



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos.  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



# ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO GEOTERMICO EN EL EDIFICIO JUAN DE LA COSA

Trabajo realizado por:  
*Joaquín López Uriarte*

Dirigido:  
*Pablo Pascual Muñoz*

Titulación:  
**Grado en Ingeniería Civil**

Santander, Junio de 2015

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

# ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO GEOTÉRMICO EN EL EDIFICIO JUAN DE LA COSA

**AUTOR:** Joaquín López Uriarte

**DIRECTOR:** Pablo Pascual Muñoz

**CONVOCATORIA:** Junio de 2015

**PALABRAS CLAVE:** Estudio, Geotermia

## OBJETIVO DEL ESTUDIO

En el presente proyecto se realiza un estudio sobre el uso de la energía geotérmica para la climatización del Colegio Mayor Juan de la Cosa, calculando el número de sondeos necesarios, su posición y todos los elementos que requiere la instalación para extraer el calor del subsuelo, así como su ejecución. Para ello se analizarán todos los parámetros necesarios como son la geología, el clima, el emplazamiento de la obra, las demandas energéticas del edificio a lo largo del año, así como el número de horas de utilización del sistema. Se realizarán las simulaciones pertinentes para comprobar el correcto funcionamiento del sistema escogido, y finalmente, se definirá la solución constructiva necesaria para dar cumplimiento a estos requisitos establecidos.

## CONTEXTO TEÓRICO

La energía geotérmica de baja entalpía consiste en transmitir energía térmica desde el subsuelo a pequeña profundidad a una edificación. Cuando sea necesario un aporte de calor en el edificio usando el sistema como calefacción, o cuando sea necesario refrigerar las estancias se transportará el calor del interior de la edificación a las capas superficiales de la Tierra.

La energía geotérmica de baja entalpía, presente en cualquier punto del planeta, es una energía renovable, está disponible las 24 horas del día, 365 días al año, es segura, previsible, medible, controlable, dosificable, prácticamente inagotable, presente en cualquier punto de la corteza terrestre y con muy bajos niveles de utilización en España. Existen diversas formas de aprovechar esta energía. La utilizada en este estudio consiste en un sistema de lazo cerrado con ejecución de sondas geotérmicas verticales situadas debajo del edificio.

## UBICACIÓN Y MARCO GEOLOGICO

El lugar donde se encontrará el edificio sobre el que se realiza el estudio del empleo de la geotermia de muy baja entalpía se ubica en el actual solar situado en el número 55(D) de la avenida de los Castros de la ciudad de Santander (39005). Al Norte se dispone la avenida de los Castros, al Sur la calle Honduras, al Oeste el parque municipal de la Teja y al Este un solar con edificaciones de tipología abierta de uso residencial.

En esta zona la geología presente para un sondeo menor a 170 m sería la que se muestra en los siguientes dos puntos:

1. Una capa formada por una alternancia de margas y calizas margosas, con potencias de centímetros o decímetros y abundantes huellas de escapes de agua. En el sondeo esta primera capa tiene una profundidad de unos 80-90m desde la cota de proyecto.
2. Una segunda capa formada predominantemente por calcarenitas, junto con calizas bioclásticas y arenosas, con potencia decimétrica o métrica, muy regulares, y que presentan superficies de estratificación muy bien definidas con frecuencia por juntas margosas. En esta segunda capa se alcanzan los 150-170m de profundidad desde la cota de proyecto.

## **BASES DE DISEÑO**

Las bases de diseño usadas para el dimensionamiento del sistema geotérmico a partir de los requisitos de demanda energética del edificio y de las características geológicas del terreno en el que se ejecutará el campo de sondas están resumidas en la siguiente tabla:

<b>Demanda energética</b>	Calefacción: 222131,4 kWh/año Refrigeración: 37211,80 kWh/año ACS: 98389,56 kWh/año
<b>Generador térmico</b>	Potencia Calefacción:120 kW Potencia Refrigeración:70 kW COP:4
<b>Campo de Sondas (Intercambiador)</b>	Superficie disponible: 35m x 65m Tipo de intercambiador: Vertical Distancia entre sondas: 10m Profundidad máxima: 170m Diámetro: 139,7mm
<b>Subsuelo y material de relleno</b>	Conductividad subsuelo: 2,4 W/mK Conductividad relleno: 2,1 W/mK
<b>Sondas geotérmicas</b>	Material: PE-Xa Diámetro exterior: 32mm Espesor: 2,9 mm Rugosidad: 0,007 mm Conductividad térmica: 0,50 W/mK
<b>Fluido caloportador</b>	Tª de congelación: -14 °C Contenido: 30% Etilenglicol Densidad: 1,049 kg/m <sup>3</sup> Viscosidad:0,00439 kg/ms Conductividad térmica: 0,455 W/mK Rango de temperaturas: -5°C a 40°C
<b>Tuberías tramo horizontal</b>	Material: PE100 Diámetro exterior: 40 mm Espesor: 3,7 mm Rugosidad: 0,04 mm
<b>Tuberías BC- Colector/Distribuidor</b>	Material: PE100 Diámetro exterior: 63mm Espesor: 5,8mm Rugosidad: 0,04mm

## ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Para determinar el número de sondeos, su profundidad y configuración se parte de los datos de demanda energética del edificio y de la maquinaria a instalar, y se procede a la simulación del comportamiento térmico del subsuelo para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación a lo largo de los años. Dicho cálculo se ejecuta mediante el software EED 3.2, muy habitual en el diseño de intercambiadores verticales.

Se realizaron un total de 4 simulaciones, descartando la primera de ellas por no satisfacer las necesidades energéticas del edificio. La segunda simulación, realizada para una sonda tipo simple U cumple con los requerimientos mínimos de la instalación. Sin embargo, con el objetivo de buscar reducir los costes se lleva a cabo una tercera simulación con una sonda tipo doble U, que permita ahorrar metros de perforación y por tanto reduzca el presupuesto final. Una vez calculada esta tercera simulación y comprobando que efectivamente los metros de perforación son menores a los de la segunda, se comprueba que esta es capaz de satisfacer la demanda energética del edificio. Se observa que esta tercera alternativa está muy cerca de los límites impuestos al fluido refrigerante, por lo que se decide realizar una última simulación con un ligero aumento de la profundidad de los sondeos, cumpliendo de forma más segura con los valores límites impuestos al fluido refrigerante.

## EJECUCIÓN DEL SONDEO Y PRUEBAS

Primero es necesaria la perforación de este tipo de suelo, que puede ser ejecutado mediante distintos métodos, siendo la rotación directa con el empleo de lodos en circulación directa para la extracción del detritus la considerada en el estudio. Las entubaciones serán necesarias al menos en la primera parte del sondeo para asegurar el sostenimiento del terreno.

La introducción del intercambiador (de material tipo PEX) se realizará una vez la perforación esté acondicionada, de manera que se eviten posibles colapsos de las paredes del sondeo. Se revisará que las sondas carezcan de arañazos ocasionados en el transporte o durante su manipulación. Las sondas dispondrán de separadores que mantengan los tubos separados entre sí una distancia dada, llevando en el centro el registro para colocar el tubo de inyección. Las sondas se introducirán cargadas de la mezcla de agua-anticongelante. Esto permitirá que la tubería baje por gravedad, con la precaución de introducir las a una velocidad demasiado alta que evite el roce las sondas con la boca o las paredes de la perforación. Se introducirá manualmente o con la ayuda de un mecanismo desenrollador.

Antes de la inyección del relleno se recomienda realizar una primera prueba de presión sometiendo al intercambiador a una presión de 6 bar durante 30 minutos. Si la prueba es satisfactoria se inyectará el material de relleno mediante tubería de inyección desde la base de la perforación. La mezcla del relleno se realizará mediante una planta de inyección.

Una vez cementado el sondeo, se realiza una prueba de presión definitiva según la norma UNE 100715-1, cuyo esquema operativo se resume en lo siguiente:

- Se mantienen los tubos en reposo, sin carga durante al menos 1 hora.
- Se lleva la sonda a la presión de prueba ( $12 \pm 1$  bar) en un tiempo de 10 minutos.
- Se mantiene en presión (al menos 10 bar) durante 10 minutos.

- Periodo de espera: 60 minutos. Caída de presión máxima: 30%.
- Se reduce la presión rápidamente en 2 bar mediante vaciado de agua. Se mide la cantidad evacuada y se anota el nuevo valor de la presión.
- Comienza la prueba principal (30 minutos). Se mide la presión a los 10,20 y a los 30 minutos. La prueba de presión es satisfactoria si, al cabo de esa tercera medición, la caída de presión máxima es de 0,1 bar.
- Después de un tiempo adicional de 90 minutos, la caída de presión debe ser inferior a 0,25 bar.

La conexión de los sondeos a la sala de máquinas se realiza mediante tubos PEAD. Para ello se realiza la excavación de zanjas de 1m de profundidad, en las que se coloca una cama de arena de 10 cm para evitar que los tubos PEAD se arañen. Se colocará otra capa de arena encima de los tubos PEAD y el resto se rellenará con la propia tierra de la excavación.

## VIABILIDAD ECONÓMICA Y ELECCIÓN FINAL

La tabla que se muestra a continuación recoge de forma resumida los presupuestos calculados para cada una de las alternativas antes definidas, excluyendo la primera de ellas por razones técnicas:

	P. TH	P. SV	P. MAQ	P. OT	PEM
<b>ALTERNATIVA Nº2</b>	20060,02 €	161534,00 €	49400,40 €	5775,00 €	236767,02 €
<b>ALTERNATIVA Nº3</b>	18622,24 €	143436,00 €	49400,00 €	8137,50 €	219595,74 €
<b>ALTERNATIVA Nº4</b>	18622,24 €	146880,00 €	49400,00 €	9040,00 €	223942,24 €

P.TH: Presupuesto Tramo Horizontal. P.SV: Presupuesto Sondeos Verticales. P.MAQ: Presupuesto Maquinaria. P. OT: Presupuesto Otros. PEM: Presupuesto de Ejecución Material.

En un primer análisis se observa que la alternativa Nº2 es la más cara debido a la gran cantidad de metro de perforación que se debe ejecutar, principalmente. Si se analiza también el presupuesto del tramo horizontal se observa que la alternativa Nº2 es también la más cara. Esto es debido a que los metros cúbicos de excavación y los metros de tubería son mayores por el mayor número de sondeos que se deben ejecutar.

Analizando el coste de los sondeos verticales se observa esta diferencia debido a que el metro de perforación de sondeo es más caro que el metro de intercambiador, por lo que reduciendo los metros de perforación se conseguirá un ahorro de los costes.

Por tanto, puesto que la alternativa Nº2 es un 7,81% más cara que la alternativa Nº3, y un 5,7% más cara que la alternativa Nº 4, puede ser descartada por motivos económicos.

La diferencia entre las alternativas Nº3 y la Nº4 es de 4346,5 €, un 1,9% del presupuesto de la alternativa Nº3. Apenas hay diferencia económica significativa entre ambas, pero atendiendo a motivos técnicos la alternativa Nº4 está dispuesta del lado de la seguridad, mientras que la alternativa Nº3 está ligeramente más ajustada a los valores límites. Por tanto para asegurar el mejor funcionamiento del sistema diseñado se decide que la alternativa Nº4 es la alternativa más adecuada con un presupuesto base de licitación de 322.454,42 €.

# **STUDY OF ALTERNATIVES FOR THE EXPLOITATION OF GEOTHERMAL ENERGY ON JUAN DE LA COSA BUILDING**

**AUTHOR: Joaquín López Uriarte**

**DIRECTOR: Pablo Pascual Muñoz**

**CALL: June 2015**

**KEYWORDS: Study, Geothermal energy**

## **OBJECTIVE OF THE STUDY**

In this project a study about the use of geothermal energy for air conditioning of the Colegio Mayor Juan de la Cosa is done. The number of probes required, its position, all the elements required for the installation to extract heat from the subsoil, and the execution thereof are calculated. To this end, all the necessary parameters such as geology, climate, construction site, the energy demands of the building throughout the year, and the number of hours of use of the system will be analyzed. Relevant simulations will be conducted to verify proper operation of the system that will be chosen, and finally, the constructive solution will be defined to comply with these requirements.

## **THEORETICAL CONTEXT**

The low enthalpy geothermal energy consists of transmitting thermal energy from underground short depth to a building. When a heat input into the building is needed, the use of the system is as heating. Or It is used for cooling when is necessary transport the heat inside the building to the surface layers of the Earth.

Geothermal energy of low enthalpy present in anywhere in the world, is a renewable energy, is available 24 hours a day, 365 days a year, is safe, predictable, measurable, controllable, metered, virtually inexhaustible, present at any point of the terrestrial crust and with very low levels of use in Spain. There are several ways to exploit this energy. Used in this study is a closed system. The implementations of vertical geothermal boreholes are located under the building.

## **LOCATION AND GEOLOGICAL FRAMEWORK**

The location of the building, on which the study of the use of very low enthalpy geothermal will be performed, is located on the current site located at number 55 (D) of the Avenue of the Castros of the city of Santander (39005). At the North, Avenue Castros, At South, Honduras Street, At West, La Teja park, and at the East, buildings for residential use are available.

Geology in this area present for less than 170 m depth would be shown in the following two points:

1. A layer formed by an alternation of marl and marly limestones, with powers of centimeters or decimeters and abundant traces of water leaks. In this first layer the borehole has a depth of about 80-90m from the level of project.

2. A second layer formed predominantly by calcarenitas, with bioclastic and sandy limestones with power decimeter or meter, very regular, and having well-defined surfaces frequently stratification by marly joints. In this second layer the 150-170m depth are achieved from the level of project.

### DESIGN BASES

The design bases used for dimensioning the geothermal system are summarized in the following table:

<b>Energy demand</b>	Heat: 222131,4 kWh/año Cool: 37211,80 kWh/año DHW: 98389,56 kWh/año
<b>Heat pump</b>	Heating power:120 kW Cooling power:70 kW COP:4
<b>Field probes (Exchanger)</b>	Surface available: 35 m x 65 m Exchanger type: Vertical Borehole spacing: 10 m Maximun depth: 170 m Diameter: 139,7 mm
<b>Basement and fillers</b>	Subsoil conductivity: 2,4 W/mK Fill conductivity: 2,1 W/mK
<b>Geothermal probes</b>	Material: PE-Xa Outside diámetro: 32mm Thickness: 2,9 mm Rugosity: 0,007 mm Thermal conductivity: 0,50 W/mK
<b>Heat transfer fluid</b>	Freezing T <sup>a</sup> : -14 °C Content: 30% Etilenglicol Densiy: 1,049 kg/m <sup>3</sup> Viscosity:0,00439 kg/ms Thermal conductivity: 0,455 W/mK Temperatures rank: -5°C a 40°C
<b>Horizontal pipes</b>	Material: PE100 Outside diámetro: 40 mm Thickness: 3,7 mm Rugosity: 0,04 mm
<b>Pipes to Heat pump from Manifold</b>	Material: PE100 Outside diámetro: 63mm Thickness: 5,8mm Rugosity: 0,04mm

### STUDY OF ALTERNATIVES

To determine the number of probes, depth and configuration of the building, is needed to start knowing the data and machines which have to be installed, and proceeds to simulate the thermal behavior of the subsoil over the years to ensure correct operation of the installation.

This calculation is performed by EED 3.2 software, very common in the design of vertical heat exchangers.

A total of 4 simulations are performed, discarding the first because it doesn't provide the building energy needs. The second one is made with a single probe type U, it provides us the building energy needed with the minimum requirements of the installation. With the aim of seeking to reduce costs, a third simulation with a probe double U type is simulated, which save us meters of drilling and therefore reduce the final budget. After calculating the third simulation, and checking that effectively meters of drilling are below those of the second drilling, it is found that is capable of meeting the energy demands of the building. It is noted that this third option is very close to the cool limits for the heat transfer fluid, so it was decided to make one last simulation with a slight increase in the depth of the boreholes. Serving more safely to the limits given for the heat transfer fluid.

## **BOREHOLE EXECUTION AND TESTS**

This first drilling soil type is required, which can be executed by various methods, the method chosen in this study is the rotation with the use of sludge in direct circulation for debris extraction. The casings will be needed at least in the first part of the boreholes to ensure the sustainability of the land.

The introduction of the exchanger (PEX material) will be made once walls of drilling are fitted. It will review the probes lack of scratches caused during transport or during handling. The probes will have dividers that keep apart a given distance the pipes. In the the dividers center will have a hole where will be placed the injection tube. Probes were loaded with the water-antifreeze mixture before they will be introduced in the borehole. This will allow gravity pipe down, taking care to don't introduce at a rate too high to avoid rubbing the probes with the mouth or the walls of the borehole. It will be introduced manually or with the aid of an unwinding mechanism.

Before injection of the filling it is recommended a first pressure test subjecting the exchanger at a pressure of 6 bar for 30 min. If the test succeeds the filling material is injected through injection pipe from the base of the drilling. The filling mixture is made by injection plant.

Once cemented the survey, final pressure test is performed according to the UNE 100715-1, whose operating scheme is summarized as follows:

- The tubes were kept idle without load for at least 1 hour.
- The probe is brought to test pressure ( $12 \pm 1$  bar) in a time of 10 minutes.
- Stays in pressure (at least 10 bar) for 10 minutes.
- Waiting Period: 60 minutes. Maximum pressure drop: 30%.
- The pressure is quickly reduced by 2 bar through water drain. the discharged amount is measured and the new pressure value is noted.
- Start main test (30 minutes). The pressure is measured at 10,20 and 30 minutes. The pressure test is satisfactory if, after the third measurement, the maximum pressure drop is 0.1 bar.
- After an additional 90 minutes, the pressure drop should be less than 0.25 bar.

Borehole connection to the heat pumps room is made by HDPE pipes, for it is needed to do a trench with 1m deep, where a sand bed of 10 cm is placed to prevent scratching HDPE tubes is done. Another layer of sand over the HDPE tubes are placed and the rest is filled with ground own previous excavation.

## ECONOMIC FEASIBILITY AND FINAL CHOOSE

The table below shows schematically the summaries of the budgets for each of the alternatives:

	P. TH	P. SV	P. MAQ	P. OT	PEM
ALTERNATIVE N°2	20060,02 €	161534,00 €	49400,40 €	5775,00 €	236767,02 €
ALTERNATIVE N°3	18622,24 €	143436,00 €	49400,00 €	8137,50 €	219595,74 €
ALTERNATIVE N°4	18622,24 €	146880,00 €	49400,00 €	9040,00 €	223942,24 €

(P. TH) Budget horizontal pipes, (P. SV) Budget boreholes, (P. MAQ) Budget machinery, (P. OT) Budget others, (PEM) Material Budget Execution

In a first analysis indicates that the alternative N° 2 is the most expensive because of the large number of underground drilling to be executed mainly. If the budget of the horizontal section is also analyzed it shows that the alternative N° 2 is also the most expensive. This is because the cubic meters of excavation and pipe meters are higher for the largest number of probes to be executed.

Analyzing the cost of vertical soundings noticed this difference because the survey meter drilling is more expensive than the exchanger, then reducing meters of drilling cost savings will be achieved.

Therefore, The alternative N° 2 is 7.81% more expensive than the alternative N° 3 and a 5.7% more expensive than the alternative N° 4. In this order, the alternative N° 3 may be discarded for economic reasons.

The difference between the alternative N° 3 and alternative N° 4 is 4346.5 euros, 1.9% of the budget for the alternative N° 3. It is not a significant economic difference between these two alternatives. But in response to technical reasons the alternative N°.4 is willing side of safety, while alternative N° 3 is more in line with the limit values. Therefore to ensure the proper functioning of the system it decides that the alternative N° 4, despite a small increase in the budget, is the best alternative with a tender base budget of € 322,454.42.



# TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de alternativas para el  
aprovechamiento geotérmico en  
el edificio Juan de la Cosa



Joaquín López Uriarte

Junio 2015

# ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
1. MEMORIA.....	6
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	7
1.2. GEOTERMIA.....	7
1.2.1. Definición.....	7
1.1.1. Sistemas de intercambiadores.....	11
1.1.2. Tipos de intercambiadores.....	17
1.1.3. Material de relleno del sondeo.....	18
1.1.4. Conductividad térmica del terreno.....	19
1.1.5. Diseño de un intercambiador geotérmico.....	19
1.3. APLICABLE A NUESTRO ESTUDIO.....	21
1.4. LEGISLACIÓN APLICABLE.....	21
1.5. UBICACIÓN.....	22
1.6. MARCO GEOLÓGICO.....	22
1.6.1. Introducción.....	22
1.6.2. Geología.....	23
1.6.3. Hidrogeología.....	26
1.7. BASES DE DISEÑO.....	27
1.7.1. Introducción.....	27
1.7.2. Demanda energética.....	27
1.7.3. Datos del subsuelo.....	29
1.7.4. Datos y materiales usados para el dimensionamiento.....	30
1.8. PROPIEDADES TÉRMICAS (TRT).....	32
1.8.1. Introducción.....	32
1.8.2. Descripción.....	32
1.8.3. Resultados TRT.....	39
1.9. DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DE SONDAS.....	39
1.9.1. Introducción.....	39
1.9.2. Evaluación de alternativas.....	40
1.9.2.1. SIMULACIÓN 1.....	40
1.9.2.2. SIMULACIÓN 2.....	42
1.9.2.3. SIMULACIÓN 3.....	45
1.9.2.4. SIMULACIÓN 4.....	47

1.10.	EJECUCIÓN DEL CAMPO DE SONDAS .....	50
1.10.1.	Perforación de los sondeos .....	50
1.10.2.	Introducción de las sondas.....	52
1.10.3.	Tramo horizontal.....	53
1.11.	PRUEBAS FINALES.....	55
ANEXO 1: GEOLOGÍA .....		56
1.	INTRODUCCIÓN .....	57
2.	MARCO GEOLOGICO REGIONAL.....	57
3.	MARCO LOCAL.....	59
3.1.	Introducción .....	59
3.2.	Estratigrafía .....	60
4.	ZONA DE ESTUDIO.....	61
5.	HIDROGEOLOGÍA.....	66
6.	CONDUCTIVIDAD TERMICA .....	70
ANEXO 2: PROPIEDADES TÉRMICAS (TRT) .....		73
ANEXO 3: CÁLCULOS .....		75
1.	INTRODUCCIÓN .....	76
2.	CAUDAL POR INTERCAMBIADOR.....	76
ANEXO 4: MATERIALES Y MÁQUINAS .....		78
1.	Bomba de calor .....	79
2.	Máquina perforadora KLEMM K707-1W.....	85
3.	Anticongelante TYFOCOR GE.....	88
4.	Tubería PE-Xa y PE100.....	94
5.	Colector modular REAHU .....	97
6.	Uniones en “Y” y Distanciadores REAHU.....	98
7.	Manguitos soldables REAHU .....	99
8.	Plantas de inyección SOLUTEC .....	101
9.	Mortero de relleno de los sondeos .....	103
10.	Bomba de circulación .....	104
ANEXO 5: SIMULACIONES .....		106
1.	SIMULACIÓN 1.....	107
2.	SIMULACIÓN 2.....	113
3.	SIMULACIÓN 3.....	119

4.	SIMULACIÓN 4.....	125
ANEXO 6: PLAN DE OBRA .....		131
1.	INTRODUCCIÓN .....	132
2.	OBJETIVOS .....	132
3.	UNIDADES DE OBRA .....	132
3.1.	INSTALACIONES Y REPLANTEO .....	133
3.2.	SONDAS VERTICALES .....	133
3.3.	TRAMOS HORIZONTALES.....	133
3.4.	CONEXIÓN DE MÁQUINAS .....	134
3.5.	PRUEBAS DE CARGA .....	134
4.	RESUMEN DE PLAZOS.....	134
5.	PLAN DE OBRA.....	134
ANEXO 7: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....		136
1.1.	OBJETO .....	137
1.2.	OBLIGATORIEDAD.....	137
1.3.	NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLE A LA OBRA.....	137
1.4.	DESARROLLO DEL ESTUDIO BÁSICO .....	137
1.5.	PRINCIPIOS GENERALES APLICABLES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA .....	138
5.7.	OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.....	138
5.6.	OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTONOMOS .....	139
5.8.	LIBRO DE INCIDENCIAS .....	140
5.9.	INFORMANCIÓN A LOS TRABAJADORES .....	140
5.10.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	140
5.11.	MEDIDAS TÉCNICAS.....	141
2.	PLIEGO DE CONDICIONES Y PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.....	146
2.1.	CONDICIONES GENERALES .....	147
2.1.1.	Objeto y campo de aplicación .....	147
2.1.2.	Alcance de la obra .....	147
2.1.3.	Recepción, almacenamiento y conservación de materiales .....	148
2.1.4.	Calidad de los materiales y equipos empleados en la obra .....	149
2.1.5.	Limpieza de la obra.....	150
2.1.6.	Libro de órdenes.....	150
2.1.7.	Pruebas parciales y finales .....	151

2.1.8.	Mantenimiento.....	154
2.1.9.	Recepción .....	154
2.2.	CONDICIONES TÉCNICAS .....	154
2.2.1.	Perforaciones y sondas verticales .....	154
2.2.2.	Tramo horizontal (Conexión al colector).....	156
2.2.3.	Equipos electromecánicos.....	157
2.2.4.	Especificaciones eléctricas .....	165
2.3.	CONDICIONES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS .....	165
2.3.1.	Medición y abono.....	165
2.3.2.	Responsabilidad del Contratista.....	166
2.3.3.	Garantías .....	166
3.	PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA .....	167
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	168
3.2.	VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS .....	168
3.2.1.	Resumen del presupuesto de la alternativa Nº2 .....	168
3.2.2.	Resumen del presupuesto de la alternativa Nº3 .....	168
3.2.3.	Resumen del presupuesto de la alternativa Nº3 .....	168
3.2.4.	Análisis de viabilidad económica.....	168
3.3.	PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	170
3.4.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	175
4.	PLANOS.....	176

# 1. MEMORIA

## 1.1. OBJETO DEL PROYECTO

En el presente proyecto se realiza un estudio sobre el uso de la energía geotérmica para la climatización del Colegio Mayor Juan de la Cosa, calculando el número de sondeos necesarios, su posición y todos los elementos que requiere la instalación para extraer el calor del subsuelo, así como su ejecución. Para ello se analizarán todos los parámetros necesarios como son la geología, el clima, el emplazamiento de la obra, las demandas energéticas del edificio a lo largo del año, así como el número de horas de utilización del sistema. Se realizarán las simulaciones pertinentes para comprobar el correcto funcionamiento del sistema escogido, y finalmente, se definirá la solución constructiva necesaria para dar cumplimiento a estos requisitos establecidos.

Según el IDAE, la climatización supone más del 65% del consumo energético de edificaciones en España. Con el empleo la energía geotérmica como alternativa para la calefacción y refrigeración de un edificio, así como para la obtención de agua caliente sanitaria, se podrá reducir el gasto energético de manera sostenible, reduciendo además las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 1.2. GEOTERMIA

### 1.2.1. Definición

Este tipo de energía consiste en transmitir energía térmica desde el subsuelo a pequeña profundidad, a una edificación cuando sea necesario un aporte de calor para usarlo como calefacción, y en transportar el calor del interior de la edificación a las capas superficiales de la Tierra cuando se pretenda refrigerar las estancias.

La energía geotérmica de baja entalpía, presente en cualquier punto del planeta, es una energía renovable, está disponible las 24 horas del día, 365 días al año, es segura, previsible, medible, controlable, dosificable, prácticamente inagotable, presente en cualquier punto de la corteza terrestre y con muy bajos niveles de utilización en España, pero con perspectivas de crecimiento, llegando en un futuro a estar presentes en muchos hogares. Su uso dentro de un hogar puede ser empleado tanto en calefacción como en refrigeración, o para agua sanitaria.

La temperatura de la superficie de la Tierra, en su conjunto, es de alrededor de 13°C de manera global, pero es muy diferente de unos lugares a otros, pues está determinada por el equilibrio que se establece entre la radiación solar, que penetra hasta poca profundidad en el terreno, el agua de lluvia que moja el suelo, se infiltra y circula por el subsuelo, el calor que el propio suelo irradia a la atmósfera, el flujo de calor geotérmico que asciende desde el interior del planeta, y por las interrelaciones entre todos ellos.

Así, la superficie terrestre sufre las variaciones diarias de temperatura ambiente hasta una profundidad de 0,5m y las variaciones estacionales hasta una profundidad de alrededor de 10m.

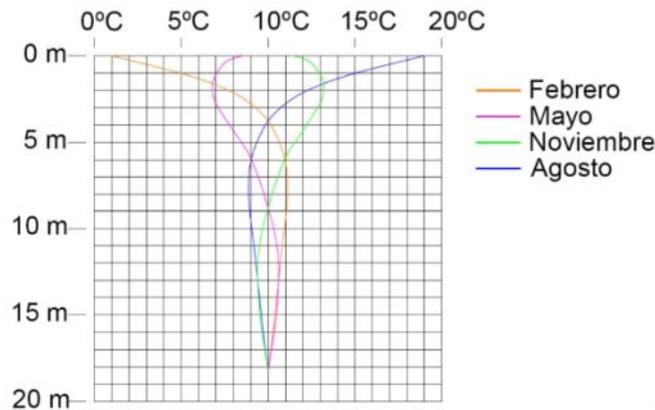


FIGURA 1: Variación de temperatura con la profundidad

A aproximadamente 15m de profundidad (FIGURA 1) se considera que el terreno está a una temperatura constante todo el año, con un valor ligeramente superior a la temperatura media anual de la superficie. Dicho valor depende del clima, de la vegetación, de la cobertura del suelo, de la cantidad de precipitaciones en forma de lluvia o nieve, de la pendiente, de la circulación subterránea de agua y de las propiedades generales del terreno.

A partir de 20m de profundidad, la temperatura aumenta a razón de unos 3°C cada 100m, si bien esto puede variar en algunos puntos de mayor actividad tectónica, como consecuencia del gradiente geotérmico. En la mayoría de los lugares del planeta, a 400 m de profundidad las rocas se encuentran a una temperatura de 25-30°C.

Esa profundidad de 400m es la que se utiliza, de forma arbitraria, para marcar la diferenciación entre energía geotérmica superficial, o de poca profundidad, y energía geotérmica profunda. Igualmente, la temperatura de 30°C sirve para distinguir la energía geotérmica de muy baja temperatura, o de muy baja entalpía, de otras categorías de energía geotérmica.

El flujo de calor geotérmico que llega a la superficie del planeta es muy pequeño, de 0.05 a 0.12W/m<sup>2</sup>, comparado con los más de 1000W/m<sup>2</sup> que representa la radiación solar.

Hasta una profundidad de 10 a 20m, la contribución del flujo de calor geotérmico en el balance energético del subsuelo es muy pequeña. Sólo a profundidades mayores de 100m es el factor principal. (FIGURA 2)

Cualquier medio que se encuentra a una temperatura superior al cero absoluto (-273°C) contiene calor, y el calor pasa de forma natural de un medio a temperatura más alta a otro que se encuentre a menor temperatura.

El subsuelo puede considerarse como una fuente de calor, y bastará ponerlo en comunicación con otro medio a menor temperatura. Puede considerarse también como un sumidero de calor, o una fuente de frío, si se encuentra en contacto con un medio que esté a mayor temperatura. Además, si se tiene en cuenta el gran volumen de terreno disponible y su nivel de temperatura relativamente constante, puede considerarse como un almacén de calor.

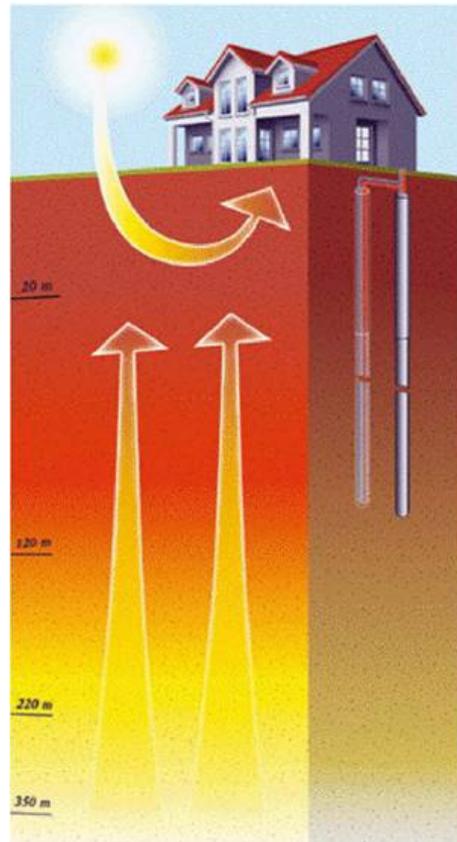


FIGURA 2: Influencia de la temperatura solar y geotérmica.

Esas propiedades del subsuelo, (fuente, pozo y almacén de calor) lo hacen especialmente apropiado para ser utilizado en aplicaciones de energía geotérmica de muy baja temperatura, como son la calefacción y climatización de edificios, así como la producción de agua caliente sanitaria mediante la utilización de sistemas geotérmicos, también llamados sistemas de bombas de calor geotérmicas o bombas de calor acopladas al terreno. Estos sistemas respetan el medio ambiente, y es un recurso renovable y sostenible.

La utilización de sistemas geotérmicos para calefacción y climatización de edificios puede conducir a importantes ahorros de energía. Comparados con sistemas clásicos, se puede reducir el consumo de energía entre un 30% y 70% en modo calefacción, y entre un 20% y un 95% en modo refrigeración.

Un sistema geotérmico de baja entalpía está integrado, generalmente, por tres subsistemas principales:

1. Un intercambiador de calor subterráneo, que extrae calor del subsuelo o evacua el calor de un edificio.
2. Una bomba de calor, que transfiere el calor entre el intercambiador de calor subterráneo y el sistema de distribución de un edificio.
3. Un sistema de distribución que encauza el calor o el frío a las diferentes estancias del edificio a climatar.

El calor natural de suelo es absorbido por un fluido portador del calor que circula por el interior del intercambiador subterráneo, y es transportado por una red de tubos enterrados hasta un edificio

donde, en modo calefacción, es introducido en el intercambiador de calor de una bomba de calor y, una vez enfriado, retorna al subsuelo en circuito cerrado a captar más calor. Si ese fluido es agua subterránea (sistemas abiertos), se devuelve al propio acuífero.

En la bomba de calor, el calor del subsuelo es transferido a un fluido frigorígeno que se vaporiza y éste es aspirado por un compresor eléctrico que eleva su temperatura al comprimirlo. El fluido frigorígeno cede su calor al agua del circuito de calefacción o al aire de las estancias a calentar. A continuación, el fluido frigorígeno se condensa y retorna al estado líquido. Un descompresor baja la presión del líquido frigorígeno que inicia otra vez su vaporización.

En modo refrigeración se invierte el sentido de funcionamiento del sistema y el calor excedente del edificio es evacuado al suelo fresco.

Al igual que una bomba de calor clásica, una bomba de calor geotérmica, en el fondo, es un acondicionador de aire que puede funcionar en sentido inverso en invierno. Sin embargo, al contrario que las bombas de calor de aire clásicas, las utilizadas en los sistemas geotérmicos pueden mantener un rendimiento y una potencia elevadas, incluso cuando la temperatura del aire ambiente alcanza valores extremos en invierno o en verano, pues sus componentes no están expuestos a la intemperie.

Muchos sistemas geotérmicos pueden utilizarse para producir agua caliente sanitaria, calentando el agua de un depósito al recuperar parte del calor refrigerante de la bomba de calor. Cuando la bomba de calor no funciona, una resistencia eléctrica calienta el agua sanitaria. También se puede producir agua caliente sanitaria con la ayuda de otra bomba de calor agua-agua independiente, que puede funcionar todo el año.

Hay que tener en cuenta que si se extrae mucho calor del suelo, este podría llegar a helarse, lo que requiere una buena proyección del sistema para que este funcione correctamente. Este efecto de congelamiento es más fácil conseguirlo en un intercambiador horizontal con sistema de expansión directa, es decir, que en vez de circular agua con un anticongelante por los intercambiadores, lo que fluye es el propio refrigerante de la bomba. Con esto se elimina así el intercambiador fluido-refrigerante y la bomba de circulación, mejorando la transferencia de calor y obteniendo un mayor rendimiento termodinámico y una mayor eficiencia energética. Sin embargo, requiere de gran cantidad de refrigerante y el suelo se ve sometido a diferencias de temperatura muy altas. Para calefacción en invierno, la temperatura más baja de los serpentines subterráneos puede ocasionar humedad en el suelo pudiendo llegar a helarse, provocando abombamientos en el terreno, pudiendo producirse en verano el proceso contrario y disipar la humedad del terreno.

Un intercambiador subterráneo puede recurrir al agua subterránea o al terreno como fuente y sumidero de calor. Existen diferentes sistemas de intercambiadores, sistemas abiertos, cerrados, y aquellos que presenta alguna particularidad respecto a estos o son totalmente diferentes. Todos ellos se describen a continuación.

### 1.1.1. Sistemas de intercambiadores

#### Sistemas abiertos

En los sistemas abiertos, se utilizan pozos desde los que se bombea agua. Para la elección de estos se tiene en cuenta la cantidad y la calidad de agua, así como los requisitos medioambientales que tienen que ser cumplidos. El intercambiador subterráneo es el propio acuífero, desde los que se bombea el agua. Esta agua se devuelve al pozo por un segundo pozo de inyección. (FIGURA 3)



FIGURA 3: Esquema de un sistema abierto

Tenemos diferentes formas de colocar los intercambiadores. Así, entre los sistemas abiertos existen los pozos tradicionales, en los que pozos de extracción e inyección están diferenciados en pozos de producción y los pozos de inyección. Por el de producción se extrae el agua y por el de inyección se inyecta. En este caso los pozos deben estar separados lo suficiente como para que entre ellos no se produzca ninguna interferencia. O ser un solo pozo, los llamados pozos de columna estancada (FIGURA 4), en los que el agua se bombea desde el fondo de un pozo y, una vez ha abandonado la bomba de calor o el intercambiador intermedio, se vierte al acuífero por el mismo pozo a través del filtro de grava que rellena el espacio anular entre la tubería de bombeo y el revestimiento del pozo.



FIGURA 4: Esquema de pozo de columna estanca

Los sistemas abiertos han sido los primeros sistemas empleados para alimentar las bombas de calor geotérmicas, y han dado buenos resultados. Pero las nuevas leyes medioambientales y la falta de agua suficiente limitan la utilización de esta técnica en determinadas zonas. Son los sistemas más económicos para la climatización de grandes edificios, pues el coste de la inyección y extracción de agua es menos elevado para grandes capacidades.

Con el objetivo de proteger las bombas de calor de la corrosión, atascos y abrasión por la formación de depósitos de cal, se pueden utilizar intercambiadores de calor intermedios para aislarlas del agua de los pozos, lo que además facilita la limpieza de la misma. Para evitar la formación de estos depósitos, se debe procurar que el cambio de temperatura entre el agua de alimentación y la del pozo de inyección no exceda de  $\pm 6$  K.

### Sistemas cerrados

En el segundo caso, sistemas cerrados, una serie de tubos enterrados en el terreno transporta un fluido caloportador, normalmente una solución de agua con un anticongelante, que es el que atrapa el calor del subsuelo y lo conduce a la bomba de calor.

La posición de los intercambiadores subterráneos de calor en sistemas cerrados pueden situarse de diferentes formas. Por un conjunto de tubos extendidos horizontalmente en el subsuelo a poca profundidad, intercambiadores horizontales, o por unos tubos en forma de U alojados en el interior de sondeos verticales, también denominados sondas geotérmicas.

#### - Sistemas horizontales

Los sistemas horizontales son los sistemas cerrados más fáciles de instalar y los más económicos. Los tubos se suelen instalar de forma densa, en serie o en paralelo (FIGURA 5), en terrenos llanos o con poca pendiente. Para su instalación se hace una pequeña excavación de entre 1,5 y 3 metros de profundidad en el área que ocuparán los tubos. Antes de la colocación de los tubos se coloca un lecho de arena. A continuación se realiza el tendido de los tubos y se rellena el hueco con la tierra original. Si este suelo es pedregoso o arcilloso se colocara una capa de arena en su parte superior que evite que se dañen los tubos. Además los tubos se pueden colocar en zanja (FIGURA 6) o en espiral (FIGURA 7).

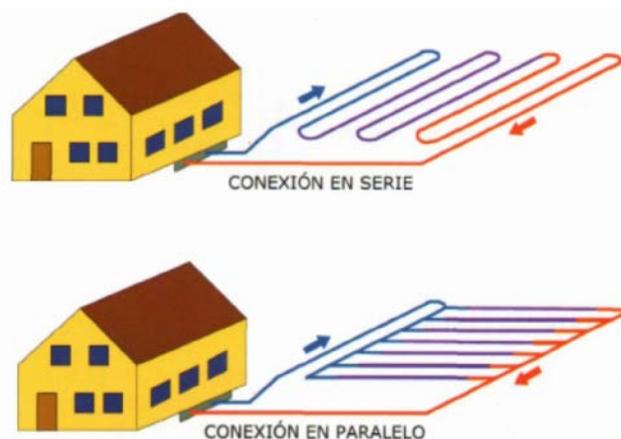


FIGURA 5: Esquema intercambiador horizontal con conexión en serie o en paralelo

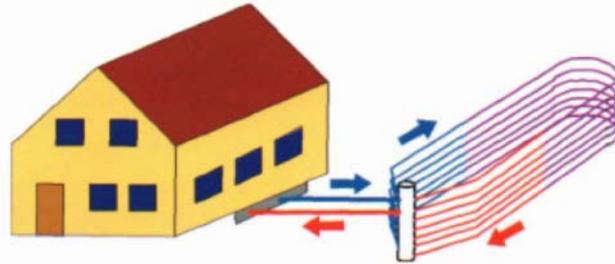


FIGURA 6: Esquema de intercambiador horizontal en zanja

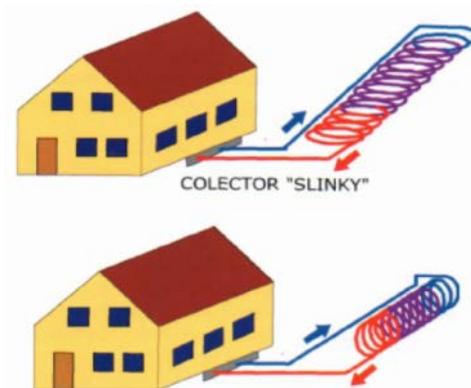


FIGURA 7: Esquema de intercambiador horizontal en espiral

La recarga térmica del suelo se produce por la radiación solar y no por el flujo de calor geotérmico. Por eso, es importante no cubrir la superficie de suelo donde está situado el colector, que no podrá tampoco impermeabilizarse aunque si cultivarse, sin plantar árboles, pues con sus raíces podrían afectar al sistema.

Según la norma UNE 100715-1, se establecen tres tipos de instalaciones con distintos requerimientos en función de la potencia prevista de las bombas de calor:

- Tipo A. Instalaciones de intercambio geotérmico en circuito cerrado vertical con una potencia térmica de la instalación inferior a 30 kW.
- Tipo B. Instalaciones de intercambio geotérmico en circuito cerrado vertical con una potencia térmica de la instalación comprendida entre 30 kW y 70 kW.
- Tipo C. Instalaciones de intercambio geotérmico en circuito cerrado vertical con una potencia térmica de la instalación superior a 70 kW.

La potencia térmica se debe considerar como la suma de las potencias de los generadores individuales.

A los efectos de esta norma deben tener la consideración de instalaciones de tipo C las agrupaciones de instalaciones con posibilidad de afección aunque la potencia individual sea inferior a 70 kW.

En Alemania, (según indica la Guía Técnica de Sondeos Geotérmicos Superficiales, Llopis Trillo, 2009) se recomienda una profundidad mínima de 1,2 m y no sobrepasar 1,5 m. Para evitar una extracción muy grande del calor del suelo que podría provocar que la tierra llegara a helarse, la distancia tanto en horizontal, como en vertical entre tubos suele ser de 0,4 m. La superficie total que abarcarán los sistemas dependerá de las necesidades de calefacción y refrigeración del edificio, de la profundidad a la que se coloque el bucle, de la naturaleza de suelo, cantidad de humedad que contenga, del clima, de la eficiencia de la bomba y de la configuración del bucle.

Los tubos que constituyen el intercambiador horizontal deben situarse a más de 2 m de distancia de árboles, a más de 1,5 m de conducciones enterradas no hidráulicas y a más de 3 m de cimentaciones, pozos, fosas sépticas y redes de desagüe. (según indica la Guía Técnica de Sondeos Geotérmicos Superficiales, Llopis Trillo, 2009)

#### **- Sistemas verticales o sondas geotérmicas**

Las sondas geotérmicas verticales se pueden ejecutar tanto cerca de la vivienda como debajo de ella. Los tubos en forma de U llegan hasta el fondo del sondeo uniéndose en la parte superior a los colectores horizontales. Se pueden introducir con conexión en el campo, o con un distribuidor múltiple en el edificio desde donde sale una conexión hacia cada una de las sondas verticales (FIGURA 8).

Una vez terminado el sondeo e insertados los 2 o 4 ramales de la sonda hasta el fondo, unidos en la parte inferior por uno o dos en forma de U del mismo material que los tubos, el espacio vacío entre los tubos se rellena con un material cuyas calidad dependerá de la conductividad térmica del terreno,  $\lambda$ .

A las profundidades que alcanzan, siempre más de 5 m, ya no son perceptibles en el subsuelo las variaciones diarias de la temperatura ambiente, y la influencia de la radiación solar es poco significativa comparada con la del calor geotérmico.

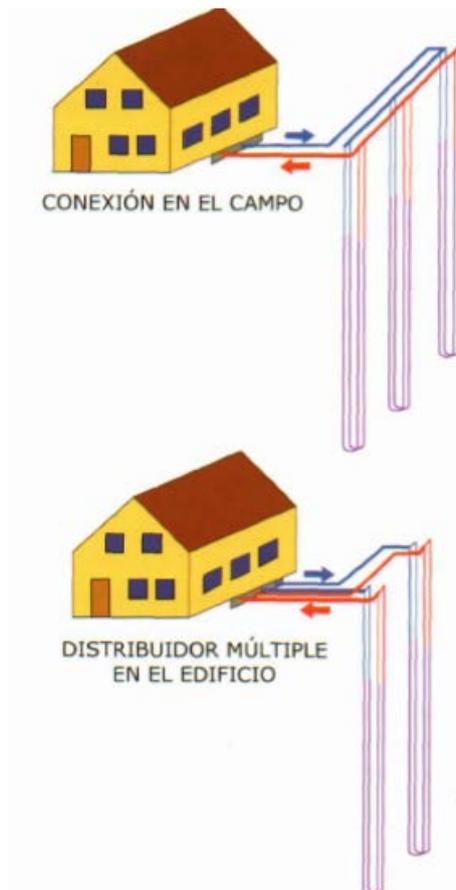


FIGURA 8: Esquema de sondas verticales, con conexiones en el campo o con distribuidor múltiple en el edificio

La profundidad habitual para las sondas geotérmicas varía entre los 90 y los 120 metros, estas profundidades, y con la ejecución de varios sondeos, son suficientes para abastecer la demanda energética de un edificio. Aunque con una sonda geotérmica vertical de 150 a 200 metros de profundidad, generalmente es posible calentar una vivienda unifamiliar sin calefacción de apoyo para los días más fríos del invierno y cubrir la necesidad de agua caliente sanitaria.

La energía térmica potencial entregada por metro de sonda depende fundamentalmente de la naturaleza de las rocas encontradas a lo largo del sondeo y de la presencia de agua subterránea. Algunas rocas, como las calizas macizas no fracturadas, los gneises y las arenas saturadas de agua, tienen una buena conductividad térmica. Las arenas secas y las arcillas conducen mucho peor el calor.

Con una sonda que no sobrepase los 200 m de longitud es posible utilizar el subsuelo para la refrigeración de una vivienda. Con la bomba de calor geotérmica parada y la bomba de circulación en funcionamiento, para mover el fluido portador de calor, se puede recuperar el frío almacenado en el terreno durante el invierno. El calor sobrante de la vivienda captado por el terreno durante el verano permite la recarga térmica del subsuelo.

Los intercambiadores de calor verticales son más caros de instalar que los horizontales, pero necesitan menor longitud de tubería debido a los mejores rendimientos térmicos más elevados y mayores profundidades.

Las sondas geotérmicas deben de estar situadas a más de 0,7 m de tuberías de abastecimiento de agua y otras conducciones y preferiblemente a más de 2 m de los edificios. (según indica la Guía Técnica de Sondeos Geotérmicos Superficiales, Llopis Trillo, 2009)

Para calefacción y climatización de grupos de viviendas unifamiliares, de pequeños inmuebles, locales industriales o de oficinas, hoteles, etc., se agrupan varias sondas verticales formando un campo de sondas.

En estas circunstancias, la distancia entre sondeos deberá ser, como mínimo, de 5 m para profundidades inferiores a 50 m y de, al menos, 6 m si los sondeos tienen entre 50 y 100 m de profundidad. (según indica la Guía Técnica de Sondeos Geotérmicos Superficiales, Llopis Trillo, 2009)

### *Otros sistemas*

Otros sistemas para el intercambio que presentan alguna particularidad y no han sido incluidos anteriormente, se tratan a continuación:

#### **- Cimientos geotérmicos**

Los cimientos geotérmicos consisten en pilotes, pantallas subterráneas, muros de contención y losas fabricados con hormigón armado que, además de su función resistente o de sostenimiento de taludes, se emplean como intercambiadores de calor que se conectan en circuito cerrado con bombas de calor situadas en los centros de climatización de los edificios a los que sustentan o protegen. Varios tubos en forma de U se sujetan a la parte interior de las armaduras de los pilotes antes de proceder a su hormigonado.

Como los cimientos se hincan generalmente a nivel de capa freática entre 10 y 40 m, en terrenos poco resistentes, como arcillas, limos y arenas, además de las características térmicas de los terrenos, la permeabilidad de los mismos y la velocidad de flujo de las aguas freáticas, tienen gran influencia en la capacidad del subsuelo para ceder y almacenar calor.

#### **- Sistemas de aguas de minas y túneles**

Los sistemas de aguas de minas y túneles aprovechan las aguas subterráneas que drenan las galerías de las minas y los túneles. Ofrecen una temperatura muy estable todo el año y son fácilmente accesibles para alimentar el intercambiador de calor de una bomba de calor y utilizarlas en la calefacción y refrigeración de edificios situados en las proximidades.

#### **- Sistemas de aguas residuales urbanas**

Los sistemas de aguas residuales urbanas, introducen los intercambiadores de calor en la parte inferior de las conducciones de aguas residuales, por los que circula un fluido caloportador, en circuito cerrado, hasta el intercambiador de una bomba de calor situada en un centro de calefacción a distancia que abastece a grupos de usuarios residentes en las proximidades del centro.

La recuperación de calor de aguas residuales requiere un caudal mínimo de 15 l/s y una temperatura superior a 10 °C, incluso en invierno. Las canalizaciones deben tener un diámetro mínimo de 0,8 m para que se pueda realizar la instalación de los tubos intercambiadores en el

fondo de las mismas, y presentar pocas curvas, siendo preferibles tramos rectos de, al menos, 20 m hasta 100 m. (según indica la Guía Técnica de Sondeos Geotérmicos Superficiales, Llopis Trillo, 2009)

Por razones técnicas y económicas se suele recurrir a realizar un "bypass" paralelo al colector de aguas residuales, construido con tubos de hormigón prefabricado que llevan insertados en la parte inferior los tubos colectores, en lugar de colocarlos en las conducciones en servicio. Los elementos prefabricados son más baratos, su colocación exige menos tiempo y no es necesario desviar el desagüe durante su construcción, pues no existe riesgo de inundación. Además, el diámetro del "bypass" y el tamaño y longitud del intercambiador pueden ser dimensionados y optimizados en función del caudal de agua necesario.

La unión entre el canal de desagüe y el centro de calderas se hace en circuito cerrado mediante dos tuberías, de alimentación y de retorno. Otra opción es utilizar las propias aguas residuales una vez depuradas en una planta de depuración. El agua se bombea directamente a la bomba de calor sin pasar por un intercambiador de calor previo y, una vez recuperada su energía en el evaporador de la bomba, es vertida a un curso de agua superficial o a una canalización.

Esta última posibilidad no requiere aislar térmicamente la conducción de agua depurada hasta el centro energético, y permite disminuir los costes de inversión, particularmente si la distancia entre la planta de depuración y los consumidores es relativamente grande.

Estos sistemas empiezan a ser interesantes para edificios o conjuntos de residencias que necesiten una potencia térmica de, al menos, 150 kW, correspondiente a unos 50 apartamentos situados en un radio de 100 m de una sala de calderas común. Se emplean en varias localidades de Suiza, e incluso en Oslo (Noruega). (según indica la Guía Técnica de Sondeos Geotérmicos Superficiales, Llopis Trillo, 2009)

### 1.1.2. Tipos de intercambiadores

La mayoría de tubos que se instalan actualmente están hechos con polietileno reticulado (PEX) o polietileno de alta densidad (PEAD), fabricados especialmente para ser enterrados en el suelo. Son similares a los utilizados en pequeñas conducciones de gas natural o canalizaciones de agua. Los empalmes se sellan fundiendo los tubos, lo cual produce conexiones libres de fugas.

Las principales ventajas del PEX respecto al PEAD, son las siguientes:

- No se propagan las grietas ni las muescas.
- Permite realizar radios de curvado reducidos, incluso a baja temperatura.
- No es necesario lecho de arena.
- Utilizable a temperaturas incluso superiores a 40 °C, con lo cual es apto también para usos de acumulación de calor.
- Permite utilizar la técnica del casquillo corredizo, que se caracteriza por ser robusta, rápida e insensible a las condiciones meteorológicas.

Un intercambiador subterráneo de polietileno de alta densidad, o de polietileno reticulado puede durar 50 años o más. Por su interior circula una mezcla de agua con anticongelante hasta la bomba

de calor, y ésta al subsuelo en circuito cerrado, transfiriendo calor del terreno al fluido en modo calefacción y del fluido al terreno en modo refrigeración.

Los intercambiadores pueden ser tubos de simple U, de doble U, tubos coaxiales simples y tubos coaxiales complejos.

Estos intercambiadores se comprueban antes de ser puestos en obra, para ello se realiza una prueba de estanqueidad preliminar antes de su puesta en obra. La prueba se realizará a baja presión con el objetivo de detectar posibles fugas o daños en el material, con el objetivo de reemplazarlo o cambiarlo por un producto en buen estado.

