivel sonoro (LwA)*	(dBA)	37	43	43	43	37	42	43	43	43	42	42
Presión nivel sonoro (LpA)**	(dBA)	22	28	28	28	27	27	28	28	28	27	27
Alto	(mm)	1500				1500						
Ancho	(mm)	600				600						
Fondo	(mm)	620				620						
Peso Neto	(kg)	160	180	185	190	160	170	180	185	190	200	205

\*De acuerdo con la norma EN 12102 a 0/35°C

\*\*De acuerdo con la norma EN 11203 a 0/35°C a 1 m de distancia

\*\*\*Los valores en el punto 5/35°C son valores interpolados de los puntos 0/35°C y 10/35°C según la norma EN 14511

\*\*\*\*Los valores en el punto 5/45°C son valores interpolados de los puntos 0/45°C y 10/45°C según la norma EN 14511

NIBE GEOTERMIA 9

Figura 5. 3. Especificaciones técnicas para bombas de calor geotérmicas, gama F1145. Página web de NIBE.



De las especificaciones técnicas de la bomba de calor geotérmica escogida, solo se han requerido para los cálculos, los datos referentes a:

- La potencia entregada en modo calefacción para unas temperaturas de 5/35°C. Empleando un valor de 13.34 KW.
- La potencia entregada en modo refrigeración para unas temperaturas de 35/10°C. Empleando un valor de 12.22 KW.
- El COP de la bomba de calor para unas temperaturas de 5/35°C. Empleando un valor de 4.85.
- El EER de la bomba de calor para unas temperaturas de 35/10°C. Empleando un valor de 4.27.

El resto de datos geotérmicos empleados se han deducido directamente de los anteriores, o en su defecto, dada su escasa importancia, han sido detallados en el Anejo correspondiente, referenciando las fuentes de información.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DEL FLUIDO DE TRABAJO PARA EL CIRCUITO PRIMARIO.,

El fluido de trabajo, en este caso, agua sin anticongelante, tiene unas determinadas propiedades que influyen en el intercambio de calor. Estas propiedades son: La densidad, el calor específico, la densidad y la viscosidad cinemática.

Las anteriores propiedades para el agua, se resumen en la siguiente tabla:

Temperatura (°C)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/Kg*K)	Viscosidad (Pa.s)
0	999.8	4217.6	0.001793
5	1000	4204.85	0.00155
10	999.7	4192.1	0.001307
15	999.1	4186.95	0.0011545
20	998.2	4181.8	0.001002
25	997	4180.1	0.00089985
30	995.6	4178.4	0.0007977
35	994.1	4178.45	0.00072545
40	992.2	4178.5	0.0006532
45	990.2	4179.55	0.0006001
50	988.1	4180.6	0.000547
55	985.7	4182.45	0.00050675
60	983.2	4184.3	0.0004665
65	980.6	4186.9	0.00043525
70	977.8	4189.5	0.000404

*Figura 5.4. Propiedades físicas del agua en función de su temperatura.*