### 1.1.3. Material de relleno del sondeo

El relleno geotérmico proporciona un medio continuo entre las sondas captadoras del calor y el terreno existente. Las condiciones particulares que debe cumplir el relleno geotérmico durante su puesta en obra y su posterior funcionamiento como parte de la instalación determinan las propiedades que debe presentar el relleno a corto y largo plazo.

Las propiedades que el relleno ha de reunir son:

- Ser lo suficientemente fluido como para permitir su inyección en el interior de la perforación.
- Tener una densidad superior a la de los lodos de perforación existentes en la perforación para que pueda extraerlos sin mezclarse y así rellenar la perforación.
- Ocupar todo el hueco existente entre las paredes de la perforación y las sondas sin ningún aporte externo de energía de compactación.
- Evitar la infiltración de aguas subterráneas entre capas.
- Hacer de medio transmisor del calor entre la sonda y el suelo.

Por todo ello, los rellenos más empleados se pueden clasificar en dos grandes grupos en base al principal material empleado para su confección:

- Rellenos basados en lodos tixotrópicos. Agrupa a todos los rellenos que se realizan con bentonita como material principal.
- Rellenos basados en el uso de cemento. Agrupa a todos los rellenos cuyo componente principal es el cemento, si bien pueden llevar también bentonita.

Dentro de los lodos tixotrópicos el más empleado es la bentonita. La suspensión de bentonita en agua fue el primer material de relleno geotérmico empleado debido a la facilidad constructiva que otorga sus propiedades tixotrópicas y al amplio conocimiento de su comportamiento por las empresas perforistas. Sin embargo, su baja conductividad térmica e inestabilidad volumétrica debido al cambio del contenido en agua, lejos de beneficiar a la instalación, perjudicaba la eficiencia de la misma.

Si el sondeo tiene agua se realiza el relleno con arena, grava o detritus que proviene de la propia perforación del sondeo, reduciendo los impactos al medio ambiente al reutilizar el material. Pero si el sondeo no tiene agua, entonces rellenarlo con arena, grava o detritus no es aconsejable,

porque quedan huecos de aire que perjudican la transferencia térmica. Si en cambio el nivel freático es muy bajo, existe la posibilidad de llenarlo hasta ese nivel de arena, y desde esta cota usar un material sellante, como los pellets de bentonita, cuya principal desventaja es su reducido coeficiente de transferencia térmica. También podemos cementar el sondeo y así asegurar una unión física y químicamente estable, impermeable y duradera de la sonda, se consigue inyectando una suspensión de cemento y bentonita, de cemento exclusivamente o de bentonita exclusivamente.

Si el material que se atraviesa tiene mala conductividad térmica, el material escogido será de peor calidad, ya que tenemos la conductividad térmica limitada por el propio terreno perforado. Así que no es necesario aumentar los costes en este sentido. Si tiene buena conductividad térmica, en cambio, escogeremos un material de relleno de mejores características. De esta forma se combina los costes con la eficiencia del sistema.

#### 1.1.4. Conductividad térmica del terreno

La conductividad térmica del terreno es un parámetro determinante para el diseño de las instalaciones geotérmicas, ya que determina la mayor o menor eficiencia de la instalación y, directamente, su tamaño y coste. A menor conductividad térmica, mayor será su tamaño y por tanto mayor será su coste.

Para estimar la conductividad térmica se analizan las características térmicas del material del que se compone el suelo. Para ello se puede realizar mediante un sondeo, y posteriormente analizar las muestras extraídas de los diferentes estratos perforados en laboratorio, con lo que se obtienen unos determinados valores. Otra forma sería la de realizar un ensayo TRT, test de respuesta térmica. Este TRT se lleva a cabo en el propio sondeo con un intercambiador vertical ya instalado. Este sistema consiste en hacer circular agua por el intercambiador hasta que su temperatura de entrada y salida se estabilizan, después se le introduce más calor con la propia máquina al agua y se mide cuanto tiempo tarda en adquirir el agua de salida prácticamente la misma temperatura. A partir de la pendiente de la evolución de la temperatura en el tiempo obtenemos la conductividad térmica efectiva del suelo. El TRT es un método más exacto que permite un conocimiento del suelo sobre el que se trabaja.

Este sistema TRT se ampliará en un capítulo posterior, analizando de manera más detenidamente el funcionamiento del sistema e identificando sus partes más importantes.

#### 1.1.5. Diseño de un intercambiador geotérmico

El principal objetivo en la climatización es el satisfacer las necesidades térmicas de una vivienda (u oficina, comercio, etc.) para lograr el confort de sus residentes. Optimizando al máximo posible el ahorro energético que necesariamente repercutirá en la economía del sistema a lo largo del tiempo. Para dimensionar las bombas de calor geotérmicas hay que tener en cuenta varios factores:

- Localización del edificio con su respectiva climatización y condiciones geológicas (no hay obstáculos en el subsuelo, hay la suficiente superficie disponible, disponibilidad o no de aguas subterráneas, lagos o ríos, etc.).

- Tener en cuenta cual será la superficie a climatizar puesto que dentro de una vivienda existen zonas que no necesitan refrigeración (véase cuartos de baño, cocinas, pasillos) y que sin embargo si necesitan calefacción en invierno.
- Conocer la potencia necesaria para llevar a cabo la climatización de la edificación. Para ello es conveniente estudiar las pérdidas de carga de la vivienda para tener un dato que nos indique el grado de aislamiento. Es importante indicar que la potencia que es necesaria instalar con una bomba de calor geotérmica es inferior a la potencia que se instalaría con otros sistemas de calefacción ya que se trata de sistemas con mucha inercia térmica. Conocer el número de personas, distribución de servicios y otros elementos, indicará cuál va a ser la demanda de agua caliente sanitaria.
- Establecer la temperatura de confort interior en la vivienda.
- Elegir el sistema de distribución de calefacción y refrigeración más conveniente. En el caso de la energía geotérmica el suelo radiante es el mejor sistema de distribución ya que trabaja con saltos térmicos menores a la vez que proporciona una calefacción más homogénea y de mayor inercia térmica. Para la refrigeración lo más conveniente es el uso de fancoils.

Por otra parte, varios son los parámetros referidos al sistema de captación:

- Estudio geológico. Se debe conocer qué tipo de materiales existen en el subsuelo en el lugar donde se va a realizar la captación energética. Según su composición y distribución será más conveniente realizar el intercambio mediante una instalación horizontal o vertical. Para las horizontales hay que saber si será posible técnica y económicamente viable ejecutar las zanjas (si es material rocoso que obligue a utilizar martillo y la superficie es muy grande, es posible que sea más rentable las perforaciones). Si se trata de captación vertical, tendremos que saber si existen materiales blandos y/o sueltos (necesarios sistemas de rotación) o si se trata de materiales duros y estables.
- Es muy importante la conductividad térmica que tenga el terreno. En el caso de realizar captación vertical, es conveniente conocer la conductividad térmica efectiva que presenta la roca o suelo. Este dato, es expresado en  $W/mK$  y nos determina la potencia térmica que podemos extraer de la perforación. En estudios como este en el que las demandas energéticas son superiores a los 30 kW, la conductividad térmica del terreno deberá evaluarse por medio de un estudio de campo, denominado Ensayo de Respuesta Térmica. En general, estos ensayos se realizan en aquellos proyectos en los sea necesario hacer varias perforaciones.
- En captación horizontal, la superficie disponible que se tenga es un parámetro determinante ya que suele ser necesaria bastante superficie para llevar a cabo la captación energética. La captación vertical tiene esa ventaja sobre la horizontal, que la superficie ocupada es menor, pero si el número de perforaciones es grande habrá que tener en cuenta la separación mínima entre ellas para calcular la distribución de las mismas dentro de la parcela. Un valor aproximado de separación entre perforaciones es de entre 6 m y 10 m. Como es lógico, el valor dependerá del tipo de terreno presente, del espacio disponible, y de las necesidades de la edificación.

### 1.3. APLICABLE A NUESTRO ESTUDIO

La climatización del nuevo edificio del Colegio Mayor Juan de la Cosa, será llevada a cabo a través de energía geotérmica de muy baja entalpía, tal como se ha citado anteriormente. Estos recursos geotérmicos tienen unas temperaturas inferiores a 30 °C. Estas bajas temperaturas son ideales tanto para la aportación de calefacción, como para la de refrigeración, las cuales son necesarias en viviendas, edificios, locales comerciales, etc.

En todo caso, el sistema geotérmico deberá ir acompañado de una bomba de calor, que es capaz de aportar las temperaturas requeridas en la vivienda partiendo de la temperatura del subsuelo.

El edificio se ejecuta sobre un solar con una área rectangular de aproximadamente 2275 m<sup>2</sup> (35,00 m x 65,00 m), con un desnivel entre frentes de unos 15 m de altura. Las tres primeras plantas se dedicarán a aparcamientos, estando la de cota más baja a 29,5 m y cubriendo prácticamente la totalidad del área. Se deja solo un pequeño hueco entre el bulonado del terreno y el edificio, donde es imposible la instalación del sistema geotérmico. Por tanto la única solución posible es la ubicación del sistema geotérmico debajo del edificio y llevando las tuberías al colector sin afectar a ninguna de las cimentaciones.

Como el edificio se sitúa sobre una zona geológica formada por margas y calizas, en presencia de alguna arcilla y sin presencia de acuíferos que sean de posible uso en la geotermia, se deduce que el mejor sistema a emplear es un sistema cerrado vertical debido a su facilidad de ejecución en prácticamente cualquier lugar, por apenas ocupar espacio, y por permitir la obtención de buenos rendimientos. Las perforaciones pueden realizarse entre el hueco dejado por las cimentaciones y los colectores llevados en superficie a través de estas, sin provocar ninguna afeción a la funcionalidad de las mismas.

### 1.4. LEGISLACIÓN APLICABLE

Para la realización del presente estudio se han tenido en cuenta las normas que se detallan a continuación.

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Parte I: Disposiciones Generales. Parte II: Instrucciones Técnicas.
- Corrección de errores del Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (BOE nº 51 de 28/02/2008).
- Real Decreto 314/2007, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- UNE 100715-1, Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).
- Real Decreto 138/2011, de 4 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

- Directiva 2009/28/CE del parlamento europeo y del consejo de 23 de Abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
- Ley 22/1973, de 21 de Julio, de Minas.
- Ley 54/1980, de 5 de Noviembre, de modificación de la Ley de Minas, con especial atención a los recursos minerales energéticos.
- Real Decreto 2857/1978, de 25 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la minería.
- VDI 4640 – Part2 (2001). Thermal use of the underground. Ground source heat pump systems.
- UNE-EN 15450 (2008). Sistemas de calefacción en edificios. Diseño de los sistemas de calefacción con bomba de calor.
- Normas y legislaciones municipales.

## 1.5. UBICACIÓN

El lugar donde se encontrará el edificio sobre el que se realiza el estudio del empleo de la geotermia de muy baja entalpía se ubica en el actual solar situado en el número 55(D) de la avenida de los Castros de la ciudad de Santander (39005). Al Norte se dispone la avenida de los Castros, al Sur la calle Honduras, al Oeste el parque municipal de la Teja y al Este un solar con edificaciones de tipología abierta de uso residencial.

La ubicación de la obra se encuentra marcada en los planos de situación incluidos al principio del apartado 4. PLANOS, donde se puede ver la situación de manera gráfica, a nivel estatal, regional, y local.

## 1.6. MARCO GEOLÓGICO

### 1.6.1. Introducción

La geología y la hidrogeología de la zona de estudio son cuestiones muy importantes a tener en cuenta, puesto que en función de la tipología de los materiales a perforar y el nivel freático se conseguirá un mejor intercambio de calor con el terreno, ya que no todas las rocas tienen el mismo coeficiente de conductividad térmica. Un factor muy importante que determina en gran medida la conductividad térmica del sondeo es la presencia de agua.

La presencia de agua aumenta la conductividad térmica de las rocas y suelos, ya que transmite mejor el calor que el aire confinado en los huecos de las mismas. Por tanto, es necesario identificar la existencia o no existencia de agua en el sondeo.

Es necesaria una buena determinación de la geología, pues en ella se basa la energía que se explota en este estudio.

En el presente apartado se estudia la geología de la zona de estudio.

### 1.6.2. Geología

La FIGURA 9 muestra la Hoja 35 a escala 1:50000, del mapa geológico de España. En esta hoja afloran sedimentos del Triásico pertenecientes al Keuper, que siempre se presentan en forma diapírica, en su mitad occidental. A estos aparecen asociados ofitas y bloques de materiales del Jurásico. El Cretácico Inferior está ampliamente representado en facies continentales, Weald, y marinas, complejo Urgoniano y parte del complejo Supraurgoniano. El Cretácico Superior aflora extensamente en toda la región y, por lo que respecta al Cenomaniense, los términos superiores aparecen preferentemente en el cuadrante NO. de la Hoja representada en la FIGURA 9, así como los sedimentos pertenecientes al Paleoceno y Eoceno. El Cuaternario ocupa pequeñas extensiones a modo de recubrimiento

Desde el punto de vista estructural, la geología presente en el área se caracteriza por una intensa tectónica de fracturación, de clara influencia diapírica, que corta y compartimenta las estructuras

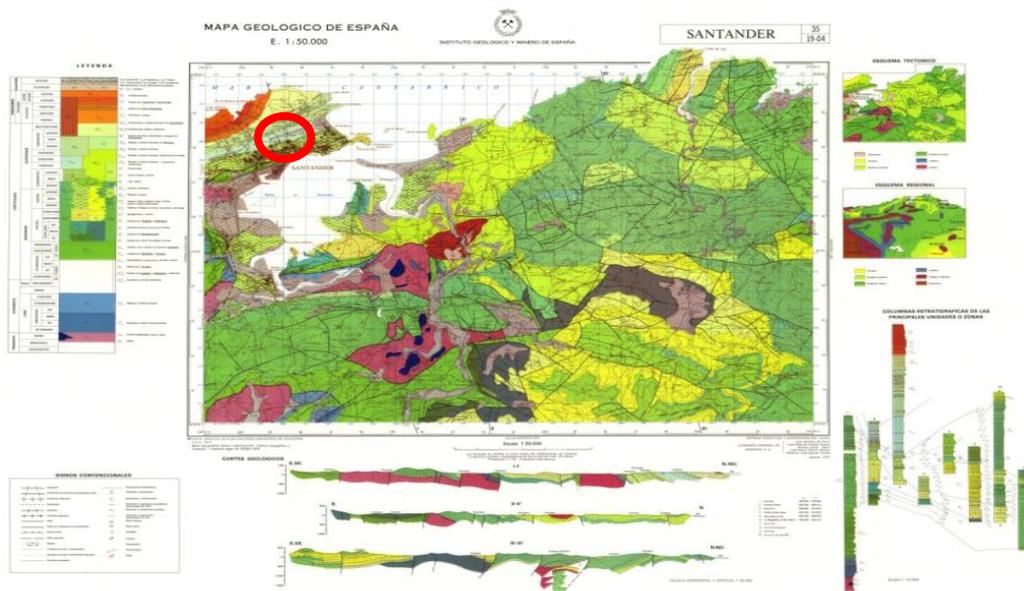


FIGURA 9: Mapa Geológico Hoja 35 (Escala 1:50.000)

El registro estratigráfico aflorante en la hoja 35-I del Santander, mostrada en la FIGURA 10 está representado por términos del Triásico, Cretácico, Paleógeno y Cuaternario. Los materiales existentes son en su práctica totalidad de origen sedimentario y pertenecen mayoritariamente al Cretácico.

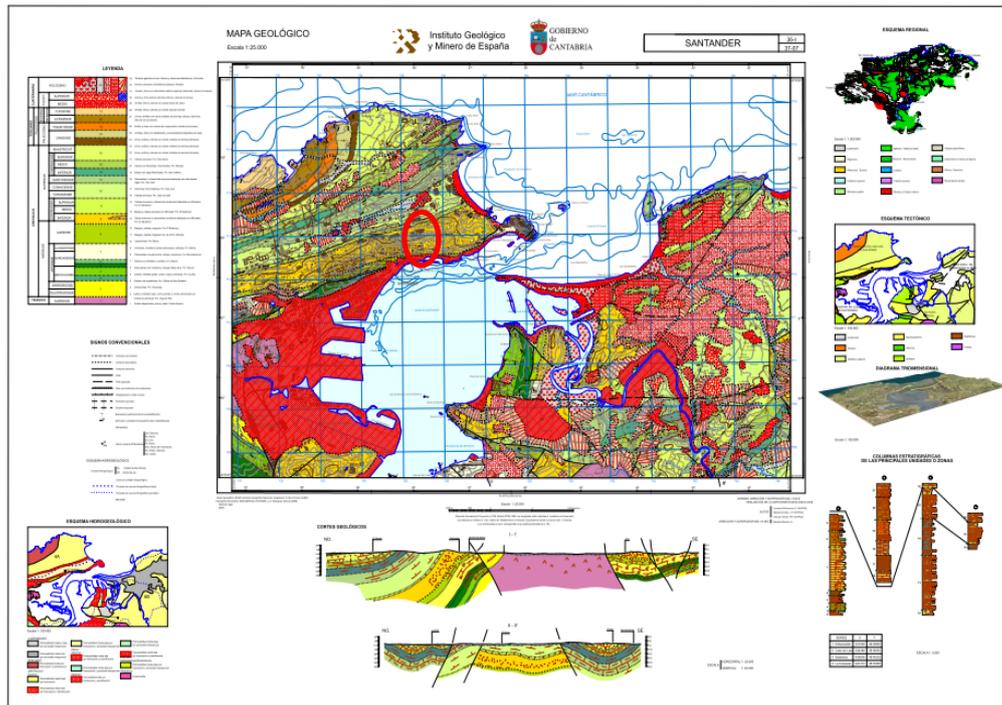


FIGURA 10: Mapa geológico Hoja 35-I (Escala 1:25.000)

Analizando el área donde realizar los sondeos geotérmicos se detecta que en la hoja 1:25000 de Santander tenemos un corte geológico realizado que pasa cerca del punto de interés, por lo que aproximadamente el área donde nos encontramos tendrá unas características similares. En la parte superior de la FIGURA 11, aparece representado el corte ya realizado por una línea y en la parte inferior su representación gráfica, marcando con círculos la zona de interés.

Por tanto, observando la FIGURA 11 vemos que el área de trabajo está cerca del contacto entre las dos capas margas y calizas margosas. Las capas margosas son representativas de la zona del Sardinero, mientras que las calizas margosas son representativas de la zona de Altamira.

Están representadas con verde liso la representativa del Sardinero y un verde más oscuro y con pequeños trazos transversales la capa representativa de Altamira. A mayor profundidad está representada en color amarillo con círculos, una formación de areniscas.

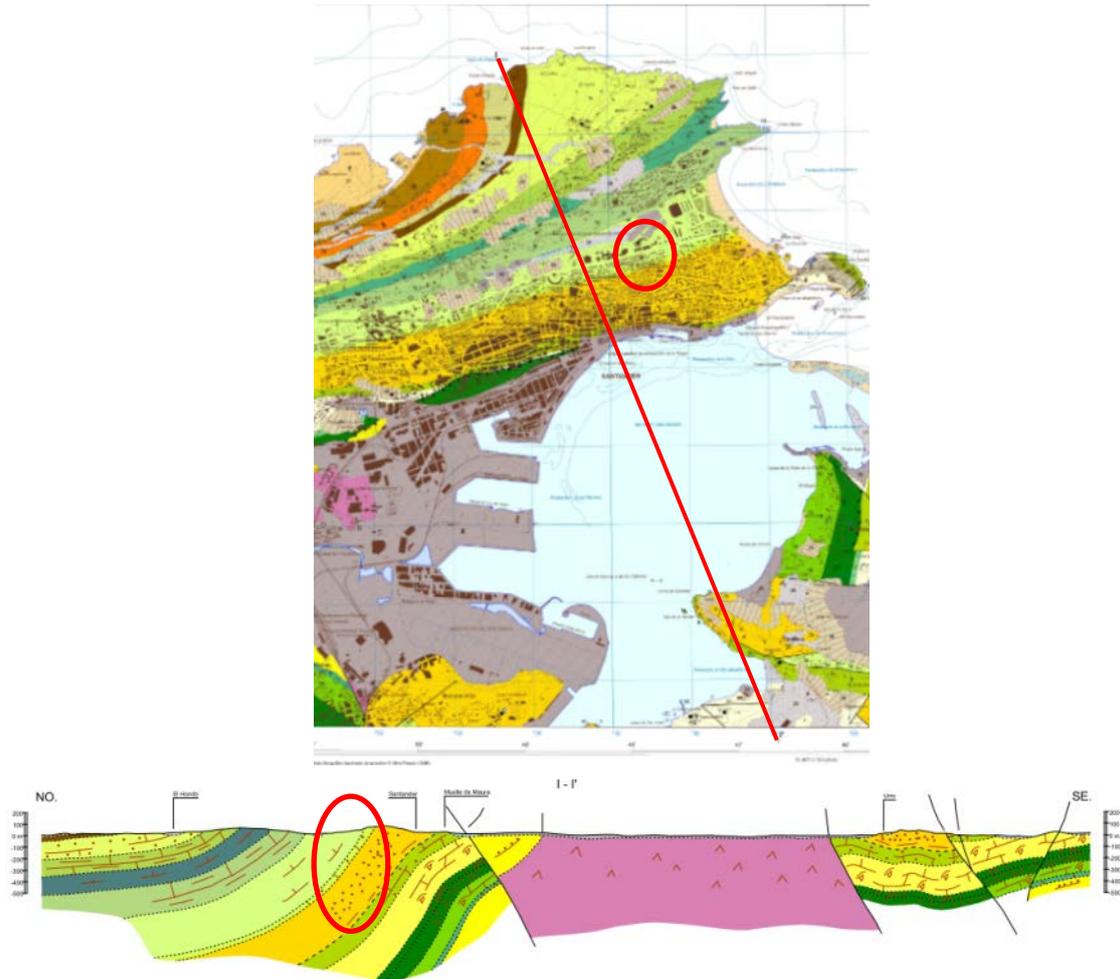


FIGURA 11: Corte geológico

A continuación se realiza una representación del sondeo con el objetivo de analizar los diferentes estratos que se atraviesan:

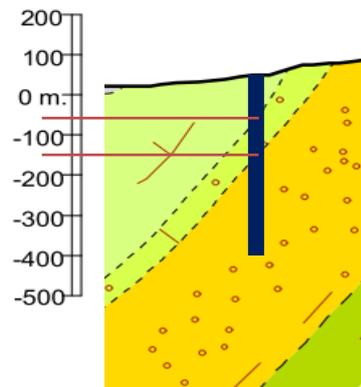


FIGURA 12: Representación de sondeos

El sondeo geotérmico no sobrepasará de una profundidad de aproximadamente 400m pues estamos dentro del campo de baja entalpía de la geotermia y las profundidades son bajas. En el

caso de este estudio el sondeo será menor a 150m. Más exactamente, las capas atravesadas por los sondeos corresponderán a las siguientes capas:

1. Una capa formada por una alternancia de margas y calizas margosas, con potencias de centímetros o decímetros y abundantes huellas de escapes de agua. En el sondeo esta primera capa tiene una profundidad de unos 80-90m desde la cota de proyecto.
2. Una segunda capa formada predominantemente por calcarenitas, junto con calizas bioclásticas y arenosas, con potencia decimétrica o métrica, muy regulares, y que presentan superficies de estratificación muy bien definidas con frecuencia por juntas margosas. En esta segunda capa se alcanzan los 150-170m de profundidad desde la cota de proyecto.

Si el sondeo fuese mayor la última capa que atravesaría el sondeo estaría constituido por areniscas de grano medio a muy fino y por limolitas, con frecuencia carbonosas. Los niveles de areniscas se organizan generalmente en bancos tabulares de hasta varias decenas de metros de potencia. Internamente se organizan en sets tabulares de estratificación cruzada planar, eventualmente bimodal y cosets de estratificación cruzada en surco y de ripples de corriente y oleaje. Esta última sería la capa que se llegaría a alcanzar en caso de necesitar más de 170m de profundidad de sondeo desde la cota del proyecto. En este caso a estudio no se llega a alcanzar esta capa, pues los sondeos son de 150 m de profundidad como máximo.

En el ANEXO 1: GEOLOGÍA pueden ser consultados con mayor detalle todos los datos aquí mostrados, con una mayor descripción de las estimaciones efectuadas.

### 1.6.3. Hidrogeología

La presencia de agua subterránea tiene una gran importancia en la geotermia. En los sistemas cerrados su influencia es considerable, el agua transmite mejor el calor que el aire y, por tanto, con la presencia de agua la conductividad térmica efectiva mejora sustancialmente.

La zona de estudio está situada en una zona lluviosa, con unas precipitaciones medias de unos 1100-1200mm al año y una alta humedad que ronda el 75%.

En lo que respecta a la presencia de agua, por obras cercanas como la del túnel de Tetuán, se sabe la existencia de pequeños acuíferos a presión confinados entre capas impermeables, debido a la alternancia de capas impermeables y permeables existentes, que podrían ser las propias margas o calizas sin erosionar que no permiten el intercambio fluido de agua.

Además, en la ejecución del bulonado existente en las paredes del terreno, concretamente en el último nivel se encontró presencia de agua. Por tanto, es probable que el nivel freático del agua alcance la cota de proyecto, 29,5m sobre el nivel del mar, teniendo por tanto presencia de agua, en mayor o menor cantidad, en toda la longitud del sondeo.

En el ANEXO 1: GEOLOGÍA pueden ser consultados con mayor detalle todos los datos aquí mostrados, describiendo más extensamente las estimaciones efectuadas.

## 1.7. BASES DE DISEÑO

### 1.7.1. Introducción

Para el dimensionamiento del campo de sondas geotérmico es necesario conocer los datos de la demanda energética del edificio y su distribución a lo largo de año, así como con la potencia necesaria para el suministro de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) de dicho edificio.

La cantidad de energía demandada por el sistema es estacional, siendo variable según la temperatura exterior. Los valores mensuales de demanda energética (KWh) y de potencia (kW) suponen la base imprescindible para el dimensionamiento del campo de sondas verticales que aporte, en forma de caudal y temperatura de fluido caloportador, la energía necesaria a la bomba de calor para climatizar el edificio.

### 1.7.2. Demanda energética

Según el proyecto original encargado por la Universidad de Cantabria y redactado por equipo redactor del Arquitecto Juan Carlos Ruiz Moncalean, arquitecto colegiado número 325 en el Colegio Oficial de Arquitectos de Cantabria., el edificio tiene una demanda anual de 222131,4 kWh/año para calefacción, y de 98389,56 kWh/año para agua corriente sanitaria, sumando ambas un total de 320520,96 kWh/año, mientras que la demanda de frío para la refrigeración del edificio es de 37211,80 kWh/año.

Para la correcta definición de las alternativas posibles es necesario conocer la demanda energética mensual de calefacción, refrigeración y de ACS. La demanda energética del edificio será variable a lo largo del año, en función de múltiples factores. Entre los que destacan la temperatura exterior y la ocupación del edificio.

De forma específica para los meses de verano el sistema funciona en modo refrigeración y durante los meses de invierno en modo calefacción. El sistema habrá de aportar agua caliente sanitaria (ACS) de forma casi constante a lo largo de todo el año durante la vida de la instalación, disminuyendo ligeramente en la época de menor ocupación, correspondiente a los meses de verano.

Los valores han sido estimados en función de la temperatura media de cada mes en Santander. Dentro de ANEXO 1: GEOLOGÍA, se encuentra la tabla con las temperaturas medias que se han usado para estimar los valores de las demandas energéticas.

En la tabla siguiente (TABLA 1) se muestran los resultados de las demandas energéticas mensuales de calefacción refrigeración y ACS estimadas (kWh):

Mes	DEMANDA (kWh) Refrigeración	DEMANDA (kWh) Calefacción	DEMANDA (kWh) ACS
Enero	0	44426,3	8861,4
Febrero	0	42205,0	8003,8
Marzo	0	26655,8	8684,1
Abril	0	15549,2	8404,0
Mayo	1860,6	11106,6	8329,7
Junio	5581,8	6663,9	7718,0
Julio	8186,6	0	7798,0
Agosto	11163,5	0	7798,0
Septiembre	7442,4	2221,3	7546,4
Octubre	2976,9	11106,6	8152,4
Noviembre	0	22213,1	8232,5
Diciembre	0	39983,7	8861,4
<b>Total</b>	<b>37211,8</b>	<b>222131,4</b>	<b>98389,6</b>

TABLA 1: Resultados estimados de las diferentes demandas energéticas

La gráfica siguiente (FIGURA 13) es la representación gráfica de los valores de la tabla, y en ella se observa muy claramente la distribución anual de la demanda a través de los meses de año:

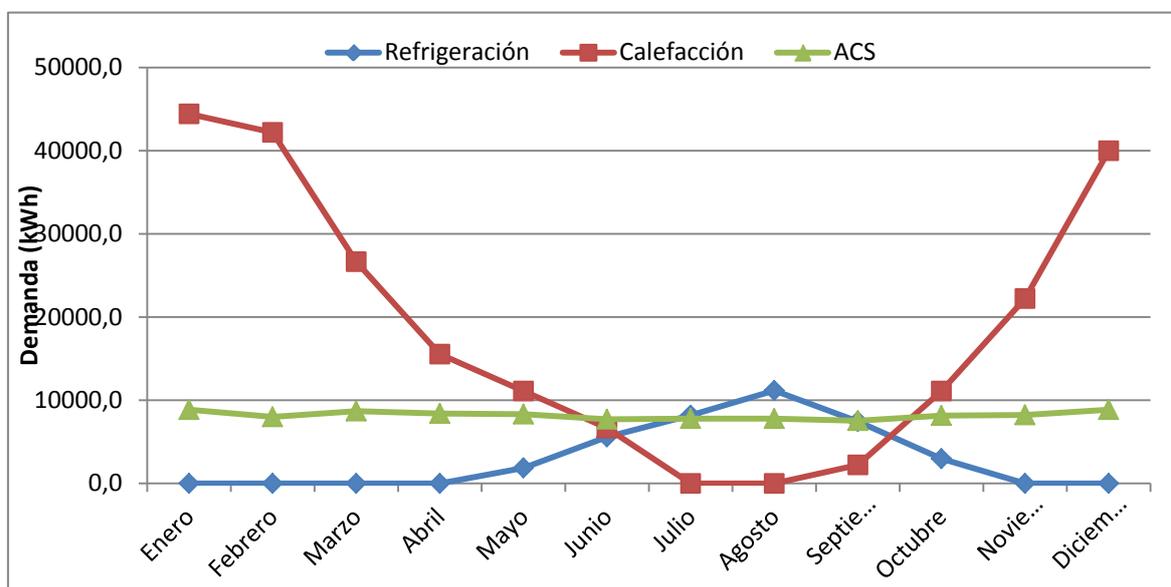


FIGURA 13: Representación gráfica de los valores de las demandas energéticas

Además de las demandas exigidas a la hora de dimensionar el sistema geotérmico de baja entalpía para el edificio, del proyecto encargado por la Universidad de Cantabria se desprende que la potencia instalada debe ser de 120 kW de potencia para el modo de funcionamiento de calefacción y de 70 kW de potencia en el caso de refrigeración. A partir de estas potencias es posible ya elegir la/s bomba/s de calor necesarias para la instalación.

La bomba de calor elegida es una bomba de calor reversible DyanCiat ILG 200V que funciona automáticamente en modo refrigeración o calefacción, con una potencia frigorífica de 50,5 kW y una potencia calorífica de 68,3 kW. Serán necesarias dos unidades para cumplir con las potencias de calefacción y refrigeración demandadas.

La suma de ambas bombas de calor nos da una potencia frigorífica de 101 kW y una potencia calorífica de 136,6 kW

El régimen de funcionamiento en caso del uso de calefacción corresponde a la relación de la suma de la calefacción con el agua caliente y la potencia instalada, por tanto el número de horas de uso serán de 2346,42 horas.

El régimen de funcionamiento en caso de uso de refrigeración corresponde a la relación de la refrigeración y la potencia de refrigeración instalada, por tanto el número de horas de uso serán de 368,44 horas.

Las especificaciones técnicas de la bomba de calor citada en este apartado están incluidas en el ANEXO 4: MATERIALES Y MÁQUINAS

### 1.7.3. Datos del subsuelo

De entre los datos geológicos obtenidos destaca el predominio de margas, calizas, y areniscas más profundas.

El nivel freático se supone en toda la ejecución del sondeo. A continuación se determina el factor de conductividad térmica y la capacidad térmica volumétrica del terreno presente en la zona de estudio. Las cuales son función del tipo de rocas y suelos que componen la geología del área del proyecto. Los tipos de rocas que hay en esta área son margas y calizas. Las margas tienen un valor típico para la conductividad térmica de 2,1 W/mK y una capacidad térmica de 2,2 MJ/m<sup>3</sup>K. Mientras que la caliza tiene un valor típico para la conductividad térmica de 2,8 W/mK y con una capacidad térmica de 2,2 MJ/m<sup>3</sup>K. Con lo que se obtiene la cantidad de calor que podemos extraer del terreno.

Con este análisis y con un sondeo no mayor a 170m se calcula una conductividad térmica efectiva para el sondeo de 2,4 W/mK, que será una media entre los valores de las margas y las calizas, pues el espesor de ambas es muy similar. La capacidad térmica media del sondeo será de 2,2 MJ/m<sup>3</sup>K, que es el valor medio para ambas rocas. Sin embargo, no es posible tener en cuenta el efecto de la presencia de agua subterránea en las propiedades térmicas del terreno. Para ello, se contrastarán estos datos con los obtenidos mediante el ensayo TRT, tal y como se verá más adelante.

Como valor de la temperatura del terreno se toma un valor medio de 14 °C.

En el ANEXO 1: GEOLOGÍA pueden ser consultados con mayor detalle todos los datos aquí mostrados, describiendo más extensamente las estimaciones efectuadas.

#### 1.7.4. Datos y materiales usados para el dimensionamiento

No menos importante para el posterior dimensionamiento del sistema es el establecimiento de otros datos de partida como los incluidos en este apartado. Así serán necesario datos de la demanda energética, del campo de sondas, el tipo de perforación, de la longitud de perforación, de la superficie disponible para ejecutar las perforaciones, del material de relleno, del tipo de sondas, del fluido caloportador que circulará por su interior y del generador térmico utilizado.

Respecto al campo de sondas, la superficie aproximada de terreno disponible donde se ejecutará el edificio es de 35m x 65m, lo que hace una superficie total de 2275 m<sup>2</sup>. La situación del edificio y la potencia que requiere no recomienda el uso de sondas horizontales, por lo que el intercambiador enterrado lo formarán un conjunto de sondas verticales conectadas por un tramo horizontal al colector situado en la sala de máquinas habilitada para tal uso.

Las sondas utilizadas serán de polietileno reticulado (PEX), se tendrán en cuenta tanto sondas de tipo doble U, como sondas de simple U. El tubo PEX de la sonda tendrá un diámetro exterior de 32 mm, un espesor de 2,9 mm, una rugosidad de 0,007 mm y una conductividad térmica de 0,5 W/mK. El fluido caloportador que circula por su interior estará compuesto por una mezcla de agua y anticongelante. Este último deberá de reunir ciertas propiedades, no será tóxico, no será corrosivo y será de bajo coste y de larga duración. Su porcentaje en la disolución dependerá de la temperatura de seguridad de congelación del fluido. Empleando un anticongelante tipo TYFOCOR GE o similar, específico para el uso en geotermia, y para una temperatura de congelación de -14 °C, el fluido caloportador deberá contener un 30 % de TYFOCOR GE o similar (ligeramente superior a lo necesario), aportando cierta seguridad en la temperatura mínima. Esto proporciona una conductividad térmica a la mezcla de 0,455 W/mK. En el ANEXO 4: MATERIALES Y MÁQUINAS contiene la ficha técnica de este producto, donde se pueden ver estas propiedades entre otras.

Si la temperatura del fluido caloportador desciende por debajo de -5°C se podría llegar a producir la congelación del suelo circundante y del relleno, afectando de esta forma al rendimiento de nuestro sistema. Por tanto se establece como límite inferior esta temperatura y como superior la temperatura de condensación de 40 °C, debido que al contrario del caso anterior, el suelo podría secarse y afectar a nuestro rendimiento. Como en el sistema objeto de estudio requiere más potencia de calefacción que de refrigeración, la temperatura limitante será la mínima de -5 °C.

El fluido debe circular cumpliendo con el régimen turbulento que cuando se produce una transferencia de calor del fluido al terreno o viceversa más eficiente. A tal efecto para el dimensionamiento del sistema de intercambiadores se ha escogido tomar como valor seguro 1,5l/s, para más información acerca de los cálculos acudir al ANEXO 3: CÁLCULOS donde vemos que el caudal es muy superior al necesario para cumplir el régimen turbulento.

El material de relleno que será utilizado en las perforaciones depende del tipo de suelo y la conductividad térmica de este. El relleno que deberá poseer ciertas propiedades como las siguientes: habrá de ser inocuo para las aguas subterráneas que puedan encontrarse en el subsuelo a lo largo de la perforación, habrá de tener una baja permeabilidad y una buena adhesión a la sonda y al terreno y, finalmente, habrá de poseer una elevada resistencia a las heladas. El tipo de mortero elegido en este caso es le ENERGROUT HD 2.1 o similar, con una

conductividad térmica similar a la del suelo. El valor de la conductividad de este mortero es de 2,1 W/mK. En el ANEXO 4: MATERIALES Y MÁQUINAS contiene la ficha técnica de este producto, donde se pueden ver estas propiedades entre otras.

Las tuberías que conforman el tramo horizontal que une el colector y el distribuidor con los sondeos serán de polietileno de alta densidad PE100, con diámetro nominal de 40 mm, un espesor de 3,7 mm (SDR 11), presión nominal (PN) de 16 bar y rugosidad de 0,04 mm.

Finalmente, las tuberías que conectan las bombas de calor con el colector y el distribuidor serán de polietileno de alta densidad PE100, con diámetro nominal de 63 mm, un espesor de 5,8 mm (SDR 11), presión nominal (PN) de 16 bar y rugosidad de 0,04 mm.

Uno de los parámetros más importantes para encontrar la solución óptima en la distribución del campo de captación geotérmico es la distancia entre sondeos. Se separan a una distancia de 10m, intentando maximizar el área que se ocupa.

A modo de resumen, se recopilan todo los datos en la tabla siguiente (TABLA 2):

Demanda energética	Calefacción: 222131,4 kWh/año Refrigeración: 37211,80 kWh/año ACS: 98389,56 kWh/año
Generador térmico	Potencia Calefacción:120 kW Potencia Refrigeración:70 kW COP:4
Campo de Sondas (Intercambiador)	Superficie disponible: 35m x 65m Tipo de intercambiador: Vertical Distancia entre sondas: 10m Profundidad máxima: 170m Diámetro: 139,7mm
Subsuelo y material de relleno	Conductividad subsuelo: 2,4 W/mK Conductividad relleno: 2,1 W/mK
Sondas geotérmicas	Material: PE-Xa Diámetro exterior: 32mm Espesor: 2,9 mm Rugosidad: 0,007 mm Conductividad térmica: 0,50 W/mK
Fluido caloportador	Tª de congelación: -14 °C Contenido: 30% Etilenglicol Densidad: 1,049 kg/m3 Viscosidad:0,00439 kg/ms Conductividad térmica: 0,455 W/mK Rango de temperaturas: -5°C a 40°C
<b>Tuberías tramo horizontal</b>	Material: PE100 Diámetro exterior: 40 mm Espesor: 3,7 mm Rugosidad: 0,04 mm
<b>Tuberías BC- Colector/Distribuidor</b>	Material: PE100 Diámetro exterior: 63mm Espesor: 5,8mm

Rugosidad: 0,04mm
-------------------

TABLA 2: Resumen de los datos de diseño

En la siguiente figura, FIGURA 14, se muestra una sección de una sonda doble U con la que se realizarán las simulaciones posteriormente.

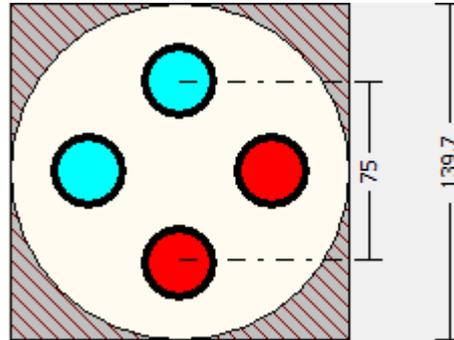


FIGURA 14: Sonda vertical tipo doble U

A parte de esta doble U se realizarán también simulaciones con una simple U, con el objeto de comparar los resultados con los obtenidos con una doble U. Una sección de una simple U se representa en la siguiente figura (FIGURA 15):

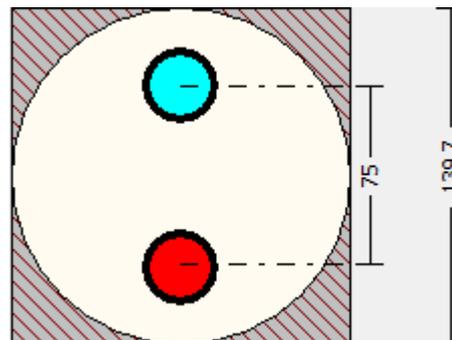


FIGURA 15: Sonda vertical tipo simple U

## 1.8. PROPIEDADES TÉRMICAS (TRT)

### 1.8.1. Introducción

Teniendo en cuenta que este estudio se realiza sobre un edificio con una demanda superior a los 30 kW, y tal como aconseja la norma alemana VDI 4640, es recomendable verificar los datos obtenidos del estudio de la geología con la realización de un Test de Respuesta Térmica (TRT), que nos indicará de una forma real el comportamiento térmico del sondeo.

### 1.8.2. Descripción

De todos los factores que influyen en el dimensionamiento del intercambiador geotérmico, las propiedades mecánicas, hidrogeológicas y térmicas del terreno son los factores más importantes en el diseño y en la eficiencia térmica final de la instalación geotérmica.

Las propiedades térmicas del terreno determinan la conductividad térmica,  $\lambda$ , la resistencia térmica del subsuelo ( $R_b$ ), y la temperatura del terreno sin alterar. Todas ellas, son vitales para el adecuado dimensionamiento de un intercambiador vertical que vaya a soportar elevadas cargas de calefacción y de refrigeración, por lo que es deseable su determinación si bien son difíciles de evaluar. Existen dos métodos principales para determinar las propiedades térmicas del terreno.

El primero se introdujo anteriormente y consiste en analizar en laboratorio muestras recogidas a diferentes profundidades durante la perforación. Este método permite caracterizar las unidades litológicas atravesadas, determinando la conductividad térmica y el contenido en agua en función de la profundidad de la perforación a la que se obtuvieron las muestras. Por otra parte, no es posible tener en cuenta la influencia de esa agua en el cálculo del valor de la conductividad térmica.

El segundo de los métodos permite determinar las propiedades térmicas del terreno mediante la realización en campo de un ensayo que recibe el nombre de Test de Respuesta Térmica (TRT). Para poder realizar el TRT es necesaria la construcción de al menos un intercambiador vertical de lazo cerrado, lo que aumenta significativamente el coste del ensayo, pero al mismo tiempo permite determinar tanto  $\lambda$  como  $R_b$ . Además, a partir de los resultados obtenidos se puede realizar ya el dimensionamiento inicial de la instalación, tras lo cual el intercambiador ensayado pasa a formar parte del sistema geotérmico construido, por lo que el coste del mismo atribuible al propio ensayo se reduce considerablemente.

De los dos métodos de caracterización térmica del terreno existentes, el primero prácticamente no se utiliza debido al alto coste de obtención de las muestras y a la dificultad de reproducir las mismas condiciones de campo en laboratorio, dando como resultado una muy baja precisión de los resultados. Por todo ello, el TRT es el ensayo más empleado en la actualidad para la determinación de los parámetros térmicos del terreno necesarios para el dimensionamiento de una instalación geotérmica de lazo cerrado y que sea de cierta envergadura. La norma alemana VDI 4640 aconseja que, para edificios con potencias térmicas necesarias por encima de los 30 kW y con doble uso de la bomba de calor, refrigeración-calefacción, es necesario hacer un TRT. Esto asegura un buen dimensionamiento del sondeo y la probable disminución de la longitud del sondeo al no tener que aumentar mucho más la longitud del mismo por seguridad, ya que se analiza con bastante exactitud la respuesta térmica del terreno, con el consiguiente ahorro final en costes.

### *Equipo TRT*

Mediante un equipo especialmente diseñado para ello y a partir de un fluido portador de calor, que se hace circular a través del circuito hidráulico realizado en el sondeo, se intercambia calor con el terreno de manera controlada y se registra la evolución de temperatura del fluido, tanto de entrada como de salida, durante varios días, normalmente entre 2 y 3. A partir de los datos registrados y basados en diferentes teorías analíticas o simulaciones numéricas, se realiza la interpretación de los datos obtenidos que permiten la determinación del comportamiento térmico del terreno.

Los equipos empleados para la realización de estos ensayos dependen en gran medida de las dimensiones de los sistemas geotérmicos a ensayar y de la potencia térmica de intercambio

establecida. Los primeros equipos fueron diseñados simultáneamente en Suecia y Estados Unidos en 1995. (Según se indica en la tesis influencia del tipo de árido en las propiedades térmicas y mecánicas de morteros utilizados como relleno geotérmico, Roque Borinaga) Desde entonces la mayor parte de las mejoras realizadas a los equipos se centraron en mejorar la precisión de los componentes empleados. Como mejora adicional, es necesario destacar el uso de cables-sensor de temperatura de fibra óptica. Sin embargo, su uso ha sido muy limitado debido al alto coste de esta tecnología.

Como los TRTs se realizan sobre sistemas de lazo cerrado, en primer lugar el equipo debe formar un circuito cerrado con el sistema geotérmico. Por otra parte, debe contar con una bomba hidráulica que permita la circulación del fluido portador de calor a un caudal constante mínimo que asegure un régimen turbulento. La bomba hidráulica escogida en cada caso dependerá tanto del caudal requerido como de la pérdida de carga del circuito cerrado, parámetros que son necesarios tener en cuenta durante el diseño del equipo de ensayo. En todo caso, el equipo debe ser capaz de registrar el caudal circulado y las temperaturas de impulsión y retorno del fluido portador de calor durante la duración del ensayo.

Los equipos pueden clasificarse en función del tipo de intercambio escogido para la realización del ensayo. Asimismo, la potencia térmica del equipo depende de la dimensión del intercambiador ensayado dado que durante el ensayo se debe aportar una potencia por metro de perforación similar a la que esté prevista durante el funcionamiento posterior de la instalación. El intercambio de calor con el terreno se puede realizar de tres maneras diferentes, lo que determina a su vez el tipo de suministrador de calor y/o frío empleado:

- **Con inyección de calor constante:** se calienta el fluido portador de calor a partir de resistencias eléctricas a una potencia constante conocida y se registran las temperaturas en la impulsión y en el retorno del equipo. Para asegurar un suministro constante de calor al ensayo únicamente es necesario asegurarse que el suministro eléctrico al equipo y el caudal circulado sean constantes. Es por ello que de las tres opciones disponibles es el equipo más económico y por lo tanto el más extendido.

- **Con inyección o extracción de calor constante:** El fluido portador de calor se calienta o enfría a potencia constante mediante una bomba de calor (geotérmica) y se registran las temperaturas en la impulsión y en el retorno del equipo. Aunque presenta la ventaja de obtener los parámetros térmicos del terreno en modo calefacción y refrigeración, debido al mecanismo de funcionamiento interno de la bomba resulta más difícil establecer una potencia constante al ensayo, lo que dificulta su realización y posterior lectura.

- **Inyección o extracción a temperatura constante:** En este caso, se establece una temperatura constante en la impulsión del equipo y se registra la potencia térmica necesaria para ello y la evolución en la temperatura de retorno al equipo. Como principal ventaja sobre la inyección a potencia constante los autores resaltan el menor tiempo de ensayo requerido. Sin embargo, la complejidad del equipo es mayor y además es más difícil establecer la temperatura constante al ensayo, lo que dificulta su realización y posterior lectura. Es por ello que en la actualidad se sigue empleando mayoritariamente la inyección de calor constante.

### Elementos del TRT

Cualquier equipo destinado a la realización de TRTs tiene un esquema básico similar al mostrado en la figura siguiente (FIGURA 16):

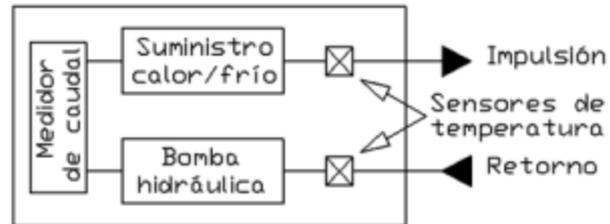


FIGURA 16: Esquema básico de funcionamiento de un equipo para la realización de TRT

El modo de empleo de un equipo TRT consiste en la generación de calor por medio de energía eléctrica que permite inyectar agua caliente a un intercambiador tubular enterrado para controlar los parámetros térmicos del terreno.

El circuito alojado en el interior del módulo-caja, está compuesto en líneas generales por una tapa superior en la que se ubican los elementos eléctricos, y una zona inferior en la que se ubican los elementos hidráulicos. En el costado del módulo existen unas tomas que permiten su conexión a la tubería enterrada. En la figura siguiente (FIGURA 17) se puede observar la foto de un TRT donde se aprecian estos elementos mencionados:



FIGURA 17: Equipo TRT

El módulo incorpora asimismo dos equipos registradores programables por ordenador según las instrucciones adjuntas que permiten registrar tanto las temperaturas de impulsión, retorno y ambiente como el caudal instantáneo circulante.

Los principales componentes del circuito hidráulico de un TRT genérico son:

- **Válvula de corte en la entrada**, sirve para cerrar el flujo de agua a la entrada.
- **Filtro en "Y"** sirve para retención de suciedades que puedan existir en el circuito hidráulico.

- **Contador de impulsos**, sirve para registrar el caudal de circulación.
- **Sonda de temperatura de retorno**, mide la temperatura del agua de retorno.
- **Bomba de circulación**, impulsa el agua por el circuito hidráulico
- **Termostato**, permite el control de la temperatura del agua y tiene un termostato de seguridad por máxima.
- **Calderín**, aloja las resistencias de calentamiento.
- **Vaso de expansión**, recoge el aumento de volumen de agua que se produce al calentar el circuito.
- **Sonda de temperatura de impulsión**, mide la temperatura del agua de impulsión
- **Válvula de corte ida**, sirve para cortar el circuito hidráulico en la impulsión
- **Valvula de llenado o vaciado**, situada bajo el separador puede servir para llenar o vaciar el circuito.

### *Realización Test de respuesta térmica*

El ensayo se realiza una vez efectuado el sondeo, instalada la sonda geotérmica y fraguado el mortero de relleno, si es el caso.

La prueba se inicia haciendo circular el fluido intercambiador de calor, sin aplicar calefacción, hasta que se establezcan las temperatura tanto a la entrada como a la salida del sondeo. Seguidamente, se empieza a inyectar una cantidad de calor constante, cuyo valor dependerá del flujo de calor estimado y de la profundidad efectiva del sondeo.

Durante la prueba se registran las temperaturas de entrada y de salida, las temperaturas interna y externa del equipo, la presión del sistema y el consumo eléctrico.

Se elaboran gráficos por ordenador con la evolución de las temperaturas, el caudal y la presión del fluido, antes y después de la inyección de calor.

La evolución de la temperatura del fluido es logarítmica, adquiriendo una inclinación constante transcurrido un determinado tiempo. A partir de la pendiente constante de esa curva se determina la conductividad térmica efectiva, que incluye la influencia del flujo de agua subterránea, del relleno, de las tuberías, etc.

El ensayo se suele realizar en un solo sondeo. El análisis de los datos registrados durante el mismo se basa habitualmente en modelos teóricos que no contemplan interacciones entre sondeos y que asumen que la potencia de inyección de calor es constante.

### *Métodos de interpretación de resultados*

Debido al intercambio de calor, el fluido portador de calor registra una variación de temperatura entre la sonda de entrada y salida del terreno que depende tanto del tiempo de ensayo transcurrido como de las propiedades térmicas del terreno y del sistema intercambiador ensayado. Por lo tanto, las propiedades térmicas del terreno y del intercambiador ensayado se pueden obtener mediante el ajuste de la temperatura del fluido predicha por un modelo a los datos reales de respuesta obtenidos.

Los modelos existentes se pueden dividir en dos grupos principales: los modelos analíticos y los modelos numéricos, si bien ambas opciones pueden resultar complementarias entre sí. Los modelos analíticos permiten la resolución directa del problema, mientras que los modelos numéricos lo hacen resolviendo por iteración las ecuaciones que gobiernan el problema.

### Modelos analíticos

En general, los modelos que obtienen una solución analítica del problema transitorio son unidimensionales. Los modelos más importantes a destacar son la teoría de fuente lineal infinita (Infinite Line Source, “ILS”) y la fuente cilíndrica infinita (Cylinder Source Model, “CSM”). Para resolver el problema de conducción transitorio, la ILS aproxima la geometría del intercambiador geotérmico a una línea infinita en la que el flujo de calor es constante por unidad de longitud. A su vez, considera que la línea se encuentra rodeada de un medio (el suelo) homogéneo e isótropo. Bajo estas consideraciones, el problema de conducción puede considerarse radial, por lo que la ecuación transitoria de Fourier en el suelo queda de la siguiente forma (1):

$$T(r, t) = \frac{q}{4\pi\lambda_{\text{terreno}}} \int_{\frac{r^2}{4\alpha t}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (1)$$

Donde,

- $r$  es la distancia respecto a la fuente de calor lineal (m)
- $t$  es el tiempo de ensayo transcurrido (s)
- $T(r, t)$  es la temperatura del terreno a una distancia  $r$  de la línea transcurrido un tiempo  $t$  (°C)
- $q$  es el flujo de calor por unidad de longitud de la fuente lineal infinita (W/m)
- $\lambda_{\text{terreno}}$  representa la conductividad térmica del terreno (W/(m K))
- $\alpha$  representa la difusividad térmica del terreno (m<sup>2</sup>/s)

Para determinar las propiedades del terreno es necesario aplicar la ecuación únicamente al terreno. De esta manera, la ecuación se resuelve para el caso en el que la distancia respecto a la fuente de calor es el radio de la perforación ( $r_b$ ). Por lo tanto, es necesario estimar la temperatura de la pared de la perforación en contacto directo con el terreno. Para ello se define el concepto de resistencia térmica de la perforación ( $R_b$ ) (2):

$$R_b = \frac{T_f - T_b}{q} \quad (2)$$

Donde,

- $T_f$  es la temperatura media del fluido portador de calor (°C o K)
- $T_b$  es la temperatura de la pared en contacto con el terreno (°C o K)
- $q$  es el calor inyectado al terreno (W/m)

Esta constante permite tener en consideración de manera indirecta la geometría y propiedades térmicas del intercambiador. Por otra parte, se asume que la temperatura inicial sin perturbar del terreno es constante, homogénea e igual a  $T_0$ . Bajo estas suposiciones, se obtiene la ecuación (3) propuesta por Mogensen:

$$T_f = \frac{q}{4\pi\lambda_{\text{terreno}}} \left( \ln \left( \frac{4\alpha t}{r_b^2} \right) - \gamma \right) + qR_b + T_0 \quad (3)$$

donde,

- $\lambda_{\text{terreno}}$  es la conductividad térmica estimada del terreno (W/(m K))
- $t$  es el tiempo de ensayo transcurrido (s)
- $R_b$  es la resistencia térmica de la perforación (m K)/W
- $T_0$  es la temperatura media sin perturbar del terreno (°C o K)
- $\alpha$  es la difusividad térmica del terreno (m<sup>2</sup>/s)
- $r_b$  es el radio del intercambiador de calor (m)
- $\gamma$  es la constante de Euler (0,5772...)

El error debido a la aproximación realizada por la ecuación (3) de la integral irresoluble de la ecuación (1), es inferior al 10% si se descartan los resultados obtenidos hasta un tiempo  $t$  que se determina a partir de la ecuación (4). Por último, la conductividad térmica del terreno y la resistencia térmica de la perforación se obtienen mediante un ajuste lineal por mínimos cuadrados del modelo a la temperatura registrada. Para tiempos de ensayo lo suficientemente largos, la conductividad térmica se determina a partir de la pendiente de la temperatura del fluido con el tiempo en escala logarítmica natural.

$$t \geq \frac{5r_b^2}{\alpha} \quad (4)$$

Por su parte, y a diferencia de la ILS, la CSM permite tener en cuenta las dimensiones finitas de la perforación suponiendo que la fuente lineal infinita es un cilindro al que asigna una capacidad térmica.

El TRT se concibió inicialmente con el objetivo de medir la conductividad térmica del terreno a partir de la teoría ILS, adaptando la norma ASTM D-5334 a la escala de un intercambiador geotérmico. Debido a su sencillez, el modelo ILS es el que se ha empleado de manera más generalizada, como muestran los trabajos realizados por numerosos autores.

### *Modelos numéricos*

Los modelos numéricos se pueden dividir en dos grupos: los basados en la aplicación sucesiva de modelos analíticos y los basados en simulación numérica.

Los modelos numéricos basados en modelos analíticos permiten mejorar la información que aporta la solución analítica aplicada de manera directa sobre los resultados.

Las soluciones que aplican simulación numérica permiten incluir una mayor descripción del intercambiador en el modelo empleado. Así, los modelos se clasifican a su vez en 4 grandes grupos: los unidimensionales, los bidimensionales con simetría axial, los bidimensionales con simetría horizontal y los tridimensionales.

### 1.8.3. Resultados TRT

Como la demanda energética del edificio cuya instalación geotérmica es objeto de este estudio es mayor a 30kW, es necesario hacer un ensayo TRT. A a tal efecto, el ensayo fue encargado al Grupo de Investigación en Tecnología de la Construcción (GITECO), que dispone del equipo necesario para su realización.

Los datos obtenidos con el TRT son los siguientes:

- Conductividad térmica efectiva media del terreno: 2,376 W/(m·K)
- Resistencia térmica de la perforación: 0,1260 m<sup>2</sup>·K/W
- Temperatura media sin perturbar del terreno [descenso]: 18,28 °C

Estos resultados confirman los datos estimados en el estudio inicial de la geología del subsuelo y las simulaciones efectuadas. Dando validez por tanto al dimensionamiento del campo de campo de sondas con los valores previamente estimados.

Los resultados aquí mostrados obtenidos por el TRT realizado por GITECO, están recogidos en el ANEXO 2: PROPIEDADES TÉRMICAS (TRT). Donde se muestran los resultados del TRT, el proceso elegido para el cálculo de los parámetros obtenidos y el procedimiento empleado para su ejecución.

## 1.9. DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DE SONDAS

### 1.9.1. Introducción

Para determinar el número de sondeos, su profundidad y configuración se parte de los datos de climatización del edificio y máquinas a instalar, y se procede a la simulación del comportamiento térmico del subsuelo a lo largo de los años para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación. Dicho cálculo se ejecuta mediante el software EED 3.2, muy habitual en el diseño de intercambiadores verticales.

EED – Earth Energy Designer, es un software, desarrollado por la Universidad de Lund (Suecia) y comercializado por la empresa BLOCON, una compañía especializada en física de edificios, transferencia de calor y desarrollo de software. Este software es de fácil aplicación y permite predecir el comportamiento de una instalación a lo largo de su vida útil teniendo en cuenta el comportamiento del terreno, así como del resto de los elementos de la instalación: relleno, tubería y fluido. Además, el software EED permite obtener parámetros determinantes como la longitud del intercambiador o las resistencias térmicas (fluido-tuberías-terreno) existentes en el conjunto de la perforación.

El objeto de este software es el cálculo de la temperatura del fluido a lo largo de la vida útil de la instalación, dando una idea de la saturación del terreno. Obtiene parámetros tan importantes como las cargas base y pico de calor extraído.

Así a partir de los datos presentados en el apartado anterior relativos a las bases de diseño y para una vida de 25 años, a continuación se presentan las simulaciones correspondientes a las diversas alternativas analizadas. Se asume que el sistema comenzará a funcionar en el mes de Septiembre.

### 1.9.2. Evaluación de alternativas

A continuación se presenta el comportamiento del campo de sondas en función de distintos escenarios, planteados a partir de los datos base y modificando distintos parámetros que influyen en el funcionamiento térmico y por lo tanto energético de la instalación.

Cada simulación realizada a continuación será considerada como una alternativa. Los datos principales que se variarán serán la profundidad de los sondeos, el número de sondeos y la disposición de los mismos.

#### 1.9.2.1. SIMULACIÓN 1

En esta primera simulación, los parámetros de diseño son los que se muestran a continuación. Destaca el uso de 12 sondeos en total, con una longitud de intercambiador de 130. Además el tipo de sonda usada en esta simulación es simple U.

Demanda total calefacción:	222131,4 kWh/año
Demanda total refrigeración:	37211,80 kWh/año
Demanda total ACS:	98389,56 kWh/año
Distancia entre sondeos:	10 m
Conductividad térmica del terreno:	2,4 W/mK
Conductividad del relleno:	2,1 W/mK
Diámetro del sondeo:	139,7 mm
Tipo de sonda:	Single U
Configuración:	4 x 5 U-configuration
Límite de temperatura de congelación:	-5 °C
Longitud total de intercambio:	1560 m
Longitud vertical por intercambiador:	130 m

La figura siguiente (FIGURA 18) muestra la configuración de los sondeos en el campo de sondas. Donde se observa la configuración en forma de “U”.



FIGURA 18: Representación de la disposición de los sensores en la primera simulación

Las curvas siguientes muestran las temperaturas que el fluido que circula a través de las sondas geotérmicas tendría en el año 25 de vida de la instalación (FIGURA 19) y a lo largo de los 25 años de funcionamiento (FIGURA 20), asumiendo una instalación con las características antes definidas.

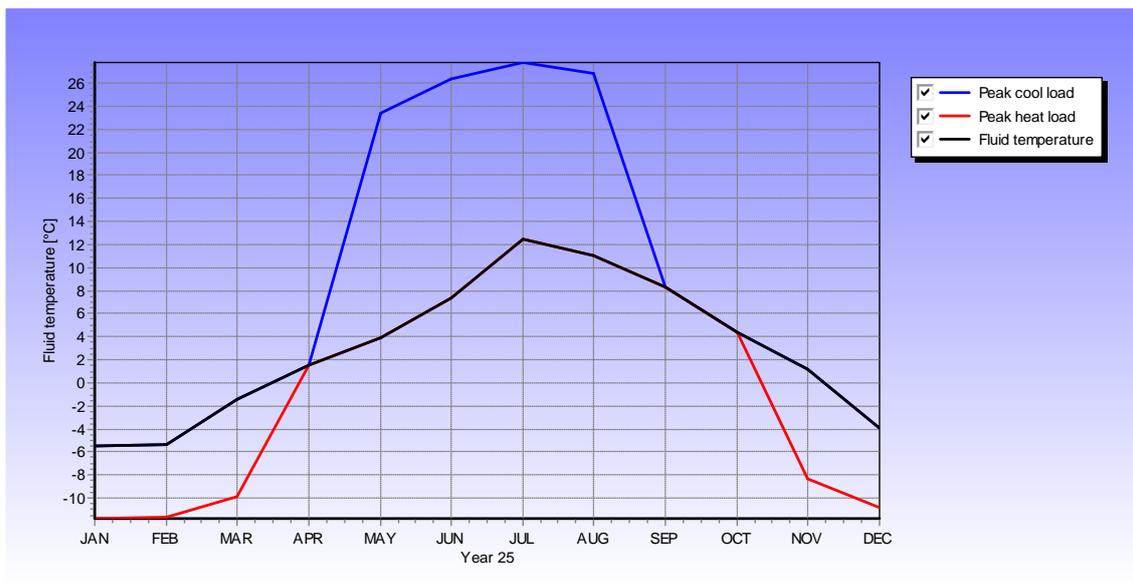


FIGURA 19: Representación de las temperaturas medias y pico del fluido caloportador a los 25 años en la primera simulación

En la figura anterior (FIGURA 19) se observa como las temperaturas medias del fluido son mayores en verano y menores en invierno. Las máximas temperaturas pico se encuentran en Enero y Febrero en caso del invierno y en Julio

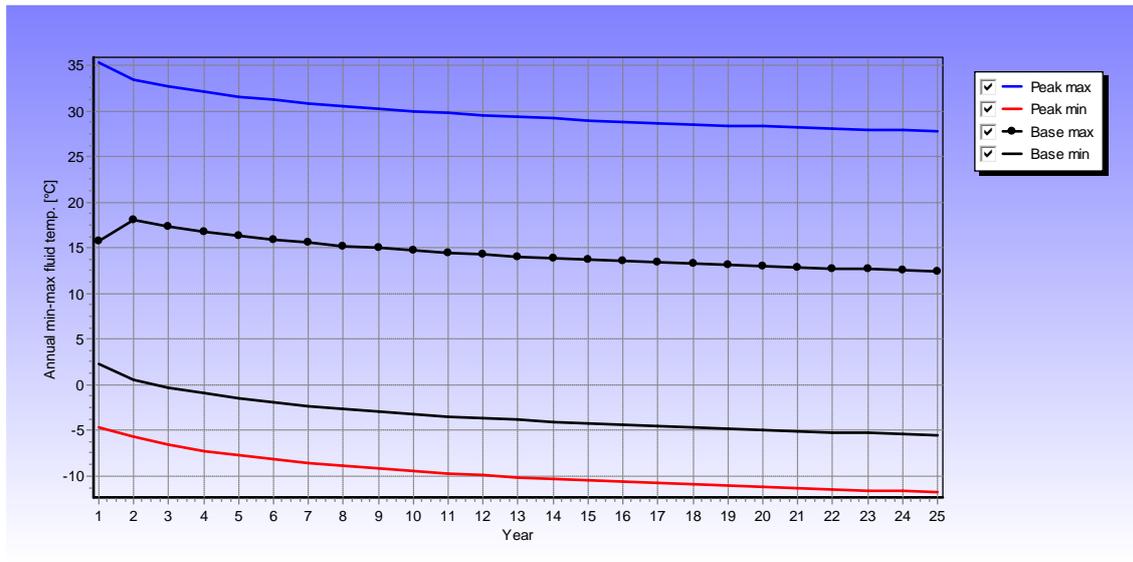


FIGURA 20: Representación de las temperaturas medias a lo largo de 25 años en la primera simulación

Los resultados que se muestran en estas figuras (FIGURA 19 y FIGURA 20), determinan que para esta configuración la temperatura del fluido interior de las sondas está por debajo de los límites marcados para el correcto funcionamiento del sistema. Alcanzamos temperaturas inferiores a  $-10^{\circ}\text{C}$  al cabo de 25 años, imposibilitando el uso de esta configuración. Es más, analizando estos datos desde el primer año de funcionamiento, se observa que desde el primera año los resultados obtenidos en nuestras temperaturas mínimas son inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$ , o están muy cerca de este valor. Por otro lado las máximas temperaturas del fluido cumplen con los requisitos de funcionamiento, es decir, la temperatura del fluido se mantiene por debajo de los  $40^{\circ}\text{C}$ .

Esto indica que las dimensiones de la simulación realizada están por debajo de lo que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.

### 1.9.2.2. SIMULACIÓN 2

En esta segunda simulación, los parámetros de diseño son los que se muestran a continuación. Con el objetivo de cumplir con los requerimientos se aumenta el número de sondeos de 12 a 14, y la profundidad de 150 a 130. Destaca el uso de 12 sondeos en total, con una longitud de intercambiador de 130. El tipo de sonda usada será el mismo que en esta simulación. Caben destacar los 2100 metros de perforación que se deben ejecutar en total.

Demanda total calefacción:	222131,4 kWh/año
Demanda total refrigeración:	37211,80 kWh/año
Demanda total ACS:	98389,56 kWh/año
Distancia entre sondeos:	10 m
Conductividad térmica del terreno:	2,4 W/mK
Conductividad del relleno:	2,1 W/mK
Diámetro del sondeo:	139,7 mm
Tipo de sonda:	Single U
Configuración:	4 x 6 U-configuration

Límite de temperatura de congelación:	-5 °C
Longitud total de intercambio:	2100 m
Longitud vertical por intercambiador:	150 m

La figura siguiente (FIGURA 21) muestra la configuración de los sondeos en el campo de sondas. Donde se observa la configuración en forma de “U”.



**FIGURA 21:** Representación de la disposición de los sondeos en la segunda simulación

Las curvas siguientes muestran las temperaturas que el fluido que circula a través de las sondas geotérmicas tendría en el año 25 de vida de la instalación (FIGURA 22) y a lo largo de los 25 años de funcionamiento (FIGURA 23), asumiendo una instalación con las características antes definidas.

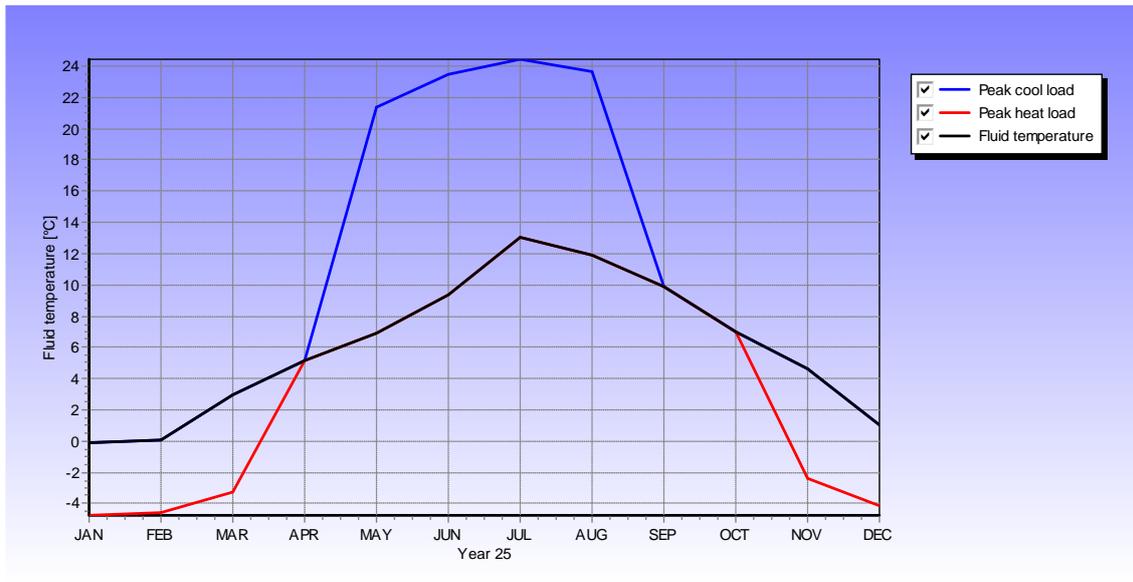


FIGURA 22: Representación de las temperaturas medias y pico del fluido caloportador a los 25 años en la segunda simulación

En la figura anterior (FIGURA 22) se observa como las temperaturas medias del fluido son mayores en verano y menores en invierno. Las máximas temperaturas pico se encuentran en Enero y Febrero en caso del invierno y en Julio. Esto será independiente del dimensionamiento y siempre sucederá. En cambio se aprecia como los valores de las temperaturas son bastante menores a los de la simulación anterior.

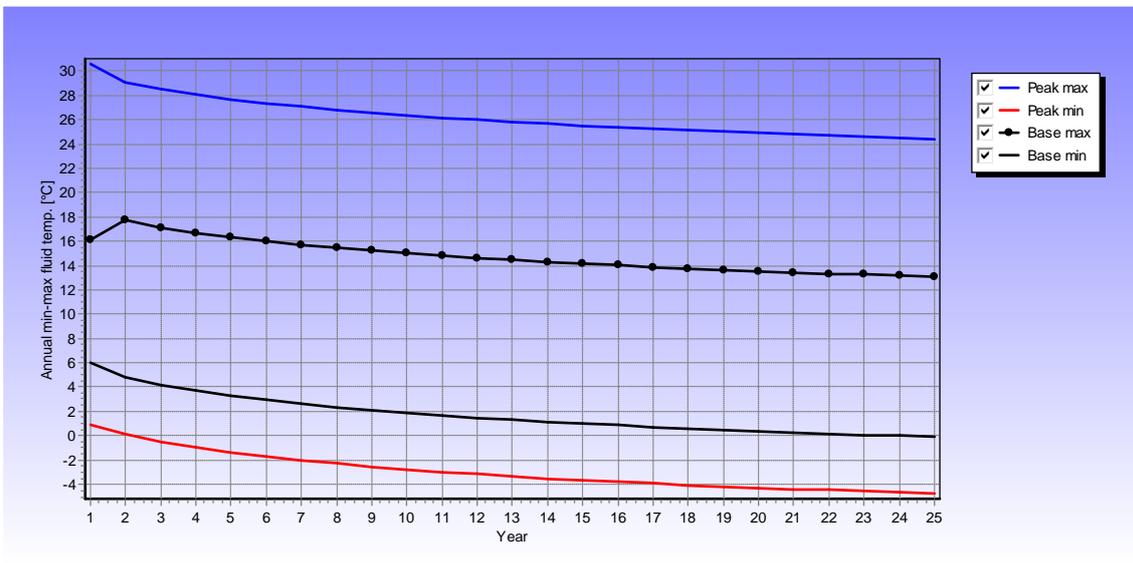


FIGURA 23 Representación de las temperaturas medias a lo largo de 25 años en la segunda simulación

Habiendo aumentado la longitud total de intercambiador se aprecia como al final de los 25 años las temperaturas del fluido cumplen los requerimientos funcionales del sistema. La menor temperatura alcanzada se encuentra a los 25 años, donde la temperatura no llega a los -5 °C. Por otro lado la temperatura máxima que alcanza el fluido se produce en el primer año de funcionamiento con un total de 30 °C.



Se observa como las temperaturas medias del fluido son menores que en la primera simulación, lo que aparte de esto, nos da mayor seguridad en el funcionamiento normal del sistema.

Este sistema es capaz de satisfacer las demandas energéticas del edificio, siendo por tanto aplicable a la práctica. Sin embargo, en busca de realizar menos metros de perforación se realizarán simulaciones con sondas “doble U”. El objetivo es abaratar los costes de ejecución del sistema geotérmico. El precio del metro de tubería es menor que el metro de perforación, por lo que aunque el tipo de sonda doble U implique mayor metros de tubería, los metros de perforación serán mucho menores, disminuyendo de esta forma el coste total de la obra.

### 1.9.2.3. SIMULACIÓN 3

En esta tercera simulación, los parámetros de diseño son los que se muestran a continuación. Destaca el tipo de sonda, que en este caso será de doble U, la longitud vertical del intercambiador, que será menor a la anterior simulación, con un longitud de 144 m, y la realización de un total de 12 sondeos.

Demanda total calefacción:	222131,4 kWh/año
Demanda total refrigeración:	37211,80 kWh/año
Demanda total ACS:	98389,56 kWh/año
Distancia entre sondeos:	10 m
Conductividad térmica del terreno:	2,4 W/mK
Conductividad del relleno:	2,1 W/mK
Diámetro del sondeo:	139,7 mm
Tipo de sonda:	Doble U
Configuración:	6 x 4 U-configuration
Límite de temperatura de congelación:	-5 °C
Longitud total de intercambio:	1728 m
Longitud vertical por intercambiador:	144 m

La figura siguiente (FIGURA 24) muestra la configuración de los sondeos en el campo de sondas. Donde se observa la configuración en forma de “U”.



FIGURA 24: Representación de la disposición de los sondeos en la segunda simulación

Las curvas siguientes muestran las temperaturas que el fluido que circula a través de las sondas geotérmicas tendría en el año 25 de vida de la instalación (FIGURA 25) y a lo largo de los 25 años de funcionamiento (FIGURA 26), asumiendo una instalación con las características antes definidas.

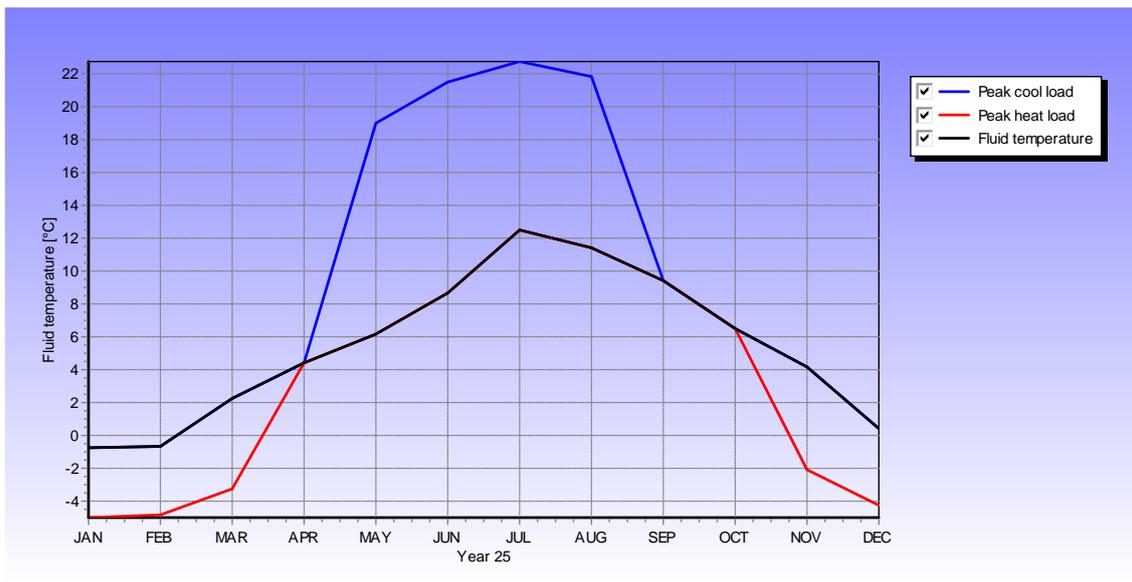


FIGURA 25: Representación de las temperaturas medias y pico del fluido caloportador a los 25 años en la segunda simulación

En la figura anterior (FIGURA 25) se observa como las temperaturas medias del fluido son mayores en verano y menores en invierno. Las máximas temperaturas pico se encuentran en Enero y Febrero en caso del invierno y en Julio. Esto será independiente del dimensionamiento y siempre sucederá.

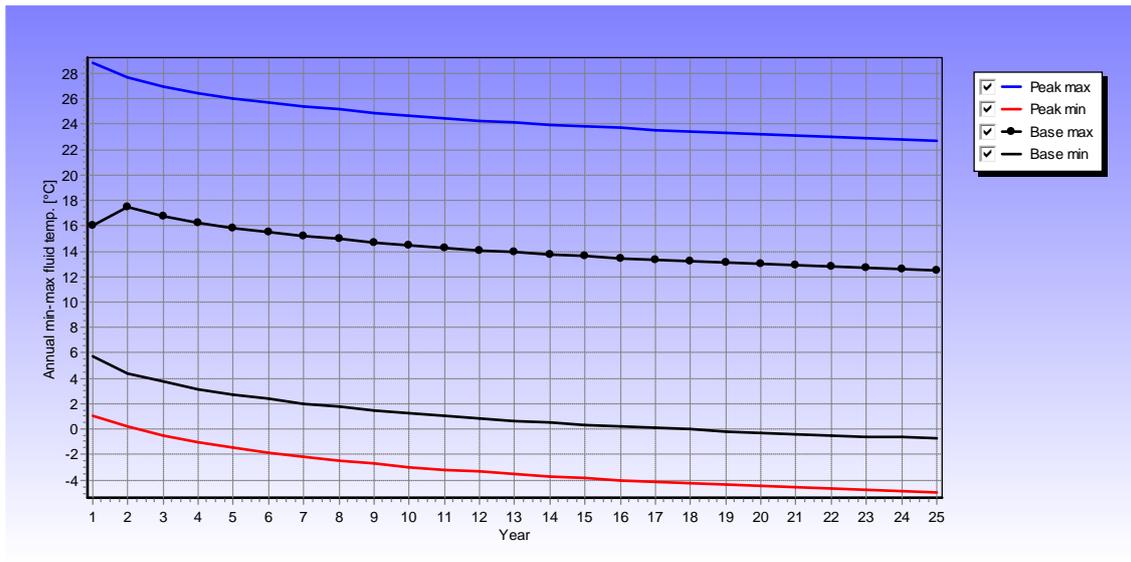


FIGURA 25: Representación de las temperaturas medias a lo largo de 25 años en la segunda simulación

De la FIGURA 25 y de la FIGURA 26 se obtienen que los datos de diseño escogidos han sido acertados y ajustados, estando los valores de pico a los 25 años dentro de los límites establecidos para la temperatura del fluido. En el caso de la temperatura mínima, el valor es de casi -5 °C a los 25 años. Por otra parte, la temperatura máxima del fluido se encontrará en el primer año de uso del sistema con un valor de casi 29 °C, menor al obtenido en la simulación anterior.

Con esta combinación se cumplen los parámetros de diseño y además se reducen los metros de sondeo en casi 500m. Lo que significa una importante reducción del coste de la obra debido a que la perforación supone el mayor coste de la obra. El ahorro total es entorno al 8%. Esto se puede ver de forma más detallada en el capítulo 3 PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA, donde aparecen con las comparaciones entre las distintas alternativas propuestas en este punto,

Aunque esta combinación sea válida según los parámetros de diseño, los valores obtenidos están muy cerca de los límites marcados para la temperatura del fluido. Por tanto se decide aumentar ligeramente la profundidad para intentar lograr una mayor seguridad de funcionamiento del sistema a largo plazo.

#### 1.9.2.4. SIMULACIÓN 4

En esta cuarta simulación, los parámetros de diseño son los que se muestran a continuación. Destaca el tipo de sonda, que será de doble U y la longitud vertical del intercambiador que será de 148 m. El objetivo es lograr asegurar el funcionamiento del sistema a los 25 años.

Demanda total calefacción:	222131,4 kWh/año
Demanda total refrigeración:	37211,80 kWh/año
Demanda total ACS:	98389,56 kWh/año
Distancia entre sondeos:	10 m
Conductividad térmica del terreno:	2,4 W/mK
Conductividad del relleno:	2,1 W/mK

Diámetro del sondeo:	139,7 mm
Tipo de sonda:	Doble U
Configuración:	6 x 4 U-configuration
Límite de temperatura de congelación:	-5 °C
Longitud total de intercambio:	1776 m
Longitud vertical por intercambiador:	148 m

La figura siguiente (FIGURA 27) muestra la configuración de los sondeos en el campo de sondas. Donde se observa la configuración en forma de "U".



FIGURA 27: Representación de la disposición de los sondeos en la segunda simulación

Las curvas siguientes muestran las temperaturas que el fluido que circula a través de las sondas geotérmicas tendría en el año 25 de vida de la instalación (FIGURA 28) y a lo largo de los 25 años de funcionamiento (FIGURA 29), asumiendo una instalación con las características antes definidas

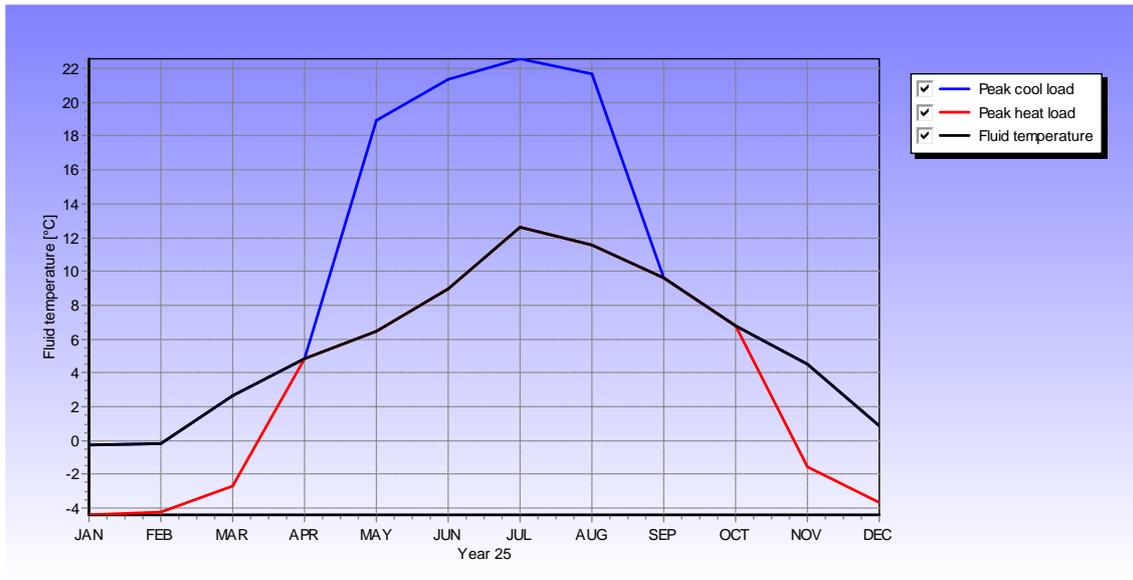


FIGURA 28: Representación de las temperaturas medias y pico del fluido caloportador a los 25 años en la segunda simulación

En la figura anterior (FIGURA 28) se observa como las temperaturas medias del fluido son mayores en verano y menores en invierno. Las máximas temperaturas pico se encuentran en Enero y Febrero en caso del invierno y en Julio. Esto será independiente del dimensionamiento y siempre sucederá.

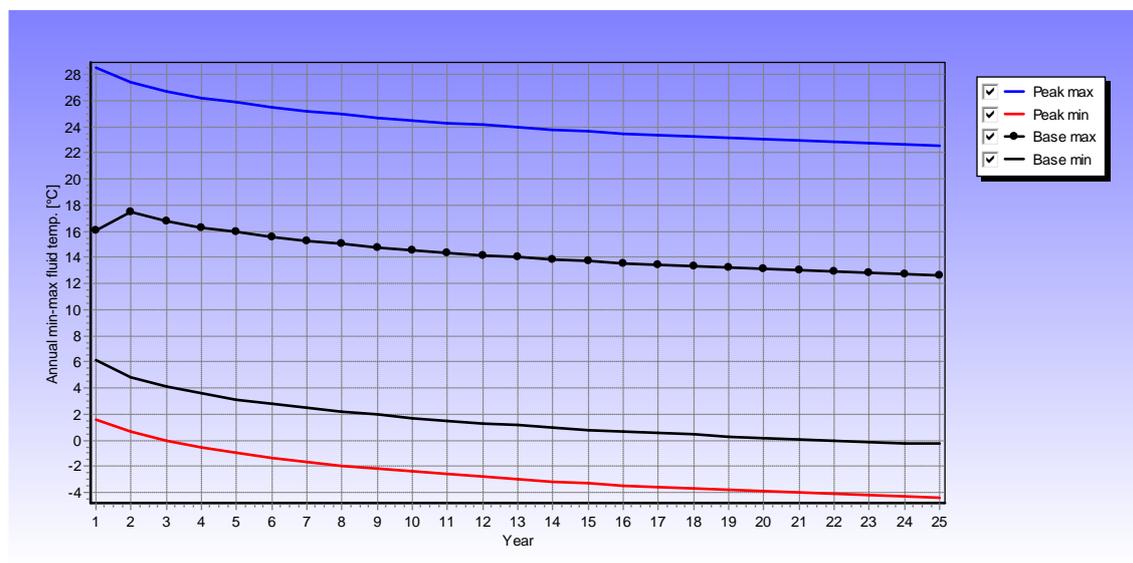


FIGURA 29: Representación de las temperaturas medias a lo largo de 25 años en la segunda simulación

En este caso se observa como los valores mínimos de la temperatura del fluido han reducido sus valores casi  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con tan solo 4 m más por sondeo. Lo cual nos proporciona mayor seguridad en el funcionamiento del sistema puesto que se cumplen con cierta holgura los valores límites de la temperatura del fluido. Por otro lado las temperaturas máximas siguen aproximadamente en los valores obtenidos en la anterior simulación. Pero puesto que estos valores no son limitantes y cumplen con los requerimientos del sistema de manera muy holgada no son causa de fallo del funcionamiento del sistema.

Esta última simulación proporciona la seguridad y la confianza de que funcionará correctamente al cabo de 25 años. Desde un punto de vista económico el presupuesto aumentará tan solo un 1,7% respecto al de la simulación anterior. Por tanto, debido a la seguridad que aporta esta última alternativa a costa de un ligero incremento del presupuesto, la alternativa elegida es esta última.

## 1.10. EJECUCIÓN DEL CAMPO DE SONDAS

### 1.10.1. Perforación de los sondeos

Las perforaciones en una instalación geotérmica suponen una de las fases más delicadas en la ejecución de dicha instalación. La elección del método de perforación puede determinar su éxito o fracaso y los factores a tener en cuenta son numerosos. Entre ellos destacan los accesos al área de trabajo, el espacio disponibilidad, factores medioambientales relacionados con la utilización de lodos, factores económicos y, sobre todo, los geológicos. La geología del terreno donde se ubique el intercambiador condiciona sobre manera la elección del método.

La construcción de las sondas requiere de elaboración y un previo estudio del terreno. En un principio se identifica el método de realizar la perforación del suelo, que dependerá de las características del mismo. Existen distintos tipos de perforación para rocas:

1. **Perforación a percusión por hinca**, utiliza el impacto de un útil más o menos afilado, suspendido de un cable, se le deja caer desde una cierta altura para fragmentar la roca. Se sigue empleando hoy en día. Utilizado en rocas muy duras
2. **Perforación a rotopercusión con martillo en cabeza o en fondo**, utiliza el impacto de una pieza de acero alojado en el interior del martillo, que golpea sobre el extremo del utillaje de perforación, el cual transmite la energía al fondo del sondeo por medio de un elemento final, la boca. Al mismo tiempo, se proporciona al útil de corte un movimiento de rotación y una fuerza de empuje suficiente para transmitir de forma eficaz la energía necesaria para disgregar la roca. Utilizado en rocas duras o muy duras.
3. **Perforación a rotación** con barrenas helicoidales, triconos de dientes e insertos o coronas. La fragmentación de la roca no se produce por impacto, sino por compresión, por corte o por la acción combinada de ambos. Al útil de perforación se le aplica un empuje que supere la resistencia a compresión de la roca y un par de giro que origine su corte por cizalladura. Para terrenos más blandos o rocas meteorizadas. Se usan lodos para la extracción del detritus producido en la perforación del sondeo.

En caso de que se perfore una formación geológica con terrenos duros, competentes y estables, se dispone de la perforación a rotopercusión con martillo en fondo.

Para terrenos inestables cuyos terrenos se derrumben con facilidad se usara la perforación a rotación con circulación directa, para circuitos cerrados, debido a que su profundidad no es muy elevada (100-200 m) y diámetro de unos 15 cm, por tanto permite que la velocidad de circulación de los lodos (0,4-0,8 m/s) pueda extraer el detritus, para profundidades y diámetros mayores, se hace difícil alcanzar las velocidades necesarias, se requiere de maquinaria muy grande. Para circuitos abiertos, con profundidades de unos 500m y diámetro de unos 30 cm, se usa la circulación inversa, la cual supera las limitaciones de la circulación directa.

Estos lodos se infiltran en zonas por los poros o grietas del sondeo, o en terrenos inestables como arenas, formando una fina pared con cierta resistencia que nos evita el derrumbe de las paredes del sondeo. Proporciona por tanto estabilidad al sondeo, aparte de la extracción del detritus antes mencionado. En zonas con muchas fisuras o donde se produzcan filtraciones de los lodos, estos no pueden ser usados, pues no se usarían sus funciones básicas. Para evitar esto podemos hacer uso de las entubaciones.

Las entubaciones en sondeos, consisten en tuberías de diámetro menor al del sondeo, cuyas funciones principales son las de proteger el sondeo para, evitar pérdidas en la circulación de los lodos, evitar el derrumbe de paredes del sondeo, aislar acuíferos, proteger al sondeo de zonas expansivas o proteger la bomba sumergible para extracción de agua.

Según la tubería que se use se puede distinguir entre tubería provisional o definitiva. La provisional se utiliza durante la perforación para contener las paredes y poder continuar la misma, esta tubería se extrae al final del sondeo, aunque a veces es imposible extraerla y se queda en el mismo. La definitiva es la que se coloca cuando se termina el sondeo, y es la que sirve para la explotación del acuífero y para proteger la bomba sumergible de extracción de agua.

Las tuberías que se utilizan normalmente son metálicas y de PVC. Dentro de las tuberías metálicas, lo más normal es utilizar tuberías de acero al carbono, pero si el agua es agresiva o el acuífero a extraer no puede estar en contacto con tuberías de acero al carbono por los óxidos que desprende, caso del agua mineral, se utilizan tuberías de acero inoxidable.

Las tuberías de PVC se utilizan cuando el agua que se quiere extraer no conviene que esté en contacto con tuberías de acero al carbono, por el posible desprendimiento porque las aguas del acuífero son muy corrosivas y el acero al carbono se deteriora rápidamente. Los tubos de PVC resisten de forma permanente el ataque de aguas subterráneas de cualquier tipo, agua de mar, lixiviados, ácidos diluidos, etc., así como tratamientos de regenerantes y desinfectantes.

Cuando el sondeo se realiza con entubación definitiva de un sondeo para captación de aguas subterráneas, se colocan tramos de tubería filtrante enfrente de los acuíferos que se van a explotar, permitiendo el paso de los fluidos al interior de la tubería. Estos tramos filtrantes evitan la introducción de finos dentro del sondeo y retienen la grava silíceo que se ponga, permitiendo el desarrollo del sondeo. Los tramos filtrantes pueden ser ranuras o filtros de puentecillo. La abertura, en caso de no poner empaque de grava, está en función del tamaño de grano de la formación, debiendo ser menor que éste (un 0.8 el tamaño más grande utilizado).

En estos sondeos verticales se introducen los intercambiadores en su posición final y el espacio sobrante se rellena de un material, que reúne las siguientes características, elevada conductividad térmica, baja permeabilidad, buena adhesión a la sonda y al terreno, elevada resistencia a las heladas y no ser perjudicial para las aguas subterráneas.

Los sondeos tendrán un diámetro de 139,7 mm, que permita introducir las sondas y un recubrimiento de mortero. La perforación de este tipo de suelo puede ser ejecutado mediante rotación directa con el empleo de lodos en circulación directa para la extracción del detritus. Las entubaciones serán necesarias al menos en la primera parte del sondeo para asegurar el

sostenimiento del terreno. La máquina escogida a tal efecto será KR 707-1W de KLEMM Bohrtechnik, es una maquina diseñada para geotermia, la cual se puede adaptar a las condiciones del terreno, pudiendo ser usada en diferentes tipos de perforación y diferentes empleos de medidas auxiliares, tipo circulación de lodos o empleo de entubaciones.

### 1.10.2. Introducción de las sondas

La introducción del intercambiador se realizará una vez la perforación esté acondicionada, de manera que se eviten posibles colapsos de las paredes del sondeo. Se revisará que las sondas carezcan de arañazos ocasionados en el transporte o durante su manipulación.

Las sondas geotérmicas de polietileno reticulado (PEX), tipo doble U, SDR 11 y diámetro 32 mm, se introducirán junto a un tubo de polietileno de alta densidad PE100 de diámetro 25 o 32 mm para inyección de relleno. Las sondas dispondrán de separadores que mantengan los tubos separados entre sí una distancia dada, llevando en el centro el registro para colocar el tubo de inyección. De igual forma, las sondas irán lastradas mediante un peso anclado al pie de sonda o pieza en U.

Las sondas se introducirán cargadas de la mezcla de agua-anticongelante. Esto permitirá que la tubería baje por gravedad, con la precaución de introducirlas a una velocidad demasiado alta que evite el roce las sondas con la boca o las paredes de la perforación. Se introducirá manualmente o con la ayuda de un mecanismo desenrollador (FIGURA 30).



FIGURA 30: Desenrollador

Antes de introducir el material de relleno se recomienda realizar una primera prueba de presión sometiendo al intercambiador a una presión de 6 bar durante 30 min, según lo indicado en el Pliego de condiciones. La presión no podrá descender más de 0,6 bar. En caso de no superar la prueba, será necesario cambiar el colector.

A continuación se inyectará el material de relleno, que habrá de tener el valor de conductividad térmica apropiado, se aconseja el uso de un mortero tipo ENERGROUT HD 2.1 de 2,1 w/mK, mientras preserva su inocuidad respecto al medio en el que se inyecta. Habrá de ser, además impermeable, de manera que se evite la comunicación entre acuíferos. Este relleno proporcionará el adecuado contacto térmico entre el intercambiador y el terreno, además de actuar de material sellador del pozo.

El relleno se realizará mediante tubería de inyección desde la base de la perforación. Esto permitirá reducir la cantidad de aire ocluido durante el llenado y mejorar las propiedades térmicas del sondeo. La mezcla del relleno se realizará mediante una planta de inyección, esta máquina posee de una mezcladora, un depósito posterior y una bomba para inyectar el relleno mezclado. Los componentes de la mezcla se dosifican en el depósito mezclador, dotando de las mejores propiedades y de manera continua relleno al sondeo. Una maquina usada para estos efectos es la planta de inyección IS-35 de SOLUTEC, lo que nos aporta un caudal máximo de 75 l/min de relleno.

En caso de zonas de flujo de agua subterránea de alta permeabilidad, se procederá a realizar un empaque de gravas. Este empaque está formado por un anillo de grava calibrada de 3 a 6 mm. La grava debe ser silíceas y no calcáreas y su misión es dejar pasar el agua a través del interior del sondeo. Además, servirá de protección de las paredes del sondeo, impidiendo su derrumbamiento y evitando la pérdida del material de relleno o inyectado. Una vez sorteado la facies permeable se procederá ya a la inyección del relleno.

### 1.10.3. Tramo horizontal

Este tramo horizontal comprende la conexión de las sondas con la sala de máquinas donde se encontrarán las bombas de calor.

#### *TRAMO HORIZONTAL*

Las tuberías del tramo horizontal así como los fittings necesarios (codos, Tes, manguitos, etc.) para hacer las conexiones y la distribución del fluido geotérmico hasta la sala técnica en la que se encuentra la bomba de calor y la bomba circuladora, serán de polietileno de alta densidad PE100, de diámetro 40 mm, relación de diámetros SDR11 y presión nominal PN16.

Los tubos de las sondas geotérmicas deberán estar unidos a los tubos del tramo horizontal mediante electrofusión con piezas “Y” en la cabeza de la perforación. De esta forma, existirá un único tramo de impulsión y un único tramo de retorno por pozo captador. Así, en la boca de cada sondeo se conectarán dos piezas “Y” para unir en dos tubos de 40 mm de diámetro los cuatro tubos (2 de salida y 2 de retorno) de 32 mm. De cada sondeo saldrán, por tanto, dos tubos de 40 mm de diámetro.

Estos tubos discurrirán sobre un lecho de arena de 10 cm a una profundidad mínima de 70 cm en una zanja que permita una separación mínima entre ida y retorno de 30 cm aprox. en toda su longitud discurrirán sobre un lecho de arena de 10 cm a una profundidad mínima de 70 cm en una zanja que permita una separación mínima entre ida y retorno de 30 cm aprox. en toda su longitud hasta la entrada a colectores. Dicho zanja se cubrirá con otra capa de arena sobre tubos de 10 cm y sobre ella una capa de tierra de 30 cm. Sobre ella se colocará una banda plástica testigo que avise de la presencia de tubos geotérmicos en caso de excavación por último se rellenará con

tierra sin grandes piedras que permitan un reparto correcto de las cargas. En caso de utilizar tubería de polietileno reticulado (PEX) en el tramo horizontal, no será necesario el lecho de arena.

Se estará, en cualquier caso, a lo exigido en el Pliego de Condiciones.

En el ANEXO 6: PLAN DE OBRA, están descritos los posibles rendimientos que pueden ser empleados en la ejecución de este sistema, así como los tiempos por unidades de obra y un diagrama de la planificación final.

### ***COLECTOR Y DISTRIBUIDOR***

El distribuidor (ida a sondeos) y el colector (retorno de la sala de máquinas) serán de polietileno de alta densidad PE100, tendrán un diámetro nominal de 125 mm y dispondrán de 12 salidas para tubos de polietileno de alta densidad de 40 mm de diámetro, coincidiendo con el de la tubería del tramo horizontal.

El distribuidor incluirá: válvulas de equilibrado, válvulas de bola en PVC, racor de 3/4" como grifo de llenado y vaciado y orificios de rosca de 1/2" para alojamiento de termómetro, purgadores y otros accesorios.

El colector incluirá: válvulas de bola en PVC, racor de 3/4" como grifo de llenado y vaciado y orificios de rosca de 1/2" para alojamiento de termómetro, purgadores y otros accesorios.

### ***BOMBA DE CIRCULACIÓN***

Para el dimensionamiento de las bombas hidráulicas del intercambiador enterrado se han tenido en cuenta los dos parámetros que determinan su funcionamiento: la pérdida de carga asociada al circuito y sus componentes, y el caudal mínimo que permite en cada sondeo el cumplimiento del régimen turbulento.

Los valores de ambos parámetros calculados por bomba de calor y para el dimensionamiento de las bombas hidráulicas de son los siguientes:

- Pérdida de carga total del circuito: 27,5 m.c.a
- Caudal para cumplir régimen turbulento: 20 m<sup>3</sup>/h

A partir de estos valores, el modelo de bomba seleccionado ha sido el Wilo VeroTwin DP-E (o similar) de rotor seco de una etapa, con variador de frecuencia, con potencia nominal de 3 kW y apta para temperaturas desde -10°C hasta 120 °C

Se dispondrá de una bomba hidráulica por cada bomba de calor y el caudal de cada uno de esas bombas será de 20 m<sup>3</sup>/h. Este valor se encuentra dentro del rango de caudales exigido por el fabricante de las bombas de calor seleccionadas anteriormente: entre 9 y 25 m<sup>3</sup>/h.

La bomba irá ubicada en la sala de máquinas junto al resto de la maquinaria del sistema. Si fuera necesario, se evitará la transmisión de vibraciones a las tuberías mediante un sistema adecuado para tal fin.

Las especificaciones técnicas de cada uno de los materiales o maquinas usados en este apartado están recogidas en el ANEXO 4: MATERIALES Y MAQUINAS.

### 1.11. PRUEBAS FINALES

Las pruebas de presión recomendadas y/o necesarias están convenientemente referidas en el documento del Pliego de Condiciones.

Santander, Junio de 2015



Joaquín López Uriarte

# ANEXO 1: GEOLOGÍA

## 1. INTRODUCCIÓN

La geología y la hidrogeología de la zona de estudio son cuestiones muy importantes a tener en cuenta, puesto que en función de la tipología de los materiales a perforar y el nivel freático se conseguirá un mejor intercambio de calor con el terreno, ya que no todas las rocas tienen el mismo coeficiente de conductividad térmica. Es necesaria una buena determinación de esta geología, pues en ella se basa la energía que se explota en este estudio.

En el presente anexo se estudia la geología de la zona de Santander y más exhaustivamente la del área de estudio.

## 2. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Situados en la parte noroccidental de la Cuenca Cantábrica, se encuentra que morfológicamente se caracteriza por la existencia de un relieve alomado en su mitad septentrional, con elevaciones máximas del orden de los 200 m. y alineaciones en general E-O., que en el extremo nororiental pasan a ser perpendiculares a la costa. En su mitad meridional la topografía es más abrupta, alcanzándose en cortos intervalos de terreno, y en zonas próximas a la bahía de Santander, altitudes considerables, predominan las cotas del orden de los 300m. y las alineaciones preferentes son también E-O. El curso fluvial más destacable es el río Miera, de orientación N-S, que se ve trastornada localmente por la adaptación del curso del río a accidentes tectónicos de tipo fractura.

El bloque costero de Santander, cuyos límites están definidos por el Macizo Paleozoico Asturiano al Oeste, la falla de Cabuérniga al Sur y la falla de Ramales al Este (FIGURA 1). El Bloque Costero de Santander, denominada así a la zona donde se localiza el sector NO del Surco Navarro-Cántabro, se caracteriza por su complejidad estructural que se pone de manifiesto en la repetición de series en el subsuelo que sin embargo no tienen su reflejo en la cartografía de superficie.

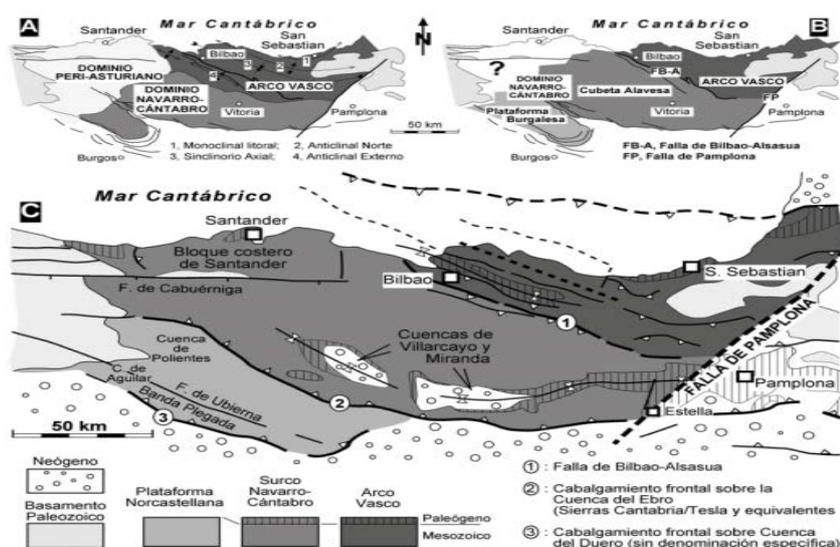


FIGURA 1 – Esquemas de división de la Cuenca Vasco-Cantábrica: (A) según FEUILLÉE y RAT (1971); (B) según SERRANO y MARTÍNEZ DEL OLMO (1990); (C) adoptado en este trabajo. Figura reproducida de BARNOLAS y PUJALTE en VERA (2004)

Afloran en el área (FIGURA 2) sedimentos del Triásico, pertenecientes al Keuper, que siempre se presentan en forma diapírica, en su mitad occidental, a los que aparecen asociados ofitas y bloques de materiales del Jurásico. El Cretácico Inferior está ampliamente representado en facies continentales, Weald, y marinas, complejo Urganiano y parte del complejo Supraurgoniano. El Cretácico Superior aflora extensamente en toda la región, por lo que respecta al Cenomaniense, los términos superiores aparecen preferentemente en el cuadrante NO. de la Hoja representada en la FIGURA 2, así como los sedimentos pertenecientes al Paleoceno y Eoceno. El Cuaternario ocupa pequeñas extensiones a modo de recubrimiento.

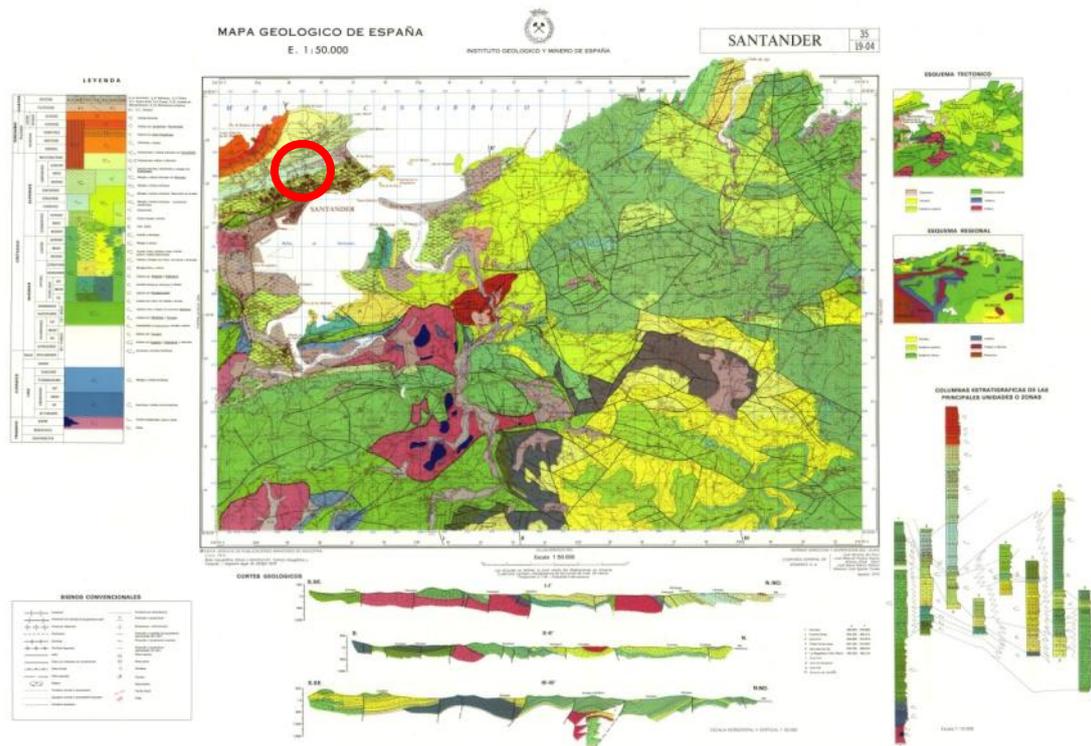


FIGURA 2 - Mapa Geológico Hoja 35 (Escala 1:50.000)



**Test de Respuesta Térmica  
 Santander (Cantabria)**  
***Informe de resultados***

Este informe tiene como objeto completar la información y documentación necesaria para el desarrollo del Trabajo Fin de Grado de un alumno de 4º Curso de Ingeniería Civil de la E.T.S.I.C.C.P. de la Universidad de Cantabria. La información aquí incluida puede contener por tanto elementos que no reflejen fielmente la realidad de la situación o del proyecto. Por otra parte, algunos de los elementos habituales en este tipo de informes han sido eliminados por falta de los datos necesarios.

**Junio de 2015**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

- 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....
- 2. GEOLOGÍA DEL TERRENO Y CLIMA DE LA ZONA D.....
- 3. FUNDAMENTO TEÓRICO (BASE DE CÁLCULO).....
- 4. TEST DE RESPUESTA TÉRMICA.....
- 5. CONCLUSIONES.....
- 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

Desde el punto de vista estructural, se caracteriza por una intensa tectónica de fracturación, de clara influencia diapírica, que corta y compartimenta las estructuras de plegamiento.

### 3. MARCO LOCAL

#### 3.1. Introducción

Dentro de un contexto local, la hoja 1:25000 de Santander (FIGURA 3), se localiza sobre la franja de la cornisa cantábrica de unos 10km de anchura que coincide aproximadamente con la comarca de La Marina. La franja más septentrional de la hoja está ocupada por el mar cantábrico y dentro de ella se emplaza la amplia bahía de Santander, muy modificada por la acción antrópica, en cuya parte norte se asienta la ciudad de Santander. El relieve es en general suave y alomado con altitudes máximas del orden de 100m. En los sectores más próximos a la costa es característica la presencia de una o varias rasas, con acantilados que pueden superar los 50m de altura. Las principales playas se encuentran en el entorno de la bahía de Santander como la de El Sardinero, La Magdalena o la de Somo, esta última correspondiente a una gran flecha litoral. Su principal

curso de agua es el río Miera que se extiende en dirección NO-SE con codos o cambios bruscos de su recorrido controlados por la litología del sustrato y produce una ría o estuario en su desembocadura (ría de Cuba).

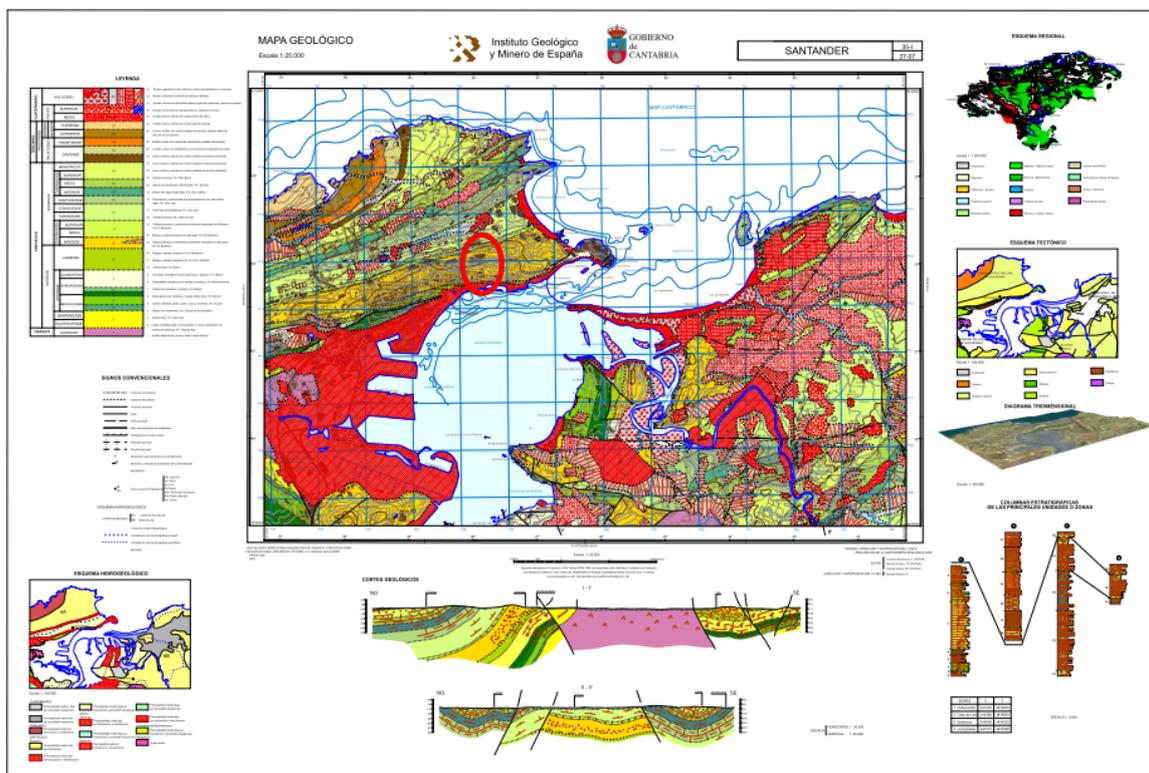


FIGURA 3 - Mapa geológico Hoja 35-I (Escala 1:25.000)

### 3.2. Estratigrafía

El registro estratigráfico aflorante en la hoja 1:25.000 de Santander está representado por términos del Triásico, Cretácico, Paleógeno y Cuaternario. Los materiales existentes son en su práctica totalidad de origen sedimentario y pertenecen mayoritariamente al Cretácico.

Los términos estratigráficamente más antiguos que afloran en la hoja corresponden al Triásico Superior en facies Keuper y su representación superficial se limita al núcleo de las estructuras diapíricas principales.

El Cretácico Inferior en facies Weald se dispone sobre el Jurásico en franca discordancia erosiva, faltando buena parte de la serie jurásica marina y la totalidad del Malm-Cretácico basal en facies Purbeck. En la presente hoja (véase FIGURA 3), aflora desde el oeste de la bahía de Santander, mediando un contacto mecánico con el Triásico.

El Complejo Urgoniano comprende el Aptiense y la práctica totalidad del Albiense. Se caracteriza en la zona por el desarrollo de una serie detrítico-carbonatada en facies marinas someras en la que alternan unidades carbonatadas y formaciones terrígenas. Los afloramientos se encuentran distribuidos a ambos lados de la bahía de Santander.

El techo del Complejo Urganiano está bien delimitado por la superposición de una potente unidad terrígena en facies marinas someras de edad Cenomaniense Inferior, cartográficamente se localiza en el flanco sur del sinclinal de San Roman, al este de Muriedas y al Sur de Somo y Pedreña.

La transgresión marina del Cenomaniense Medio está definida en la zona por la sedimentación de las calcarenitas, que muestra un contacto transicional con la unidad terrígena infrayacente. Se dispone en una banda estrecha, inferior a 50m de potencia, que aflora en el flanco sur del sinclinal de San Román y al sureste de Somo, donde constituye un buen nivel guía.

Gran parte del sinclinal de San Román y de la zona sinclinal de Ribamontan, está ocupada por la serie margocalcárea del Turoniense y Cenomaniense al Campaniense Medio, que corresponde litoestratigráficamente a la Fm. El Sardinero y cuya sedimentación es propia de medios marinos abiertos y profundos.

El techo del Cretácico Superior está representado por la Fm. Cabo de Lata, depositada en condiciones marinas someras durante el Campaniense Superior y Maastrichtiense. Su presencia en la hoja se restringe al área sinclinal de Ribamontán al mar y a los sinclinales de San Román y Agüero.

El Cuaternario se extiende predominantemente a lo largo de los valles principales de la red hidrográfica en forma de términos aluviales. Los depósitos de origen coluvial se localizan una en la parte baja de las laderas, a pie de los relieves principales.

#### 4. ZONA DE ESTUDIO

En la localización del proyecto la zona estratigráfica pertenece al Cretácico, en concreto enmarcados entre el Cretácico Albiense Superior hasta el Cretácico Superior Coniaciense.

Dentro de estos períodos se distingue distinta geología, entre las más importantes, y con posible afección a la zona de estudio, cabe destacar las siguientes (representadas en la FIGURA 4).

1. Areniscas y lutitas carbonosas y piritosas (FIGURA 4-(9)). Calcarenitas y areniscas calcáreas. Pertenecientes al Albiense Superior y Cenomaniense Inferior.

Bajo la denominación de Complejo Supraurgoniano se define un potente conjunto terrígeno que se dispone de forma neta, presuntamente discordante, sobre los últimos términos carbonatados del Cretácico Inferior. En la hoja está representado por facies deltaicas someras conocidas bajo la denominación litoestratigráfica de Fm. Bielva. Aflora de forma extensa en el flanco sur del sinclinal de San Román, al este de Muriedas, al sur de Somo y al norte de ensenada de San Bartolomé. Ofrece en general una pobre expresión morfológica si bien se pueden desarrollar relieves estructurales y escarpes de cierta relevancia a favor de los niveles más masivos y potentes de areniscas cementadas y de calcarenitas. Los mejores afloramientos se encuentran en la playa del Camello, en Santander y a los extremos de la marisma del río de Cubas.

La potencia de esta unidad aumenta hacia el este a partir de la estructura sedimentaria N-S, situada en la presente hoja, conocida como flexura de río Miera (RAT, 1959), pasando

de potencias próximas a los 300 m del flanco sur del sinclinal de San Román, aunque la presencia de abundantes pliegues en esta última área hace difícil su cuantificación.

La Fm. Bielva está constituida por areniscas arcósicas de grano medio a muy fino de tonos amarillentos y por limolitas micáceas, con frecuencia carbonosas. Los niveles de areniscas se organizan generalmente en bancos tabulares de hasta varias decenas de metros de potencia. Internamente se organizan en sets tabulares de estratificación cruzada planar, eventualmente bimodal y cosets de estratificación cruzada en surco y de ripples de corriente y oleaje. Otras estructuras frecuentes son huellas de base, generalmente de carga, deformación hidroplástica, convolute lamination, y lags de cantos blandos y carbonosos. Son abundantes las costras ferruginosas y a techo de la unidad se desarrollan horizontes de acumulación de grandes orbitolinas hasta el punto de constituir auténticas lumaquelas. Los términos lutíticos consisten en limolitas grises y ocreas, normalmente carbonosas, ricas en azufre y restos piritosos, que pueden presentarse como intervalos masivos, bioturbados, exhibir una fina laminación o alternar con capas tabulares de areniscas mediante estratificación wavy, eventualmente linsen y flaser. Intercala también niveles de calcarenitas, areniscas bioclásticas en ocasiones cartografiables y eventualmente bioconstrucciones de ostreidos. Texturalmente las calcarenitas constituyen rudstones bioclásticos intensamente bioturbados que pueden presentar estratificación cruzada planar y bimodal, y ripples de oleaje a techo.

2. Calcarenitas y calizas bioclásticas (Ver FIGURA 4-(11)). Pertenecientes al Cenomaniense Medio y Superior. Fm. Altamira.

La transgresión marina del Cenomaniense está representada en la hoja por la Fm. Altamira, de carácter carbonatado. Esta unidad se localiza en el flanco sur del sinclinal de San Román. Se registran importantes variaciones de espesor, con valores máximos en torno a los 50 m en el flanco sur del sinclinal de San Roman desapareciendo hacia el este, donde pasa lateralmente a facies margosas de la Fm. Sardinero.

La Fm. Altamira se caracteriza litológicamente por el predominio de calcarenitas, junto con calizas bioclásticas y arenosas y eventualmente areniscas calcáreas bioclásticas que se organizan en bancos tabulares de potencia decimétrica a métrica, muy regulares, y que presentan superficies de estratificación muy bien definidas con frecuencia por juntas margosas. Las estructuras tractivas consisten en sets de estratificación cruzada de gran escala planar y bimodal, laminación ondulada y cosets de ripples de oleaje.

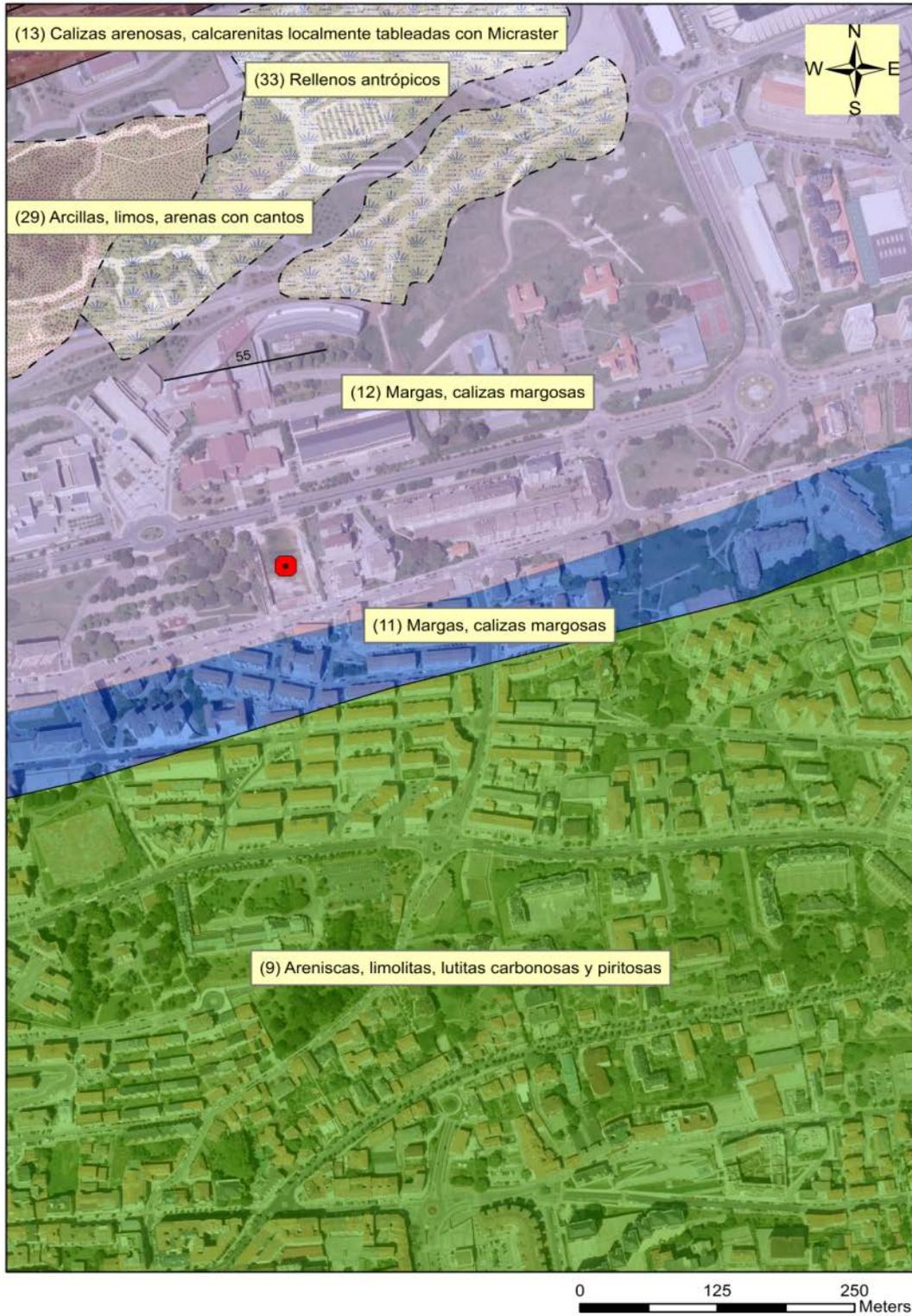


FIGURA 4 – Representación del lugar con las distintas formaciones

3. Margas y calizas margosas (FIGURA 4-(12)). Perteneciente al Cenomaniense, Turoniense y Coniaciense Fm. Sardinero.

Sobre las calcarenitas de la Fm Altamira se dispone de forma neta un conjunto esencialmente margoso que caracteriza la parte inferior de la Fm. Sardinero. La base de la unidad es heterócrona según el criterio de WILMSEN (2000) resultando más moderna cuanto más al oeste. Cartográficamente se encuentra en el flanco sur del sinclinal de San Román. Da lugar a relieves deprimidos y alomados dada la reducida competencia de los materiales, de forma que se encuentra muy cubierta y los escasos afloramientos, esencialmente en desmontes de carreteras, presentan un registro muy parcial. Tiene una potencia considerable, especialmente en la playa de El Sardinero donde puede llegar a alcanzar unos 400 m.

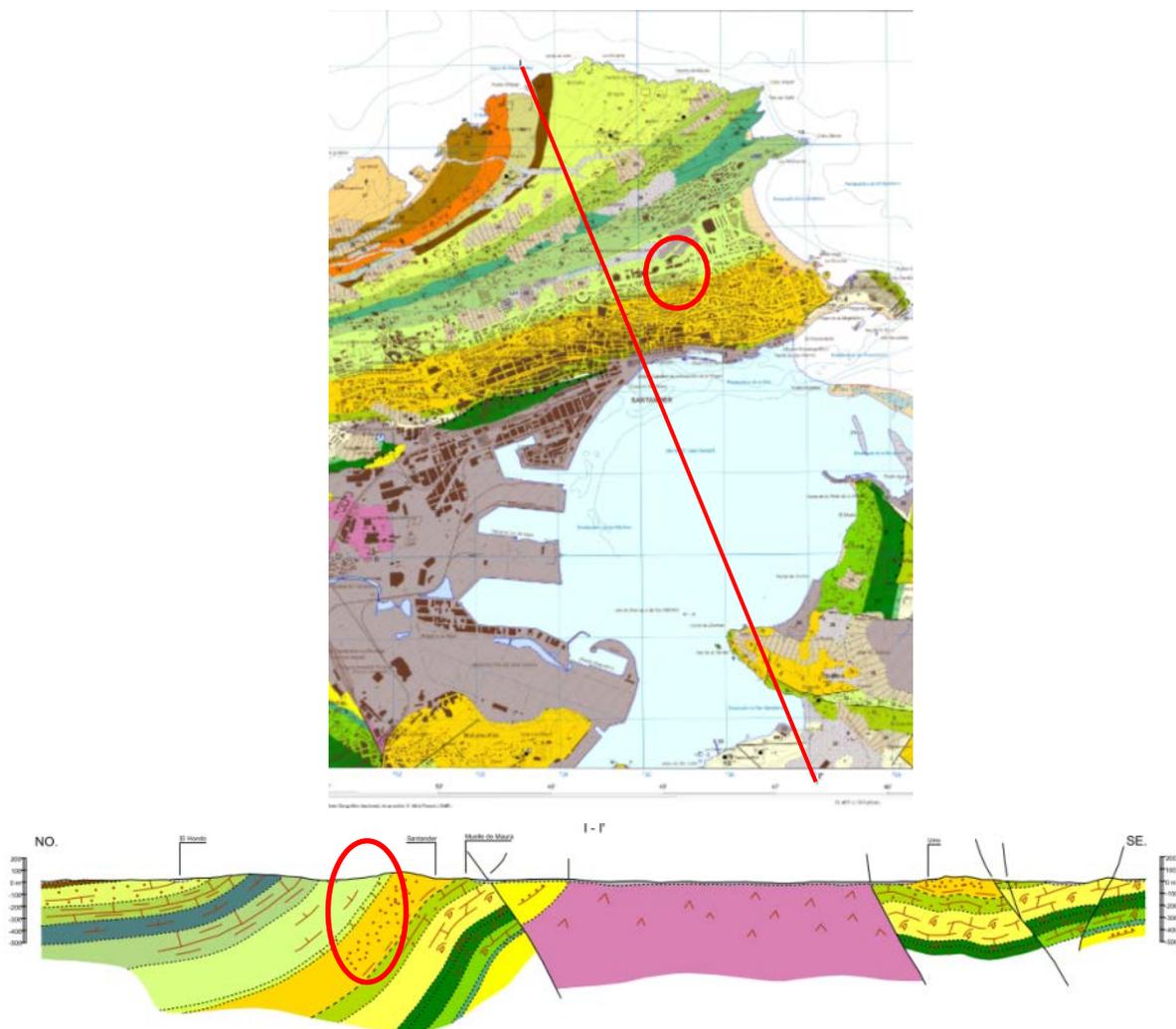


FIGURA 5 - Corte Geológico

Esta unidad está compuesta por una sucesión monótona de margas y limolitas margosas grises en alternancia rítmica con calizas margosas dispuestas en capas tabulares muy continuas de potencia centimétrica a decimétrica con contactos ondulados a muro y techo o nodulosas. Los niveles calcáreos corresponden a biomicroritas arcillosas y presentan

texturas mudstone y wackestone. Exhiben escasas estructuras sedimentarias, consistentes en laminación ondulada y paralela, y una bioturbación generalmente intensa, con abundantes huellas de escape de agua y reptación de organismos invertebrados.

Analizando el área donde realizar los sondeos geotérmicos se detecta que en la hoja 1:25000 de Santander tenemos un corte geológico realizado que pasa cerca del punto de interés, por lo que aproximadamente el área donde nos encontramos tendrá unas características iguales. En la FIGURA 5, la parte superior, aparece representado el corte ya realizado por una línea y en la parte inferior su representación gráfica, marcando con círculos la zona de interés.

Por tanto, observando la FIGURA 4 vemos que el área de trabajo está cerca del contacto entre las dos capas margas y calizas margosas, unas representativas de la zona del Sardinero y otra de la zona de Altamira, representadas con verde liso la del Sardinero y un verde más oscuro y con pequeños círculos la capa de Altamira, en la FIGURA 6. Esto nos indica que nuestros sondeos probablemente traspasen estas dos capas y lleguen a la capa 9 de la FIGURA 4, representada en amarillo en la FIGURA 6.

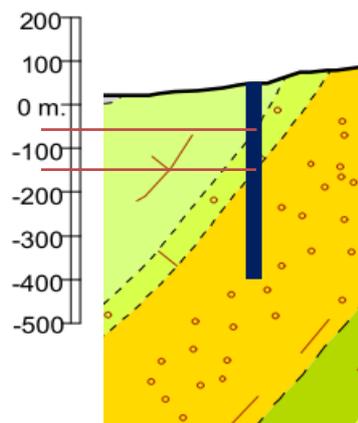


FIGURA 6 – Representación del sondeo

El sondeo geotérmico no bajará de una profundidad de aproximadamente 400m pues estamos dentro del campo de baja entalpía de la geotermia y las profundidades son bajas. En el caso de este estudio el sondeo será menor a 150m. Más exactamente las capas atravesadas por los sondeos corresponderán a las siguientes capas:

1. Una capa formada por una alternancia de margas y calizas margosas, con potencias de centímetros o decímetros y abundantes huellas de escapes de agua. En el sondeo esta primera capa tiene una profundidad de unos 80-90m desde la cota de proyecto.
2. Una segunda capa formada predominantemente por calcarenitas, junto con calizas bioclásticas y arenosas, con potencia decimétrica o métrica, muy regulares, y que presentan superficies de estratificación muy bien definidas con frecuencia por juntas margosas. En esta segunda capa se alcanzan los 150-170m de profundidad desde la cota de proyecto.

Si el sondeo fuese mayor a última capa que atravesaría el sondeo estaría constituido por areniscas de grano medio a muy fino y por limolitas, con frecuencia carbonosas. Los niveles de areniscas se organizan generalmente en bancos tabulares de hasta varias decenas de metros de potencia. Internamente se organizan en sets tabulares de estratificación cruzada planar, eventualmente bimodal y cosets de estratificación cruzada en surco y de ripples de corriente y oleaje. Esta última sería la capa que se llegaría a alcanzar en caso de necesitar más de 170m de profundidad de sondeo desde la cota del proyecto. En el caso a estudio no se llega a alcanzar esta capa, pues los sondeos son de 150 m de profundidad como máximo.

## 5. HIDROGEOLOGÍA

El agua tiene una gran importancia en la geotermia, pues se puede usar el agua como fuente de intercambio de calor en caso de la existencia de acuíferos, mediante los sistemas abiertos. En los sistemas cerrados su influencia también es considerable, transmite mejor el calor que el propio aire, por tanto, con la presencia de agua nuestra conductividad térmica mejora sustancialmente. La zona de estudio esta situada en una zona lluviosa, con unas precipitaciones medias de unos 1100-1200mm al año y una alta humedad que ronda el 75%. Estos datos son obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), están mostrados completamente en la tabla posterior (TABLA 1) y corresponden a la estación de Santander Aeropuerto.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	9.7	13.6	5.8	106	72	12.3	0.4	0.8	0.8	2.1	2.9	85
Febrero	9.8	13.8	5.7	92	72	11.1	0.3	1.1	0.9	1.2	3.1	104
Marzo	11.3	15.7	7.0	88	71	9.9	0.1	0.9	1.2	0.4	2.9	135
Abril	12.4	16.6	8.3	102	72	11.9	0.0	1.3	0.7	0.0	2.4	149
Mayo	15.1	19.1	11.1	78	74	10.4	0.0	1.6	1.7	0.0	2.4	172
Junio	17.8	21.6	13.9	58	75	7.6	0.0	1.8	1.2	0.0	3.7	178
Julio	19.8	23.6	16.0	52	75	7.3	0.0	2.0	0.5	0.0	4.5	187
Agosto	20.3	24.2	16.4	73	76	7.6	0.0	1.4	0.8	0.0	3.8	180
Septiembre	18.6	22.8	14.4	83	76	8.9	0.0	1.5	1.9	0.0	4.6	160
Octubre	16.1	20.3	11.8	120	75	11.1	0.0	1.0	2.1	0.0	2.8	129
Noviembre	12.5	16.3	8.7	157	75	13.3	0.0	1.3	0.9	0.4	3.2	93
Diciembre	10.5	14.2	6.7	118	73	12.1	0.1	0.9	0.6	2.0	3.4	74
Año	14.5	18.5	10.5	1129	74	123.6	0.9	15.7	13.4	6.2	38.9	1649

**Leyenda**

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

**TABLA 1: Temperaturas medias, precipitaciones y humedad del Aeropuerto de Santander**

Analizando, la presencia de acuíferos, con suficiente tamaño o cantidad de agua para que puedan ser usados para la geotermia es nula, y el terreno sobre el que se desarrolla tampoco permite el empleo de estas técnicas, al no estar compuesto por una roca densa y de suficiente calidad para realizar estos sistemas. Por tanto el uso de los sistemas abiertos queda descartado.

En lo que respecta a la presencia de agua, por obras cercanas como el túnel de Tetuán, se encuentra la existencia de acuíferos a presión confinados entre capas impermeables, debido a la alternancia de capas impermeables y permeables existentes, que podrían ser las propias margas o calizas sin erosionar que no permiten el intercambio fluido de agua.

A parte, en la ejecución del bulonado existente en las paredes del terreno, en el último nivel se encontró la presencia de agua al ejecutar estos bulones. Por tanto, es probable que el nivel freático del agua alcance la cota de proyecto, 29.5m sobre el nivel del mar, encontrándonos de esta forma con agua, en mayor o menor cantidad, en toda la longitud del sondeo.

El Atlas del Clima Ibérico, desarrollado por AEMET nos confirma que estamos en una zona templada y sin estación seca. El mapa y los datos obtenidos sobre el clima están incluidos a continuación:

sivas modificaciones del propio Köppen y de otros climatólogos. En el presente Atlas Ibérico se ha seguido el esquema propuesto por Köppen en su última revisión de 1936, conocida también como clasificación de Köppen-Geiger, con la única salvedad de que se eligió como límite de temperatura para separar los climas templados C y D los 0 °C, conforme proponen Russel, Trewartha, Critchfield y otros autores (ESSENWANGER, 2001), en vez de los -3,0 °C utilizados en la clasificación original. Este esquema es igual al utilizado en la clasificación climática del ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA (2004) y en la clasificación actualizada a nivel mundial publicada recientemente por PEEL ET AL. (2007). En Portugal es la primera vez que el IM aplica esta clasificación de Köppen-Geiger, ya que la anterior seguía la metodología original de Köppen.

La delimitación de las zonas climáticas se realizó aplicando técnicas de álgebra de mapas a los campos medios mensuales de temperatura y precipitación que habían sido previamente calculados para los mapas de temperatura y precipitación del Atlas Ibérico.

El resultado de la clasificación muestra los siguientes tipos de clima presentes en la Península Ibérica e Islas Baleares:

**a) Climas Secos - Tipo B**

La delimitación de los climas áridos (tipo B) se realiza definiendo tres intervalos diferentes conforme al régimen anual de precipitación, para tener en cuenta que la precipitación del invierno es más efectiva para el desarrollo de la vegetación que la del verano, al ser menor la evaporación.

- P = 20 (T+7): precipitación repartida a lo largo del año;
- P = 20 T: verano seco (el 70% o más de la precipitación anual se concentra en el semestre otoño-invierno);
- P = 20 (T+14): invierno seco (el 70% o más de la precipitación anual se concentra en el semestre primavera-verano);

donde P es la precipitación total anual en mm y T es la temperatura media anual en °C. En la región ibérica se observan únicamente los dos primeros casos.

Köppen distingue entre dos subtipos de clima B, el subtipo BS (estepa) y el subtipo BW (desierto), según la precipitación anual alcance o no la mitad del valor establecido anteriormente para delimitar los climas de tipo B.

Köppen distingue también las variedades cálida (letra h; BSh y BSk) y fría (letra k; BSk y BWk) según la temperatura media anual esté por encima o por debajo de los 18 °C, respectivamente.

**BWh (desierto cálido) y BWk (desierto frío)**

Se localizan en pequeñas áreas del sureste de la Península Ibérica, en las provincias españolas de Almería, Murcia y Alicante, coincidiendo con los mínimos pluviométricos peninsulares.

**BSh (estepa cálida) y BSk (estepa fría)**

En España se extienden ampliamente por el sureste de la Península y valle del Ebro y, en menor extensión, en la meseta sur, Extremadura e Islas Baleares. En Portugal sólo abarca una pequeña región del Baixo Alentejo, en el distrito de Beja.

**b) Climas Templados - Tipo C**

La temperatura media del mes más frío en los climas tipo C está comprendida entre 0 y 18 °C.

sivas modificações pelo próprio Köppen e por outros climatologistas. No presente Atlas Ibérico seguiu-se o esquema proposto por Köppen na sua última revisão de 1936, conhecida também como a classificação de Köppen-Geiger, com a única ressalva de que o limite de temperatura que separa os climas temperados C e D, se escolheu como sendo 0 °C, conforme proposto por Russel, Trewartha, Critchfield e outros autores (ESSENWANGER, 2001), em vez de -3,0 °C utilizados na classificação original. Este esquema é igual ao utilizado na classificação climática do ATLAS NACIONAL DE ESPANHA (2004) e na classificação atualizada a nível mundial publicada recentemente por PEEL ET AL. (2007). Em Portugal é a primeira vez que o IM aplica esta classificação de Köppen-Geiger, já que a anterior seguia a metodologia original de Köppen.

A delimitação das zonas climáticas realizou-se aplicando técnicas de álgebra de mapas às "grelhas" das médias mensais de temperatura do ar e da precipitação que foram previamente calculadas para os mapas de temperatura e precipitação do Atlas Ibérico.

O resultado da classificação mostra os seguintes tipos de clima presentes na Península Ibérica e Ilhas Baleares:

**a) Climas Secos - Tipo B**

A delimitação dos climas áridos (tipo B) realiza-se definindo 3 intervalos diferentes conforme o regime anual de precipitação, de forma a ter em conta que a precipitação do Inverno é mais efectiva para o desenvolvimento da vegetação do que a época estival ao ser menor a evaporação.

- P = 20 (T+7): precipitação repartida ao longo do ano;
- P = 20 T: Verão seco (70% ou mais da precipitação anual concentra-se no semestre Outono-Inverno);
- P = 20 (T+14): Inverno seco (70% ou mais da precipitação anual concentra-se no semestre Primavera-Verão);

onde P é a precipitação total anual em mm e T é a temperatura média anual em °C. Na região ibérica ocorrem unicamente os dois primeiros casos.

Köppen distingue entre dois subtipos de clima B, o subtipo BS (estepa) e o subtipo BW (deserto), conforme a precipitação anual atinge ou não a metade do valor limite estabelecido anteriormente para delimitar os climas de tipo B.

Köppen distingue ainda as variedades quente (letra h; BSh e BSk) e fria (letra k; BSk e BWk) de acordo com a temperatura média anual, se esta está acima ou abaixo de 18 °C, respectivamente.

**BWh (deserto quente) e BWk (deserto frio)**

Localizam-se em pequenas áreas do sueste da Península Ibérica, nas províncias Espanholas de Almería, Murcia e Alicante, coincidindo com os mínimos pluviométricos peninsulares.

**BSh (estepa quente) e BSk (estepa fria)**

Em Espanha estende-se amplamente pelo sueste da Península e vale do Ebro e, em menos extensão, na meseta sul, Extremadura e Ilhas Baleares. Em Portugal abrange apenas uma pequena região do Baixo Alentejo, no distrito de Beja.

**b) Climas Temperados - Tipo C**

A temperatura média do mês mais frio nos climas tipo C está compreendida entre 0 e 18 °C.

through various modifications by Köppen himself, and by other climatologists. In this Iberian Atlas, the scheme proposed by Köppen in his latest version from 1936 is used, also known as the Köppen-Geiger Classification System, which the only amendment being that the air temperature limit separating temperate climates C and D was chosen as 0 °C, in accordance with Russel, Trewartha, Critchfield and other authors (ESSENWANGER, 2001), instead of -3.0 °C, used in the original classification. This scheme is identical to the one used in the climate classification of the NATIONAL ATLAS OF SPAIN (2004) and in the updated global classification recently published by PEEL ET AL. (2007). In Portugal, it is the first time that IM has applied the Köppen-Geiger Classification, since it previously followed Köppen's original methodology.

The defining of climate zones is carried out by applying map algebra techniques to the "grids" of monthly average air temperature and precipitation, which were previously calculated for the air temperature and precipitation maps of the Iberian Atlas.

The results of this classification show the following types of climate present in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands:

**a) Dry Climates - Type B**

The delimitation of arid climates (type B) was carried out by defining 3 different intervals in relation to annual precipitation patterns, in order to include the fact that winter rainfall is more effective in the development of vegetation than the summer period, due to reduced levels of evaporation.

- P = 20 (T+7): precipitation spread out throughout the year;
- P = 20 T: dry summer (70% or more of annual rainfall is concentrated in the Autumn/Winter);
- P = 20 (T+14): dry winter (70% or more of annual rainfall is concentrated in the Spring/Summer).

where P represents total annual rainfall in mm and T is the average annual temperature in °C. In the Iberian region only the first two cases are observed.

Köppen distinguished between two sub-types of climate B: sub-type BS (steppe) and the sub-type BW (desert), in line with whether or not the annual rainfall reaches half the maximum value previously established to delimit type B climates.

Köppen distinguished between hot climates (letters h, BSh and BSk) and cold climates (letter k, BSk and BWk) concerning the average annual temperature, if these are above or below 18 °C, respectively.

**BWh (hot desert) and BWk (cold desert)**

There are small areas in the southeast of the Iberian Peninsula, in the Spanish provinces of Almería, Murcia and Alicante, coinciding with minimum rainfall values for the Peninsula.

**BSh (hot steppe) and BSk (cold steppe)**

In Spain, this is widespread in the southeast of the Peninsula and the Ebro Valley, and less in the southern central plateau region, Extremadura and the Balearic Islands. In Portugal this covers only a small region of Baixo Alentejo, in the district of Beja.

**b) Temperate Climates - Type C**

The average temperature in the coldest months in type C climates is between 0 and 18 °C.

Köppen distingue los subtipos Cs, Cw y Cf conforme se observa un período marcadamente seco en verano (Cs), en invierno (Cw), o si no hay una estación seca (Cf). El subtipo Cw no existe en la Península Ibérica ni en las Islas Baleares.

También hay una tercera variante conforme el verano es caluroso (temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C, letra a), templado (temperatura media del mes más cálido menor o igual a 22 °C y con cuatro meses o más con una temperatura media superior a 10 °C, letra b), o frío (temperatura media del mes más cálido menor o igual a 22 °C y con menos de cuatro meses con temperatura media superior a 10 °C, letra g).

**Csa (templado con verano seco y caluroso)**

Es la variedad de clima que abarca una mayor extensión de la Península Ibérica y Baleares, ocupando aproximadamente el 40% de su superficie. Se extiende por la mayor parte de la mitad sur y de las regiones costeras mediterráneas, a excepción de las zonas áridas del sureste.

**Csb (templado con verano seco y templado)**

Abarca la mayor parte del noroeste de la Península, así como casi todo el litoral oeste de Portugal Continental y numerosas áreas montañosas del interior de la Península.

**Cfa (templado sin estación seca con verano caluroso)**

Se observa principalmente en el noreste de la Península, en una franja de altitud media que rodea los Pirineos y el Sistema Ibérico.

**Cfb (templado sin estación seca con verano templado)**

Se localiza en la región cantábrica, en el Sistema Ibérico, parte de la meseta norte y gran parte de los Pirineos exceptuando las áreas de mayor altitud.

**c) Climas Fríos - Tipo D**

La temperatura media del mes más frío en el clima tipo D es inferior a 0 °C y la temperatura media del mes más cálido es superior a 10 °C. Los intervalos considerados para los subtipos y variedades del clima D son análogos a los del clima tipo C.

**Dsb (frío con verano seco y templado) y Dsc (frío con verano seco y fresco)**

Se localizan en pequeñas áreas de alta montaña de la Cordillera Cantábrica, Sistema Ibérico, Sistema Central y Sierra Nevada.

**Dfb (frío sin estación seca y verano templado) y Dfc (frío sin estación seca y verano fresco)**

Se observan en áreas de alta montaña de los Pirineos y en algunas pequeñas zonas de alta montaña de la Cordillera Cantábrica y del Sistema Ibérico.

**d) Climas Polares - Tipo E**

La temperatura media del mes más cálido en el clima tipo E es inferior a 0 °C. Köppen define dos subtipos: ET (tundra: la temperatura media del mes más cálido es superior a 0 °C) y EF (glacial: la temperatura media del mes más cálido es inferior a 0 °C). El subtipo EF no se encuentra en la Península Ibérica.

Köppen distingue os subtipos Cs, Cw e Cf conforme se observa um período marcadamente seco no Verão (Cs), no Inverno (Cw), ou se não há uma estação seca (Cf). O subtipo Cw não existe na Península Ibérica nem nas Ilhas Baleares.

Existe ainda uma terceira variante conforme o Verão é quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, letra a), ou é temperado (temperatura média do mês mais quente menor ou igual a 22 °C e com quatro meses ou mais com temperatura média superior a 10 °C, letra b), ou é frio (temperatura média do mês mais quente menor ou igual a 22 °C e com menos de quatro meses com temperatura média superior a 10 °C, letra g).

**Csa (temperado com Verão seco e quente)**

É a variedade de clima que abrange uma maior extensão da Península Ibérica e Baleares, ocupando aproximadamente 40% da sua superfície. Estende-se pela maior parte da metade sul e das regiões costeiras mediterrânicas, com exceção das zonas áridas da parte sueste.

**Csb (temperado com Verão seco e temperado)**

Abrange a maior parte do noroeste da Península, assim como quase todo o litoral oeste de Portugal Continental e numerosas áreas montanhosas do interior da Península.

**Cfa (temperado sem estação seca com Verão quente)**

Observa-se principalmente no nordeste da Península, numa franja de altitude média que rodeia os Pirineus e o Sistema Ibérico.

**Cfb (temperado sem estação seca com Verão temperado)**

Localiza-se na cordilheira da Cantábrica, no Sistema Ibérico, parte da meseta norte e grande parte dos Pirineus exceptuando áreas de maior altitude.

**c) Climas Frios - Tipo D**

A temperatura média do mês mais frio no clima tipo D, é inferior a 0 °C e a temperatura média do mês mais quente é superior a 10 °C. Os intervalos considerados para os subtipos e variedades do clima D são análogos aos do clima tipo C.

**Dsb (frío com Verão seco e temperado) e Dsc (frío com Verão seco e fresco)**

Localizam-se em pequenas áreas das regiões montanhosas de maior altitude da Cordilheira Cantábrica, Sistema Ibérico, Sistema Central e Serra Nevada.

**Dfb (frío sem estação seca e Verão temperado) e Dfc (frío sem estação seca e Verão fresco)**

Observam-se nas áreas de maior altitude dos Pirineus e em algumas pequenas áreas de maior altitude da Cordilheira Cantábrica e do Sistema Ibérico.

**d) Climas Polares - Tipo E**

A temperatura média do mês mais quente no clima tipo E, é inferior a 0 °C. Köppen define dois subtipos: ET (tundra: a temperatura média do mês mais quente é superior a 0 °C) e EF (glacial: a temperatura média do mês mais quente é inferior a 0 °C). O subtipo EF não se encontra na Península Ibérica.

Köppen distinguishes between sub-types Cs, Cw and Cf, in line with whether a particularly dry period is seen in summer (Cs), in winter (Cw), or if there is no dry season (Cf). Sub-type Cw does not exist in the Iberian Peninsula or the Balearic Islands.

There is a third variation, depending on whether the summer is hot (average temperature in the hottest month above 22 °C, letter a), temperate (average temperature in the hottest month below or equal to 22 °C, and with four months or more with average temperatures above 10 °C, letter b), or cold (average temperature in the hottest month below or equal to 22 °C, and with less than four months of the year with an average temperature above 10 °C, letter g).

**Csa (temperate with dry or hot summer)**

This is the type of climate which covers most of the Iberian Peninsula and the Balearics, occupying approximately 40% of its surface. This covers the majority of the southern central plateau region, and the Mediterranean coastal regions, with the exception of the arid zones in the southeast.

**Csb (temperate with dry or temperate summer)**

This covers the majority of the northeast of the Peninsula, as well as almost all of the west coast of Mainland Portugal, and numerous mountainous regions within the Peninsula.

**Cfa (temperate with a dry season and hot summer)**

This is mainly seen in the northeast of the Peninsula, within an area of medium altitude which surrounds the Pyrenees and the Iberian mountains.

**Cfb (temperate with a dry season and temperate summer)**

Located in the Cantabrian Mountain, in the Iberian mountain ranges, as well as part of the northern central plateau region and a large part of the Pyrenees, with the exception of areas of high altitude.

**c) Cold Climates - Type D**

The average temperature for the coldest month in type D climates is lower than 0 °C, and the average temperature of the hottest month is higher than 10 °C. Intervals considered for the subtypes and varieties of type D climates are similar to those for type C climates.

**Dsb (cold with temperate and dry summer) and Dsc (cold with dry and fresh summer)**

These are located in small areas of the mountainous regions at higher altitudes in the Cantabria Mountains, the Iberian Mountain Ranges, Central Ranges and the Sierra Nevada.

**Dfb (cold without dry season and temperate summer) and Dfc (cold with a dry season and fresh summer)**

Also seen in areas of higher altitude of the Pyrenees and in some small areas at high altitude in the Cantabrian and Iberian Mountain Ranges.

**d) Polar Climates - Type E**

The average temperature for the hottest month in a type E climate is below 0 °C. Köppen defines two sub-types: ET (tundra: the average temperature for the hottest month is higher than 0 °C) and EF (glacial: the average temperature for the hottest month is lower than 0 °C). Climate sub-type EF is not found in the Iberian Peninsula.

*ET (tundra)*

Se observa únicamente en pequeñas áreas de alta montaña de los Pirineos Centrales, coincidiendo con las mayores altitudes de la cordillera.

En la Figura 1 se presenta el mapa de clasificación de Köppen-Geiger para la Península Ibérica e Islas Baleares.

*ET (tundra)*

Observa-se unicamente em pequenas áreas de cotas mais elevadas dos Pirenéus Centrais, coincidindo com as maiores altitudes da cordilheira.

Na Figura 1 apresenta-se a carta da classificação de Köppen-Geiger para a Península Ibérica e Ilhas Baleares.

*ET (tundra)*

This is seen only in small areas on the highest plains of the Central Pyrenees, coinciding with the highest elevations seen in the Cantabrian Mountains.

Figure 1 shows a map detailing the Köppen-Geiger classification for the Iberian Peninsula and the Balearic Islands.

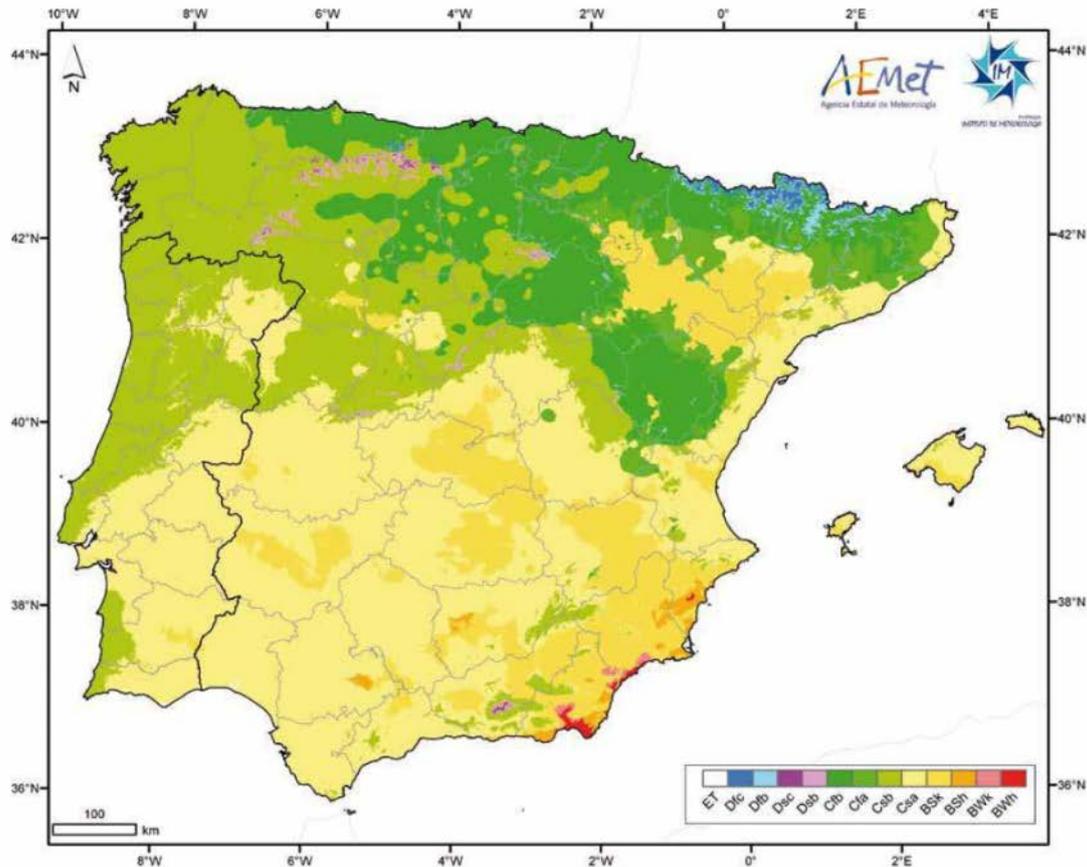


Fig. 1. Clasificación climática de Köppen-Geiger en la Península Ibérica e Islas Baleares.  
Classificação climática de Köppen-Geiger na Península Ibérica e Ilhas Baleares.  
Köppen-Geiger Climate Classification for the Iberian Peninsula and the Balearic Islands.

## 6. CONDUCTIVIDAD TERMICA

Con estos datos sobre el terreno, el que tenemos margas y calizas, con areniscas más profundas y con nivel freático en toda la ejecución del sondeo, se determina el factor de conductividad térmica y la capacidad térmica volumétrica del terreno presente. Con lo que se obtiene la cantidad de calor que podemos extraer del terreno. Para ello se emplea la TABLA 2, que muestra los valores mínimos, máximos y de las conductividades de cada uno de los terrenos. De aquí se obtiene que las margas tienen un valor medio para la conductividad térmica de 2,1 W/mK y una capacidad térmica de 2,2 MJ/m<sup>3</sup>K. La caliza tiene un valor medio para la conductividad térmica de 2,8 W/mK y con una capacidad térmica de 2,2 MJ/m<sup>3</sup>K.

En la última parte del sondeo, que en el caso a estudio no se alcanza, y a profundidades mayores a 170m, está compuesto por areniscas con presencia de limolitas, para este caso y viendo que para las areniscas la conductividad térmica es de 2,3 W/mK y para los limos saturados 1,7 W/mK, se obtiene un valor de conductividad térmica medio de 2,1 W/mK, por ser mayor la presencia de areniscas que de limos, obteniendo de la misma manera un valor medio para la capacidad térmica de 2,3 MJ/m<sup>3</sup>K.

Con este análisis y con un sondeo no mayor a 170m se calcula una conductividad térmica media para el sondeo de 2,4 W/mK, que será una media entre los valores de las margas y las calizas, pues el espesor de ambas es muy similar. La capacidad térmica media del sondeo será de 2,2 MJ/m<sup>3</sup>K, que es el valor medio para ambas rocas.

Tipo de terreno		Conductividad térmica (W/m·K)	Capacidad térmica volumétrica MJ/(m <sup>3</sup> ·K)
Materiales no consolidados	Limo/Arcilla seco	0,4 – 1,0	1,5 – 1,6
	Limo/Arcilla saturado	1,1 – 3,1	2,0 – 2,8
	Arena seca	0,3 – 0,9	1,3 – 1,6
	Arena húmeda	1,0 – 1,9	1,6 – 2,2
	Arena saturada	2,0 – 3,0	2,2 – 2,8
	Gravas secas	0,4 – 0,9	1,3 – 1,6
	Gravas saturadas	1,6 – 2,5	2,2 – 2,6
	Marga	1,1 – 2,9	1,5 – 2,5
	Turba	0,2 – 0,7	0,5 – 3,8
Rocas sedimentarias	Lutita	1,1 – 2,9	2,1 – 2,4
	Limolita	1,4 – 2,4	
	Arenisca	1,9 – 3,5	1,8 – 2,6
	Conglomerado	1,3 – 5,1	1,8 – 2,6
	Mármol	1,8 – 2,9	2,2 – 2,3
	Caliza	2,0 – 3,80	2,1 – 2,4
	Dolomia	1,6 – 5,0	2,1 – 2,4
	Anhidrita	1,5 – 7,7	2
	Yeso	1,3 – 2,8	2
	Roca salina	3,6 – 6,1	1,2
	Antracita	0,3 – 0,6	1,3 – 1,8

TABLA 2: Conducitvidades térmicas de los diferentes materiales

Si el sondeo es mayor de 170m el valor de la conductividad térmica media del sondeo deberá de ser menor a 2,4 W/mK, pues la arenisca con presencia de limos disminuye ligeramente este valor,

tomando entonces un  $2,2 \text{ W/mK}$ , aumentando de esta forma la seguridad de este coeficiente medio. En este caso la capacidad térmica del sondeo sería la misma del caso anterior, es decir, de  $2,2 \text{ MJ/m}^3\text{K}$ .

# **ANEXO 2: PROPIEDADES TÉRMICAS (TRT)**



Test de Respuesta Térmica  
Santander (Cantabria)  
***Informe de resultados***

*Este informe tiene como objeto completar la información y documentación necesaria para el desarrollo del Trabajo Fin de Grado de un alumno de 4º Curso de Ingeniería Civil de la E.T.S.I.C.C.P. de la Universidad de Cantabria. La información aquí incluida puede contener por tanto elementos que no reflejen fielmente la realidad de la situación o del proyecto. Por otra parte, algunos de los elementos habituales en este tipo de informes han sido eliminados por falta de los datos necesarios.*

**Junio de 2015**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. <b>INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES</b> .....	1
2. <b>GEOLOGÍA DEL TERRENO Y CLIMA DE LA ZONA DE ESTUDIO</b> .....	2
3. <b>FUNDAMENTO TEÓRICO (BASE DE CÁLCULO)</b> .....	2
4. <b>TEST DE RESPUESTA TÉRMICA</b> .....	4
5. <b>CONCLUSIONES</b> .....	5
6. <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	6

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El objetivo de este documento es la presentación de los resultados del Test de Respuesta Térmica encargado al *Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO)* de la Universidad de Cantabria.

El ensayo tuvo lugar en la provincia de Cantabria, concretamente en una parcela situada en el municipio de Santander, tal y como puede verse en las Figura 1.

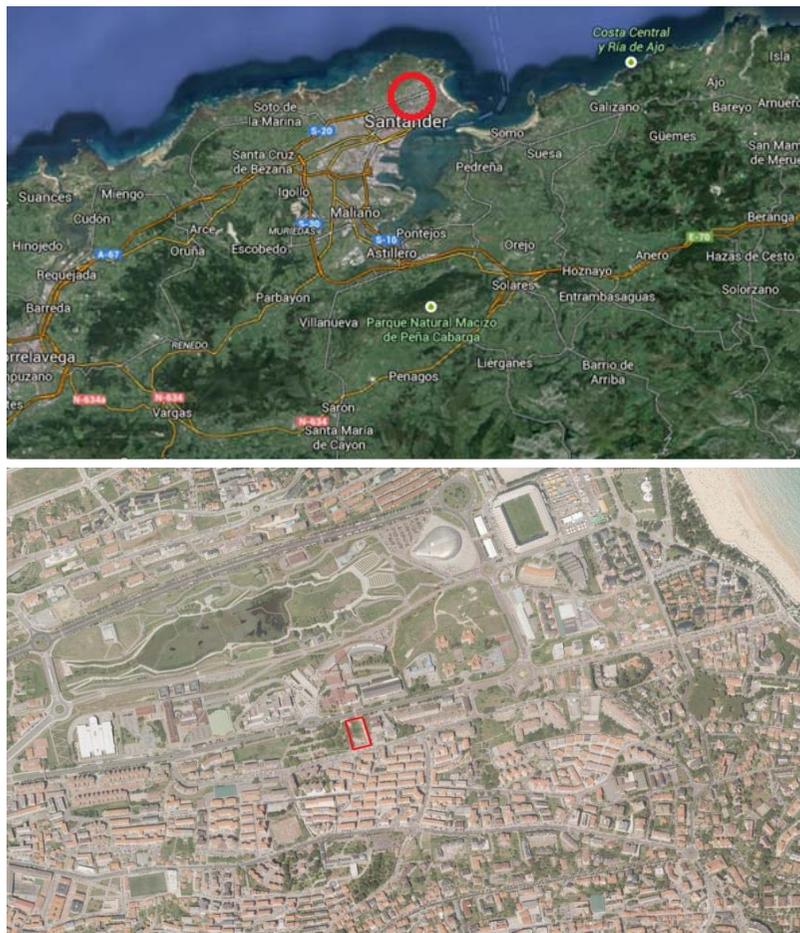


Figura 1.- Emplazamiento del ensayo de Test de Respuesta Térmica (Fuente: Google Maps)

## 2. GEOLOGÍA DEL TERRENO Y CLIMA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Las definiciones de la geología del terreno y del clima de la zona de estudio corren en este caso por cuenta del cliente.

## 3. FUNDAMENTO TEÓRICO (BASE DE CÁLCULO)

El modelo de fuente lineal infinita (ILS, en inglés) fue adaptado y propuesto por Ingersoll y Plass [3] para determinar las propiedades térmicas del terreno. En este trabajo, aplicaron el modelo desarrollado por Kelvin [4] al caso particular de intercambiadores de lazo cerrado. Finalmente, Mogensen [5] desarrolló el modelo en el que se basan los métodos actuales para estimar la conductividad térmica del terreno.

Este modelo supone que la transferencia de calor ocurre únicamente por conducción. Además, supone un flujo de calor radial y constante para toda la longitud de la perforación. Según este método, la sonda por la que circula el fluido intercambiador de calor se comporta como una fuente lineal de calor de longitud infinita, que aporta una potencia térmica constante en toda su longitud. Además, considera al subsuelo como un medio semiinfinito y homogéneo con una temperatura inicial media constante  $T_0$ .

La ecuación de fuente lineal infinita (ILS) propuesta por Ingersoll y Plass [4] es la siguiente:

$$\Delta T(r, t) = \frac{Q}{4\pi\lambda H} \int_{\frac{r}{2\pi\lambda}}^{\infty} \frac{e^{-\beta^2}}{\beta} d\beta \quad (1)$$

Donde,

- $\Delta T(r, t)$  es la variación de temperatura del fluido respecto a  $T_0$  [K].
- $r$  es la distancia desde la fuente lineal situada en el centro de la perforación [m].
- $t$  es el tiempo transcurrido desde el inicio de la aportación de calor [s].
- $Q$  es la potencia calórica introducida al terreno [W].
- $\lambda$  es la conductividad térmica del terreno [W/mK].
- $H$  es la profundidad de la perforación [m].

Como se trata de una integral indefinida, Mogensen [5] propuso una aproximación de la integral:

$$\int_{\frac{r}{2\pi\lambda}}^{\infty} \frac{e^{-\beta^2}}{\beta} d\beta = \ln\left(\frac{4\alpha t}{r^2}\right) - \gamma \quad (2)$$

Donde,

- $\alpha$  es la difusividad térmica del terreno [m<sup>2</sup>/s].
- $\gamma$  es la constante de Euler [-]

Por lo tanto, desarrollando y reordenando las partes constituyentes, la ecuación final tiene la forma:

$$T_r(t) = T_0 + \frac{Q}{4\pi\lambda H} \left( \ln \left( \frac{4\alpha t}{r_b^2} \right) - \gamma \right) \quad (3)$$

Donde,  $T_0$  es la temperatura inicial sin perturbar del terreno (K).

Esta ecuación se resuelve para el caso en el que la distancia respecto a la fuente de calor es el radio de la perforación ( $r_b$ ). Por tanto, es necesario estimar la temperatura de la pared de la perforación en contacto directo con el terreno. Así, se define el concepto de resistencia térmica de la perforación ( $R_b$ ):

$$R_b = \frac{T_f - T_r}{q} \quad (4)$$

Donde,

- $T_f$  es la temperatura media del fluido portador de calor (K).
- $q$  es la potencia térmica por unidad de longitud ( $q=Q/H$ ) [W/m]

A partir de las ecuaciones (3) y (4) obtenemos la ecuación final propuesta por Mogensen [5]:

$$T_f(t) = \frac{Q}{4\pi\lambda H} \left( \ln \left( \frac{4\alpha t}{r_b^2} \right) - \gamma \right) + \frac{Q \cdot R_b}{H} + T_0 \quad (5)$$

El error debido a la aproximación realizada por la ecuación (5) de la integral irresoluble de la ecuación (1) es inferior al 10% si se descartan los resultados obtenidos hasta un tiempo  $t$  que se determina a partir de la ecuación (6) [6].

$$t \geq \frac{5 \cdot r_b^2}{\alpha} \quad (6)$$

Por último, la conductividad térmica del terreno y la resistencia térmica de la perforación se obtienen mediante un ajuste lineal por mínimos cuadrados del modelo a la temperatura registrada. Para tiempos de ensayo lo suficientemente largos, la conductividad se determina a partir de la pendiente de la temperatura del fluido con el tiempo en escala logarítmica.

Así, la resistencia térmica total de la perforación se calcula a partir de la expresión:

$$R_b = \frac{H}{Q} (T(t) - T_0) - \frac{1}{4\pi\lambda} \ln \left( \frac{4\alpha t}{r_b^2} - \gamma \right) \quad (7)$$

Como la difusividad térmica del terreno ( $\alpha$ ) no es conocida, se debe acudir a la bibliografía para estimar su valor. En este caso se ha optado por un valor de  $9,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  obtenido de la norma VDI 4640 [2]. Por su parte, el valor de  $T_0$  se obtiene a partir del perfil vertical de temperaturas obtenido previo a la realización del TRT.

## 4. TEST DE RESPUESTA TÉRMICA

### 4.1. Datos de ensayo TRT

El Test de Respuesta Térmica se llevó a cabo en el mes de junio de 2015. Las principales características de la sonda ensayada se presentan en la tabla siguiente (Tabla 1).

Sonda doble U con:

- Diámetro: 32mm
- Profundidad: 148m
- Material: PEX
- Radio perforación: 76 mm

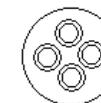


Tabla 1.- Resumen de la configuración de la sonda ensayada

El hueco presente entre la sonda y el terreno se rellenó mediante inyección desde el fondo de la perforación con el mortero de gran fluidez y alta conductividad térmica, Energrout HD 2.1. Este relleno presenta un valor de conductividad térmica aproximada de 2,1 W/km. Las principales propiedades de este producto son la que se muestran en la Tabla 2.

Densidad aparente en fresco	1,76 g/cm <sup>3</sup>
Relación agua/relleno	40%
Fluidez Marsh	65 s
Conductividad térmica	Aprox. 2,10 W/km

Tabla 2.- Propiedades del relleno empleado en la instalación

### 4.2. Evaluación de la temperatura natural del terreno

Previamente a la realización del Test de Respuesta Térmica del terreno, se llevó a cabo la determinación del perfil vertical de temperatura del terreno. Estos perfiles permiten calcular su temperatura natural, parámetro necesario para la determinación de la resistencia térmica de la perforación.

En la Tabla 3 se presentan los valores medios de la temperatura natural del terreno durante el descenso y el ascenso de la sonda, así como el valor medio en el punto más profundo de la perforación.

Medida	Media (°C)	Desvest (°C)
Temperatura [Ascenso]	18,21	0,97
Temperatura [Descenso]	18,28	1,08
Temperatura [Prof. Máxima]	18,74	0,23

Tabla 3.- Temperatura no perturbada del terreno

#### 4.3. Determinación de la conductividad térmica del terreno (TRT)

El test de respuesta térmica (TRT) tiene como objetivo la determinación de las propiedades térmicas más importantes a la hora de dimensionar una instalación geotérmica. Para el TRT se estableció una duración de 64 horas.

El adecuado desarrollo de los cálculos según el método de la fuente lineal infinita (ILS) dió como resultado el valor de conductividad térmica del terreno y de resistencia térmica de la perforación que se muestran en la tabla siguiente (Tabla 4).

Tipo de Sonda	Profundidad [m]	Tiempo [horas]	Potencia [W]	Conductividad [W/mK]	Resistencia térmica [m <sup>2</sup> K/W]
Doble U	148	64	6508	2,376	0,126

Tabla 4.- Resultados obtenidos en el TRT ejecutado

#### 5. CONCLUSIONES

De acuerdo al procedimiento de Test de Respuesta Térmica empleado y a la metodología de cálculo considerada, se han obtenido los siguientes parámetros definitorios del terreno:

- **Conductividad térmica efectiva media del terreno: 2,376 W/(m·K)**
- **Resistencia térmica de la perforación: 0,1260 m<sup>2</sup>·K/W**
- **Temperatura media sin perturbar del terreno [descenso]: 18,28 °C**

Los resultados expuestos en este informe son únicamente válidos en su conjunto.

En Santander, a día 09 de junio de 2015

#### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Mapa Geológico de España. Hoja 1072. Magna 1:50.000. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Centro de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.

[2] VDI 4640. Thermal use of the Underground: Fundamentals, Approvals, Environmental Aspects. 2000.

[3] Ingersoll, L. R., and Plass, H. J. (1948). "Theory of the ground pipe heat source for the heat pump." ASHVE Transactions, 47 339-348.

[5] Mogensen P. Fluid to duct wall heat transfer in duct heat storages. Proceedings of the international conference on subsurface heat storage in theory and practice. Swedish Council for Building Research 1983:652-7.

# ANEXO 3: CÁLCULOS



## 1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se muestran los cálculos realizados para llevar a cabo el dimensionamiento de los caudales que se han usado para el dimensionamiento de las bombas de calor y de circulación.

## 2. CAUDAL POR INTERCAMBIADOR

Uno de los factores más importantes que rigen la transferencia térmica es la resistencia al flujo térmico a través de las diferentes 'capas' que se forman en el fluido dentro del tubo. La 'capa límite' interna se forma por el fluido moviéndose en contacto cercano con la superficie interna del tubo. La capa límite, la parte del fluido en contacto con el tubo, verá disminuida su velocidad ligeramente por una resistencia viscosa y el calor fluirá hacia (o desde) la pared del tubo mediante conducción y/o convección.

Conforme la velocidad del fluido se vea incrementada, se alcanzará un punto en el que el fluido empezará a formar turbulencias, punto en el que la capa límite se rompe y se separa de la pared del tubo, y el fluido se mezcla con la parte más interna del mismo, más alejada de la pared del tubo.

La velocidad a la que esto ocurre se ve influida por muchos factores, la viscosidad del fluido, la rugosidad de la pared del tubo, la forma del tubo, el tamaño del tubo, etc.

Para poder cuantificar la turbulencia (o falta de ésta) de un modo práctico, es habitual usar el número de Reynolds. El régimen turbulento se cumple para un número de Reynolds mayor a 4000. Este número de Reynolds dependerá de densidad del fluido,  $\rho$ , velocidad característica del fluido,  $V$ , diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido,  $D$ , y viscosidad dinámica del fluido,  $\mu$ .

La fórmula de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Los datos de proyecto usados en el cálculo de la velocidad necesaria para cumplir el régimen turbulento según el número de Reynolds, y que dependen del tipo de anticongelante usado, son los siguientes:

D	0.029 m
Re	4000
$\mu$	$\rho \times v$
$\rho$	1.049 g/cm <sup>3</sup>
v	4.19 mm <sup>2</sup> /s

v: viscosidad cinemática del fluido

$$\begin{aligned} \mu = \rho x v &= 4.19 \frac{mm^2}{s} * \frac{1 m^2}{1000000 mm^2} * 1.049 \frac{g}{cm^3} * \frac{1000000 cm^3}{1 m^3} * \frac{1 Kg}{1000 g} \\ &= 4.39 x 10^{-3} Kg/ms \end{aligned}$$

$$V = \frac{Re * \mu}{\rho * D} = \frac{4000 * 4.39 x 10^{-3} Kg/ms}{1.049 x 10^3 Kg/m^3} = 0.577 m/s \approx 0,7 m/s$$

$$Q = V * A = 0,7 m/s * \frac{\pi * 0.029^2}{4} m^2 = 4.62 x 10^{-4} m^3/s = 1.66 m^3/h = 0.462 l/s$$

Este es el caudal por cada intercambiador de cada sondeo, como estamos usando doble intercambiador por sondeo, obtenemos un total de 24 intercambiadores, por tanto, el caudal que se necesita hacer circular por el sistema será el siguiente:

$$Q_{TOTAL} = 24 * Q = 24 * 1.66 m^3/h = 39.95 m^3/h \approx 40 m^3/h$$

Este es el caudal necesario mover con las bombas de calor.

Se observa que se cumple con el número de Reynolds, pues para asegurar el funcionamiento del sistema en régimen turbulento, los valores de la velocidad y del caudal han sido ligeramente aumentados.

# ANEXO 4: MATERIALES Y MÁQUINAS

## 1. BOMBA DE CALOR



### Grupos de producción de agua fría Bombas de calor

*Elevada eficiencia energética*  
*Compactos y **silenciosos***  
*Compresores scroll*  
*Intercambiadores de **placas** soldadas*  
*Regulación electrónica autoadaptativa*  
*Módulo hidráulico e hidrotérmico asociados*



DYNACIAT



Potencia frigorífica: de 35 a 180 kW  
 Potencia calorífica: de 40 a 210 kW

### UTILIZACIÓN

Los equipos de producción de agua fría o de agua caliente monobloque de condensación por agua DYNACIAT son equipos de una potencia media especialmente adaptados a las aplicaciones de acondicionamiento de aire o de calefacción de locales públicos y del sector terciario, así como a los procesos y locales industriales. Funcionamiento mediante extracción o inyección de calor en el terreno (captación geotérmica horizontal o vertical) o en la capa freática.

En producción de agua fría, pueden conectarse a un aerorefrigerante o a una torre de refrigeración.

La gama LG está asimismo disponible sin condensador, versión LGN, que dispone de un manual independiente.

Estos equipos monobloque están diseñados para ser instalados dentro de un local, protegidos de las heladas y de la intemperie.

Conectada a un suelo radiante o suelo frío, a fancoils o a una unidad de tratamiento de aire, la bomba de calor serie LG,

permite calefactar y climatizar los edificios gracias a un juego de válvulas situado en la red hidráulica (no incluido).

La serie ILG cuenta con una válvula de inversión de ciclo que permite, sin intervención en la red hidráulica, cambiar a modo frío o modo calor.

Todas las máquinas están totalmente montadas, incluyen el cableado eléctrico (regulación y potencia), están cargadas de refrigerante y vienen probadas de fábrica.

La puesta en marcha se simplifica, y lo único que se debe realizar in situ son las conexiones eléctricas e hidráulicas.

Con el objetivo de simplificar y agilizar la instalación, la gama Dynaciat ofrece, opcionalmente, una oferta de módulo HIDRÁULICO (conexión demanda) y una oferta de módulo HIDROTÉRMICO (conexión a foco o fuente exterior). Estos módulos independientes, de diseño exterior idéntico a la gama Dynaciat, se integran perfectamente en un local técnico.

### GAMA

#### DYNACIAT serie LG - LGP

Modelos sólo frío o sólo calor con condensador de agua.

#### DYNACIAT serie ILG

Modelos bombas de calor agua/agua reversibles.

### DESCRIPCIÓN

Los DYNACIAT serie LG vienen de serie con los siguientes componentes:

- condensador de agua
- evaporador de agua fría
- regulación de potencia en salida de agua fría o caliente
- cuadro eléctrico de control, automatismo y arranque:
  - . Alimentación eléctrica: 3-50 Hz 400 V (+10%/-10%) + tierra
  - . Circuito de control 1-50 Hz 230 V (+10%/-10%)
 (transformadores montados de serie en el equipo)
- carrocería para instalación interior

#### ■ Conformidad con las directivas europeas CE

- Directiva sobre BAJA TENSIÓN (LVD)
- Máquinas 98/37 CEE
- Electromagnética CEM 89/336 CEE
- Equipamiento a presión DESP 97/23 CEE
  - . categoría 2 (LG-LGP-ILG)

#### ■ Conformidad con las normas

- EN 60-204 y EN 378-2



## Grupos de producción de agua fría Bombas de calor

### DYNACIAT

#### COMPONENTES PRINCIPALES

##### ■ Carrocería

- Revestimiento de paneles desmontables de chapa galvanizada
- Pintura lacada en colores RAL 7024 y RAL 7035

##### ■ Compresores herméticos SCROLL

- Motor incorporado enfriado mediante los gases aspirados
- Protección del motor mediante termostato interno del bobinado
- Montaje sobre soportes antivibratorios

##### ■ Evaporador

- Intercambiador(es) de tipo placas soldadas
- Placas de extremos e internas de acero inoxidable AISI 316
- Perfil de las placas optimizado y de alto rendimiento
- Aislamiento térmico

##### ■ Condensador

- Series LG - LGP - ILG
- Intercambiador(es) de tipo placas soldadas
- Placas de extremos e internas de acero inoxidable AISI 316
- Perfil de las placas optimizado y de alto rendimiento
- Aislamiento térmico

##### ■ Funciones de control y elementos de seguridad

- Válvula(s) de expansión termostática(s)
- Dispositivos de seguridad de alta y baja presión refrigerante
- Válvulas de seguridad en el circuito frigorífico
- Sondeas de temperatura y captadores de presión
- Controlador de caudal de agua del evaporador incluido

##### ■ Cuadro eléctrico

El cuadro eléctrico, totalmente cableado con todos los componentes eléctricos y la placa electrónica de CPU, controla completamente el equipo y permite supervisar su funcionamiento, ajustar los puntos de consigna de agua o la interfaz con un sistema de pilotaje externo.

Se compone de:

- Circuitos de potencia y de control
- Numeración de hilos
- Interruptor general de seguridad en el frontal con empuñadura
- Transformador del circuito de mando
- Disyuntores de protección de los circuitos de potencia y de control
- Contactor(es) de motor(es) compresor(es)
- Toma de tierra general
- Módulo electrónico de control con microprocesador
  - Connect 2 LG - LGP
  - Micro Connect ILG

- Informe de alarmas o información sobre los borneros libres

#### OPCIONALES (KIT PARA MONTAR EN OBRA)

##### ■ Opciones principales (suministradas por separado)

- Módulo hidráulico (LG - LGN 120 - 600 e ILG 120 - 300)
- Módulo hidrotérmico (LG - ILG 120 - 300)
- Mando de control remoto (excepto ILG)
- Tarjetas de contactos secos adicionales (excepto ILG)
- Conexiones flexibles del evaporador y del condensador
- Filtro de agua de 800 micras, evaporador y condensador
- Válvula de dos vías en condensador para aguas perdidas (aguas urbanas) (LG 120 - 500)
- Válvula de tres vías en condensador para arranque con agua a baja temperatura, (LG 120 - 500)
- Controlador de fases (rotación, ausencia de fase, sobretensión y subtensión)
- Arranque progresivo "Soft Start"
- Sonda de regulación maestra/esclava en un caso de regulación en salida de agua (excepto ILG)

#### DYNACIAT LG: MÓDULO ELECTRÓNICO DE CONTROL CONNECT2

Módulo electrónico de control del GRUPO CIAT con microprocesador y CPU, automatismo central y acceso a los estados internos de marcha.

Composición:

- Marcha, Parada, Rearme o Mando a distancia
- Selector del modo de funcionamiento FRIO o CALOR



**Connect 2**

- Salidas, RS485 para conexión BMS (ModBus-JBus)

- adaptador de tarjeta de contactos secos adicionales
- adaptador para mando a distancia

- Pantalla LCD analógica multilingüe y con indicadores LED

Funciones:

- Visualización de la información relativa al funcionamiento mediante:
  - mensajes multilingües visualizados en texto claro
  - lectura directa de temperaturas y presiones
- Gestión completa de los compresores con secuencia de arranque, recuento e igualación de los tiempos de funcionamiento
- Gestión Maestro-Esclavo, con posibilidad de gestionar dos equipos en un mismo circuito de agua, alternando entre maestro y esclavo en función de los tiempos de funcionamiento
- Protección anti-corto-ciclo
- Funciones autoadaptativas y anticipativas ajustando la regulación en la compensación de los parámetros
- Dispositivo de reducción de potencia escalonada en cascada de los multicompresores, en función de las necesidades frigoríficas o caloríficas controladas por las temperaturas de agua
- Control de los parámetros internos de funcionamiento
- Gestión de un segundo punto de consigna
- Ajuste de consigna por señal 4-20 mA
- Función maestro-esclavo
- Programación semanal
- Visualización directa de las temperaturas de agua
- Diagnóstico de los estados de funcionamiento y de fallo:
  - AP/BP, caudal de agua, motor/es compresor/es, antihielo
- Telegestión y televigilancia

#### DYNACIAT ILG: MÓDULO ELECTRÓNICO DE CONTROL MICROCONNECT

##### ■ Composición

- un terminal de control y visualización: visualización y selección de los diferentes modos (marcha/parada, modo calor/refrigeración, temporizador, programación semanal)
- una placa electrónica de regulación,
- Una sonda de temperatura exterior



##### ■ Funciones

- Regulación de la temperatura del agua o del aire en los diferentes modos
- Control permanente de los parámetros de funcionamiento
- Diagnóstico y visualización de los fallos
- Ajuste del punto de consigna en función de la temperatura exterior (en modo frío y en modo calor)
- Gestión de los equipos auxiliares
- Gestión e igualación automática del tiempo de funcionamiento de los compresores (multicompresores)
- Diálogo con el terminal de control remoto



## Grupos de producción de agua fría Bombas de calor

### EQUIPOS ESTÁNDAR/OPCIONALES DISPONIBLES

DYNACIAT LG	LG - LGP 120 V a 600 V	ILG 120 V a 300 V
Módulo hidráulico	■	■
Módulo hidrotérmico (120 - 300)	■	■
Interruptor de seguridad	●	●
Transformador circuito de control	●	●
Numeración de hilos del cuadro eléctrico	●	●
Interfaz de comunicación RS485	●	-
Pasarela ETHERNET	●	-
Controlador de caudal de agua	●	●
Gestión maestro/esclavo de dos equipos	●	-
Arranque progresivo soft start	■	■
Filtro de agua de evaporador y condensador	■	■
Controlador de fases (sentido, ausencia, asimetría, sobretensión y subtensión)	■	■
Soportes antivibratorios	●	●
Manguitos hidráulicos flexibles del evaporador y del condensador	■	■
Kit válvula de dos vías (excepto LG 540 V - 600 V)	■	-
Kit válvula de tres vías (excepto LG 540 V - 600 V)	■	-
Sonda de regulación maestro/esclavo	■	-
Kit termostato PCR	-	■
Kit sonda higrométrica PCR	-	■
Modelo DUO (gestión suelo + unidad terminal)	-	■
Calentador de circuito de 9 o 15 kW	-	■
Botella de mezcla de 400 l	-	■
Kit de apoyo eléctrico 9 kW	-	■
Panel de control remoto (mando remoto)	■	-
Placa de relés de contactos secos	■	-
Gestión multigrupo MULTICONNECT	■	-
Pasarela LONWORKS/BACNET	■	-

● Máquina estándar    ▲ Opcional montado en fábrica    ■ Opcional suministrado en kit    - No disponible

DYNACIAT



## Grupos de producción de agua fría Bombas de calor

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ELÉCTRICAS

DynaCiat ILG		120 V	150 V	200 V	240 V	300 V	
<b>Rendimiento</b>	<b>Potencia frigorífica neta (1)</b>	kW	<b>29</b>	<b>37,8</b>	<b>50,5</b>	<b>58,9</b>	<b>76,7</b>
	Potencia absorbida neta (1)	kW	8,4	10,8	14,6	16,3	20,9
	EER neta (3)		3,44	3,51	3,46	3,62	3,67
	ESEER neto (3)		3,53	3,61	4,31	4,38	4,34
	Potencia calorífica neta (2)	kW	<b>39,2</b>	<b>51,2</b>	<b>68,3</b>	<b>79</b>	<b>101,9</b>
	Potencia absorbida neta (2)	kW	9,9	12,7	17,3	19	24,16
	Rendimientos COP (3)		3,98	4,02	3,95	4,16	4,15
	Nivel de potencia sonora (4)	dB(A)	67	70	69	70	73
	<b>Compresor</b>	<b>Tipo</b>	SCROLL hermético 2900 rpm				
		Modo de arranque	Directo en cascada				
Número		1		2			
Tipo de aceite frigorífico		POE 3MAF (32 cst).					
Cantidad de aceite		l (cir1)	3,25	4,14	6,50	6,50	8,28
<b>Circuito frigorífico</b>	<b>N.º Tipo</b>	1					
	Fluido refrigerante (GWP)	R410A (2088)					
	Carga de refrigerante	kg	3,25	3,6	5,5	8,1	9,2
	Tonelada equivalente de CO <sub>2</sub>	TCO <sub>2</sub> Eq	6,78	7,51	11,48	16,91	19,20
<b>Alimentación eléctrica</b>	<b>Tipo</b>	fase/Hz/V	3-50 Hz 400 V (+10%/-10%) + tierra				
	Intensidad nominal MÁX.	A	23,2	30,2	42,2	46,2	60,2
	Intensidad de arranque	A	137,0	174,0	139,0	160,0	204,0
	Intensidad de arranque opcional Soft Start	A	70,0	60,0	76,0	93,0	90,0
	Poder de corte	kA	50				
	Protección del cuadro		IP22				
	Sección máx. cables	mm <sup>2</sup>	50	50	50	50	50
	Tensión circuito Ctrl	fase/Hz/V	1-50 Hz 230 V (+10%/-10%) - transformador montado				
	Regulación de potencia	%	100-0	100-0	100-50-0	100-50-0	100-50-0
	<b>Circuito interior</b>	<b>Tipo</b>	Intercambiador de placas soldadas				
Capacidad de agua		l	2,7	3,6	4,8	5,3	9,9
Caudal de agua mínimo/máximo		m <sup>3</sup> /h	5 / 14	6,5 / 18	9 / 25	10 / 28	13,5 / 36
Conexiones de agua		Ø	G 1"1/2			G 2"	
Presión de servicio máx.		bar	10 bares lado AGUA				
<b>Circuito exterior</b>	<b>Tipo</b>	Intercambiador de placas soldadas					
	Capacidad de agua	l	2,7	3,6	4,8	5,8	9,9
	Caudal de agua mínimo	m <sup>3</sup> /h	5	6,5	9	10	13,5
	Caudal de agua máximo	m <sup>3</sup> /h	14	18	25	28	36
	Conexiones de agua	Ø	G 1"1/2			G 2"	
Presión de servicio máx.	bar	10 bares lado AGUA					
Temperatura de almacenamiento	°C	-20 °C/+50 °C					
<b>Dimensiones</b>	Volumen agua mín.	l	226	299	197	222	292
	Alto en funcionamiento	mm	1201	1201	1201	1201	1201
	Longitud	mm	798	798	1492	1492	1492
	Profundidad	mm	883	883	883	883	883
<b>Peso</b>	Peso en vacío	kg	226	289	379	452	595
	Peso en funcionamiento	kg	237	301	394	468	622

Potencias basadas en las Condiciones EN 14511 - 2013 - EUROVENT:  
 (1) / FRÍO: +12 °C/+7 °C y +30 °C/+35 °C  
 (2) / CALOR: +40 °C/+45 °C y +10 °C/+7 °C

(3) EER o COP en valores netos  
 (4) Lw: nivel de potencia global según la norma ISO3744

DYNACIAT



Grupos de producción de agua fría

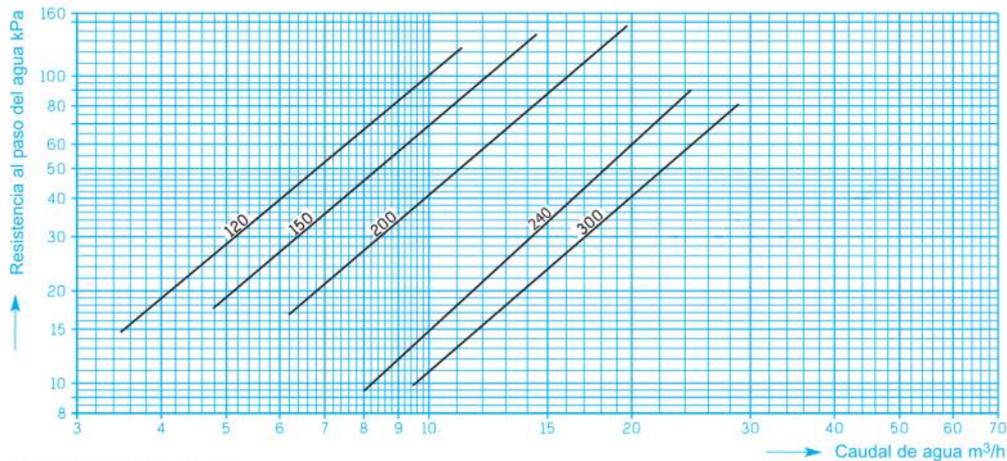
**DYNACIAT LG**

**RESISTENCIA AL PASO DEL AGUA**

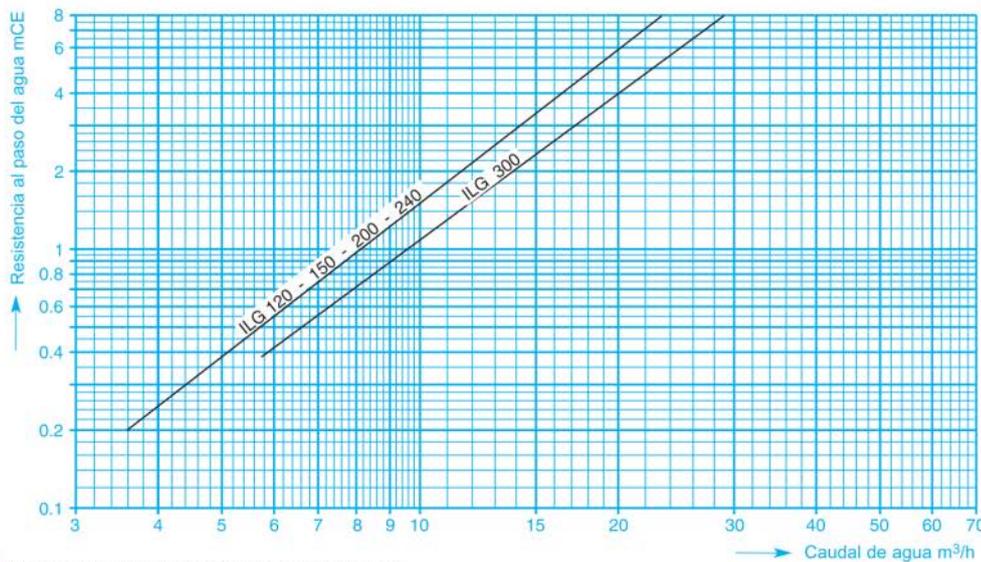
**ILG 120 - 300**

En el evaporador (prohibida su utilización fuera de estos límites)

**CIRCUITO INTERIOR Y CIRCUITO EXTERIOR**



**Filtro - ILG (obligatorio)**



**Fórmulas de conversión de unidades**

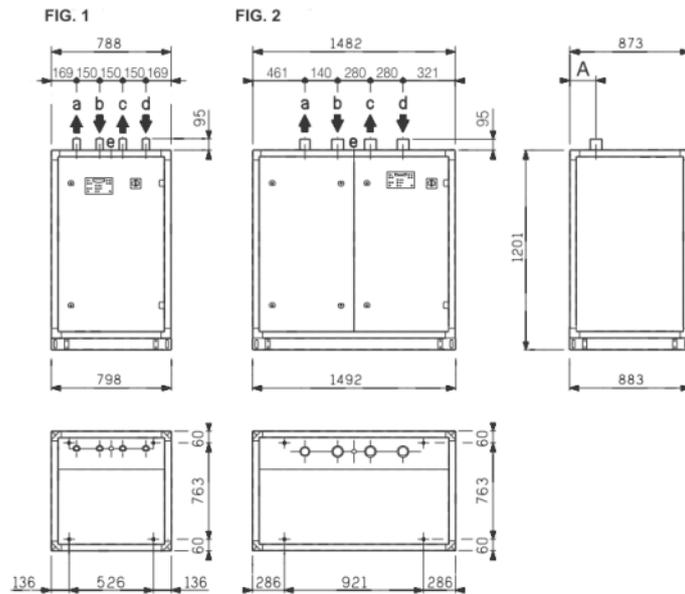
kPa	= bar x 100	Pie (ft)	= mm x 0,0032808
bar	= mCE x 0,0981	Libra (lb)	= kg x 2,205
kg/cm <sup>2</sup>	= bar x 1,0197	Pie <sup>3</sup> /mn (cfm)	= m <sup>3</sup> /h x 0,5885
Libra/Pulgada <sup>2</sup> (lbf/in <sup>2</sup> )	= bar x 14,504	Galones US	= m <sup>3</sup> x 264,2
Pulgada (in)	= mm x 0,0394	Galones UK	= m <sup>3</sup> x 220



## Grupos de producción de agua fría Bombas de calor

### DIMENSIONES

DYNACIAT ILG 120 - 300



- a: salida de agua del circuito interior
- b: entrada de agua del circuito interior
- c: salida de agua del circuito exterior
- d: entrada de agua del circuito exterior
- e: Alimentación eléctrica

ILG	120	150	200	240	300	
Figura	1		2			
	Manguitos Macho					
a - b	G 1 1/2				G 2"	
c - d	G 1 1/2				G 2"	
A	127		126			
Peso kg	Vacio	226	289	379	452	595
	en funcionamiento	237	301	394	468	622

## 2. MÁQUINA PERFORADORA KLEMM K707-1W

# KR 707-1W

## Geothermiebohrgerät

### *Geothermal Drilling Rig*

March 2015



**KLEMM**  
Bohrtechnik



## Bohrgerät

Das Bohrgerät KR 707-1W ist für vertikale Tiefbohrungen zum Einbau von Erdwärmesonden maßgeschneidert. Der Antrieb ist ein nach neuesten Abgasvorschriften zertifizierter 4-Zylinder Dieselmotor mit einer Leistung von 95 kW. Die leistungsfähige Doppelkopfbohranlage besteht aus zwei gegenläufig und unabhängig voneinander drehenden Drehantrieben für die Außenverrohrung und das Innengestänge. Die Drehantriebe sind zudem um 400 mm gegeneinander axial verschiebbar.

Das geförderte Bohrgut wird über eine serienmäßig angebaute Preventeranlage kontrolliert und sauber in einen Bohrgutcontainer abgeführt.

Der zweifach schwenkbare und höhenverstellbare Steuerarm, der mit allen notwendigen Bohrfunktionen ausgestattet ist, lässt sich optimal an den jeweiligen Aufstellort des Gerätes anpassen. Dies ermöglicht eine freie Sicht auf den Bohransatzpunkt und die dreifach Klemm- und Brechvorrichtung.

Die äußerst kompakte Bauweise, bei gleichzeitig hervorragender Schalldämmung und einer modernen kraftstoffsparenden Load-Sensing Hydraulik setzen neue Maßstäbe für den Betrieb in innerstädtischen Einsatzgebieten.

Das Bohrgerät ist ausgerüstet mit:

- Lafette 202, Rückzugkraft 100 kN
- dreifach Klemm- und Brechvorrichtung
- Doppelkopfbohranlage KH 18 / KH 5 mit Preventer
- ferngesteuerten Ventilen für Luft- und Wasserspülung

Nützliche Hilfseinrichtungen sind u.a. das von KLEMM entwickelte Handhabungssystem für Doppelgestänge, HBR 180-1, eine leistungsfähige Exzentrerschneckenpumpe für Spülbohrverfahren und für den Verpressvorgang, eine Seilwinde am Lafettenende bzw. ein patentierter Heberahmen für die Sondenhaspel. Zusätzlich ist das Gerät für den Anschluss einer Injektionsanlage (z.B. MAT Injektionsanlage IEC-40-H) vorbereitet.

## Drilling Rig

*The drilling rig KR 707-1W was specially designed for vertical drilling and the installation of geothermal energy probes. The power unit is a four cylinder diesel engine with rated output of 95 kW and complies with the latest emission regulations. The powerful double head drilling unit consists of two counter rotating and independently driven rotary heads for the outer casings and inner rods. Additionally the rotary heads are axially shiftable (400 mm) relative to each other.*

*The drill cuttings are diverted directly into a skip with the help of the standard equipped preventer system in order not to contaminate the environment.*

*The twofold slewable and height adjustable control panel is equipped with all necessary drilling functions and is thus optimally adaptable to any jobsite. A clear view of the drill hole and the threefold clamping and breaking device is therefore possible*

*The very compact design in combination with an excellent sound proofing and an up to date fuel efficient load-sensing hydraulic system sets benchmarks for the application on urban jobsites.*

*The drilling rig is equipped with:*

- Drill mast 202, retraction force 100 kN
- Threefold clamping and breaking device
- Double head drilling unit KH 18 / KH 5 with preventer
- Remote-controlled valves for air and water flushing

*Examples for useful auxiliary attachments are a rod handling device for double casings HBR 180-1 designed by KLEMM, a powerful eccentric screw pump for flush drilling and grouting operations, a cable winch cat-head, a patented support bracket for easier loop reel handling. The rig has an additional interface for the connection of an injection plant (e.g. MAT injection plant IEC-40-H).*

**Technische Daten**

*Technical Data*

<b>Motortyp</b>	<i>Engine Type</i>	<b>DEUTZ TCD 2012 L04 2V</b>	
zertifiziert nach	<i>certified</i>	EEC 97/68 EC Stage 3A, USA EPA/CARB TIER 3	
Leistung	<i>Rated Output</i>	kW	95
Dieseltankinhalt	<i>Fuel Tank Capacity</i>	l	350
Schallleistungspegel LWA <sub>g</sub>	<i>Sound power level LWA<sub>g</sub></i>	dB (A)	114
<b>Hydrauliksystem</b>	<i>Hydraulic System</i>		
1. Kreislauf	<i>1st Circuit</i>	l/min	125 Load-Sensing
2. Kreislauf	<i>2nd Circuit</i>	l/min	100 Load-Sensing
3. Kreislauf	<i>3rd Circuit</i>	l/min	33 constant
4. Kreislauf	<i>4th Circuit</i>	l/min	15 constant
5. Kreislauf	<i>5th Circuit</i>	l/min	15 constant
Systemdruck max.	<i>Operating Pressure max.</i>	bar	320
Hydrauliktankinhalt	<i>Hydr. Oil Tank Capacity</i>	l	420
<b>Raupenfahrwerk</b>	<i>Crawler Base</i>	<b>B1</b>	
Zugkraft max.	<i>Tractive Force max.</i>	kN	90
Fahrgeschwindigkeit	<i>Crawler Speed</i>	km/h	1,7
3-Steg Bodenplatten	<i>3-rib Grouser Plates</i>	mm	400
Bodenfreiheit	<i>Ground Clearance</i>	mm	340
Bodendruck	<i>Ground Pressure</i>	N/cm <sup>2</sup>	5,7
<b>Bohrlafette</b>	<i>Drill Mast</i>	<b>202</b>	
Gesamtlänge	<i>Total Length</i>	mm	6500
Vorschubkraft	<i>Feed Force</i>	kN	50 / 100
Rückzugkraft	<i>Retraction Force</i>	kN	50 / 100
Vorschubgeschwindigkeit	<i>Feed Rate</i>	m/min	4,5 / 9,0
Rückzuggeschwindigkeit	<i>Retraction Rate</i>	m/min	4,5 / 9,0
Vorschub schnell	<i>Fast Feed Rate</i>	m/min	18,8 / 37,6
Rückzug schnell	<i>Fast Retraction Rate</i>	m/min	18,8 / 37,6
<b>Bohrantriebe</b>	<i>Drill Heads</i>		
Drehantriebe	<i>Rotary Heads</i>	●	
Hydraulikhämmer	<i>Hydraulic Drifters</i>	●	
Doppelkopfbohranlagen	<i>Double Head Drilling Units</i>	●	

### 3. ANTICONGELANTE TYFOCOR GE

Technical Information



Antifreeze and Anticorrosion Concentrate  
for Ground Source Heat Pump Systems



### Characteristics of Tyfocor® GE Concentrate

Appearance	Clear, blue green liquid	
Boiling point	>175 °C	ASTM D 1120
Pour point	-18 °C	DIN ISO 3016
Density (20 °C)	1.10-1.13 g/cm <sup>3</sup>	DIN 51757
Refraction nD20	1.430-1.439	DIN 51423
pH value (20 °C)		
-Concentrate	8.4-8.7	ASTM D 1287
-33 Vol. %	7.7-8.5	ASTM D 1287
Viscosity (20 °C)	24-28 mm <sup>2</sup> /s	DIN 51562
Reserve alkalinity	>5.5 ml 0.1 mHCl	ASTM D 1121

The above data represent average values that were valid when this Technical Information Bulletin went into print. They do not have the status of a product specification. Specified values are the subject of a special leaflet.

### Properties

Tyfocor® GE is a clear, blue green liquid with a faint odour and is based on ethylene glycol. It is miscible with water in all proportions. It's mixtures with water protect against frost at temperatures down to -52 °C, depending on their concentration. Tyfocor® GE / water mixtures do not separate.

The corrosion inhibitors of Tyfocor® GE reliably protect all metals and alloys normally used for Ground Source Heat Pumps even in mixed installations for long periods against corrosion, ageing and fouling. The inhibitor system of Tyfocor® GE neither contains borax nor nitrites, phosphates, nor amines.

### Miscibility

Tyfocor® GE is miscible with all commercial anti-freezes based on ethylene glycol. If mixing of Tyfocor® GE with other products is intended, we recommend, however, to contact our department of application technique beforehand.

### Application

The concentration of Tyfocor® GE must be at least 20 volume percent in water (drinking water quality with a maximum chloride content of 100 mg/kg, or distilled water). The protection against frost deteriorates if the Tyfocor® GE concentration exceeds 60 percent by volume.

### Antifreeze Effect

Tyfocor® GE Concentrate	Freeze point	Density (20°C)	Refraction nD20
10 Vol. %	-3 °C	1.015 g/cm <sup>3</sup>	1.3451
20 Vol. %	-8 °C	1.028 g/cm <sup>3</sup>	1.3545
23 Vol. %	-10 °C	1.032 g/cm <sup>3</sup>	1.3575
30 Vol. %	-15 °C	1.041 g/cm <sup>3</sup>	1.3645
35 Vol. %	-19 °C	1.048 g/cm <sup>3</sup>	1.3670
40 Vol. %	-24 °C	1.056 g/cm <sup>3</sup>	1.3754
50 Vol. %	-37 °C	1.069 g/cm <sup>3</sup>	1.3862
60 Vol. %	-52 °C	1.080 g/cm <sup>3</sup>	1.3951

In order to maintain effective protection from corrosion, the concentration of Tyfocor® GE must not be allowed to fall below 20 volume percent. Lower concentrations are insufficient and incur the risk of corrosion.

### Anticorrosion Effect

The following table demonstrates the anticorrosion effect of a 33 vol % Tyfocor® GE / water mixture after 14 days at 88 °C under permanent aeration. Corrosion test acc. ASTM D 1384 (American Society for Testing and Materials).

Material	Average change of weight
Copper (SF Cu)	- 0.27 g/m <sup>2</sup>
Soft Solder (L Sn 30)	- 0.28 g/m <sup>2</sup>
Brass (MS 63)	- 0.20 g/m <sup>2</sup>
Cast Iron (GG26)	± 0.00 g/m <sup>2</sup>
Steel (HI)	± 0.00 g/m <sup>2</sup>
Cast Aluminium (G AlSi6Cu4)	- 0.07 g/m <sup>2</sup>

### Compatibilities with Sealing Materials

Mixtures of Tyfocor® GE and water do not attack the sealants normally used for Ground Source Heat Pump Systems. The following list of sealants, elastomers and plastics that are resistant to Tyfocor® GE / water mixtures has been compiled from experimental results, experience, and the literature.

Examples of sealants are Fermit®, Fermitol® (registered trademarks of Nissen & Volk GmbH, Hamburg), and hemp

Butyl rubber	IIR
Chloroprene	CR
Ethylene-propylene-dien-rubber	EPDM
Fluorocarbon elastomers	FPM
Natural rubber below 80 °C	NR
Nitrile rubber	NBR
Polyacetal	POM
Polyamides below 115 °C	PA
Polybutene	PB
Polyethylene, soft, hard	PE-LD/HD
Polyethylene, crosslinked	PE-X
Polypropylene	PP
Polytetrafluorethylene	PTFE
Polyvinylchloride, rigid	PVC h
Silicone rubber	Si
Styrene butadiene rubber below 100°C	SBR
Unsaturated polyester resins	UP

Phenolic and urea resins, plasticized PVC, and polyurethane elastomers are not resistant.

An important point to note is that the performance of elastomers is not only governed by the properties of the rubber itself, e. g. EPDM, but also by the nature and amount of the constituent additives and the vulcanisation conditions. For this reason, it is recommended that their resistance to Tyfocor® GE / water mixtures is checked by performance tests before these



elastomers are taken into use for the first time. This applies particularly to elastomers intended as membranes for expansion tanks as described in DIN EN 12828 and DIN 4807 Part 2, respectively. In some cases, the low surface tension of Tyfocor® GE / water mixtures may be responsible for leakage if the sealing strips have been produced from polytetrafluoroethylene (PTFE).

#### Application Guidelines

In view of the specific properties of Tyfocor® GE, the following application guidelines must be observed to achieve long-term protection for the installations.

1. Brine circuits must be designed as closed systems, otherwise the contact with atmospheric oxygen will accelerate the consumption of inhibitors.
2. Flexible-membrane expansion tanks must conform to DIN EN 12828 and DIN 4807 Part 2, resp.
3. Silver or copper brazing solders are to be utilised preferably on joints. Fluxes used in combination with soft solder usually contain chlorides. Their residues must be removed from the brine circuit by thorough flushing. Otherwise an increased content of chlorides in the fluid may lead to pitting corrosion on e. g. stainless steel
4. The only flexible connections that are permitted for use are hoses, preferably made of metal, that are resistant to oxygen diffusion.
5. The layout of the piping must ensure that circulation cannot be disturbed by gas pockets or deposits.
6. The brine circuit must not be equipped with internally galvanised heat exchangers, tanks or pipes, because zinc can be detached by glycol / water mixtures.
7. Dirt, soil and water must not be allowed to enter the Ground Source Heat Pump system during the installation of the probes. After the assembly has been completed, the brine circuit must be thoroughly flushed to remove any foreign matter (swarf, fluxes, packaging residues, etc.) and assembly aids before the system is finally filled with the Tyfocor® GE / water mixture.
8. It must be ensured that no air pockets remain in the brine circuit after it has been filled. It is essential to eliminate any existing gas pockets, because their collapse following a drop in temperature would give rise to a vacuum and thus cause air to be sucked into the system. Insufficient deaeration of the brine circuit furthermore affects the efficiency of the Ground Source Heat Pump.
9. In-circuit filter elements must be cleaned within 14 days at the latest after the system was put into operation in order to ensure that no obstruction to the fluid flow may occur due to deposits in any

part of the installation.

10. After the system has been filled, the concentration of the Tyfocor® GE / water mixture should be checked by measuring the fluid density with a hydrometer or an antifreeze tester suitable for ethylene glycol / water mixtures.

An equally convenient and accurate way to determine the Tyfocor® GE content is to measure the refractive index by using a hand-held refractometer. A summary of densities and refractive indices of Tyfocor® GE / water mixtures as a function of concentration can be found on page 1 of this leaflet.

11. If leakages or other losses occur, the heat transfer liquid in the system must be replenished with an aqueous Tyfocor® GE solution of the same concentration. In cases of doubt, the Tyfocor® GE content must be determined via density or refractive index as described in section 10.

#### Storage stability

Tyfocor® GE has a shelf life of at least three years in airtight containers. It should not be stored in galvanised containers, because zinc is detached by glycol / water mixtures.

#### Delivery Form and Packaging

Tyfocor® GE is available as a concentrate or ready-mix according to customer's specification. It is supplied in road tankers, in 1000 litre IBCs, in 200 litre drums, and in 30, 20 and 10 litre non-returnable plastic cans.

#### Disposal

Spills of Tyfocor® GE must be taken up in an absorbent binder and disposed of in accordance with the regulations. For further information, please refer to the EC Material Safety Data Sheet.

#### Ecology

Tyfocor® GE is classified in water hazard class 1, (low-rate endangering, Germany) according to German water hazard regulations (*Verwaltungsvorschrift für wassergefährdende Stoffe* of May 17, 1999). Tyfocor® GE is readily biodegradable.

#### Handling

The usual safety and industrial hygiene measures relating to chemicals must be observed in handling Tyfocor® GE. The information and instructions given in our Safety Data Sheet must be strictly observed.

#### Safety Data Sheet

A Safety Data Sheet has been drawn up for Tyfocor® GE in accordance with EC Directive 1907/2006/EC [REACH].

**Density of TYFOCOR® GE / water mixtures [g/cm<sup>3</sup>]**  
 as a function of temperature and concentration

T [°C]	20 Vol. %	23 Vol. %	30 Vol. %	35 Vol. %	40 Vol. %	45 Vol. %	50 Vol. %	55 Vol. %	60 Vol. %
100	0.984	0.987	0.994	1.001	1.009	1.016	1.018	1.021	1026
90	0.991	0.994	1.001	1.008	1.016	1.022	1.025	1.029	1034
80	0.998	1.001	1.008	1.015	1.022	1.029	1.032	1.036	1041
70	1.004	1.007	1.014	1.021	1.029	1.035	1.039	1.043	1048
60	1.010	1.013	1.021	1.024	1.035	1.041	1.046	1.050	1055
50	1.015	1.018	1.026	1.033	1.040	1.047	1.052	1.056	1062
40	1.020	1.024	1.032	1.038	1.046	1.052	1.058	1.062	1068
30	1.024	1.028	1.037	1.044	1.051	1.058	1.063	1.068	1074
20	1.028	1.032	1.041	1.048	1.056	1.063	1.069	1.074	1.080
10	1.031	1.036	1.045	1.053	1.061	1.066	1.074	1.080	1086
0	1.034	1.038	1.049	1.057	1.065	1.073	1.079	1.085	1092
-10	-8: 1.035	1.041	1.052	1.060	1.069	1.077	1.084	1.090	1097
-20	-	-	-15: 1.054	-19: 1.064	1.073	1.082	1.089	1.095	1103
-30	-	-	-	-	-24: 1.074	1.087	1.094	1.101	1108
-40	-	-	-	-	-	-	-37: 1.097	1.107	1114

**Specific heat capacity of TYFOCOR® GE / water mixtures [J/g·K]**  
 as a function of temperature and concentration

T [°C]	20 Vol. %	23 Vol. %	30 Vol. %	35 Vol. %	40 Vol. %	45 Vol. %	50 Vol. %	55 Vol. %	60 Vol. %
100	4.0	4.06	4.00	3.94	3.84	3.76	3.70	3.62	3.56
90	4.08	4.07	4.00	3.94	3.83	3.75	3.67	3.60	3.53
80	4.08	4.06	3.99	3.93	3.82	3.73	3.65	3.57	3.50
70	4.07	4.06	3.99	3.92	3.80	3.70	3.61	3.53	3.46
60	4.06	4.05	3.97	3.90	3.78	3.67	3.58	3.49	3.42
50	4.05	4.03	3.96	3.88	3.75	3.54	3.53	3.45	3.38
40	4.03	4.01	3.94	3.86	3.71	3.59	3.49	3.40	3.33
30	4.01	3.99	3.91	3.83	3.67	3.55	3.43	3.35	3.28
20	3.99	3.96	3.88	3.79	3.63	3.49	3.38	3.29	3.22
10	3.96	3.93	3.85	3.75	3.58	3.44	3.31	3.22	3.16
0	3.92	3.89	3.81	3.70	3.52	3.37	3.25	3.16	3.09
-10	-8: 3.89	3.85	3.76	3.65	3.46	3.31	3.17	3.08	3.02
-20	-	-	-15: 3.74	-19: 3.60	3.40	3.23	3.10	3.01	2.94
-30	-	-	-	-	-24: 3.37	3.14	3.01	2.92	2.86
-40	-	-	-	-	-	-	-37: 2.94	2.83	2.77

**Thermal conductivity of TYFOCOR® GE / water mixtures [W/m·K]**  
 as a function of temperature and concentration

T [°C]	20 Vol. %	23 Vol. %	30 Vol. %	35 Vol. %	40 Vol. %	45 Vol. %	50 Vol. %	55 Vol. %	60 Vol. %
100	0.605	0.590	0.560	0.533	0.500	0.475	0.454	0.437	0.415
90	0.593	0.579	0.550	0.524	0.492	0.468	0.447	0.430	0.410
80	0.582	0.568	0.539	0.514	0.484	0.461	0.441	0.424	0.404
70	0.571	0.557	0.529	0.505	0.476	0.453	0.434	0.418	0.399
60	0.559	0.546	0.518	0.495	0.468	0.446	0.427	0.412	0.394
50	0.548	0.535	0.508	0.486	0.460	0.439	0.421	0.406	0.389
40	0.536	0.524	0.497	0.476	0.452	0.432	0.414	0.400	0.384
30	0.525	0.513	0.487	0.467	0.444	0.425	0.407	0.394	0.378
20	0.514	0.502	0.476	0.457	0.436	0.418	0.401	0.388	0.373
10	0.502	0.491	0.466	0.448	0.429	0.411	0.394	0.382	0.368
0	0.491	0.487	0.455	0.438	0.421	0.404	0.387	0.376	0.363
-10	-8: 0.482	0.470	0.445	0.429	0.413	0.396	0.381	0.369	0.358
-20	-	-	-15: 0.440	-19: 0.420	0.405	0.389	0.374	0.363	0.353
-30	-	-	-	-	-24: 0.401	0.381	0.367	0.357	0.347
-40	-	-	-	-	-	-	-37: 0.362	0.351	0.342

**Kinematic viscosity of TYFOCOR® GE / water mixtures [mm<sup>2</sup>/s]**  
 as a function of temperature and concentration

T [°C]	20 Vol. %	23 Vol. %	30 Vol. %	35 Vol. %	40 Vol. %	45 Vol. %	50 Vol. %	55 Vol. %	60 Vol. %
100	0.47	0.50	0.55	0.60	0.63	0.72	0.74	0.78	0.82
90	0.51	0.54	0.59	0.65	0.68	0.77	0.83	0.88	0.92
80	0.57	0.60	0.65	0.71	0.76	0.86	0.95	1.08	1.05
70	0.64	0.68	0.75	0.81	0.87	0.99	1.12	1.22	1.25
60	0.75	0.79	0.88	0.96	1.04	1.18	1.36	1.49	1.53
50	0.90	0.95	1.06	1.17	1.28	1.46	1.68	1.85	1.96
40	1.10	1.17	1.32	1.46	1.64	1.88	2.14	2.37	2.60
30	1.39	1.48	1.68	1.89	2.18	2.50	2.81	3.13	3.59
20	1.80	1.93	2.22	2.52	3.00	3.44	3.82	4.28	5.17
10	2.40	2.59	3.00	3.46	4.27	4.95	5.42	6.13	7.78
0	3.29	3.56	4.19	4.92	6.31	7.43	8.13	9.32	12.30
-10	-8: 4.31	5.04	6.02	7.21	9.67	11.70	13.10	15.30	20.60
-20	-	-	-15: 7.40	-19: 10.5	15.30	19.40	23.10	27.90	36.80
-30	-	-	-	-	-24: 18.80	33.90	45.70	57.90	71.10
-40	-	-	-	-	-	-	-37: 83.81	140.42	150.0

**Prandtl number of TYFOCOR® GE / water mixtures**  
 as a function of temperature and concentration

T [°C]	20 Vol. %	23 Vol. %	30 Vol. %	35 Vol. %	40 Vol. %	45 Vol. %	50 Vol. %	55 Vol. %	60 Vol. %
100	3.14	3.40	3.87	4.42	4.92	5.77	6.13	6.57	7.21
90	3.50	3.79	4.30	4.89	5.41	6.35	6.99	7.60	8.16
80	3.97	4.30	4.89	5.54	6.11	7.17	8.15	8.95	9.47
70	4.62	4.99	5.71	6.45	7.14	8.36	9.72	10.77	11.34
60	5.50	5.96	6.86	7.76	8.67	10.11	11.86	13.23	14.07
50	6.72	7.29	8.48	9.63	10.87	12.67	14.85	16.63	18.19
40	8.44	9.18	10.76	12.30	14.12	16.42	19.06	21.42	24.13
30	10.87	11.85	14.03	16.17	18.97	22.03	25.17	28.40	33.43
20	14.38	15.72	18.80	21.88	26.33	30.62	34.37	38.98	48.17
10	19.51	21.90	25.40	30.52	37.83	44.22	48.94	55.92	77.45
0	27.16	29.92	36.7	43.93	56.32	66.63	73.52	85.01	114.3
-10	-8: 36.07	42.99	53.55	65.12	86.79	105.20	118.4	139.4	190.8
-20	-	-	-15: 66.30	-19: 95.76	137.6	174.30	208.3	252.7	333.8
-30	-	-	-	-	-24: 169.7	303.69	410.1	521.3	649.0
-40	-	-	-	-	-	-	-37: 746.7	1253.3	1356.0

**Cubic Expansion Coefficient of TYFOCOR® GE / water mixtures [ x 10<sup>-5</sup>/K]**  
 as a function of temperature and concentration

T [°C]	20 Vol. %	23 Vol. %	30 Vol. %	35 Vol. %	40 Vol. %	45 Vol. %	50 Vol. %	55 Vol. %	60 Vol. %
100	72	73	72	70	65	66	74	77	76
90	68	69	70	67	63	63	70	73	73
80	64	65	66	64	61	61	67	69	70
70	60	61	62	61	59	59	64	66	67
60	55	56	58	58	56	57	61	63	64
50	50	52	54	54	54	55	58	60	61
40	45	47	50	51	52	53	55	57	59
30	40	42	45	47	49	50	53	55	57
20	34	36	41	44	46	48	51	53	55
10	28	31	36	40	43	46	49	51	53
0	22	25	31	36	41	44	47	49	52
-10	-8: 16	19	27	32	38	42	45	48	51
-20	-	-	-15: 25	-15: 28	35	40	44	47	50
-30	-	-	-	-	-24: 33	38	43	46	49
-40	-	-	-	-	-	-	-37: 43	45	49

**Vapour pressure of TYFOCOR® GE / water mixtures [bar]**  
 as a function of temperature and concentration

T [°C]	20 Vol. %	23 Vol. %	30 Vol. %	35 Vol. %	40 Vol. %	45 Vol. %	50 Vol. %	55 Vol. %	60 Vol. %
180	9.28	9.13	8.82	8.54	8.20	7.84	7.44	7.09	6.62
170	7.34	7.24	6.98	6.76	6.50	6.22	5.91	5.63	5.26
160	5.73	5.65	5.45	5.29	5.08	4.87	4.63	4.42	4.12
150	4.42	4.35	4.20	4.08	3.92	3.77	3.58	3.42	3.19
140	3.35	3.31	3.19	3.10	2.98	2.87	2.93	2.60	2.43
130	2.50	2.47	2.39	2.32	2.23	2.15	2.04	1.95	1.82
120	1.84	1.81	1.75	1.70	1.64	1.58	1.50	1.44	1.34
110	1.32	1.31	1.26	1.23	1.18	1.14	1.08	1.04	0.970
100	0.935	0.922	0.890	0.864	0.834	0.803	0.765	0.733	0.686
90	0.645	0.635	0.613	0.595	0.574	0.553	0.527	0.505	0.473
80	0.434	0.427	0.412	0.400	0.385	0.371	0.354	0.340	0.318
70	0.284	0.279	0.269	0.261	0.251	0.242	0.231	0.221	0.208
60	0.180	0.177	0.170	0.165	0.158	0.152	0.146	0.140	0.131
50	0.110	0.108	0.104	0.100	0.096	0.093	0.089	0.085	0.080
40	0.065	0.064	0.061	0.054	0.056	0.054	0.052	0.050	0.047
30	0.037	0.036	0.034	0.033	0.031	0.030	0.029	0.028	0.026

**Note**

The information submitted in this publication is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments, neither do they imply any legally binding assurance of certain properties or suitability for a specific purpose. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislations are observed.

**TYFOROP CHEMIE GmbH**

Anton-Rée-Weg 7  
 D - 20537 Hamburg

Phone: +49-(0)40 20 94 97-0  
 Fax: +49-(0)40 20 94 97-20  
 e-mail: info@tyfo.de  
 Internet: www.tyfo.de

## 4. TUBERÍA PE-Xa y PE100

### 2 CARACTERÍSTICAS DE PE-Xa Y PE 100

REHAU ofrece los tubos RAUGE0 collect en polietileno reticulado a alta presión (PE-Xa) y en polietileno no reticulado (PE100).

Las principales ventajas del PE-Xa con respecto al PE100 son:

- no se propagan las grietas ni las muescas
- permite realizar radios de curvado reducidos, incluso a baja temperatura

- no es necesario lecho de arena
- utilizable a temperaturas incluso superiores a 40°C, con lo cual es apto también para usos de acumulación de calor
- permite utilizar la técnica del casquillo corredizo, que se caracteriza por ser robusta, rápida e insensible a las condiciones meteorológicas

Propiedades	PE-Xa				PE 100			
Imágenes tipos de tubo								
Material	Polietileno reticulado a alta presión				Polietileno			
Cumple la norma	DIN 16892/16893				DIN 8074/8075			
Resistencia en ensayo de fatiga (factor de seguridad SF=1,25)	Tubos SDR 11 (20 x 1,9, 25 x 2,3, 32 x 2,9, 40 x 3,7)							
20 °C	100 años/15 bar				100 años/15,7 bar			
30 °C	100 años/13,3 bar				50 años/13,5 bar			
40 °C	100 años/11,8 bar				50 años/11,6 bar			
50 °C	100 años/10,5 bar				15 años/10,4 bar			
60 °C	50 años/9,5 bar				5 años/7,7 bar			
70 °C	50 años/8,5 bar				2 años/6,2 bar			
80 °C	25 años/7,6 bar				-			
90 °C	15 años/6,9 bar				-			
Temp. de servicio continuas	-40 °C hasta 95 °C				-20 °C hasta 30 °C			
Temp. de tendido mínima	-30 °C				-10 °C			
Radios de curvado mínimos	20 x 1,9	25 x 2,3	32 x 2,9	40 x 3,7	25 x 2,3	32 x 2,9	40 x 3,7	
20 °C	20 cm	25 cm	30 cm	40 cm	50 cm	65 cm	80 cm	
10 °C	30 cm	40 cm	50 cm	65 cm	85 cm	110 cm	140 cm	
0 °C	40 cm	50 cm	65 cm	80 cm	125 cm	160 cm	200 cm	
Sensibilidad a la entalla	muy reducida				reducida			
Propagación de fisuras en FNCT (full notch creep test)	no se produce fallo				fallo tras 200-2000 h			
Material del lecho	terreno existente				arena			
Rugosidad del tubo	0,007 mm				0,04 mm			
Coefficiente medio de dilatación térmica longitudinal	0,15 mm/(m*K)				0,20 mm/(m*K)			
Clase de material de construcción según DIN 4102	B2				B2			
Resistencia química	véase Anexo 1 a la DIN 8075				véase Anexo 1 a la DIN 8075			
Densidad	0,94 g/cm³				0,95 g/cm³			
Robustez	extraordinariamente robusto (no se produce propagación de grietas o muescas producidas durante el transporte o la colocación)				robusto (propagación lenta de las grietas o muescas producidas durante el transporte o la colocación)			
Requerimientos a cumplir por el material de la zona de tendido	material excavado (presenta generalmente conductividad térmica que el lecho de arena)				lecho de arena			
Aptitud para la acumulación de calor	ilimitada (temperatura de servicio hasta 95 °C)				no (temperatura de servicio máxima sólo 30 °C)			
Aptitud para la refrigeración mediante máquina frigorífica	sí (temperatura de servicio hasta 95 °C)				limitada (temperatura de servicio máxima sólo 40 °C)			
Medio glicolado utilizable	según directriz VDI 4640							
Índice de fusión MFR	-				0,2-0,5 g/10 min			
Grupo MFR	-				003, 005			

Tabla 1

## 3 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

3.1 Tabla recapitulativa

Aplicaciones				
<b>Designación del sistema</b>	Sonda RAUGEO PE-Xa	RAUGEO collect PE-Xa plus	RAUGEO collect PE-100	RAUGEO collect PE-Xa plus
<b>Campos de aplicación</b>	Sonda geotérmica	Colector geotérmico	Colector geotérmico	Pilote captador energía
<b>Material</b>	PE-Xa	PE-Xa	PE 100	PE-Xa EVOH y revestimiento de PE
<b>Color (superficie)</b>	gris	gris	negro	naranja/gris
<b>Difusión del oxígeno</b>	sin barrera	sin barrera	sin barrera	sin barrera
<b>Tipos de tendido</b>	pozo	terreno directo, sin lecho de arena	terreno directo, sin lecho de arena	hormigonado
<b>Dimensiones</b>	32 y 40 mm ø pie de sonda 110 ó 134 mm	20, 25, 32 y 40 mm (SDR 11)	20, 25, 32 y 40 mm (SDR 11)	20 y 25 mm (SDR 11)
<b>Se utiliza cuando</b>	- el espacio disponible es limitado - las exigencias de rendimiento son grandes - se aprovecha la energía geotérmica para calefacción y refrescamiento	- hay disponible una gran cantidad de espacio - las exigencias de rendimiento para el refrescamiento en instalaciones abiertas, sin intercambiador de calor, son moderadas gracias a la capa contra la difusión del oxígeno queda protegida en la instalación enterrada	- hay disponible una gran cantidad de espacio - las exigencias de rendimiento para el refrescamiento en instalaciones abiertas, sin intercambiador de calor, son moderadas gracias a la capa contra la difusión del oxígeno queda protegida en la instalación enterrada	- hay pilotes y muros pantalla, ya de por sí necesarios
<b>Efectos sobre el medio ambiente</b>	En el caso de los sistemas de refrescamiento, un ligero calentamiento de las aguas freáticas.	Un efecto reducido sobre la vegetación.	En el caso de los sistemas de refrescamiento, el calentamiento de las aguas freáticas.	En el caso de los sistemas de refrescamiento, el calentamiento de las aguas freáticas.
<b>Campo de aplicación adecuado</b>	Calefacción mediante bomba de calor y refrescamiento directo y/o mediante bomba de calor.	Calefacción mediante bomba de calor y, con limitaciones, refrescamiento directo o mediante bomba de calor. El refrescamiento directo va normalmente aparejado con unas prestaciones muy reducidas. Una excepción es cuando existen p.ej. corrientes freáticas.	Calefacción mediante bomba de calor y, con limitaciones, refrescamiento directo o mediante bomba de calor. El refrescamiento directo va normalmente aparejado con unas prestaciones muy reducidas. Una excepción es cuando existen p.ej. corrientes freáticas.	Calefacción mediante bomba de calor y refrescamiento directo y/o mediante bomba de calor.

Tabla 2

**RAUGEO PE-Xa SDR 11 tubo conexión**  
 en polietileno reticulado a alta presión (RAU-PE-Xa) según  
 DIN 16892/93, estabilizado frente a rayos UV, color natural interior y  
 capa protectora exterior RAU-PE gris.  
 - Insensible a la propagación de fisuras (tensofisuración)  
 - Se puede tender sin lecho de arena  
 Temperaturas de servicio -40 °C hasta +95 °C



Artículo	Var	d x s [mm]	Longitud [m]	Peso [kg/m]
135763	050	40x3,7	50	0,42
135763	001	40x3,7	100	0,42
136407	050	50x4,6	50	0,67
136407	100*	50x4,6	100	0,67
136417	050	63x5,8	50	1,06
136417	100*	63x5,8	100	1,06
136427	050*	75x6,8	50	1,48
136427	100*	75x6,8	100	1,48

\*a consultar

Página 22

**Tubo RAUGEO collect PE-RC SDR 11**  
 en polietileno de alta densidad (RAU-PE-RC)  
 según PAS 1075 DIN 8074/75, Resistant to Crack  
 estabilizado frente a los rayos UV, color negro.  
 Temperaturas de servicio: -20 °C hasta +30 °C.



**También disponible en material PE-100**  
Consultar al Centro de Pedidos Geotermia telf 936 353 540

Artículo	Var	d x s [mm]	Longitud [m]	Peso [kg/m]
136835	050	50	50 x 4,6	0,67
136835	100	100	50 x 4,6	0,67
136855	050	50	63 x 5,8	1,06
136855	100	100	63 x 5,8	1,06
136865	050*	50	75 x 6,8	1,48
136865	100*	100	75 x 6,8	1,48

\*a consultar

## 5. COLECTOR MODULAR REAHU

### 9. COLECTOR MODULAR RAUGEO

#### RAUGEO Colector modular premontado Ida y Retorno

Conjunto completo colector impulsión+retorno montado y probado, material reforzado en fibra de vidrio apto para calor y frío (-20° a +70°C) con cámara de aire para mejorar aislamiento térmico. Separación entre circuitos 100mm. Módulo impulsión con válvulas de corte integradas. Módulo retorno con caudalímetros ajustables y capuchón de protección. Conexión principal en Rp 1-1/4" (DN40) y Rp 2" (DN60), y purgador manual 3/8". Placa final en latón, tornillería premontada. Aprobado para presiones de trabajo 6 bar; presión de prueba 10 bar.



#### RAUGEO Colector modular DN 40 (1-1/4")

Artículo	Var	Número conexiones	Diámetro interior	Peso [kg]	Unidad suministro
354359	001	2	40 mm	4,2	1
354369	001	3	40 mm	5,2	1
354379	001	4	40 mm	6,2	1
354389	001	5	40 mm	7,3	1
354399	001	6	40 mm	8,3	1
354409	001	7	40 mm	9,3	1
354419	001	8	40 mm	10,3	1
354429	001	9	40 mm	11,4	1
354439	001	10	40 mm	12,4	1
354449	001	11	40 mm	13,4	1
354459	001	12	40 mm	14,5	1

#### RAUGEO Colector modular DN 60 (2")

Artículo	Var	Número conexiones	Diámetro interior	Peso [kg]	Unidad suministro
354469	001*	2	60 mm	5,9	1
354479	001*	3	60 mm	7,0	1
354489	001*	4	60 mm	8,3	1
354499	001*	5	60 mm	9,4	1
354509	001*	6	60 mm	10,7	1
354519	001*	7	60 mm	12,0	1
354529	001*	8	60 mm	13,1	1
354539	001*	9	60 mm	14,3	1
354549	001*	10	60 mm	15,5	1
354559	001*	11	60 mm	16,7	1
354569	001*	12	60 mm	17,7	1

\*a consultar

#### RAUGEO Colector modular Set fijación a pared

Para la fijación a pared del colector modular.

Entrega:

- 2 conjuntos soporte
- 4 abrazaderas para colector 40 mm (75-80mm)
- 4 abrazaderas para colector 60 mm (101-108mm)
- Material diverso (tornillos, tuercas, clavijas)



Artículo	Var	Diámetro interior	Peso [kg]	Unidad suministro
354629	001	40 mm	0,7	1
354699	001*	60 mm	0,7	1

\*a consultar

## 6. UNIONES EN "Y" Y DISTANCIADORES REAHU

### Racor en Y PE RAUGEO

Para la inserción de dos líneas de impulsión y retorno de la sonda a la perforación. La derivación en Y está fabricado en PE 100 SDR 11 según DIN 8075.  
Soldadura de la derivación con maguito electrosoldable.



Artículo	Var	Dimensiones [mm]	Longitud [mm]	Suministro [ud]
350499	001	32-32-40	190	2
350509	001	40-40-50	210	2

### Distanciador RAUGEO

Para asegurar una separación uniforme entre los tubos de la sonda dentro del sondeo, dejando un intersticio para el tubo de relleno. De esta forma se evita el contacto directo entre los tubos de la sonda y, con ello, una pérdida térmica.



Artículo	Var	d x s [mm]	Diámetro exterior incl.tubería [mm]	Orificio interno [mm]	Suministro [ud]
222859	001	32 x 2,9	117	45	10
228429	001	40 x 3,7	134	50	10

## 7. MANGUITOS SOLDABLES REAHU

Válido para sondas RAUGEO, Collect, Helix® y Pilotes Energéticos en PE y PE-Xa

Todos los artículos de este capítulo están disponibles en dimensiones mayores bajo pedido.

**Material:** PE 100, PN 16

Factor de seguridad 1,25

Fluidos: Aire y agua

Temperatura	Presión	Vida útil
20°C	16,0 bar	50 años
30°C	12,8 bar	50 años
40°C	9,6 bar	50 años
50°C	6,4 bar	50 años

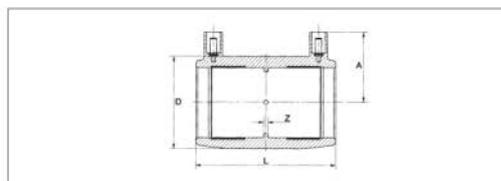
### Manguito electrosoldable REHAU

Accesorio electrosoldable REHAU con resistencia interior para la soldadura de tubos de PE-Xa y de tubos de PE 63, PE 80, PE100

Material: PE 100, negro, estabilizado frente a los rayos UV

Presión nominal: PN 16

No es apto para tubos con capa barrera EVAL



Artículo	Var	Dimensiones	L [mm]	D [mm]	A [mm]	Z [mm]	Peso [kg/ud]	Unidad suministro
245002	001	20	76	36	35	2	0,050	1
245012	001	25	71	36	38	2	0,040	1
245022	001	32	80	44	41	2	0,065	1
245032	001	40	90	55	45	3	0,100	1
245042	001	50	100	68	52	3	0,152	1
245052	001	63	118	82	58	3	0,240	1

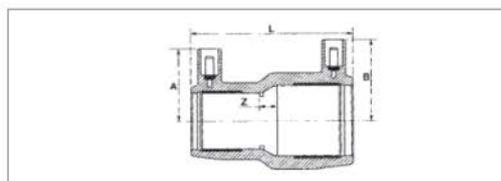
### Manguito reductor electrosoldable REHAU

Accesorio electrosoldable REHAU con resistencia interior para la soldadura de tubos de PE-Xa y de tubos de PE 63, PE 80, PE100

Material: PE 100, negro, estabilizado frente a los rayos UV

Presión nominal: PN 16

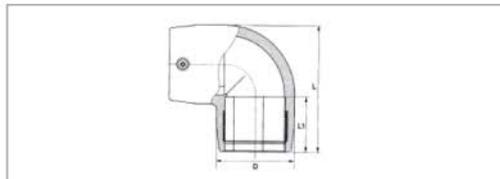
No es apto para tubos con capa barrera EVAL



Artículo	Var	Dimensiones d1 - d2	L [mm]	A [mm]	B [mm]	Z [mm]	Peso [kg/ud]	Unidad suministro
245242	001	25-20	71	36	36	4	0,065	1
245252	001	32-20	80	36	42	7	0,060	1
245262	001	32-25	80	39	42	7	0,050	1
289149	001	40-25	90	39	47	6	0,093	1
245272	001	40-32	90	42	47	8	0,093	1
289151	001	50-25	100	42	47	7	0,112	1
245282	001	50-32	98	44	52	11	0,118	1
245292	001	50-40	98	48	52	6	0,136	1
245302	001	63-32	118	44	58	22	0,178	1
245312	001	63-40	118	48	58	17	0,190	1
245322	001	63-50	118	53	58	12	0,224	1

**Codo 90° electrosoldable REHAU**

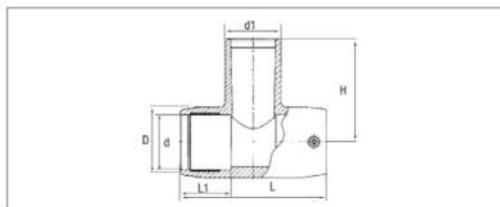
Accesorio electrosoldable REHAU con resistencia interior para la soldadura de tubos de PE-Xa y de tubos de PE 63, PE 80, PE100  
 Material: PE 100, negro, estabilizado frente a los rayos UV  
 Presión nominal: PN 16  
 No es apto para tubos con capa barrera EVAL



Artículo	Var	Dimensiones	L [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	D [mm]	Peso [kg/ud]	Unidad suministro
245642	001	20	66	35	36	0,066	1
245652	001	25	66	35	36	0,128	1
245662	001	32	79	39	44	0,090	1
245672	001	40	93	44	56	0,145	1
245682	001	50	109	49	68	0,221	1
245692	001	63	132	58	82	0,333	1

**Pieza en T electrosoldable REHAU, igual**

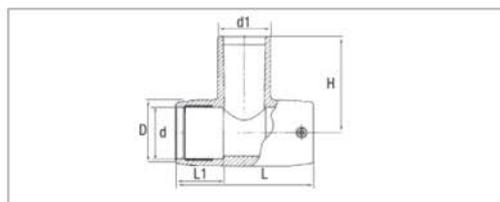
Accesorio electrosoldable REHAU con resistencia interior para la soldadura de tubos de PE-Xa y de tubos de PE 63, PE 80, PE100  
 Se precisa un manguito electrosoldable adicional de la medida correspondiente.  
 Material: PE 100, negro, estabilizado frente a los rayos UV  
 Presión nominal: PN 16  
 No es apto para tubos con capa barrera EVAL



Artículo	Var	Dimensiones d - d1 - d	L [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	D [mm]	H [mm]	Peso [kg/ud]	Unidad suministro
224829	001	25 - 25 - 25	104	40	44	43	0,140	1
245372	001	32 - 32 - 32	104	39	44	74	0,095	1
245382	001	40 - 40 - 40	121	44	56	90	0,169	1
245392	001	50 - 50 - 50	139	49	68	102	0,267	1
245402	001	63 - 63 - 63	166	58	82	119	0,467	1

**Pieza en T electrosoldable REHAU, derivación ensanchada**

Accesorio electrosoldable REHAU con resistencia interior para la soldadura de tubos de PE-Xa y de tubos de PE 63, PE 80, PE100  
 Se precisa un manguito electrosoldable adicional de la medida correspondiente.  
 Material: PE 100, negro, estabilizado frente a los rayos UV  
 Presión nominal: PN 16  
 No es apto para tubos con capa barrera EVAL



Artículo	Var	Dimensiones d - d1 - d	L [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	D [mm]	H [mm]	Peso [kg/ud]	Unidad suministro
245352	001	20 - 32 - 20	98	35	38	78	0,137	1
245362	001	25 - 32 - 25	98	35	38	78	0,140	1

## 8. PLANTAS DE INYECCIÓN SOLUTEC

19/6/2015

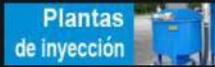
PLANTAS DE INYECCIÓN BAJA PRESION - Open Source Cimentaciones Especiales



Tel: 91-875-31-68 - Fax: 91-875-31-69

[INICIO](#) [EMPRESA](#) [PRODUCTOS](#) [EQUIPOS ALQUILER](#) [GALERIA](#) [DOCUMENTACIÓN](#) [PRESUPUESTOS](#) [SERV. TÉCNICO](#)

Productos - Cimentaciones - Equipos de Inyección - P. Inyec. B. Presión



### Plantas de inyección

## PLANTAS DE INYECCIÓN

### Baja presión



Plantas de Inyección

**PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO**

Los equipos de inyección GERTEC para el trabajo a baja presión están compuestos de una mezcladora coloidal altamente revolucionada, un depósito posterior y una bomba helicoidal de excéntrica. Los componentes de la mezcla se dosifican en el depósito del mezclador. Las partículas sólidas se separan unas de otras a través de la mezcladora coloidal y se distribuyen por igual en la suspensión. Mediante un trasvase continuo de la suspensión se crea una suspensión homogénea y coloidal. Qué ofrece la mezcladora coloidal.



IS-xx-E

**IS-xx-E Acionamiento Eléctrico**

Mezcladora coloidal con dosificado de agua, indicador de nivel de llenado, pantalla protectora, conducto de trasvase y vaciado, y reja para la descarga de sacos. Depósito posterior con rejilla de protección. Bomba helicoidal excéntrica con indicador de presión, potencia de bombeo ajustable en 2 niveles, salida de presión con acoplamiento de mortero. Control eléctrico (bomba conexión/desconexión, adelante/ atrás, rápido/lento), contador de horas de servicio.



IS-xx-H

**IS-xx-H Acionamiento Hidráulico**

Mezcladora coloidal con dosificado de agua, indicador de nivel de llenado, pantalla protectora, conducto de trasvase y vaciado, y reja para la descarga de sacos. Depósito posterior con rejilla de protección. Bomba helicoidal excéntrica con indicador de presión, potencia de bombeo de ajuste continuo, salida de presión con coplamiento demortero. Control hidráulico (mezcladora conectar / desconectar, bomba conectar/desconectar, adelante / atrás, lento / rápido continuo), indicador de la presión hidráulica.

**Ventajas para la empresa de perforación**

- » Relleno sencillo y sin problemas de la sonda geotérmica (ahorro de tiempo y dinero).
- » Calidad de relleno óptima y fluidez del material de relleno.
- » Relleno sin huecos.
- » Manejo y mantenimiento sencillos de la técnica de la máquina.
- » Costes de servicio bajos.
- » Trabajo de puesta en marcha mínimo.
- » Respuesta a los intereses del cliente final para obtener más energía térmica, bajos costes de servicio, larga vida útil del encamisado de la sonda.
- » Control de calidad continuo de la suspensión.
- » La activación inmediata de todos los componentes de la mezcla, además de la elevada resistencia a la presión reducen el riesgo de daños en el encamisado de la sonda.
- » Producción y procesamiento de la suspensión (según los últimos avances tecnológicos).

**ESPECIFICACIONES GENERALES**

<http://www.solutecl.com/productos/cimentaciones/equipos-de-inyeccion/plantas-de-inyeccion-baja-presion.html>

1/2

19/6/2015

PLANTAS DE INYECCIÓN BAJA PRESION - Open Source Cimentaciones Especiales



**Plantas de Inyección**

### Especificaciones Generales

Modelos	Tipo de Unidad	Max. Tasa de Inyección l / min	Presión bar	Tamaño grano mm	Especificaciones								
					Conexión eléctrica europea	Consumo energía Kw	Caudal aceite l/min.	Presión hidráulica requerida bar	Co-nexión de agua DN	Presión de co-nexión DN	Capaci-dad l	Capaci-dad del buffer l	
IS-33	E	40	16	2	16 A	4,5				40	25	100	150
	H	65	50	2	32 A	12,3				40	25	150	300
IS-35	E				-	-	60	180					
	H	75	24	2	16 A	7,1				40	25	150	300
IS-38	E												
	H						60	140					








C/ Miguel Servet, 20 - Nave 8  
Polígono Industrial Rompecubas  
28341 - Valdemoro - Madrid | Tel: 91-875-31-68 · Fax: 91-875-31-69 · www.solutecsl.com · info@solutecsl.com

SOLUTEC.SL.COM · C/ MIGUEL SERVET, 20 · NAVE 8 · POLIGONO INDUSTRIAL ROMPECUBAS · 28341 · VALDEMORO · MADRID · TEL. 91-875-31-68 · FAX. 91-875-31-69.

## 9. MORTERO DE RELLENO DE LOS SONDEOS

# ENERGROUT



### HD 2.1



#### DESCRIPCION

Mortero pre-dosificado denso de alta conductividad térmica y reología favorable para su inyección. Especialmente diseñado para aplicaciones geotérmicas.

#### COMPOSICION

Es una mezcla de arenas de sílice con una curva granulométrica ideal con tamaño máximo de partículas < 0,6 mm y cemento sulfato-resistente, mejorado con aditivos naturales y sintéticos para conferir las propiedades deseadas.

#### CARACTERISTICAS

- ▶ Alta conductividad térmica.
- ▶ Resistente a los sulfatos.
- ▶ Elevada fluidez.
- ▶ Fuerte cohesión.
- ▶ Alta densidad.
- ▶ Elevada tensión superficial.
- ▶ Preparación y aplicación sencillas.
- ▶ Inocuo para el medio ambiente.



#### PROPIEDADES

El mortero geotérmico EnergROUT HD 2.1 permite una excelente aplicación en obra, con una gran facilidad de amasado y de bombeo, sin presentar disgregaciones ni sedimentación. Sus características tixotrópicas, densidad, reología y conductividad térmica permiten ejecutar con garantías y de forma adecuada rellenos inyectados a gran profundidad incluso en condiciones geológicas adversas optimizando así el rendimiento térmico de las instalaciones.

#### MODO DE EMPLEO

- 1./ La lechada mejorada con aditivos y adiciones especiales se suministra lista para su empleo.
- 2./ Introducir el agua de amasado indicada en la batidora y luego añadir el contenido del saco de una forma gradual y controlada.
- 3./ El tiempo de amasado estará entre 4 y 7 minutos, según el tipo de máquina empleada. Cuando la lechada así confeccionada presente un aspecto uniforme y sin grumos se trasladará el contenido al tanque de homogenización que alimenta la bomba.



#### DATOS TECNICOS

Agua de amasado por saco	10,75 litros
Dosificación por m <sup>3</sup>	510 l. de agua y 1.250 kg de HD 2.1
Densidad del mortero	1,76 TN/m <sup>3</sup>
Conductividad Térmica	2,1 W/mK
Fluidez cono de Marsh	65 seg
Tamaño máximo de partículas	< 0,6 mm
Presentación	56 sacos de 25 kg en palets (1.400 kg)
Tiempo de aplicación	90 min según temperaturas

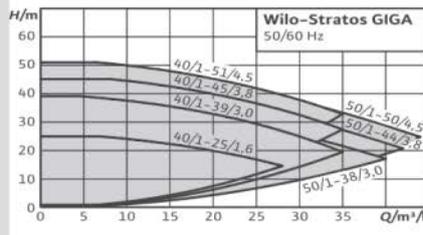
<p><b>Suministro</b></p> <p>Nuestros productos están disponibles en varios formatos para adaptarse a sus necesidades de consumo, manutención y ahorro de espacio.</p>	<p><b>Precauciones de uso</b></p> <p>Evitar las nubes de polvo durante el uso y manipular en ambiente adecuadamente ventilado. No es recomendable apilar más de dos palets.</p>	<p><b>Caducidad y almacenamiento</b></p> <p>Seis meses a partir de la fecha de fabricación, en su envase original cerrado, en lugar seco y cubierto, protegido de la humedad directa y de las heladas.</p>				
<p><b>Formatos de producto</b></p> <div style="margin-bottom: 10px;"> <b>Sacos</b> De 25 kg, de papel doble lámina sobre palets de hasta 1.400 kg.         </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <b>Big Bag</b> Hasta 1.500 kg, suministrado sobre palet para facilitar su transporte y manejo.         </div> <div> <b>Granel</b> Silos de gravedad o presión de hasta 32 toneladas, provistos de amasadoras. Suministro en camiones cisterna.         </div>	<p><b>Protección Individual y primeros auxilios</b></p> <div style="margin-bottom: 10px;">  Evita el contacto con los ojos llevando gafas. En caso de contacto, lavar inmediatamente con agua limpia.         </div> <div style="margin-bottom: 10px;">  Evita la inhalación llevando mascarilla. En caso de inhalación, salga a un sitio aireado.         </div> <div>  Evita el contacto prolongado con la piel llevando guantes. En caso de irritación, lavar con agua.         </div> <p style="font-size: 0.8em;">Para más información, consulte las fichas de datos de seguridad en <a href="http://www.holcim.es" style="color: white;">www.holcim.es</a></p>	<p><b>EnergROUT Geotherm, S.L.</b></p> <p>C/ Alfredo Marquerie, 49. 1F 28034 Madrid Tel. 911 123 978 <a href="mailto:comercial@energROUT.com">comercial@energROUT.com</a></p> <p><b>Holcim Morteros, S.A.</b> <a href="http://www.holcim.es">www.holcim.es</a></p> <table style="width: 100%; font-size: 0.8em;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;"> <b>Fábrica de Madrid</b> C/ de las Forjas, 1 28052 Vicálvaro (Madrid) Tel. 913 682 330 Fax 913 682 350               </td> <td style="width: 50%;"> <b>Fábrica de Valencia</b> C/ Riu Xuquet, s/n 46930 Quart de Poblet (Valencia) Tel. 961 921 030 Fax 961 921 099               </td> </tr> <tr> <td> <b>Fábrica de Alicante</b> C/ Partida Fontcalent, s/n 03113 Alicante Tel. 965 112 330 Fax 965 112 767               </td> <td> <b>Fábrica de Málaga</b> Paraje Maldonado, s/n 29110 Monda Tel. 952 457 040 Fax 952 457 355               </td> </tr> </tbody> </table>	<b>Fábrica de Madrid</b> C/ de las Forjas, 1 28052 Vicálvaro (Madrid) Tel. 913 682 330 Fax 913 682 350	<b>Fábrica de Valencia</b> C/ Riu Xuquet, s/n 46930 Quart de Poblet (Valencia) Tel. 961 921 030 Fax 961 921 099	<b>Fábrica de Alicante</b> C/ Partida Fontcalent, s/n 03113 Alicante Tel. 965 112 330 Fax 965 112 767	<b>Fábrica de Málaga</b> Paraje Maldonado, s/n 29110 Monda Tel. 952 457 040 Fax 952 457 355
<b>Fábrica de Madrid</b> C/ de las Forjas, 1 28052 Vicálvaro (Madrid) Tel. 913 682 330 Fax 913 682 350	<b>Fábrica de Valencia</b> C/ Riu Xuquet, s/n 46930 Quart de Poblet (Valencia) Tel. 961 921 030 Fax 961 921 099					
<b>Fábrica de Alicante</b> C/ Partida Fontcalent, s/n 03113 Alicante Tel. 965 112 330 Fax 965 112 767	<b>Fábrica de Málaga</b> Paraje Maldonado, s/n 29110 Monda Tel. 952 457 040 Fax 952 457 355					

## 10. BOMBA DE CIRCULACIÓN

### Bombas de rotor seco

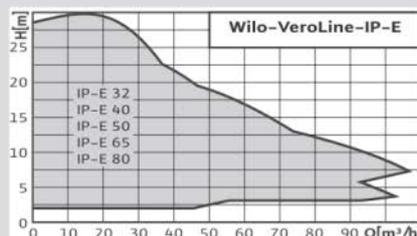
#### Programa

#### Bombas inline electrónicas



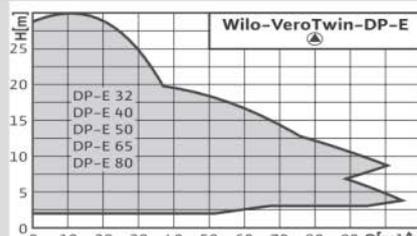
#### Stratos GIGA

- Bomba innovadora de alta eficiencia
- Supera el estándar IE4 establecido por la directiva IEC
- Tecnología de motor ECM (imán permanente) e hidráulica adaptada
- Rango de temperatura desde -20°C hasta 140°C
- Diseño compacto y peso reducido
- Modo de funcionamiento  $\Delta p$ -c (constante,  $\Delta p$ -v (variable) o PID)
- Tecnología del botón rojo



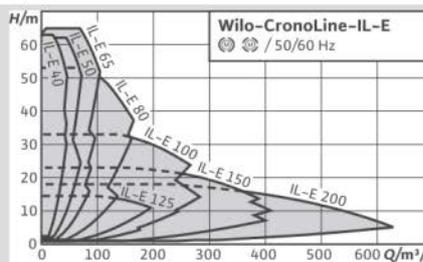
#### VeroLine IP-E

- Bomba simple inline electrónica
- Modo de funcionamiento  $\Delta p$ -c (constante,  $\Delta p$ -v (variable) o PID)
- Tecnología del botón rojo
- Cierre mecánico libre de mantenimiento
- Rango de temperatura desde -10°C hasta 120°C
- Interface IR para comunicación inalámbrica con Monitor IR
- Opciones de comunicación mediante BACnet, Modbus o LON.



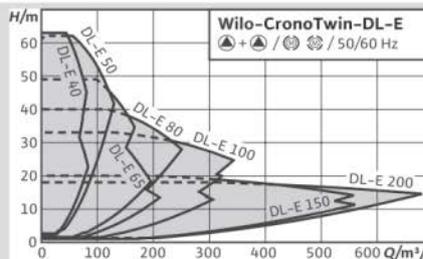
#### VeroTwin DP-E

- Bomba doble inline electrónica
- Modo de funcionamiento  $\Delta p$ -c (constante),  $\Delta p$ -v (variable) o PID
- Tecnología del botón rojo
- Gestión de bomba doble integrada
- Rango de temperatura desde -10°C hasta 120°C
- Interface IR para comunicación inalámbrica con IR Monitor
- Opciones de comunicación mediante BACnet, Modbus o LON.



#### CronoLine IL-E

- Bomba simple inline electrónica
- Modo de funcionamiento  $\Delta p$ -c (constante),  $\Delta p$ -v (variable) o PID
- Tecnología del botón rojo
- Cierre mecánico libre de mantenimiento
- Rango de temperatura desde -20°C hasta 140°C
- Interface IR para comunicación inalámbrica con Monitor IR
- Opciones de comunicación mediante BACnet, Modbus o LON.



#### CronoTwin DL-E

- Bomba doble inline electrónica
- Modo de funcionamiento  $\Delta p$ -c (constante),  $\Delta p$ -v (variable) o PID
- Tecnología del botón rojo
- Gestión de bomba doble integrada
- Rango de temperatura desde -20°C hasta 140°C
- Interface IR para comunicación inalámbrica con Monitor IR
- Opciones de comunicación mediante BACnet, Modbus o LON.

## Bombas electrónicas de rotor seco

### Bombas dobles (calefacción y climatización)

#### Wilo VeroTwin DP-E



#### Wilo VeroTwin DP-E

Bomba electrónica inline doble de rotor seco de una etapa, para montaje directo en tubería

##### Claves del tipo

Ejemplo: **Wilo DP-E 40/160-4/2 R1**  
**DP-** Serie  
**E** Con variador de frecuencia integrado  
  
**40/** Diámetro de conexión (mm)  
**160-** Diámetro nominal de rodete (mm)  
**4/** Potencia del motor (kW)  
**2** Número de polos  
**R1** Sin sonda de presión diferencial



##### Información de producto:

- Presión nominal PN10
- Rango de temperatura desde -10°C hasta +120°C
- Modo de funcionamiento Δp-c (constante), Δp-v (variable), PID y DDC (0-10 V/0-20 mA)
- Tecnología del botón rojo
- Gestión de bomba doble integrada
- Ejecución con carcasa de la bomba PN16 disponible bajo consulta y sujeta a sobreprecio
- MEI>=0.1

Grupo de producto - PG 3

#### Wilo VeroTwin DP-E, 3~400 V, 50 Hz (con sonda de presión diferencial)

Referencia	Modelo	Longitud (mm)	P <sub>2</sub> (kW)	Precio €
2109777	DP-E 32/100-0.55/2	260	0.55	4.710,00
2109778	DP-E 32/110-0.75/2	260	0.75	4.790,00
2109779	DP-E 32/160-1.1/2	260	1.1	5.050,00
2131253	DP-E 40/115-0.55/2	250	0.55	4.750,00
2109781	DP-E 40/120-1.5/2	320	1.5	5.740,00
2109782	DP-E 40/130-2.2/2	320	2.2	6.820,00
2109783	DP-E 40/150-3/2	320	3	7.220,00
2109784	DP-E 40/160-4/2	320	4	7.540,00
2129111	DP-E 50/115-0.75/2	280	0.75	4.980,00
2109786	DP-E 50/130-2.2/2	340	2.2	6.860,00
2109787	DP-E 50/140-3/2	340	3	7.470,00
2109788	DP-E 50/150-4/2	340	4	7.790,00
2109789	DP-E 65/115-1.5/2	340	1.5	6.100,00
2133265	DP-E 65/120-3/2	340	3	7.700,00
2133266	DP-E 65/130-4/2	340	4	8.020,00
2109792	DP-E 80/115-2.2/2	360	2.2	7.050,00
2133267	DP-E 80/105-3/2	360	3	7.790,00
2133268	DP-E 80/110-4/2	360	4	8.190,00

Grupo de producto - PG 3

#### Wilo VeroTwin DP-E...R1, 3~400 V, 50 Hz (sin sonda de presión diferencial)

Referencia	Modelo	Longitud (mm)	P <sub>2</sub> (kW)	Precio €	Correspondencia sonda
2109813	DP-E 32/100-0.55/2 R1	260	0.55	4.310,00	E
2109814	DP-E 32/110-0.75/2 R1	260	0.75	4.390,00	E
2109815	DP-E 32/160-1.1/2 R1	260	1.1	4.650,00	O
2131262	DP-E 40/115-0.55/2 R1	250	0.55	4.350,00	C
2109817	DP-E 40/120-1.5/2 R1	320	1.5	5.340,00	C
2109818	DP-E 40/130-2.2/2 R1	320	2.2	6.420,00	N
2109819	DP-E 40/150-3/2 R1	320	3	6.820,00	N
2109820	DP-E 40/160-4/2 R1	320	4	7.140,00	N
2129120	DP-E 50/115-0.75/2 R1	280	0.75	4.580,00	C
2109822	DP-E 50/130-2.2/2 R1	340	2.2	6.460,00	C
2109823	DP-E 50/140-3/2 R1	340	3	7.070,00	N
2109824	DP-E 50/150-4/2 R1	340	4	7.390,00	N
2109825	DP-E 65/115-1.5/2 R1	340	1.5	5.700,00	D
2133273	DP-E 65/120-3/2 R1	340	3	7.300,00	C
2133274	DP-E 65/130-4/2 R1	340	4	7.620,00	N
2109828	DP-E 80/115-2.2/2 R1	360	2.2	6.650,00	D
2133275	DP-E 80/105-3/2 R1	360	3	7.390,00	C
2133276	DP-E 80/110-4/2 R1	360	4	7.790,00	C

# ANEXO 5: SIMULACIONES

## 1. SIMULACIÓN 1

### QUICK FACTS

Cost	-	
Number of boreholes	12	
Borehole depth	130	m
Total borehole length	1560	m

### DESIGN DATA

=====

### GROUND

Ground thermal conductivity	2,4	W/(m·K)
Ground heat capacity	2,1	MJ/(m <sup>3</sup> ·K)
Ground surface temperature	14,2	°C
Geothermal heat flux	0,06	W/m <sup>2</sup>

### BOREHOLE

Configuration:	114 ("12 : 4 x 5 U-configuration")	
Borehole depth	130	m
Borehole spacing	10	m
Borehole installation	Single-U	
Borehole diameter	139,7	mm
U-pipe diameter	32	mm
U-pipe thickness	3	mm
U-pipe thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
U-pipe shank spacing	75	mm
Filling thermal conductivity	0,6	W/(m·K)
Contact resistance pipe/filling	0	(m·K)/W

### THERMAL RESISTANCES

Borehole thermal resistances are calculated.  
 Number of multipoles                      10

### HEAT CARRIER FLUID

Thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
Specific heat capacity	3600	J/(Kg·K)
Density	1049	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosity	0,0052	Kg/(m·s)
Freezing point	-14	°C



CALCULATED VALUES

=====

Total borehole length                      1560      m

THERMAL RESISTANCES

Borehole therm. res. internal              0,79      (m·K)/W

Reynolds number                              1,48E+04

Thermal resistance fluid/pipe              0,004281 (m·K)/W

Thermal resistance pipe material        0,07868 (m·K)/W

Contact resistance pipe/filling            0          (m·K)/W

Borehole therm. res. fluid/ground       0,2159   (m·K)/W

Effective borehole thermal res.        0,2161   (m·K)/W

SPECIFIC HEAT EXTRACTION RATE [W/m]

Month	Base load	Peak heat	Peak cool
JAN	30,81	51,28	0
FEB	29,51	51,28	0
MAR	20,4	51,28	0
APR	13,9	0	0
MAY	9,12	0	-59,83
JUN	2,17	0	-59,83
JUL	-8,27	0	-59,83
AUG	-3,91	0	-59,83
SEP	2,62	0	0
OCT	11,3	0	0
NOV	17,8	51,28	0
DEC	28,21	51,28	0

BASE LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	15,82	0,61	-1,46	-3,19	-5,5
FEB	15,82	0,77	-1,3	-3,02	-5,32
MAR	15,82	4,62	2,57	0,86	-1,43
APR	15,82	7,55	5,53	3,84	1,57



MAY	15,82	9,8	7,84	6,17	3,91
JUN	15,82	13,11	11,23	9,58	7,34
JUL	15,82	18,12	16,34	14,73	12,49
AUG	15,82	16,54	14,84	13,25	11,03
SEP	14,63	13,72	12,07	10,49	8,29
OCT	10,6	9,71	8,1	6,54	4,34
NOV	7,37	6,51	4,91	3,36	1,17
DEC	2,29	1,41	-0,19	-1,73	-3,91

BASE LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-5,5	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	12,49	°C at end of JUL

PEAK HEAT LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	15,82	-5,66	-7,73	-9,46	11,77
FEB	15,82	-5,56	-7,63	-9,35	11,65
MAR	15,82	-3,83	-5,89	-7,6	-9,88
APR	15,82	7,55	5,53	3,84	1,57
MAY	15,82	9,8	7,84	6,17	3,91
JUN	15,82	13,11	11,23	9,58	7,34
JUL	15,82	18,12	16,34	14,73	12,49
AUG	15,82	16,54	14,84	13,25	11,03
SEP	14,63	13,72	12,07	10,49	8,29
OCT	10,6	9,71	8,1	6,54	4,34
NOV	-2,11	-2,97	-4,58	-6,13	-8,31
DEC	-4,67	-5,55	-7,16	-8,7	10,87

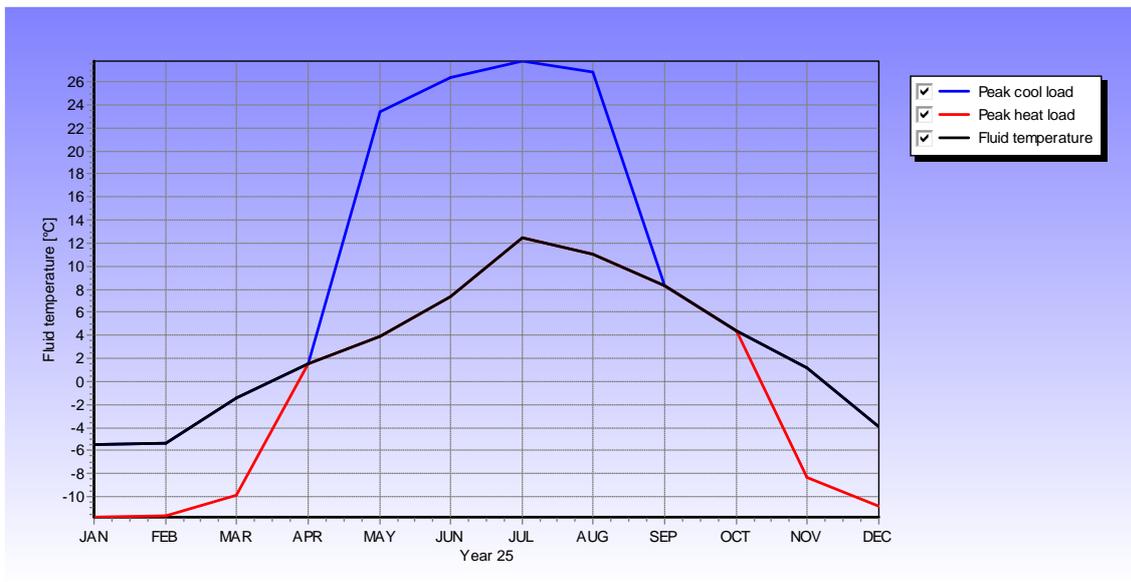
PEAK HEAT LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-11,77	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	12,49	°C at end of JUL

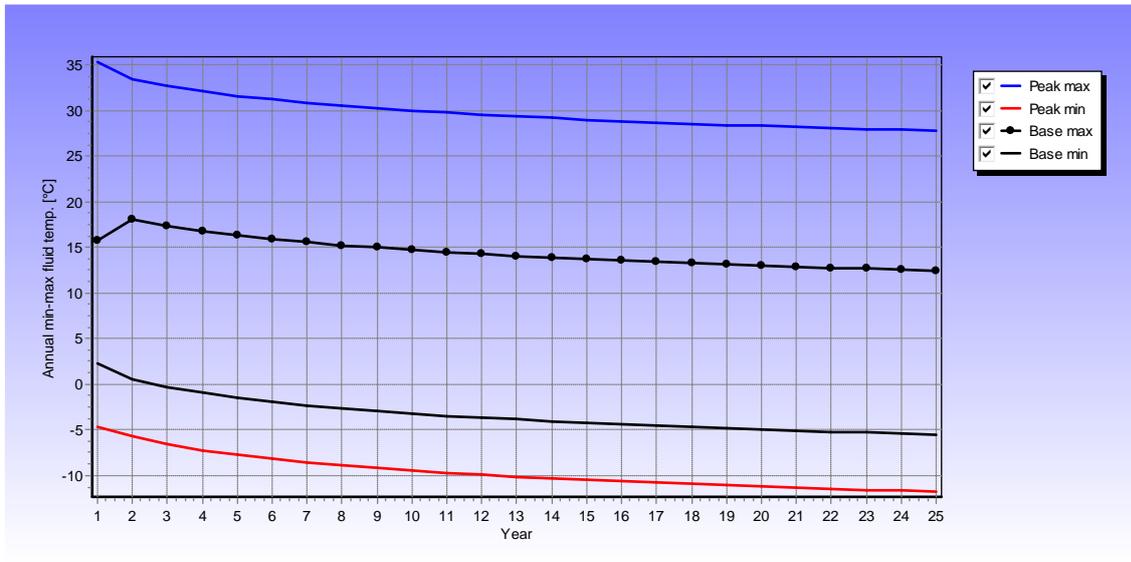
PEAK COOL LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	15,82	0,61	-1,46	-3,19	-5,5
FEB	15,82	0,77	-1,3	-3,02	-5,32
MAR	15,82	4,62	2,57	0,86	-1,43
APR	15,82	7,55	5,53	3,84	1,57
MAY	15,82	29,34	27,37	25,7	23,44

JUN	15,82	32,1	30,22	28,57	26,33
JUL	15,82	33,42	31,64	30,02	27,79
AUG	15,82	32,38	30,68	29,09	26,87
SEP	14,63	13,72	12,07	10,49	8,29
OCT	10,6	9,71	8,1	6,54	4,34
NOV	7,37	6,51	4,91	3,36	1,17
DEC	2,29	1,41	-0,19	-1,73	-3,91

PEAK COOL LOAD: YEAR 25  
 Minimum mean fluid temperature -5,5 °C at end of JAN  
 Maximum mean fluid temperature 27,79 °C at end of JUL







## 2. SIMULACIÓN 2

### QUICK FACTS

Cost	-	
Number of boreholes	14	
Borehole depth	150	m
Total borehole length	2100	m

### DESIGN DATA

=====

### GROUND

Ground thermal conductivity	2,4	W/(m·K)
Ground heat capacity	2,1	MJ/(m <sup>3</sup> ·K)
Ground surface temperature	14,2	°C
Geothermal heat flux	0,06	W/m <sup>2</sup>

### BOREHOLE

Configuration:	115 ("14 : 4 x 6 U-configuration")	
Borehole depth	150	m
Borehole spacing	10	m
Borehole installation	Single-U	
Borehole diameter	139,7	mm
U-pipe diameter	32	mm
U-pipe thickness	3	mm
U-pipe thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
U-pipe shank spacing	75	mm
Filling thermal conductivity	0,6	W/(m·K)
Contact resistance pipe/filling	0	(m·K)/W

### THERMAL RESISTANCES

Borehole thermal resistances are calculated.

Number of multipoles	10
----------------------	----

### HEAT CARRIER FLUID

Thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
Specific heat capacity	3600	J/(Kg·K)
Density	1049	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosity	0,0052	Kg/(m·s)



Freezing point	-14	°C
Flow rate per borehole	1,5	l/s

BASE LOAD

Seasonal performance factor (DHW)	3
Seasonal performance factor (heating)	3
Seasonal performance factor (cooling)	3

Monthly energy values [MWh]

Month	Heat	Cool	Ground
JAN	52,63	0	35,08
FEB	50,4	0	33,6
MAR	34,86	0	23,24
APR	23,75	0	15,83
MAY	19,31	1,86	10,39
JUN	14,86	5,58	2,47
JUL	8,2	11,16	-9,42
AUG	8,2	7,44	-4,46
SEP	10,42	2,98	2,98
OCT	19,31	0	12,87
NOV	30,41	0	20,27
DEC	48,18	0	32,12
Total	320,5	29,02	175

PEAK LOAD

Monthly peak powers [kW]

Month	Peak heat	Duration [h]	Peak cool	Duration [h]
JAN	120	8	0	0
FEB	120	5	0	0
MAR	120	3	0	0
APR	0	0	0	0
MAY	0	0	70	4
JUN	0	0	70	8
JUL	0	0	70	6
AUG	0	0	70	4
SEP	0	0	0	0
OCT	0	0	0	0
NOV	120	4	0	0
DEC	120	7	0	0

Number of simulation years	25
----------------------------	----





APR	16,07	9,92	8,51	7,14	5,19
MAY	16,07	11,58	10,18	8,81	6,87
JUN	16,07	14,02	12,62	11,27	9,34
JUL	16,07	17,72	16,33	15	13,08
AUG	16,07	16,54	15,15	13,84	11,93
SEP	15,19	14,45	13,07	11,77	9,87
OCT	12,19	11,48	10,13	8,85	6,95
NOV	9,8	9,13	7,82	6,55	4,67
DEC	6,02	5,4	4,12	2,86	0,99

BASE LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-0,097	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	13,08	°C at end of JUL

PEAK HEAT LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	16,07	0,12	-1,38	-2,77	-4,76
FEB	16,07	0,2	-1,25	-2,64	-4,62
MAR	16,07	1,47	0,055	-1,33	-3,29
APR	16,07	9,92	8,51	7,14	5,19
MAY	16,07	11,58	10,18	8,81	6,87
JUN	16,07	14,02	12,62	11,27	9,34
JUL	16,07	17,72	16,33	15	13,08
AUG	16,07	16,54	15,15	13,84	11,93
SEP	15,19	14,45	13,07	11,77	9,87
OCT	12,19	11,48	10,13	8,85	6,95
NOV	2,75	2,08	0,77	-0,5	-2,38
DEC	0,85	0,23	-1,05	-2,31	-4,19

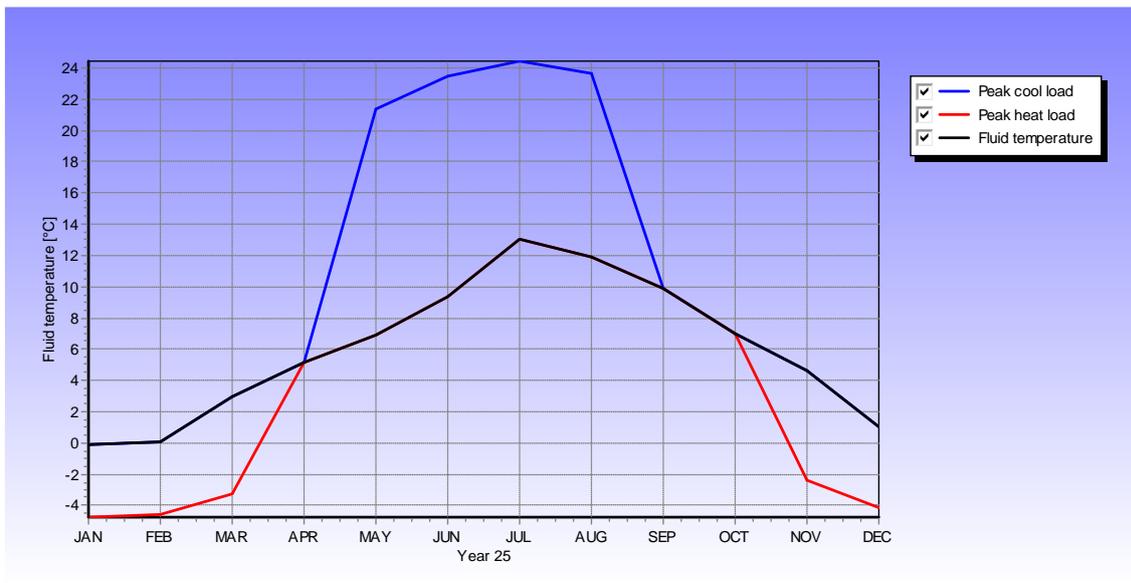
PEAK HEAT LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-4,76	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	13,08	°C at end of JUL

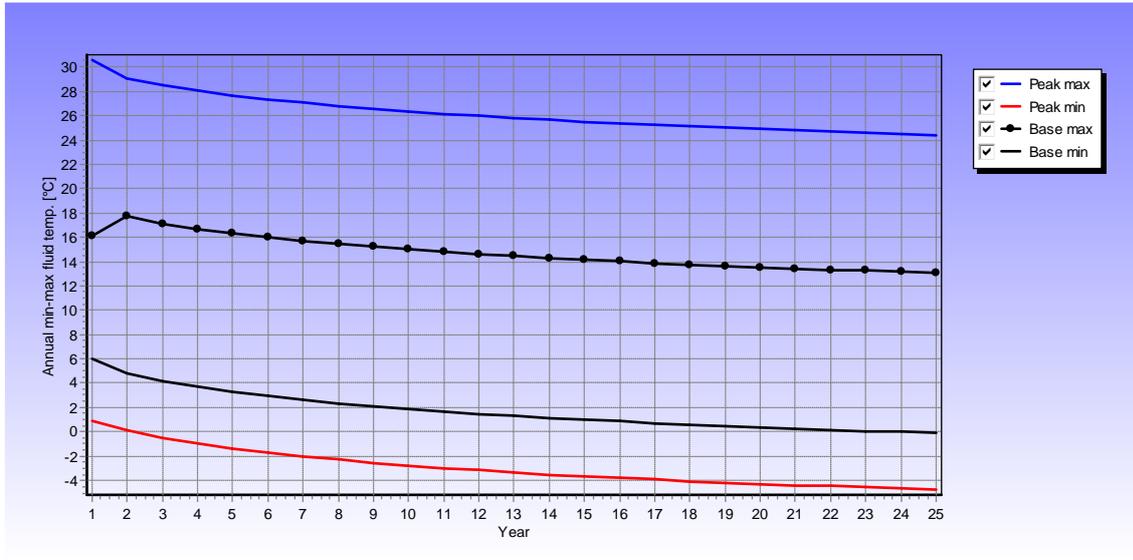
PEAK COOL LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	16,07	4,78	3,28	1,89	-0,097
FEB	16,07	4,9	3,45	2,06	0,087
MAR	16,07	7,75	6,34	4,95	2,99
APR	16,07	9,92	8,51	7,14	5,19
MAY	16,07	26,09	24,69	23,33	21,39
JUN	16,07	28,13	26,73	25,38	23,45

JUL	16,07	29,09	27,7	26,36	24,44
AUG	16,07	28,31	26,92	25,61	23,7
SEP	15,19	14,45	13,07	11,77	9,87
OCT	12,19	11,48	10,13	8,85	6,95
NOV	9,8	9,13	7,82	6,55	4,67
DEC	6,02	5,4	4,12	2,86	0,99

**PEAK COOL LOAD: YEAR** 25  
 Minimum mean fluid temperature -0,097 °C at end of JAN  
 Maximum mean fluid temperature 24,44 °C at end of JUL





### 3. SIMULACIÓN 3

#### QUICK FACTS

Cost	-	
Number of boreholes	12	
Borehole depth	144	m
Total borehole length	1728	m

#### DESIGN DATA

=====

#### GROUND

Ground thermal conductivity	2,4	W/(m·K)
Ground heat capacity	2,1	MJ/(m <sup>3</sup> ·K)
Ground surface temperature	14,2	°C
Geothermal heat flux	0,06	W/m <sup>2</sup>

#### BOREHOLE

Configuration:	131 ("12 : 6 x 4 U-configuration")	
Borehole depth	144	m
Borehole spacing	10	m
Borehole installation	Double-U	
Borehole diameter	139,7	mm
U-pipe diameter	32	mm
U-pipe thickness	3	mm
U-pipe thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
U-pipe shank spacing	75	mm
Filling thermal conductivity	0,6	W/(m·K)
Contact resistance pipe/filling	0	(m·K)/W

#### THERMAL RESISTANCES

Borehole thermal resistances are calculated.

Number of multipoles	10
----------------------	----

#### HEAT CARRIER FLUID

Thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
Specific heat capacity	3600	J/(Kg·K)
Density	1049	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosity	0,0052	Kg/(m·s)



Freezing point	-14	°C
Flow rate per borehole	1,5	l/s

BASE LOAD

Seasonal performance factor (DHW)	3
Seasonal performance factor (heating)	3
Seasonal performance factor (cooling)	3

Monthly energy values [MWh]

Month	Heat	Cool	Ground
JAN	52,63	0	35,08
FEB	50,4	0	33,6
MAR	34,86	0	23,24
APR	23,75	0	15,83
MAY	19,31	1,86	10,39
JUN	14,86	5,58	2,47
JUL	8,2	11,16	-9,42
AUG	8,2	7,44	-4,46
SEP	10,42	2,98	2,98
OCT	19,31	0	12,87
NOV	30,41	0	20,27
DEC	48,18	0	32,12
Total	320,5	29,02	175

PEAK LOAD

Monthly peak powers [kW]

Month	Peak heat [h]	Duration	
		Peak cool	Duration [h]
JAN	120	8	0
FEB	120	5	0
MAR	120	3	0
APR	0	0	0
MAY	0	0	70
JUN	0	0	70
JUL	0	0	70
AUG	0	0	70
SEP	0	0	0
OCT	0	0	0
NOV	120	4	0
DEC	120	7	0

Number of simulation years	25
----------------------------	----





MAY	16	11,18	9,56	8,15	6,18
JUN	16	13,66	12,05	10,66	8,7
JUL	16	17,44	15,84	14,47	12,52
AUG	16	16,31	14,74	13,38	11,44
SEP	15,1	14,23	12,7	11,36	9,42
OCT	12,07	11,24	9,76	8,43	6,5
NOV	9,62	8,85	7,41	6,09	4,18
DEC	5,76	5,04	3,64	2,33	0,43

BASE LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-0,74	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	12,52	°C at end of JUL

PEAK HEAT LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	16	0,2	-1,47	-2,95	-4,96
FEB	16	0,29	-1,35	-2,81	-4,81
MAR	16	1,85	0,22	-1,22	-3,21
APR	16	9,49	7,87	6,44	4,46
MAY	16	11,18	9,56	8,15	6,18
JUN	16	13,66	12,05	10,66	8,7
JUL	16	17,44	15,84	14,47	12,52
AUG	16	16,31	14,74	13,38	11,44
SEP	15,1	14,23	12,7	11,36	9,42
OCT	12,07	11,24	9,76	8,43	6,5
NOV	3,4	2,63	1,19	-0,13	-2,04
DEC	1,09	0,36	-1,03	-2,34	-4,24

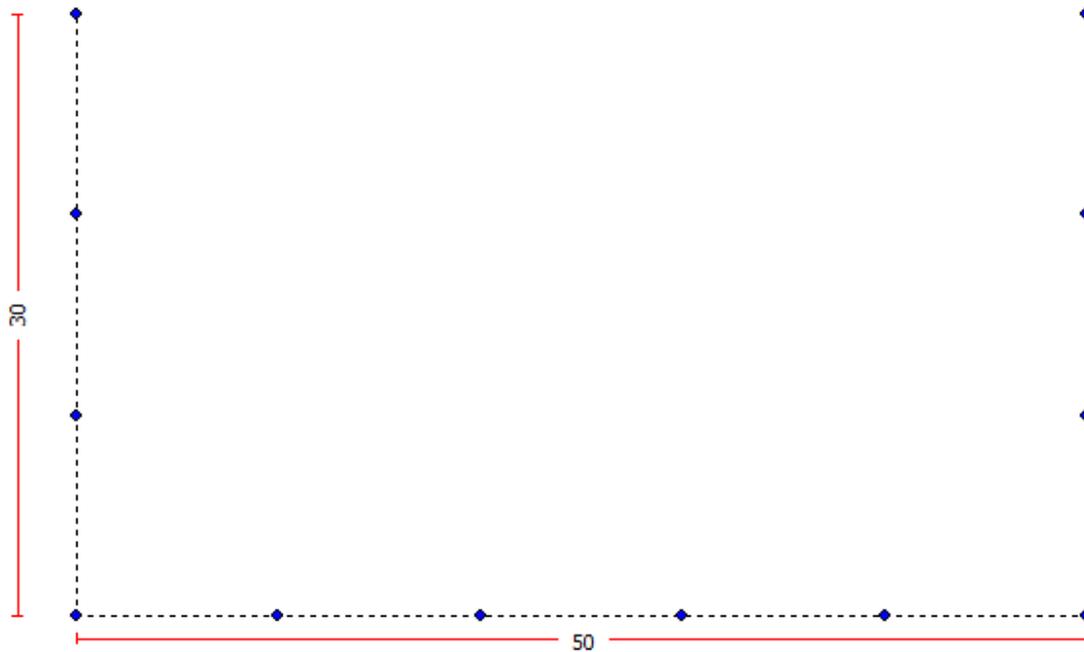
PEAK HEAT LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-4,96	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	12,52	°C at end of JUL

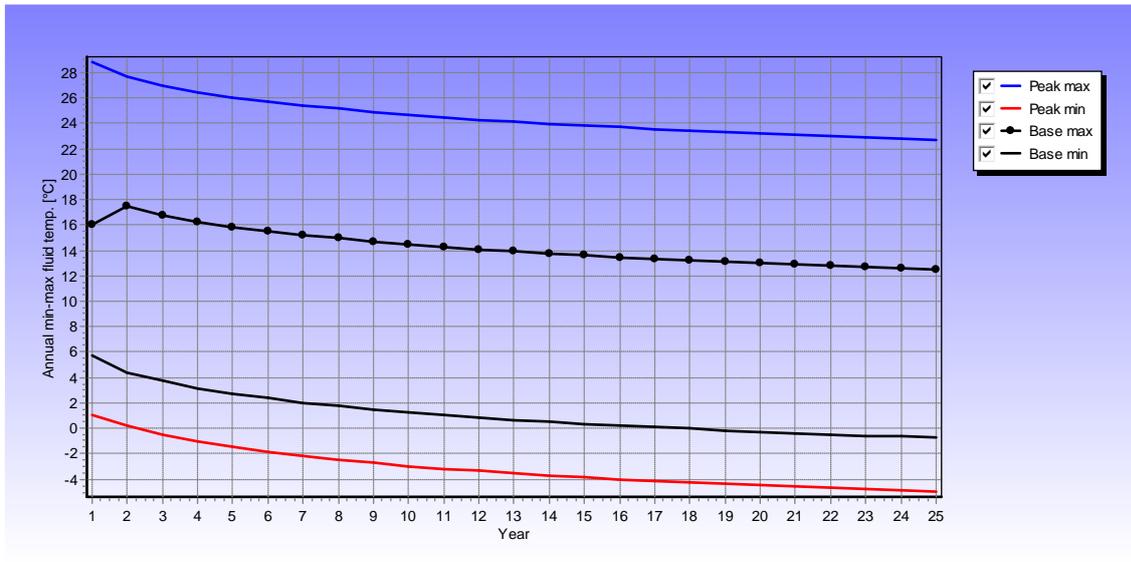
PEAK COOL LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	16	4,43	2,75	1,28	-0,74
FEB	16	4,48	2,84	1,38	-0,62
MAR	16	7,32	5,69	4,25	2,26
APR	16	9,49	7,87	6,44	4,46
MAY	16	23,99	22,36	20,96	18,99
JUN	16	26,46	24,85	23,46	21,5
JUL	16	27,64	26,04	24,67	22,72

AUG	16	26,7	25,12	23,77	21,83
SEP	15,1	14,23	12,7	11,36	9,42
OCT	12,07	11,24	9,76	8,43	6,5
NOV	9,62	8,85	7,41	6,09	4,18
DEC	5,76	5,04	3,64	2,33	0,43

PEAK COOL LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-0,74	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	22,72	°C at end of JUL





## 4. SIMULACIÓN 4

### QUICK FACTS

Cost	-	
Number of boreholes	12	
Borehole depth	148	m
Total borehole length	1776	m

### DESIGN DATA

=====

### GROUND

Ground thermal conductivity	2,4	W/(m·K)
Ground heat capacity	2,1	MJ/(m <sup>3</sup> ·K)
Ground surface temperature	14,2	°C
Geothermal heat flux	0,06	W/m <sup>2</sup>

### BOREHOLE

Configuration:	131 ("12 : 6 x 4 U-configuration")	
Borehole depth	148	m
Borehole spacing	10	m
Borehole installation	Double-U	
Borehole diameter	139,7	mm
U-pipe diameter	32	mm
U-pipe thickness	3	mm
U-pipe thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
U-pipe shank spacing	75	mm
Filling thermal conductivity	0,6	W/(m·K)
Contact resistance pipe/filling	0	(m·K)/W

### THERMAL RESISTANCES

Borehole thermal resistances are calculated.

Number of multipoles	10
----------------------	----

### HEAT CARRIER FLUID

Thermal conductivity	0,42	W/(m·K)
Specific heat capacity	3600	J/(Kg·K)
Density	1049	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosity	0,0052	Kg/(m·s)



Freezing point	-14	°C
Flow rate per borehole	1,5	l/s

BASE LOAD

Seasonal performance factor (DHW)	3
Seasonal performance factor (heating)	3
Seasonal performance factor (cooling)	3

Monthly energy values [MWh]

Month	Heat	Cool	Ground
JAN	52,63	0	35,08
FEB	50,4	0	33,6
MAR	34,86	0	23,24
APR	23,75	0	15,83
MAY	19,31	1,86	10,39
JUN	14,86	5,58	2,47
JUL	8,2	11,16	-9,42
AUG	8,2	7,44	-4,46
SEP	10,42	2,98	2,98
OCT	19,31	0	12,87
NOV	30,41	0	20,27
DEC	48,18	0	32,12
Total	320,5	29,02	175

PEAK LOAD

Monthly peak powers [kW]

Month	Peak heat	Duration [h]	Peak cool	Duration [h]
JAN	120	8	0	0
FEB	120	5	0	0
MAR	120	3	0	0
APR	0	0	0	0
MAY	0	0	70	4
JUN	0	0	70	8
JUL	0	0	70	6
AUG	0	0	70	4
SEP	0	0	0	0
OCT	0	0	0	0
NOV	120	4	0	0
DEC	120	7	0	0

Number of simulation years	25
----------------------------	----





MAY	16,05	11,36	9,81	8,43	6,48
JUN	16,05	13,77	12,23	10,86	8,93
JUL	16,05	17,45	15,91	14,56	12,64
AUG	16,05	16,35	14,83	13,5	11,58
SEP	15,18	14,32	12,82	11,51	9,6
OCT	12,23	11,4	9,95	8,65	6,76
NOV	9,84	9,07	7,66	6,37	4,49
DEC	6,09	5,37	4	2,72	0,85

BASE LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-0,28	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	12,64	°C at end of JUL

PEAK HEAT LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	16,05	0,68	-0,98	-2,41	-4,39
FEB	16,05	0,77	-0,83	-2,26	-4,23
MAR	16,05	2,28	0,71	-0,71	-2,67
APR	16,05	9,72	8,16	6,76	4,81
MAY	16,05	11,36	9,81	8,43	6,48
JUN	16,05	13,77	12,23	10,86	8,93
JUL	16,05	17,45	15,91	14,56	12,64
AUG	16,05	16,35	14,83	13,5	11,58
SEP	15,18	14,32	12,82	11,51	9,6
OCT	12,23	11,4	9,95	8,65	6,76
NOV	3,79	3,02	1,61	0,32	-1,56
DEC	1,54	0,83	-0,55	-1,83	-3,7

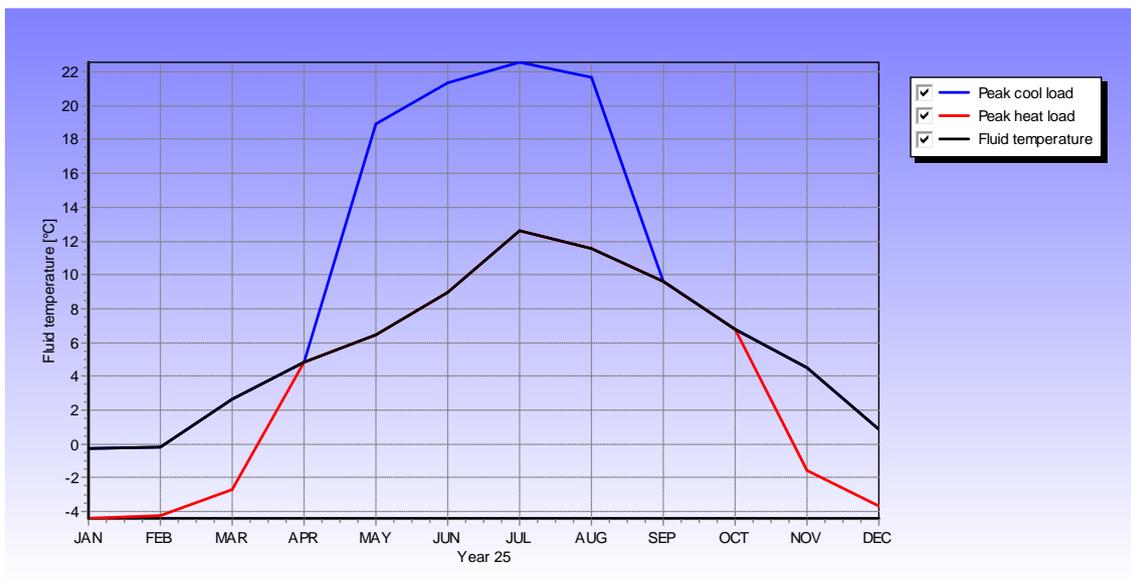
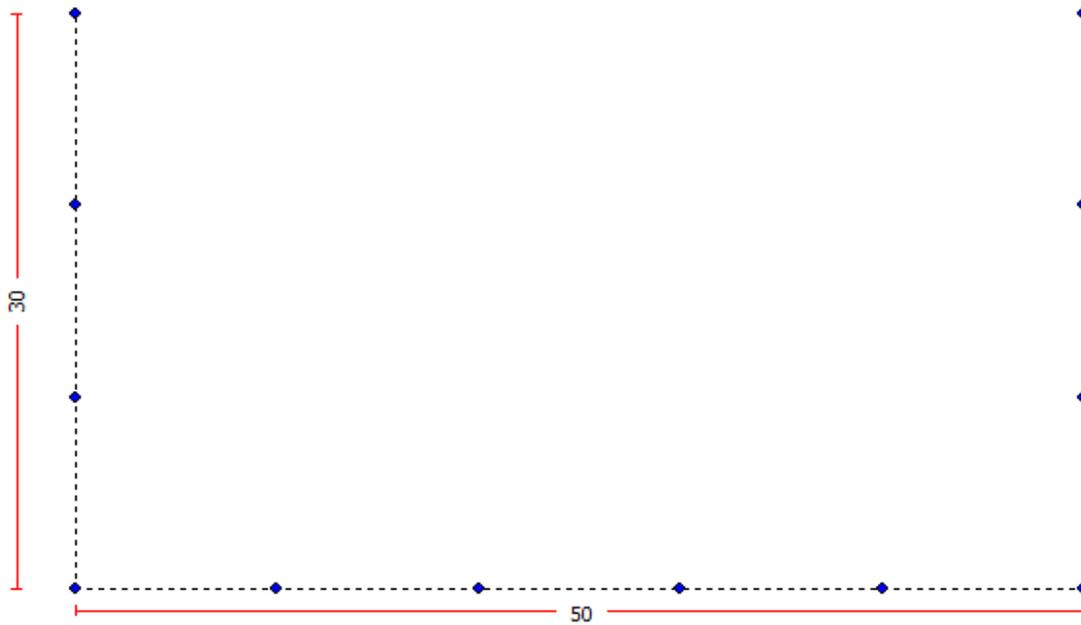
PEAK HEAT LOAD: YEAR	25	
Minimum mean fluid temperature	-4,39	°C at end of JAN
Maximum mean fluid temperature	12,64	°C at end of JUL

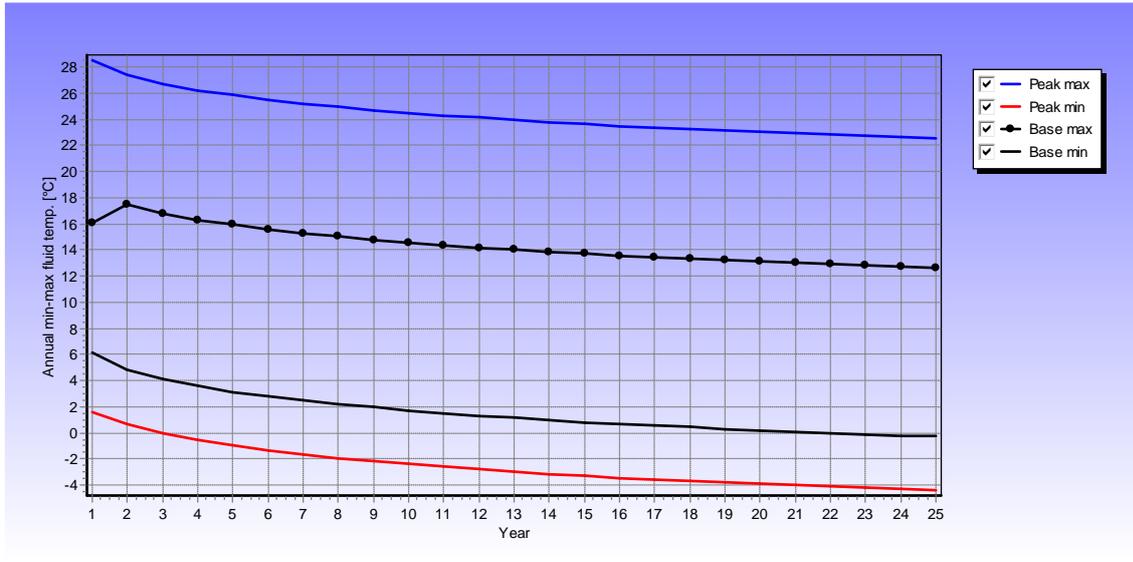
PEAK COOL LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month) [°C]

Year	1	2	5	10	25
JAN	16,05	4,79	3,14	1,7	-0,28
FEB	16,05	4,85	3,24	1,82	-0,15
MAR	16,05	7,6	6,03	4,61	2,65
APR	16,05	9,72	8,16	6,76	4,81
MAY	16,05	23,82	22,27	20,89	18,94
JUN	16,05	26,23	24,69	23,32	21,39
JUL	16,05	27,37	25,84	24,49	22,57

AUG	16,05	26,45	24,94	23,6	21,69
SEP	15,18	14,32	12,82	11,51	9,6
OCT	12,23	11,4	9,95	8,65	6,76
NOV	9,84	9,07	7,66	6,37	4,49
DEC	6,09	5,37	4	2,72	0,85

PEAK COOL LOAD: YEAR 25  
 Minimum mean fluid temperature -0,28 °C at end of JAN  
 Maximum mean fluid temperature 22,57 °C at end of JUL





# ANEXO 6: PLAN DE OBRA

## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se trata de establecer un posible programa de trabajos en el que se incluyen las diferentes actividades a realizar y su duración respectivamente. La realización de un plan de obra preciso depende de un gran número de variables, por lo que el mostrado en este anejo se trata de un programa orientativo obtenido con los datos de los que disponemos.

Para ello se tiene en cuenta lo siguiente:

- Optimización de procedimientos constructivos.
- Estudios de rendimiento de los posibles medios a emplear en dichas unidades, contemplando tipos de maquinaria, distancias de transporte y localización de vertederos y préstamos.
- Particularidades del tratamiento de suelos deducidos del estudio geotécnico
- Protección de las propias unidades de obra en función de factores climáticos.

## 2. OBJETIVOS

La programación de la obra se ha realizado con el fin de conseguir los siguientes objetivos:

- Garantizar la viabilidad técnica de la misma
- Obtener una aproximación posible del plazo total de la obra.
- Evitar interferencias entre las distintas unidades de obra en los tajos de la misma.
- Lograr la utilización óptima de los diferentes recursos, con el fin de lograr una alta rentabilidad de los mismos.

Una vez confeccionado el Plan de Obra, de su análisis se obtienen las actividades más críticas, a las que habrá que prestar mayor atención durante la realización de los trabajos, de tal manera que se puedan evitar retrasos en el resto de unidades de obra debido a ellas, y de esta manera no se produzca un retraso en el plazo de ejecución de la obra completa.

## 3. UNIDADES DE OBRA

Se pretende establecer un período de ejecución total de la obra coherente y que esté bien justificada dependiendo del volumen, la organización de los distintos equipos y los rendimientos.

Los plazos de las distintas actividades quedarían reflejados en un Gráfico de Gantt del Plan de Obras. Para el establecimiento de los plazos hemos tenido en cuenta los rendimientos mencionados a continuación. Para realizar un seguimiento adecuado del conjunto de la obra, se considera un mínimo de actividades que se destacan a continuación:

- Replanteo
- Sondas verticales
- Sondas horizontales
- Conexiones a máquinas
- Pruebas de carga

### 3.1. INSTALACIONES Y REPLANTEO

En esta actividad se engloban todos los trabajos previos de preparación de instalaciones necesarias de obra, así como el inicio del replanteo de los tajos.

Esta actividad se considera que tiene una duración de 2 días.

### 3.2. SONDAS VERTICALES

Es el parámetro más importante en la ejecución de las sondas, será la actividad crítica y su rendimiento se verá afectado por el tipo de formación geológica que se esté atravesando.

Las sondas verticales son efectuadas de la siguiente forma; se perfora el sondeo; se se encamisa en sondeo durante los primeros metros para su sostenimiento, una vez completada la perforación, con ayuda de un desenrollador se introduce la sonda y a continuación se procede a la inyección de relleno. Las sondas requieren de una prueba de estanqueidad antes de inyectar el mortero, y un prueba final con al menos una hora de reposo desde su relleno.

Por tanto se pueden definir 3 tipos de actividades en esta unidad de obra:

- Perforación del sondeo
- La introducción de la sonda
- La inyección de mortero.

Se supone un rendimiento de perforación de 0,4 metros por minuto, y con una longitud de perforación de 150 metros por sondeo, se obtienen unas 6 horas de trabajo por sondeo.

La introducción de la sonda se debe realizar lentamente para evitar roces con las paredes. Se estima unos 40 min para su introducción hasta su posición final.

Una vez introducida la sonda y antes de la inyección del mortero, se hace una prueba de estanqueidad que dura 40 minutos.

La mezcla e inyección de mortero en la sonda se realiza con un planta de inyección, la cual proporciona grandes rendimientos. Si el volumen por sondeo es aproximadamente de 225 dm<sup>3</sup>, con una mezcladora que proporcione 30 l/min, se conseguirá rellenarlo en 7,5 min. Si se incluye la colocación y preparación de la máquina el tiempo será ligeramente más elevado. Aproximadamente se puede establecer un tiempo final de 30 min.

La prueba final de estanqueidad dura aproximadamente 5 horas, la cual puede ser realizada a los dos días siguientes durante la ejecución de los sondeos contiguos. Una vez el mortero haya fraguado.

Por tanto el tiempo total para esta unidad de obra será de unas 8h. Con un total de 12 sondeos necesarios, el tiempo total será de 96 h, ejecutados en 12 días a los que se añadirán dos más para la realización de la última prueba estanqueidad. Lo cual hace un total de 14 días.

### 3.3. TRAMOS HORIZONTALES

Los colectores que unen los intercambiadores verticales con las bombas de calor requieren de la excavación de una zanja de aproximadamente un metro de profundidad para salvar las vigas de

atado que forman parte de la cimentación del edificio. A continuación, se rellena una cama de arena necesaria para colocar las tuberías PE100 y evitar arañazos y roces que puedan hacer fallar el sistema, y finalmente otra capa de arena y un recubrimiento final de tierra.

Para la excavación se supone un rendimiento de la máquina excavadora de excavación en zanja, así como su relleno se estima de 30 m<sup>3</sup>/h. Teniendo que excavar una zanja de 1m de profundidad, 0.6m de ancho y 120m de longitud, se obtiene un volumen de excavación de 72 m<sup>3</sup>/h. Lo que son aproximadamente en 3 horas de trabajo.

Se debe extender una capa de arena de unos 10 cm de espesor, a lo largo de la zanja, lo que se puede efectuar en 1 hora.

Las tuberías tienen una longitud total de 400 m y, se estima que el rendimiento del equipo para el extendido de las mismas es de 60m/h contando con las uniones que se deban efectuar, tanto con las sondas verticales como entre los tubos del propio colector. Esto sumaría aproximadamente un total de 7 h.

El extendido de otra capa de arena de 10 cm de espesor llevará una hora. Y el relleno final de la zanja con tierra unos 60 m<sup>3</sup>, en aproximadamente 2 horas.

Con la suma total de esta descomposición, esta actividad tiene una duración total estimada de 8 h. Debido a posibles interferencias en el tajo y a la conexión con los distribuidores antes no mencionada, se estima que la duración sea de unos 3 días.

### 3.4. CONEXIÓN DE MÁQUINAS

La conexión de los colectores con las bombas de calor, incluidos todos los elementos necesarios para esta instalación como las bombas de circulación, las válvulas, los colectores y demás elementos requeridos se efectuarán en aproximadamente 3 días.

### 3.5. PRUEBAS DE CARGA

Para las pruebas finales de carga que el sistema requiere para la comprobación de su correcto funcionamiento, se estima una duración de 3 días de acuerdo a lo establecido en proyecto.

## 4. RESUMEN DE PLAZOS

Con los datos anteriores se ha llegado a la siguiente tabla de plazos:

ACTIVIDAD	PLAZO
Instalaciones y replanteo	2 días
Sondas verticales	14 días
Tramos horizontales	3 días
Conexión de máquinas	3 días
Pruebas de carga	3 días
Actuaciones finales	1 día

## 5. PLAN DE OBRA

Con lo establecido en el punto anterior, y simultaneando actividades, se determina un plazo de ejecución de la obra de 21 días.

A continuación se muestra un gráfico con la planificación de la obra. Esta planificación, sólo tiene valor orientativo, no contractual. Es por ello que el contratista deberá presentar un plan de obra antes del inicio de las obras.

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	03 ago '15			10 ago '15			17 ago '15			24 ago '15			31 ago '15		
						S	L	X	V	D	M	J	S	L	X	V	D	M	J	S
1	INSTALACIONES Y REPLANTEO	2 días	lun 03/08/15	mar 04/08/15																
2	SONDAS VERTICALES	14 días	mié 05/08/15	lun 24/08/15	1															
3	TRAMO HORIZONTAL	3 días	vie 21/08/15	mar 25/08/15	2FC-2 días															
4	CONEXIÓN DE MÁQUINAS	3 días	mié 26/08/15	vie 28/08/15	3															
5	PRUEBAS DE CARGA	3 días	lun 31/08/15	mié 02/09/15	4															
6	ACTUACIONES FINALES	1 día	jue 03/09/15	jue 03/09/15	5															

Proyecto:  
Geotermia Juan de la Cosa  
Fecha: vie 26/06/15

Tarea		Hito externo		Informe de resumen manual	
División		Tarea inactiva		Resumen manual	
Hito		Hito inactivo		Sólo el comienzo	
Resumen		Resumen inactivo		Sólo fin	
Resumen del proyecto		Tarea manual		Fecha límite	
Tareas externas		Sólo duración		Progreso	

# **ANEXO 7: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## 1.1. OBJETO

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se redacta con el fin de darle cumplimiento a lo dispuesto en el R.D. 1627/1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (B.O.E. nº256 de 25/10/1997).

## 1.2. OBLIGATORIEDAD

- A) El presupuesto de ejecución material es inferior a 450.759,08€.
- B) La duración estimada de la obra no es superior a 100 días laborables, y en ningún momento serán empleados más de 20 trabajadores simultáneamente.
- C) El volumen de mano de obra de diversas categorías asciende a un total de 60 jornadas de trabajo, inferior a 500 jornadas de trabajo.
- D) No se prevé realizar obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas ni embalses.

Por lo tanto, en aplicación del art. 4 del R.D. 1627/1997, no es obligado elaborar el estudio de seguridad y salud, pero sí un Estudio Básico de Seguridad y Salud como el presente.

## 1.3. NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLE A LA OBRA

- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Orden de 9 de marzo de 1971. Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- R.D. 485/1997 de 14 de Abril, sobre señalización de seguridad en el trabajo.
- R.D. 486/1997 de 14 de Abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/1997 de 14 de Abril, sobre Manipulación de cargas.
- R.D. 773/1997 de 30 de Mayo, sobre utilización de Equipos de Protección Individual.
- R.D. 1215/1997 de 18 de Julio, sobre utilización de Equipos de trabajo.
- R.D. 39/1997 de 17 de Enero, Reglamento de los servicios de prevención.
- R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- RD 1316/1989 sobre protección ante la exposición al ruido en el lugar de trabajo.
- 

## 1.4. DESARROLLO DEL ESTUDIO BÁSICO

En aplicación de este Estudio Básico de Seguridad y Salud, y de acuerdo con el art.º 7 del Real Decreto 1627/1997. del 24 de Octubre de 1997, el contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se analicen, estudien y complementen las previsiones contenidas en este estudio en función de su propio sistema de ejecución de la obra. De ser incluidas en el Plan medidas alternativas de prevención distintas de las prescritas en el Estudio Básico, deberán ser justificadas técnicamente y no podrán implicar disminución de los niveles de protección en este estudio básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser comprobado antes del inicio de la obra por el Aparejador o Arquitecto Técnico, que ejercerá las funciones de coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

El plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de la Dirección Facultativa. Una copia del Plan y de sus posibles modificaciones posteriores será facilitada a los representantes de los trabajadores en la obra.

### **1.5. PRINCIPIOS GENERALES APLICABLES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

De acuerdo con el Artº 10 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997, y de conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la ejecución preventiva que se recogen en su art.º 15 se aplicaran durante la ejecución de la obra y, en particular en los siguientes trabajos o actividades:

- A) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- B) La elección de los puestos y de las áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- C) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- D) El mantenimiento, el control previo o la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con el objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- E) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales o sustancias peligrosas.
- F) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- G) El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- H) La adaptación, en función de la evacuación de la obra, del periodo de tiempo efectivo que se le deberá dedicar a los distintos o fases de trabajos.
- I) La cooperación entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- J) Las interacciones e incompatibilidades con cualquier tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

### **5.7. OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS**

De acuerdo con el artº 11 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997, los contratistas y subcontratistas estarán obligados a:

- A) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artº 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desenvolver las labores indicadas en el párrafo anterior sobre principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.
- B) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud en la obra.
- C) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artº 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir con las disposiciones establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997, durante la ejecución del obra.

- D) Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que se deban adoptar en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
- E) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones que el Aparejador o Arquitecto Técnico imparta en su condición de coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Los contratistas y los subcontratas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Además los contratistas y los subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan, en los términos del apartado 2 del artº 42 de la ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Las responsabilidades de la Dirección facultativa y de los Promotores no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

## 5.6. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTONOMOS

De acuerdo con el artº 12 del Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre de 1997, los trabajadores autónomos estarán obligados a:

- A) Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el artº 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales indicados en el párrafo anterior sobre principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.
- B) Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997, durante la ejecución de la obra.
- C) Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales que establece para los trabajadores el artº 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- D) Ajustar su actuación a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidas en el artº 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales , participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se estableciera.
- E) Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997, de 18 de Julio, por lo que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- F) Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el RD 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- G) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones que el Aparejador o Arquitecto Técnico imparta en su condición de coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud de la obra.

## 5.8. LIBRO DE INCIDENCIAS

De acuerdo con el artº 13 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997, existiría en la obra, y se mantendrá siempre en ella, un libro de incidencias para control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, formado por hojas duplicadas y habilitado a estos efectos por el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.

A este libro tendrán acceso la dirección facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas y órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas que intervengan en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes. Todos ellos podrán realizar anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines que el Libro tiene.

## 5.9. INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES

De acuerdo con el Artº 14 del Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre de 1997, contratistas y subcontratistas, deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que deban adoptarse en la obra en lo que se refiere a su seguridad y a su salud. La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados.

## 5.10. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES

Actividades o situaciones con riesgos potenciales:

- Falta de formación del personal en materia de seguridad y salud laboral
- Intrusión de personas ajenas en la obra.
- Desplazamiento de vehículos y maquinaria
- Acopiado y estiba de materiales.
- Elevación y puesta en obra de material pesado
- Trabajo en altura.
- Trabajo con herramientas electromecánicas (sierras, cortadoras, etc.)
- Trabajo con herramientas a presión (Compresores, martillos neumáticos, etc.)
- Exposición a los agentes atmosféricos ( frío, viento, lluvia, sol y calor excesivo)
- Trabajos en presencia de tensión eléctrica.

Accidentes que provocan riesgos laborales:

- Movimientos de materiales almacenados
- Roturas y averías de herramientas y medios auxiliares
- Roturas de elementos constructivos
- Caídas de objetos
- Protección de partículas
- Incendios
- Atropellos

Riesgos laborales:

- Golpes

- Cortes
- Caídas
- Punzonamientos
- Electrocuaciones
- Inhalación de humos
- Inhalación de productos químicos

Lesiones por accidentes laborales:

- Traumatismos
- Contusiones
- Erosiones
- Heridas
- Esguinces
- Fracturas
- Aplastamientos
- Quemaduras por fuego
- Quemaduras por productos químicos
- Insolaciones
- Intoxicaciones por inhalación
- Enfermedades profesionales
- Enfermedades no profesionales

### ***RIESGOS EVITABLES***

Son evitables los riesgos derivados de circunstancias ajenas a la propia actividad de la obra. En principio señalan como causas de riesgos evitables la falta de preparación adecuada del personal.

### ***RIESGOS NO EVITABLES***

No son evitables los riesgos derivados de la actividad de la obra. Entre ellos cabe señalar los provocados por los desplazamientos de vehículos y maquinaria en obra, por la descarga, acopiado y carga de materiales, por la elevación y puesta en obra de material pesado, por el trabajo en altura, por el trabajo con herramientas electromecánicas o a presión, y por la exposición a los agentes atmosféricos.

### ***RIESGOS ESPECIALES***

En la presente obra los únicos trabajos previstos con riesgos especiales son los que pueden significar caída de una altura superior a los dos metros. Están en este caso los trabajos de montaje y desmontaje de los andamios y los trabajos realizados sobre los andamios para el tratamiento de la fachada, sobre todo en el caso de caídas por el exterior, además de la caída de materiales desde altura sobre los operarios que se encuentren en niveles inferiores.

## **5.11. MEDIDAS TÉCNICAS**

Las prescripciones contenidas en los párrafos siguientes complementan las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deberán aplicarse en las obras contenidas en el Anexo IV del real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997. Se refieren a la disposición en la obra de los medios necesarios para evitar, si es posible, y remediar adecuadamente, en el caso contrarios,

cualquier accidente que pudiera ocurrir. Junto con las citadas. Disposiciones mínimas, serán de obligado e inexcusable cumplimiento por parte de la contrata, de sus empleados, de las empresas subcontratistas o auxiliares y de los trabajadores autónomos que pudiera intervenir en la obra. El incumplimiento de estas prescripciones en el caso de personal empleado podrá ser considerado falta laboral, dependiendo su gravedad de la importancia de las posibles consecuencias.

### ***MEDIDAS DE EVITACIÓN DE RIESGOS***

Todo el personal empleado en la obra deberá ser previamente instruido en las medidas de seguridad y salud que le corresponde adoptar según el tipo de trabajo que le sea encomendado.

En todo momento durante la jornada laboral habrá en la obra un encargado de seguridad, puesto que corresponderán a aquella persona de la parte de contrata con mayor cualificación laboral, competencia, experiencia personal e interés por la seguridad y salud que se encuentre en la obra en cada momento.

El encargado de seguridad mirará por el cumplimiento de las prescripciones contenidas en el presente Estudio Básico de Seguridad y demás disposiciones que se dicten a este efecto.

Se dispondrá dentro del local un recinto para la obra con vallados de madera o de otros materiales apropiados. Este recinto estará siempre cerrado de manera que se impida la entrada en la obra de personas no autorizadas. Especialmente deberá cuidarse este extremo en la obra de la comida y al final de cada jornada para evitar intrusiones accidente fuera del horario laboral.

Todos los materiales, equipos y herramientas usadas en la obra, serán de buena calidad y exentos de defectos aparentes; tendrán una resistencia adecuada a los esfuerzos a los que deban estar sometidos; deberán mantenerse en buen estado de conservación y serán sustituidos cuando dejen de satisfacer estos requisitos.

Aquellos elementos que en cualquier desplazamiento pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores deberán poder ser fijados de manera estable.

### ***MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE RIESGOS NO EVITABLES***

El espacio que se cuente para la obra en el interior de la parcela tendrá dimensión suficiente para permitir la maniobra de los vehículos y maquinaria que sea necesario utilizar sin que esto represente peligro para el personal, así como también la descarga, o almacenamiento y carga de materiales a emplear y acumulamiento de escombros mientras estos no son trasladados al vertedero.

El contratista ha de facilitar a los operarios y a cuantos deban permanecer en la obra todos aquellos elementos de protección personal (cascos, gafas, máscaras, fundas, guantes, cintos de seguridad, arneses, botas y ropa de aguas, elementos de señalización, etc.) que resulten apropiados según los trabajos a realizar, cuidado de su conservación y reposición de manera que quede asegurada en todo momento la eficacia de los mismos.

Precauciones en la descarga y carga de materiales y en el acumulamiento de escombros. Se reservaran lugares dentro del recinto de la obra para el acopio y almacenamiento de materiales. Estos lugares estarán dispuestos de manera que no estorben el normal desenvolvimiento de los

trabajos y que la carga y descarga pueda ser realizada por mecánicos cuando se trate de piezas o unidades de peso superior a 10kg. Los materiales servidos en grano como grava, arenas y similares, y los escombros de la obra antes de su carga para transporte a vertedero, serán acopiados en montones dispuestos según la caída en talud natural de cada material, y en caso de prepararles caídas o recintos separados las paredes de los mismos no tendrán altura superior a 0.5m

Precauciones en los trabajos con maquinaria pesada. Los trabajadores que deban permanecer en las inmediaciones de las máquinas pesadas que se deban emplear en la obra y mientras estas estén trabajando deberán mantenerse siempre fuera del área de seguridad que para cada máquina esté establecido, y deberán llevar sobre si elementos o ropas que favorezcan su inmediata distinción por parte de los maquinistas.

Precauciones en la elevación y puesta en obra de materiales. Los materiales que deban ser elevados se dispondrán en unidades de carga bien formadas, equilibradas y aseguradas de manera que no se puedan producir caídas accidentales de carga. Se tendrá especial cuidado en no cargar los pisos o forjados con materiales, aparatos o, en general, cualquier carga que pueda provocar su hundimiento.

Precauciones en el trabajo con herramientas mecánicas y electromecánicas. En el trabajo con herramientas mecánicas y electromecánicas se extremarán las precauciones de protección para evitar los riesgos de cortes, golpes y otras lesiones que puedan producirse por la ruptura de la propia herramienta o de alguna de sus piezas móviles (discos cortantes, por ejemplo) o por la protección de polvo o partículas. A tal efecto será obligatorio e inexcusable el uso de los elementos de protección personal (delantales protectores, máscaras, gafas, guantes, etc.) que sean necesarios en cada caso.

Precauciones en el trabajo con herramientas a presión. Las herramientas que trabajen bajo presión únicamente podrán ser manejadas por personal que recibirá una formación adecuada. Para el manejo de martillos neumáticos se deberán emplear auriculares de protección auditiva.

Precauciones de protección de los agentes atmosféricos. Además de proporcionarles a los trabajadores elementos de protección contra las inclemencias atmosféricas normales (ropa de aguas, botas, etc.) se suspenderán los trabajos cuando las condiciones climáticas sean extremas y comprometan de alguna manera la seguridad del personal en la obra (fuertes vientos que puedan provocar caídas o heladas que hagan resbaladizos los planos o superficies sobre los que deban permanecer los operarios).

Precauciones de protección de trabajos con electricidad. Cuando sea necesario el uso de aparatos o herramientas eléctricas, estos estarán dotados de grado de aislamiento II o estarán alimentados a tensión inferior a 50 Voltios, mediante transformador de seguridad , con su separación de circuitos.

Al llegar a la obra, los equipos de trabajo comprobaran el correcto estado de utilización del equipamiento eléctrico de la obra, esto es:

- Aprovechamiento de la documentación del cuadro/cuadros de obra (esquema secciones, etc.)
- Comprobación y medición de puestas a tierra. Conexiones equipotenciales.
- Comprobación del funcionamiento y sensibilidad de los interruptores magnetotérmicos y sus líneas. Aislamientos.
- Recorridos de líneas
- Durante la fase de realización de la instalación así como durante el mantenimiento de la misma, los trabajos se efectuarán sin tensión en las líneas, verificándose esta circunstancia mediante un comprobador de tensión.

Para instalación de luminarias sobre apoyos o paramentos, será preciso el uso del cinturón de seguridad, para el que se habrán previsto puntos fijos de enganche antes del izado de los mismos, así como calzado antideslizante.

Se suspenderán los trabajos cuando exista lluvia, nieve o viento superior a 50 Km/h.

Cuando no sea posible la utilización de puntos de anclaje para el cinturón, la colocación de las luminarias se realizará siempre utilizando plataformas reglamentarias y nunca la escalera.

Las herramientas y equipamiento a utilizar dispondrán del aislamiento adecuado a la tensión e intensidad soportadas.

Cuando será necesario el uso de aparatos o herramientas eléctricas, estas estarán dotadas de grado de aislamiento II o estarán alimentadas a tensión inferior a 50 Voltios, mediante transformador de seguridad.

Cuando se prevea en la zona la presencia de otros servicios, se localizará su trazado y se solicitará su puesta fuera de servicio si fuera necesario.

Durante los trabajos con utilización de plumas, grúas, etc., con proximidad a una línea de alta tensión, se marcarán distancias de seguridad a esta no inferiores a las siguientes:

- Tensión hasta 66 KV = 4,00 m
- Tensión mayor ó igual a 66 KV = 6,00 m

### ***MEDIDAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LOS RIESGOS ESPECIALES***

Precauciones relativas a los trabajos en altura. Se adoptarán las prescritas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997:

- Uso de escaleras reglamentarias, apoyadas sobre superficies planas. Cuando la utilización de las mismas conlleve el empleo de cinturones de seguridad, se dispondrá de los correspondientes puntos fijos para el enganche de los mismos. En su falta, se utilizarán plataformas de elevación reglamentarias.
- Evitar los trabajos debajo de las escaleras y andamios.
- Utilización de fundas para herramientas.

Protecciones personales: utilización de guantes, casco, gafas, y todas las prendas homologadas de seguridad inherentes con el trabajo desarrollado.

Utilización de las protecciones auditivas durante el rozado o tacado.

Las herramientas estarán aisladas: se utilizarán guantes aislantes y botas con piso aislante y antideslizante sin grafitar.

***MEDIDAS RELATIVAS AL REMEDIO DE ACCIDENTES LABORALES***

El personal estará capacitado para la realización de trabajos de salvamento bajo la dirección técnica competente. En el lugar de trabajo se encuentran siempre un mínimo de dos operarios, que habrán recibido la correspondiente formación en seguridad y salud.

Habrà en la obra medios auxiliares adecuados para efectuar cumplidamente curas de urgencia y prestar los primeros auxilios en caso de accidente.

Todo el personal serà debidamente instruido sobre las adecuadas condiciones de evacuación y traslado de trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

La obra contarà con servicio telefónico, bien con instalación por cable, bien mediante sistemas de telefonía móvil.

Estarà claramente visible en la obra la indicación sobre el lugar más próximo en el que existan servicios médicos así como la dirección y teléfono de los mismos.

***INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA***

De acuerdo con el apartado A3 del Anexo IV Del R.D. 486/97, la obra dispondrà del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluyen además la identificación y las distancias a los centros de asistencia más cercanos.

PRIMEROS AUXILIOS, ASISTENCIA SANITARIA Y URGENCIAS	NOMBRE Y UBICACIÓN	DISTANCIA APROXIMADA (Km)
NIVEL DE ASISTENCIA		
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En obra
Asistencia primaria (Urgencias)	Centro de Salud de El Sardinero	A 1 Km
Asistencia especializada (Hospital)	Hospital Universitario Marqués de Valdecilla	A 5 Km
Bomberos	Parque de bomberos de Santander	A 5 Km

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES Y PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

## 2.1. CONDICIONES GENERALES

### 2.1.1. Objeto y campo de aplicación

El pliego de condiciones constituye el conjunto de especificaciones, condiciones y requisitos técnicos que, junto a lo incluido en los documentos Memoria, Planos y Presupuesto de este estudio, definen completamente el campo de sondas geotérmico objeto del mismo.

El dimensionamiento del campo de sondas geotérmicas llevado a cabo en este Estudio junto al diseño de la instalación térmica realizado anteriormente, completan el Estudio de uso de energía geotérmica de baja entalpía en el Colegio Mayor Juan de la Cosa en Santander, Cantabria, España.

La presente documentación no pretende recoger todos los elementos necesarios durante la ejecución de la obra. Es responsabilidad del Contratista que los mismos posean la calidad mínima exigible y cumplan con la normativa aplicable. Todas las unidades, materiales, trabajos o servicios no incluidos en este pliego y que sean necesarios para el adecuado desarrollo de la obra, habrán de ser incluidos por el Contratista.

A la hora de la presentación de ofertas, estas se ceñirán estrictamente al presente Estudio. En determinados supuestos se podrán presentar variantes técnicas o soluciones diferentes a las exigidas en el Estudio, pero tendrán que estar suficientemente justificadas, no pudiendo implicar una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas.

Si aparecieran marcas comerciales a lo largo del documento del Estudio, esto tendría como único objetivo representar el nivel de calidad deseado, tamaño o principales características a cumplir por parte de los equipos. Tomando esto como base, el ofertante podrá proponer otros materiales o equipos, siempre y cuando cumplan con los requisitos técnicos especificados.

### 2.1.2. Alcance de la obra

Se denomina Propiedad a la persona, empresa o entidad que contrata la obra y que, por tanto, encarga y financia su ejecución.

Se denomina dirección de Obra o Dirección Facultativa a la persona o empresa que dirige la ejecución de la obra por encargo de la Propiedad, contando con la autoridad para resolver las cuestiones técnicas. La Dirección de Obra trasladará a la Propiedad los acontecimientos relevantes que sucedan en la obra, y será la encargada de comunicar al Contratista las decisiones adoptadas.

Se denomina contratista a la persona o empresa adjudicataria de la ejecución de la obra en su totalidad o una parte de la misma y que, por tanto, se responsabiliza de todo lo realizado en ese ámbito. Incluso en el caso de que el Contratista delegue o contrate la ejecución de la obra o una parte de la misma a un tercero (otro Contratista, o Instalador), la responsabilidad seguirá siendo suya de cara a la Propiedad y la Dirección de Obra.

El Contratista se dirigirá exclusivamente a la Dirección de Obra para plantear todas las cuestiones técnicas y económicas que considere oportuno en la obra, siendo de responsabilidad de la Dirección de Obra aquellos aspectos que considere oportuno a la Propiedad.

Se denomina Instalador a aquella persona o empresa que ejecuta, efectivamente, alguna instalación. La figura del Contratista y la del instalador podrán coincidir.

Las empresas instaladoras, salvo cuando coincidan con la figura del Contratista, tendrán únicamente relación con este. De cara a la Propiedad, la responsabilidad sobre los trabajos ejecutados será del Contratista.

Será cometido de la/s empresa/s instaladora/s el suministro de todos el equipo, materiales, servicios y manos de obras así como de la ejecución de todas las operaciones necesarias para llevar a término cada una de las instalaciones por ella/s acometida/s.

El Proyecto se ejecutará tal como se ha descrito en la memoria, se ha representado en los Planos y se ha relacionado en el Presupuesto, atendándose a las normas, reglamentos y especificaciones vigentes.

Cuando en la obra sea necesario hacer modificaciones en estos Planos o condiciones se solicitará permiso al Director de Obra. Igualmente, la sustitución por otros de los elementos especificados en el Proyecto y oferta deberá ser aprobada por el Director de Obra.

La ejecución del campo de ondas debe adecuarse a lo exigido en el documento Proyecto. En el caso de que el Director de Obra estime que la ejecución no es buena, el Contratista está en la obligación de rehacer los trabajos sin derecho a indemnización alguna.

Los Planos del proyecto deberán indicar la situación real o muy aproximada de los diferentes elementos de la instalación o campo de sondas. Sin embargo, la situación se fijará siempre en el replanteo.

El Director de Obra podrá exigir un planning de trabajo en el que se señalen los ritmos de ejecución de las unidades principales de obra. El contratista deberá cumplir dichas fechas intermedias, sufriendo el mismo tipo de penalización que tendría en caso de demora de finalización de la obra.

Esto ocurrirá siempre que el retraso corresponda únicamente a su responsabilidad y no al retraso de otros elementos de la obra. Para evitar esto último, será necesaria la adecuada coordinación de los trabajos por parte del Director de Obra.

### **2.1.3. Recepción, almacenamiento y conservación de materiales**

El Contratista irá almacenando en un lugar establecido de antemano todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

Los materiales procederán de fábrica convenientemente embalados al objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los refuerzos de protección y elementos de enganche adecuados para facilitar la seguridad en operaciones de carga y

descarga. Externamente al embalaje, y en lugar visible, se colocarán etiquetas que indique inequívocamente el material contenido en su interior.

A la llegada a la obra se comprobará que las características técnicas de todos los materiales se corresponden con las especificadas en el proyecto.

La Dirección de Obra fijará el tipo, la cantidad y el momento de realización de los ensayos sobre los materiales que permiten asegurar la calidad de estos.

Los materiales y equipos a instalar se protegerán durante el período de construcción, con el fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, polvo o sustancias químicas.

Las aberturas de conexión de todos los aparatos y equipos durante el período de construcción, con el fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, polvo o sustancias químicas.

Las aberturas de conexión de todos los aparatos y equipos deberán estar convenientemente protegidas durante su transporte, almacenamiento, montaje y unión final. Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc.

Los extremos abiertos de los tubos se limpiarán por completo antes de su instalación. La Dirección de Obra se reserva el derecho a eliminar cualquier material que, por conservación inadecuada, juzgase defectuoso.

Durante el montaje se aplicará una protección de pintura antioxidante a todos los materiales férricos no galvanizados, que no tengan protección de acabado en fábrica. La protección contará de dos capas de pintura, una antes y otra después del montaje.

Se tendrá especial cuidado con materiales frágiles y delicados, como aislantes, aparatos de control y medida, etc., que deberán quedar especialmente protegidos.

#### **2.1.4. Calidad de los materiales y equipos empleados en la obra**

Todos los materiales utilizados en obra procederán de constructores o fabricantes de reconocida solvencia. El Contratista presentará cuantas especificaciones se requieran para comprobar la bondad de estos materiales.

Todo material sometido a reglamentación o especificación reglamentaria alguna deberá estar convenientemente homologado por las entidades oficiales correspondientes.

Todos los materiales que lo requieran deberán llevar grabadas de modo inconfundible sus características.

No se admitirán materiales que no cumplan los requisitos anteriores, no pudiendo presentar el contratista reclamación alguna por este motivo o por haber sido rechazados a causa de deficiencias o anomalías observadas en ellos.

Los equipos/maquinaria a instalar serán los especificados en proyecto. En caso de propuesta de modificación se presentará la documentación técnica suficiente que acredite que el equipo propuesto es totalmente equivalente al equipo proyectado. El cambio deberá ser aprobado por la Dirección de Obra.

Todos los materiales y equipos utilizados cumplirán con las preinscripciones indicadas en el reglamento que aplique en cada caso.

Los materiales deberán soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzar en condiciones de trabajo durante su vida útil.

En general, todo material empleado en obra deberá ser resistente a las acciones a las que está sometido en condiciones de trabajo, de forma que no pueda deteriorarse o envejecer prematuramente en condiciones normales de utilización.

Los materiales que por su funcionamiento estén en contacto con el agua o el aire húmedo presentarán una resistencia a la corrosión que evite envejecimiento o deterioro prematuro.

Todos los materiales y equipos cumplirán las normas específicas que les sean aplicables, de forma que se garantice la permanencia inalterable de sus características y prestaciones durante toda su vida útil.

#### **2.1.5. Limpieza de la obra**

Durante la ejecución de la obra se deberán evacuar los materiales sobrantes procedentes de trabajos efectuados con anterioridad.

Así mismo, a la terminación de los trabajos el Contratista procederá a la limpieza general de material sobrante en la obra.

#### **2.1.6. Libro de órdenes**

A los efectos de un adecuado desarrollo de la obra, la Dirección Facultativa dispondrá en la oficina de obra de un Libro de Órdenes en el que anotará aquellas observaciones que crea conveniente indicar el Contratista. El Libro, de modelo oficial, se abrirá al comenzar la obra y se cerrará al finalizar la misma.

En el Libro figurarán cuantas modificaciones sustanciales se realicen en el proyecto durante su ejecución.

La dirección Facultativa podrá exigir al Contratista, haciéndolo figurar el dicho Libro, el cese de cualquier empleado que por imprudencia temeraria fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

Así mismo, la Dirección Facultativa podrá exigir dicho cese cuando la falta de interés por parte del empleado haga peligrar el adecuado desarrollo de la obra y el funcionamiento de la instalación una vez que esta se ponga en servicio.

### 2.1.7. Pruebas parciales y finales

Finalizada la ejecución del Campo de Sondas y de la Instalación Térmica del Edificio, se llevarán a cabo las pruebas parciales y finales del sistema de climatización por geotermia del edificio del Parque Tecnológico.

Las empresas encargadas de la ejecución de ambas partes del sistema dispondrán de los recursos humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales.

Estas pruebas estarán precedidas de la comprobación de los materiales en el momento de recepción en obra.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del Director de Obra, que deberá dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados.

#### *Pruebas sobre la Instalación Térmica del edificio*

Las pruebas sobre la instalación Térmica referidas en la IT 2 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) son las siguientes:

- A. Pruebas de estanqueidad de redes de tuberías.
- B. Pruebas de estanqueidad de los circuitos frigoríficos.
- C. Pruebas de libre dilatación.
- D. Pruebas de recepción de redes de conductos.

#### A. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DE REDES DE TUBERÍAS

Se debe acreditar la estanqueidad de todas las redes de fluidos caloportadores antes de quedar ocultas por las obras de albañilería, material de relleno o material aislante.

Son válidas las pruebas realizadas de acuerdo a la norma UNE 100151 o a UNE-ENV 12108, en función del tipo de fluido transportado.

El procedimiento a seguir en función del tipo de fluido transportado con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, comprenderá las fases que se relacionan a continuación.

- I. Preparación y limpieza de las redes de tuberías
  - i. Antes de realizar la prueba de estanqueidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de tuberías de agua deben ser limpiadas internamente para eliminar los residuos procedentes del montaje.
  - ii. Las pruebas de estanqueidad requerirán el cierre de los terminales abiertos. Deberá comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deben quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.
  - iii. Una vez completada la instalación, la limpieza podrá hacerse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario con agua o con una solución

- acuosa de un producto detergente con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito.
- iv. El uso de productos detergentes no está permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios.
  - v. Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Tras ello, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación.
  - vi. En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor a 100°C, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos del tratamiento.
- II. Prueba preliminar de estanqueidad
- i. Prueba de estanqueidad a baja presión para detectar fallos de continuidad de la red evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica.
  - ii. Esta prueba tendrá la duración suficiente para verificar la estanqueidad de todas las uniones
- III. Prueba de resistencia mecánica
- i. Una vez llena la red con el fluido de prueba, se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100 °C, la presión de prueba será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar.
  - ii. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba.
  - iii. Tendrá la duración suficiente para verificar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías.
- IV. Reparación de fugas
- i. La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta o accesorio donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa por material nuevo.
  - ii. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

#### B. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD DE LOS CIRCUITOS FRIGORÍFICOS

Los circuitos frigoríficos de las instalaciones realizadas en obra serán sometidos a las pruebas especificadas en la normativa vigente.

Se podrán realizar las mediciones complementarias que estime conveniente la Dirección de Obra.

#### C. PRUEBAS DE LIBRE DILATACIÓN

Una vez que las pruebas anteriores hayan resultado satisfactorias y se hayan comprobado hidrostáticamente los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no han aparecido deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería, confirmando así que el sistema de expansión ha funcionado correctamente.

#### D. PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE REDES DE CONDUCTOS

El procedimiento a seguir comprenderá las fases que se relacionan a continuación.

##### I. Preparación y limpieza de redes de conductos

- i. La limpieza interior de las redes de conductos de aire se efectuará una vez se haya completado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento de aire pero antes de conectar las unidades terminales y de montar los elementos de acabado y los muebles.
- ii. Antes de que una red de conductos se haya inaccesible por la instalación de aislamiento térmico o el cierre de obras de albañilería y de falsos techos, se realizarán pruebas de resistencia mecánica y de estanqueidad para establecer si se ajustan al servicio requerido, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o memoria técnica.
- iii. Para la realización de las pruebas, las aperturas de los conductos donde irán conectados los elementos de difusión de aire o las unidades terminales deben cerrarse rígidamente y quedar perfectamente selladas.

##### II. Pruebas de resistencia estructural y estanqueidad

En caso de que el resultado de las pruebas determine que la instalación es insatisfactoria, la Dirección Facultativa podrá exigir al Contratista el aumento del porcentaje de pruebas hasta asegurar que la instalación es satisfactoria. El Contratista reparará las fugas aparecidas.

#### OTRAS PRUEBAS

Por último, se comprobará que la instalación cumple con las exigencias de calidad, confort, seguridad y ahorro de energía establecidas en el RITE. Particularmente se comprobará el buen funcionamiento de la regulación automática del sistema.

#### *Pruebas sobre el campo de sondas*

A pesar de que ya son ensayadas en fábrica antes de su salida, se recomienda someter a las sondas a una prueba de estanqueidad antes de su montaje en obra.

Una vez introducida en la perforación, y antes de inyectar el relleno, se debe realizar una primera prueba de estanqueidad. Para ello se somete a la sonda a 6 bar de presión durante 30 minutos y se comprueba que la presión no cae más de 0,6 bar. Si esto se cumpliera, el resultado sería satisfactorio.

Una vez cementado el sondeo, se realiza una prueba de presión definitiva según la norma UNE 100715-1, cuyo esquema operativo se resume en lo siguiente:

- Se mantienen los tubos en reposo, sin carga durante al menos 1 hora.
- Se lleva la sonda a la presión de prueba ( $12 \pm 1$  bar) en un tiempo de 10 minutos.
- Se mantiene en presión (al menos 10 bar) durante 10 minutos.
- Periodo de espera: 60 minutos. Caída de presión máxima: 30%.
- Se reduce la presión rápidamente en 2 bar mediante vaciado de agua. Se mide la cantidad evacuada y se anota el nuevo valor de la presión.
- Comienza la prueba principal (30 minutos). Se mide la presión a los 10,20 y a los 30 minutos. La prueba de presión es satisfactoria si, al cabo de esa tercera medición, la caída de presión máxima es de 0,1 bar.
- Después de un tiempo adicional de 90 minutos, la caída de presión debe ser inferior a 0,25 bar.

### 2.1.8. Mantenimiento

Con el objetivo de conservar las características funcionales de la instalación, su seguridad y la máxima eficiencia de sus equipos, será de obligado cumplimiento la realización de tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

### 2.1.9. Recepción

Una vez realizadas las pruebas finales con resultados satisfactorios en presencia del Director de Obra, se procederá al acto de recepción provisional de la obra.

Transcurrido el plazo de garantía, que será de un año si en el contrato no se estipula otro de mayor duración, la recepción provisional se transformará en recepción definitiva, salvo que por parte del titular haya sido cursada alguna reclamación antes de finalizar el período de garantía.

## 2.2. CONDICIONES TÉCNICAS

### 2.2.1. Perforaciones y sondas verticales

En función de la legislación ambiental que aplique en cada país/región/ciudad, podrá estar prohibido realizar perforaciones sin la posterior inyección de relleno que puedan unir dos o más acuíferos superpuestos. Esto podría provocar la contaminación de un acuífero con las impurezas del otro.

Las perforaciones no podrán encontrarse dentro del perímetro de protección de captación de agua potable para el abastecimiento de una población, ni de un perímetro de protección del patrimonio.

Será necesaria la realización de un Test de Respuesta Térmica (TRT) en al menos una de las perforaciones ejecutadas en el campo de zonas. Dicho ensayo determinará el valor final de conductividad térmica del terreno y resistencia térmica de la perforación.

La perforación deberá ser acondicionada antes de la introducción de la sonda en su interior.

La introducción de sondas se llevará a cabo inmediatamente después de acondicionar la perforación, evitando de esta forma posibles colapsos de las paredes del pozo.

La introducción de las sondas se realizará manualmente o, preferiblemente, con ayuda de un desenrollador. Se colocará un peso al final de la sonda, enganchado en el pie de sonda, para que la tubería baje más fácilmente por gravedad.

Las sondas se llenarán de agua, se cerrarán para dejarlas estancas a presión y se introducirán en el sondeo. De esta forma al cementar dicho sondeo con un material de mayor densidad no resultarán aplastadas al aumentar la presión exterior.

Las sondas utilizadas en este proyecto estarán formadas por la unión dos a dos de 4 tubos mediante un codo de 180 de igual naturaleza, formando una doble U en el pie de sonda.

Las sondas utilizadas en el proyecto serán de polietileno de alta densidad o de un material de calidad superior, como el polietileno reticulado (PEX).

La unión de los tubos de dos a dos será mediante soldadura por termofusión, que deberá haber pasado la correspondiente prueba de estanqueidad que garantice está en su totalidad.

Se entiende por longitud de sonda la longitud de la perforación. Así, la longitud de tubo que conforma la sonda deberá ser cuatro veces superior a la profundidad de la perforación, con dos tubos de bajada y dos de subida unidos por el codo.

Finalizada la perforación, y antes de inyectar el relleno, se realizará una primera prueba de estanqueidad sometiendo a la sonda a 6 bar de presión durante 30 minutos y comprobando que la presión no cae más de 0,6 bar. Si esto se cumpliera, el resultado sería satisfactorio.

A continuación se inyectará el material de relleno que proporcione la impermeabilización del sondeo y una adecuada conductividad térmica.

Los extremos abiertos de la sonda deberán protegerse con tapas que impidan la entrada de suciedad y/o escombros.

Finalizada la ejecución del campo de sondas se realizará una prueba de presión definitiva en presencia del Director de Obra y que se ajusta a lo establecido anteriormente en este pliego.

Será necesario dejar una longitud de tubo suficiente para posibilitar la unión entre sondas y colector. Si esto no fuera posible, las uniones entre las tuberías necesarias se realizarían por electrofusión.

Será necesario reservar una cierta distancia a las salida de la perforación para permitir a la sonda curvar suavemente desde su posición vertical a la horizontal, posibilitando a su vez la pendiente necesaria para un mejor proceso de purgado.

### 2.2.2. Tramo horizontal (Conexión al colector)

A la salida de cada sondeo se conectarán dos piezas en Y para unir dos a dos los 4 tubos que forman la sonda: los dos de ida y los dos de retorno. Se pasará entonces de 2 tubos de ida de 32 mm de diámetro a uno de 40 mm. De igual forma, se pasará de 2 tubos de retorno de 32mm a uno de 40mm.

De cada sondeo saldrán 2 tuberías de 40 mm de diámetro (ida y retorno) que discurrirán sobre una base de arena de 10 cm de espesor a una profundidad aproximada de entre 70 y 80 cm. La separación entre las tuberías de ida y retorno será la máxima posible en el camino entre la sonda y el colector.

Sobre esta última capa de arena se depositará una capa de tierra de entre 30 y 40 cm de espesor, sobre la que se ubicará una banda plástica testigo que avise de la presencia de dos tubos en caso de excavación.

Por último, se rellenará con tierra vegetal de manera que el crecimiento de plantas de raíz corta sea posible.

La colocación de un tubo de 200mm en la boca de cada sondeo hasta superficie permitirá el acceso visual a las uniones por soldadura entre tubos.

Si las tuberías atraviesan muros, tabiques o forjados se dispondrán manguitos protectores, no interrumpiéndose el aislamiento en el paso con el manguito.

Para reducir al mínimo el número de uniones entre las sondas y el colector, la longitud de las tuberías será la máxima posible.

No se realizarán uniones en los pasos de muros, tabiques o forjados.

Todas las tuberías deberán ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos, electrónicos o de telecomunicaciones, guardando una distancia de al menos 30 cm en paralelo.

Con respecto a las conducciones de gas, se guardará al menos una distancia de 3cm.

Durante el montaje y unión de las tuberías, estas deberán protegerse con tapas que impidan la entrada de suciedad y/o escombros.

Las uniones de tuberías de polietileno de alta densidad o de polietileno reticulado (PEX) se ejecutarán por el método de electrofusión. En este método, una junta intermedia con un alambre térmico en su interior permite la unión de dos elementos.

En el proceso de electrofusión, el alambre térmico en el accesorio se calienta mediante una corriente de baja tensión. El material circundante del alambre se funde y expande por la acción del calor, cerrando el espacio entre la tubería, que también se calienta y se funde en la zona de soldadura. La expansión del material entre la tubería y la junta produce una acumulación de presión de soldadura entre ambos y una conexión de soldadura homogénea.

Los pasos para la realización de una soldadura por electrofusión son los siguientes:

2. Limpieza con disolvente de las tuberías a unir.
3. Raspado de los extremos de la tubería a introducir en la junta.
4. Amordazado de tuberías y junta de unión.
5. Aplicación de corriente eléctrica con máquina de electrofusión
6. Período de enfriamiento.

La transición de polietileno a otros materiales como el cobre se realizará mediante piezas adaptadoras termosoldables. Estas incorporarán una rosca a la que se roscará el elemento de cobre mientras que serán termosoldadas a la tubería de polietileno.

No se permite la conexión directa mediante rosca o por unión mecánica de una tubería de polietileno con otra de un material de distinta naturaleza como es el cobre. Será necesario emplear accesorios de transición.

### **2.2.3. Equipos electromecánicos**

La mayoría de las disposiciones que siguen a continuación ya fueron definidas en el proyecto anterior relativo al diseño de la instalación térmica del edificio. Sin embargo, no perjudica en ningún caso la reiteración de las mismas en este pliego.

Cuando sea posible, los equipos se montarán de forma que sean fácilmente accesibles para su conservación, reparación o sustitución. La instalación será especialmente cuidada en aquellas zonas en que, una vez montados los aparatos, sea de difícil reparación cualquier error cometido en el montaje, o en las zonas en que las reparaciones obligase a realizar trabajos de albañilería.

Las partes móviles de máquinas que sean accesibles desde el exterior de las mismas estarán debidamente protegidas.

Los puntos de engrase, ajuste, comprobación y puesta a punto serán fácilmente accesibles desde el exterior del equipo, sin necesidad de mover el equipo de su lugar de instalación ni desconectarlo del circuito de fluido al que pertenezca.

Todo equipo estará provisto de las indicaciones y elementos de comprobación, señalización y tarado necesario para realizar con facilidad todas las verificaciones y comprobaciones precisas para su puesta a punto.

Las pérdidas de presión en las conducciones de fluidos deberán limitarse todo lo posible con el objeto de reducir el consumo de las bombas.

## ***EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO Y CALOR***

### **Condiciones generales**

Los equipos de producción general frío y/o calor que transportan en agua hasta las baterías de los elementos emisores: climatizadores, fancoils, aerotermos, etc. Se componen al menos de:

condensador, evaporados, circuito frigorífico, compresor y controles automáticos. Se suministrarán con la carga inicial de refrigerante.

Dichos equipos deberán cumplir lo especificado en el reglamento de seguridad para plantas en instalaciones frigoríficas. Deberán cumplir, además, lo que se especifique en el Reglamento de equipos a presión y en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE). Los equipos irán provistos de placa de identificación y documentación.

## **CONEXIONES A APARATOS**

### **Condiciones generales**

Las conexiones de los aparatos y quipos a las redes de tuberías se harán de forma que no exista interacción mecánica entre aparato y tubería, exceptuando las bombas en línea, no debiendo transmitirse al equipo ningún esfuerzo mecánico a través de la conexión de tubería.

Toda conexión será realizada de tal manera que pueda ser fácilmente desmontable para sustitución o reparación de equipo o aparato.

### **Conexiones de válvulas de seguridad o descarga**

Las válvulas de seguridad de cualquier tipo deberán estar dispuestas de forma que por medio de una adecuada canalización, el vapor o agua que por aquellas puedan salir sea conducido directamente a la atmósfera. La salida de vapor o agua deberá ser visible.

Existirá siempre una válvula entre el generador y la red de impulsión, y otra entre el generador y la red de retorno, de forma que dicho generador pueda ser desconectado sin necesidad de vaciar previamente la instalación.

### **Montaje y desmontaje**

Deben disponerse las válvulas necesarias para poder aislar todo equipo o aparato de instalación para su reparación o sustitución.

## **CANALIZACIONES**

### **Normas generales**

Las tuberías estarán instaladas de forma que su aspecto sea limpio y ordenado, dispuestas en líneas paralelas o a escuadra con los elementos estructurales del edificio o con tres ejes perpendiculares entre sí.

Las tuberías horizontales, en general, deberán estar colocadas lo más próximas al techo o al suelo, dejando siempre espacio suficiente para manipular el aislamiento térmico.

La holgura entre tuberías o entre éstas y los paramentos, una vez colocado el aislamiento necesario, no será inferior a 3 cm.

La accesibilidad será tal que pueda manipularse o sustituirse una tubería sin tener que desmontar el resto.

En ningún momento se debilitará un elemento estructural para poder colocar la tubería, sin autorización expresa del director de la obra de edificación.

### Tramos curvos

En los tramos curvos los tubos no presentarán garrotas y otros defectos análogos, ni aplastamiento y otras deformaciones en su sección transversal

Siempre que sea posible, las curvas se realizarán por centrado de los tubos con piezas curvas, evitando en lo posible la utilización de codos.

En los tubos de acero soldado las curvas se harán de forma que las costuras queden en la fibra neutra de la curva. En caso de que existan una curva y una contracurva, situadas en planos distintos, ambas se realizarán con tubo de acero sin soldadura.

En ningún caso la sección de la tubería en las curvas será inferior a la sección en tramo recto.

### Pendientes

Las tuberías para agua caliente se colocarán de manera que no puedan formarse en ellas bolsas de aire.

Para la evacuación automática del aire hacia los purgadores, los tramos horizontales deberán tener una pendiente mínima del 0,5% cuando la circulación sea por gravedad o del 0,2% cuando la circulación sea forzada. Cuando debido a las características de la obra haya que reducir la pendiente, se utilizará el diámetro de tubería inmediatamente superior al necesario.

La pendiente será ascendente hacia los purgadores y con preferencia en el sentido de circulación del agua.

### Anclajes y suspensiones

En general, los anclajes de las tuberías serán los suficientes para que una vez calorifugados, no se produzcan flechas superiores al 2 por mil, ni ejerzan esfuerzo alguno sobre elementos o aparatos a los que estén unidas.

La sujeción se hará con preferencia en los puntos fijos y partes centrales de los tubos, dejando libres zonas de posible movimiento tales como curvas.

Cuando por cualquier razón sea conveniente evitar desplazamientos no apropiados para el funcionamiento correcto de la instalación, tales como desplazamientos transversales o giros en uniones, en estos puntos se colocará un elemento de guiado.

Los elementos de sujeción y de guiado permitirán la libre dilatación de la tubería, y no perjudicarán el aislamiento de la misma.

La colocación de abrazaderas será de tal forma que permita el fácil desmontaje de los tubos, exigiéndose la utilización de material elástico entre sujeción y tubería.

Existirá al menos un soporte entre cada dos uniones de tubería, siendo recomendable la colocación de éstos al lado de cada unión de dos tramos de tubería.

Los soportes de madera o alambre serán admisibles únicamente durante la colocación de la tubería, pero deberán ser sustituidos por las piezas indicadas en estas prescripciones.

Los anclajes de la tubería serán lo suficientemente robustos para soportar cualquier empuje normal, el peso de las presiones no compensadas y los esfuerzos de expansión.

Los colectores se sujetarán adecuadamente y en ningún caso deberán descansar sobre generadores y otros equipos.

Queda prohibido soldar la tubería a los soportes, elementos de sujeción o anclajes.

### **Pasos por muros, tabiques o forjados**

Cuando las tuberías pasen a través de muros, tabiques o forjados se dispondrán manguitos protectores que dejen espacio libre alrededor de la tubería, debiéndose rellenar este espacio con una materia plástica. Si la tubería va aislada, no se interrumpirá el aislamiento en el manguito.

### **Uniones**

Los tubos tendrán la mayor longitud posible con objeto de reducir al mínimo el número de uniones

En las uniones soldadas en tramos horizontales, los tubos se enrasarán por su generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.

Antes de efectuar una unión, se repararán las tuberías para eliminar las rebabas que puedan haberse formado al cortar los tubos.

No se podrán realizar uniones en los cruces de muros, forjados o tabiques. No se permite la ocultación o enterramiento de uniones mecánicas.

### **Tuberías ocultas**

Solamente se autorizarán las canalizaciones enterradas o empotradas cuando el estudio del terreno o medio que las rodea asegure su no agresividad o se prevea la correspondiente protección contra la corrosión.

Las tuberías empotradas y ocultas en forjados deberán disponer del adecuado tratamiento anticorrosivo, debiendo estar suficientemente resuelta la libre dilatación de la tubería y el contacto de ésta con los materiales de construcción

Se evitará en lo posible la utilización de materiales diferentes en una misma canalización, de manera que se prevea la formación de pares galvánicos. Cuando ello fuese necesario, se aislarán eléctricamente unos de otros, o se practicará una protección catódica adecuada.

Las tuberías ocultas en terreno deberán disponer de una adecuada protección anticorrosiva, recomendándose que discurran por galerías o por zanjas rodeadas de arena lavada o inerte.

### **Purgas o drenajes**

Los puntos altos de los circuitos deben estar provistos de un dispositivo de purga de aire, manual o automático. El diámetro nominal del purgador no será menos de 15 mm.

Se colocarán purgadores automáticos o manuales en cantidad suficiente para evitar la formación de bolsas de aire en tuberías o aparatos en los que por su disposición fuesen previsibles.

### **Vaciados**

Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total.

En cada rama de la instalación que pueda aislarse existirá un dispositivo de vaciado de la misma.

Cuando las tuberías de vaciado puedan conectarse a un colector común que las lleve a un desagüe, esta conexión se realizará de forma que el paso del agua desde la tubería al colector sea visible.

### **Acometidas de agua a equipos y redes**

En toda instalación de agua existirá un circuito de alimentación que disponga de una válvula de retención y otra de corte antes de la conexión a la instalación, recomendándose además la instalación de un filtro.

La alimentación automática de agua a las instalaciones únicamente se permitirá cuando esté suficientemente garantizado el control de la estanqueidad de la misma.

En cualquier caso, la alimentación de agua al sistema no podrá realizarse, por razones de salubridad, mediante conexión directa a la red de distribución urbana.

### **Dilatadores**

Para compensar las dilataciones en las tuberías se dispondrán las liras, dilatadores lineales o elementos análogos cuando fuera necesario. Las liras y curvas de dilatación serán del mismo material que la tubería

Los elementos dilatadores irán colocados de forma que permitan a las tuberías dilatarse con movimientos en la dirección de su propio eje, sin que se originen esfuerzos transversales. Se colocarán guías junto a los elementos de dilatación.

Se dispondrá del número de elementos de dilatación necesario para que la posición de los aparatos conectados no se vea afectada, ni se vean sometidos a esfuerzos indebidos como consecuencia de los movimientos de dilatación de las tuberías.

## Filtros

Todos los filtros de malla y/o tela metálica que se instalen en los circuitos de agua con el propósito de proteger los aparatos de la suciedad acumulada durante el montaje, deberán ser retirados una vez terminada la limpieza del circuito.

Las bombas de circulación se habrán dimensionado sin tener en cuenta la pérdida de carga proporcionada por las mallas de los filtros.

## Relación con otros servicios

Todas las tuberías ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos, electrónicos o de telecomunicaciones, guardando una distancia de al menos 30 cm en paralelo. Con respecto a las conducciones de gas, se guardará al menos una distancia de 3 cm.

## VÁLVULAS

Todas las válvulas deberán cumplir las normas correspondientes.

El fabricante deberá suministrar la pérdida de carga a obturador abierto y la hermeticidad a obturador cerrado y presión diferencial máxima.

Todas las válvulas serán fácilmente accesibles.

Estarán provistas de racores de conexión con la tubería, permitiendo un fácil desmontaje.

No se instalará ninguna válvula con su vástago por debajo del plano horizontal que contiene el eje de la tubería.

Se pondrá especial cuidado en la posición de montaje de las válvulas respecto al sentido de flujo de la tubería.

## BOMBAS

### Generalidades

Las bombas utilizadas en la instalación térmica del edificio serán de tipo circuladora, simple de rotos seco y de una etapa. Con revestimiento por cataforesis, conexiones embridadas, cierre mecánico con refrigeración forzada y motor resistente al bloqueo.

En los circuitos en que puedan existir importantes variaciones de caudal, deberán montarse bombas en serie o bombas de caudal variable, en lugar de recurrir a by-pass o válvulas de tres vías.

En los circuitos de caudal constante la bomba se elegirá en el punto de máximo rendimiento.

Los rodets estarán equilibrados estática y dinámicamente, y se evitará que el impulsor transmita cualquier tipo de sobrecarga al motor, sea cual fuere el punto de funcionamiento de la bomba.

El cuerpo de la bomba, de tipo envolvente, tendrá sus conexiones de aspiración e impulsión embridadas y deberá ser desmontable para inspección del eje y rodete de la bomba.

En su parte inferior, cada bomba dispondrá de conexiones para purga automática y cebado.

### Instalación

Se instalará un manómetro en cada bomba circuladora para poder apreciar la presión diferencial a la entrada y a la salida. En el caso de bombas en paralelo, este manómetro puede ser único, situándose en el tramo común.

La bomba deberá ir montada en un punto tal que pueda asegurarse que ninguna parte de la instalación queda en depresión con relación a la atmósfera.

La presión a la entrada de la bomba deberá ser la suficiente para asegurar que no se producen fenómenos de cavitación ni a la entrada ni en el interior de la bomba.

El conjunto motor-bomba será fácilmente desmontable. En general, el eje del motor y de la bomba quedarán bien alineados, montándose un acoplamiento elástico si el eje de ambos no es común. Cuando los ejes de la bomba y del motor no estén alineados, la transmisión se efectuará mediante poleas trapezoidales.

Salvo en instalaciones individuales, con bombas especialmente preparadas para ello, estas no ejercerán ningún esfuerzo sobre la red de tuberías.

Cuando las dimensiones de las tuberías sean distintas a la de entrada y salida de la bomba, se efectuará un acoplamiento cónico con un ángulo en el vértice superior a 30°.

La bomba se instalará con la holgura suficiente a su alrededor para una fácil inspección de todas sus partes.

### *AISLAMIENTOS TÉRMICOS*

#### Generalidades

Con el fin de evitar los consumos energéticos de carácter superfluo, los aparatos, conductos y equipos que contengan fluidos a temperatura inferior a la del ambiente o superior a 30°C, dispondrán de aislamiento térmico para reducir las pérdidas de energía.

El aislamiento térmico de aparatos, equipos o conducciones metálicas, cuya temperatura de diseño sea inferior a la de rocío del ambiente que atraviesan, será impermeable al vapor de agua o, al menos, estará protegido por una caja que constituya una barrera de vapor.

Independientemente del espesor mínimo establecido en el RITE, la superficie exterior del aislamiento no podrá presentar, en servicio, una diferencia de temperatura mayor de 15°C respecto a la T<sup>a</sup> ambiente.

#### Materiales

El material de aislamiento no contendrá sustancias que se presten a la formación de microorganismos.

No desprenderá olor a la temperatura a la que va a ser sometido. No sufrirá deformaciones debidas a las temperaturas, ni como consecuencia de posibles condensaciones.

Será químicamente compatible con los materiales de la superficie sobre la que se coloque, sin provocar la corrosión de las tuberías en las condiciones normales de uso.

### **Instalación**

Hasta un diámetro de ciento cincuenta milímetros (15 cm) el aislamiento térmico de tuberías colgadas o empotradas deberá realizarse siempre con coquillas, no admitiéndose para este fin la utilización de lanas a granel o fieltros. Solo podrán utilizarse aislamientos a granel en tuberías empotradas en el suelo.

El aislamiento por sección y copa no presentará, en ningún caso, más de dos juntas longitudinales.

Las válvulas, bridas y accesorios se aislarán, preferiblemente, con casquetes aislantes desmontables del mismo espesor que el de la tubería en que estén instalados. Los casquetes se sujetarán por medio de abrazaderas de cinta metálica, provista de cierres de palanca para que sea sencillo su montaje y desmontaje.

Se utilizarán protecciones adicionales (forro de aluminio), en todas las tuberías, válvulas y accesorios a instalar en la sala de máquinas.

El aislamiento en conductos será el suficiente para que la pérdida térmica a través de sus paredes no sea superior al 1% de la potencia que transportan, evitando siempre su condensación. Se tomarán, pues, precauciones para evitar condensaciones en el interior de las paredes de los mismos.

### **ELEMENTOS DE REGULACIÓN Y CONTROL**

#### **Generalidades**

El sistema de control será el adecuado para la instalación de climatización diseñada, y habrá de garantizar las condiciones de diseño de la propia instalación.

Los elementos de regulación y control serán los apropiados para los rangos de temperatura, humedad y presión en que normalmente va a trabajar la instalación.

Los elementos de regulación y control se situarán adecuadamente, de tal manera que indiquen correctamente la magnitud que deben medir o regular, ya sea de un elemento o de un local.

Los termómetros y termostatos de ambiente se situarán suficientemente alejados de los elementos terminales instalados en los locales climatizados de manera que la magnitud de su medida no se vea afectada.

Los elementos de regulación y control deberán de poder dejarse fuera de servicio y sustituirse con el equipo en marcha.

Todos los elementos de regulación irán colocados en lugares que permitan ver fácilmente la posición de la escala indicadora o la posición de regulación.

### **Manómetros y termómetros**

Se instalarán manómetros y termómetros al menos en todos aquellos puntos que se indicaron en los Planos de la instalación.

#### **2.2.4. Especificaciones eléctricas**

Todo lo relativo al proyecto, construcción montaje y utilización de las instalaciones eléctricas se ajustará a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

### **2.3. CONDICIONES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

#### **2.3.1. Medición y abono**

Para la medición de las mismas Unidades de Obra servirá de base las definiciones contenidas en los Planos del Proyecto o las modificaciones autorizadas por el Director de Obra.

No será de abono al Contratista mayor volumen que el definido en los Planos o en las modificaciones autorizadas por el Director de Obra.

No será de abono al Contratista el coste de la obra que hubiera tenido que realizarse por orden del Director de Obra para subsanar cualquier defecto de ejecución.

Todos los precios se aplicarán a la Unidad de Obra totalmente terminada, con arreglo a las especificaciones de este proyecto.

Si alguna obra no se hubiese ejecutado con arreglo a las condiciones establecidas en este proyecto o en el Contrato, y fuera sin embargo admisible a juicio del Director de Obra, el precio a que debería abonarse lo fijará el Director de Obra.

Si esta obra no fuera admisible a juicio del Director de Obra, se demolerá y volverá a hacerse correctamente. Todo ello a cargo del Contratista.

El contratista facilitará al Director de Obra los replanteos, mediciones ensayos y pruebas, así como la inspección de la mano de obra en todos los trabajos, de forma que las condiciones establecidas en este pliego puedan ser comprobadas.

Si durante la ejecución de la obra fuera necesario ejecutar alguna obra pequeña no prevista en el proyecto y autorizada por el Director de Obra, esta se ejecutará con arreglo a lo dispuesto en este Pliego y a los Planos e instrucciones dictadas por el Director de Obra.

El abono de estas partidas se realizará a los precios que para ellas figuran en el Cuadro de Precios. Si alguno de los precios no figurara en dicho Cuadro, será el Director de obra el encargado de fijarlos de acuerdo a las pautas con que se han fijado los que figuran en los Cuadros.

Estará a cargo del Contratista la conservación de las obras en perfecto estado mientras no se produzca la recepción provisional de las mismas.

### 2.3.2. Responsabilidad del Contratista

El Contratista se compromete al cumplimiento de la legislación vigente en lo que respecta a protección social. Deberá seguir las normas en vigor de admisión de obreros, jornales, retiro de obreros, accidentes de trabajo, despidos, subsidios, etc. De igual manera, deberá cumplir cuanto se legisle mientras dure la ejecución de la obra.

El Contratista será el único responsable de las consecuencias que las transgresiones de los reglamentos enumerados pudieran causar, sin perjuicio de las facultades de la Dirección de Obra para presentar las objeciones que considerase procedentes al respecto.

Las omisiones en los Planos, Memoria y en el propio Pliego que sean indispensables para el adecuado desarrollo de la obra, deberán ser ejecutadas como si hubieran sido completados y correctamente especificados en dichos documentos.

El Contratista será responsable durante la ejecución de las obras de los daños o perjuicios que se ocasionen a cualquier persona, propiedad o servicio, como consecuencia de sus actos o de una deficiente organización de las obras.

Las personas, propiedades y servicios perjudicados deberán ser reparados y compensados de forma adecuada por parte del Contratista.

### 2.3.3. Garantías

El plazo de garantía será de un año si en el contrato no se estipula otro de mayor duración. Si durante el período de garantía se produjesen averías o defectos de funcionamiento, estos deberán ser subsanados gratuitamente por el Contratista, salvo que se demuestre que las averías han sido producidas por falta de mantenimiento o uso incorrecto.

Santander, Junio de 2015



Joaquín López Uriarte

# 3. PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

### 3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los resúmenes de los presupuestos asociados a cada una de las alternativas evaluados a lo largo de la memoria del proyecto. Para cada una de las alternativas se han tenido en cuenta los costes asociados a los materiales utilizados, la ejecución y el coste de las maquinas.

Tal como se comentó en la memoria de este estudio, la alternativa Nº1 se descartó por motivos técnicos. Las temperaturas del fluido que circula por el sistema alcanzan valores fuera de los límites establecidos, no permitiendo el funcionamiento del sistema. Por esta razón, la alternativa Nº1 no forma parte de este análisis de viabilidad económica.

### 3.2. VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS

En este apartado se disponen de los diferentes resúmenes de los presupuestos calculados de cada una de las alternativas planteadas, con el objetivo de analizar la viabilidad económica de cada una de ellas. Los resúmenes del presupuesto de cada alternativa son los siguientes:

#### 3.2.1. Resumen del presupuesto de la alternativa Nº2

01	TRAMO HORIZONTAL .....	20.060,02
02	SONDEOS VERTICALES.....	161.532,00
03	MAQUINARIA.....	49.400,00
04	OTROS.....	5.775,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		236.767,02

#### 3.2.2. Resumen del presupuesto de la alternativa Nº3

01	TRAMO HORIZONTAL .....	18.622,24
02	SONDEOS VERTICALES.....	143.436,00
03	MAQUINARIA.....	49.400,00
04	OTROS.....	8.137,50
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		219.595,74

#### 3.2.3. Resumen del presupuesto de la alternativa Nº3

01	TRAMO HORIZONTAL .....	18.622,24
02	SONDEOS VERTICALES.....	146.880,00
03	MAQUINARIA.....	49.400,00
04	OTROS.....	9.040,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		223.942,24

#### 3.2.4. Análisis de viabilidad económica

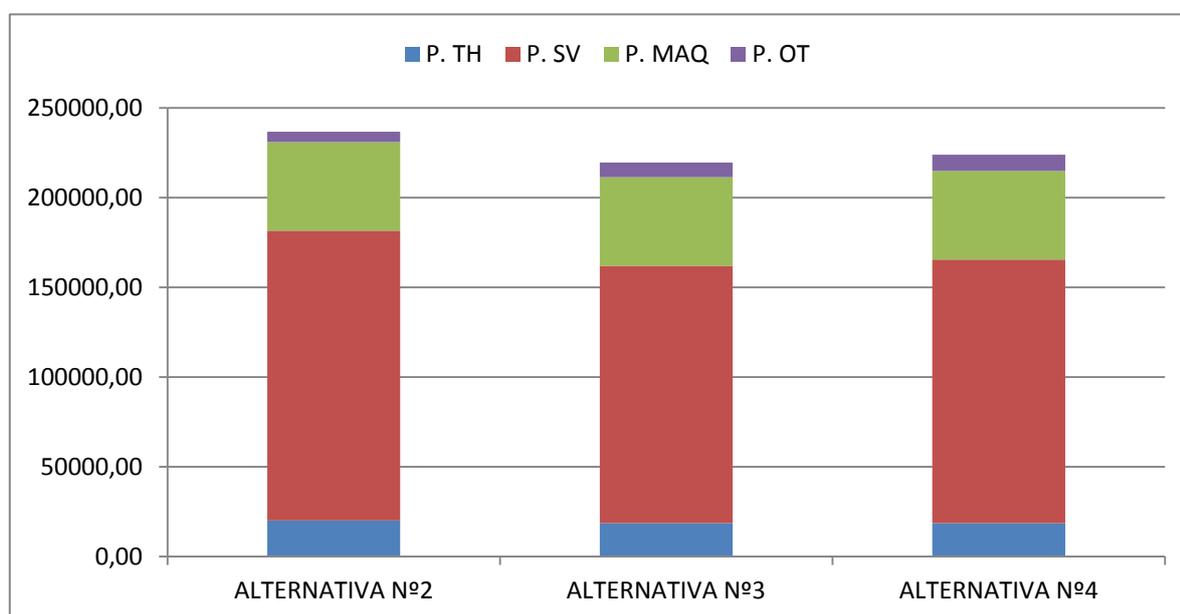
Para este análisis se recogen los resúmenes de los presupuestos de cada una de las alternativas en una tabla (TABLA 3), de forma que sus datos puedan ser analizados más cómodamente.

	P. TH	P. SV	P. MAQ	P. OT	PEM
<b>ALTERNATIVA Nº2</b>	20060,02 €	161534,00 €	49400,40 €	5775,00 €	236767,02 €
<b>ALTERNATIVA Nº3</b>	18622,24 €	143436,00 €	49400,00 €	8137,50 €	219595,74 €
<b>ALTERNATIVA Nº4</b>	18622,24 €	146880,00 €	49400,00 €	9040,00 €	223942,24 €

P.TH: Presupuesto Tramo Horizontal. P.SV: Presupuesto Sondeos Verticales. P.MAQ: Presupuesto Maquinaria. P. OT: Presupuesto Otros. PEM: Presupuesto de Ejecución Material.

TABLA 3 Resultados de los resúmenes de los presupuestos

Los resultados de la anterior tabla (TABLA 3) están representados en la siguiente gráfica:



GRÁFICA 1: Representación de los resultados de los resúmenes de cada alternativa

En un primer análisis se observa, tanto en la TABLA 3, como en la GRAFICA 1, que la alternativa Nº2 es la más cara debido a la gran cantidad de metro de perforación que se debe ejecutar, principalmente. Si se analiza también el presupuesto del tramo horizontal se observa que la alternativa Nº2 es también la más cara. Esto es debido a que los metros cúbicos de excavación y los metros de tubería son mayores por el mayor número de sondeos que se deben ejecutar.

Analizando el coste de los sondeos verticales se observa esta diferencia debido a que el metro de perforación de sondeo es más caro que el metro de intercambiador, por lo que reduciendo los metros de perforación se conseguirá un ahorro de los costes.

Por tanto, puesto que la alternativa Nº2 es un 7,81% más cara que la alternativa Nº3, y un 5,7% más cara que la alternativa Nº 4, puede ser descartada por motivos económicos.

La diferencia entre las alternativas N°3 y la N°4 es de 4346,5 €, un 1,9% del presupuesto de la alternativa N°3. Apenas hay diferencia económica significativa entre ambas, pero atendiendo a motivos técnicos la alternativa N°4 está dispuesta del lado de la seguridad, mientras que la alternativa N°3 está ligeramente más ajustada a los valores límites. Por tanto para asegurar el mejor funcionamiento del sistema diseñado se decide que la alternativa N°4 es la alternativa más adecuada con un presupuesto base de licitación de 322.454,42 €.

### 3.3. PRESUPUESTO Y MEDICIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

#### PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>01</b>	<b>TRAMO HORIZONTAL</b>			
<b>S01</b>	<b>TRAMO HORIZONTAL</b>			
01.1	Ud DISTRIBUIDOR Suministro e instalación de distribuidor de polietileno de alta densidad PE 100, con 12 salidas para tubos de polietileno de 40 mm, dotado de válvulas de equilibrado, válvulas de bola de PVC, con racor de 3/4" como grifo de llenado y vaciado, con 3 orificios con rosca 1/2" para alojamiento de termómetro, purgadores y otros accesorios, totalmente montado e instalado según especificaciones.			
		2,00	2.850,00	5.700,00
01.2	m PE100 40mm Suministro e instalación de tubería para circuito de conexión horizontal entre distribuidor/colector y sondeos, de polietileno de alta densidad PE100, diámetro nominal 40mm, relación de diámetros SDR11 y PN16.			
		450,00	2,98	1.341,00
01.3	m3 EXCAVACIÓN Excavación en zanja sobre terreno sin clasificar por medios mecánicos, retirada de materiales y carga a camión, para conexión de sondeos geotérmicos, con cama y manta de arena			
		168,00	26,30	4.418,40
01.4	m PE100 63mm Suministro e instalación de tubería de polietileno de alta densidad PE100 para circuito entre el colector/distribuidor y las bombas de calor geotérmicas, diámetro nominal 63 mm, PN16 con coquilla flexible de espuma elastomérica de espesor 30mm. Totalmente montada y probada.			
		16,00	6,23	99,68
01.5	Ud MANGUITO ELECTROSOLDABLE 40mm Suministro e instalación de manguito electrosoldable para soldadura termoelectrica de tubería de polietileno (PE), diámetro nominal 40mm, relación de diámetros SDR11 y PN16.			
		25,00	15,50	387,50

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
--------	---------	----------	--------	---------

01.6	<b>Ud MANGUITO ELECTROSOLDABLE 32mm</b> Suministro e instalación de manguito electrosoldable para soldadura termoelectrica de tubería de polietileno (PE), diámetro nominal 32mm, relación de diámetros SDR11 y PN16.	50,00	13,50	675,00
01.7	<b>Ud "Y" DE UNIÓN 32-32-40</b> Pieza de unión doble diámetro 32mm que se transforma a unión única de diámetro 40mm, para conexión entre tramo horizontal y sondeo (32-32-40).	24,00	58,18	1.396,32
01.8	<b>Ud SISTEMA DE CEBADO</b> Suministro e instalación de los componentes necesarios para la completa instalación del sistema de cebado, incluidas las pruebas posteriores y elementos necesarios para su colocación.	1,00	1.420,00	1.420,00

### S02 VALVULAS

01.9.1	<b>Ud Válvula de corte</b> Suministro e instalación de válvula de esfera con diámetros entre 1/2" y 2"; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.	48,00	16,00	768,00
01.9.2	<b>Ud Válvula de llenado</b> Suministro e instalación de válvula de llenado con diámetros entre 1/2" y 2"; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.	2,00	14,30	28,60
01.9.3	<b>Ud Válvula de equilibrado</b> Suministro e instalación de válvula de equilibrado con diámetro de 40mm, incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.	12,00	120,00	1.440,00

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.9.4	<b>Ud Válvula antirretorno</b> Suministro e instalación de válvula antirretorno con diámetros entre 1/2" y 2"; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.	2,00	13,00	26,00
01.9.5	<b>Ud Vaso de expansión</b> Suministro e instalación de un vaso de expansión tipo 50 AMR (o similar), con conexión de 1" y una presión máxima de 10 bar.	2,00	159,49	318,98
01.9.6	<b>Ud Manómetro</b> Suministro e instalación de manómetro, incluidos los elementos necesarios para su instalación, rosca entre 1/8" y 1/2" y presión entre 0 y 25 bar.	2,00	5,30	10,60
01.9.7	<b>Ud Termomanómetros</b> Suministro e instalación de termomanómetros, con escala de temperaturas de 120 °C y una escala de presión de 0 - 6 Kgr./cm2. Incluidos los elementos necesarios para su montaje	12,00	36,00	432,00
01.9.8	<b>Ud Purgador automático</b> Suministro e instalación de purgador automático de discos de rosca 1/2". Se incluyen los elementos necesarios para su montaje.	2,00	8,19	16,38
01.9.9	<b>Ud Grupo de seguridad</b> Suministro e instalación de bloque de seguridad, con cuerpo de latón, formado por válvula de seguridad tarada a 3 bar, purgador automático de aire con válvula de retención, manómetro con escala de 0 a 4 bar y conexión hembra de 1" de diámetro. Se incluyen los elementos que sean necesarios en su montaje	2,00	71,89	143,78

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO      RESUMEN      CANTIDAD    PRECIO      IMPORTE

### 02      SONDEOS VERTICALES

02.1	<b>Ud Sonda PEX 32mm</b> Suministro e instalación de sonda geotérmica doble formada por tubos de polietileno reticulado (PEX), de 150m de longitud, de diámetro nominal 32mm, incluyendo peso en pie de sonda.	12,00	1.731,00	20.772,00
02.2	<b>m PERFORACIÓN</b> Ejecución de perforación en suelo no cohesivo, de diámetro 140 mm y profundidad 148m para instalación de sondas geotérmicas. Incluido emplazamiento y puesta en obra de máquina de perforación y traslado de máquina entre emplazamiento de sondeos.	1.776,00	36,00	63.936,00
02.3	<b>Ud TUBO DE INYECCIÓN</b> Suministro e instalación de tubo para inyección de relleno, formado por tubo de polietileno de alta densidad, diámetro 32 mm, para la inyección del material de relleno desde la base inferior de la perforación.	12,00	286,00	3.432,00
02.4	<b>m RELLENO DE MORTERO</b> Mortero con altas propiedades de transmisión térmica, fabricación e inyección de material de relleno geotérmico, ejecutado según especificaciones.	1.780,00	33,00	58.740,00

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
--------	---------	-----	----------	---------	--------	----------	--------	---------

### 03 MAQUINARIA

03.1	<b>Ud BOMBA CIRCULADORA</b> Bomba circuladora con variador de frecuencia (electrónica) inline simple de rotor seco de una etapa, para montaje directo en tubería. Modelo Wilo VeroTwin DP-E (o similar), con potencia nominal del motor de 3kW, apta para temperaturas desde -10 °C hasta 120 °C, motor resistente al bloque, 2900 r.p.m. nominales, 2 polos, alimentación trifásica 400V/50Hz, protección por manómetro, válvulas de esfera y tubería de cobre; p/p de elementos de montaje; caja de conexiones eléctricas con condensador y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.							
						4,00	7.700,00	30.800,00
03.3	<b>Ud BOMBA DE CALOR 200V</b> Bomba de calor DYNACIAT ILG 200V(o similares), reversible, con una potencia calorífica de 68.3kW, una potencia frigorífica de 50.5k y un COP de 3.95. Con un caudal de agua mínimo de 9m3/h y un caudal máximo de 25m3/h.							
						2,00	9.300,00	18.600,00

### 04 OTROS

04.1	<b>I ANTICONGELANTE</b> Anticongelante (etilenglicol) para llenado de circuito del campo de sondas.							
						1.600,00	5,65	9.040,00

### 3.4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

#### RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	TRAMO HORIZONTAL.....	18.622,24	8,32
02	SONDEOS VERTICALES .....	146.880,00	65,59
03	MAQUINARIA .....	49.400,00	22,06
04	OTROS .....	9.040,00	4,04
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>223.942,24</b>	
	13,00 % Gastos generales.....	29.112,49	
	6,00 % Beneficio industrial.....	13.436,53	
	Suma.....	42.549,02	
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b>		<b>266.491,26</b>	
	21% IVA.....	55.963,16	
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>		<b>322.454,42</b>	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de TRESCIENTOS VEINTIDOS MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS

Santander, Junio 2015.



Joaquín López Uriarte

## 4. PLANOS



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO ESTUDIO DE GEOTERMIA	TITULO USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL COLEGIO MAYOR JUAN DE LA COSA	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TITULO DEL PLANO SITUACIÓN	AUTOR Joaquín López Uriarte		ESCALA 1/8000000	FECHA Junio 2015	PLANO 1
				PROVINCIA CANTABRIA						HOJA 1 DE 3



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

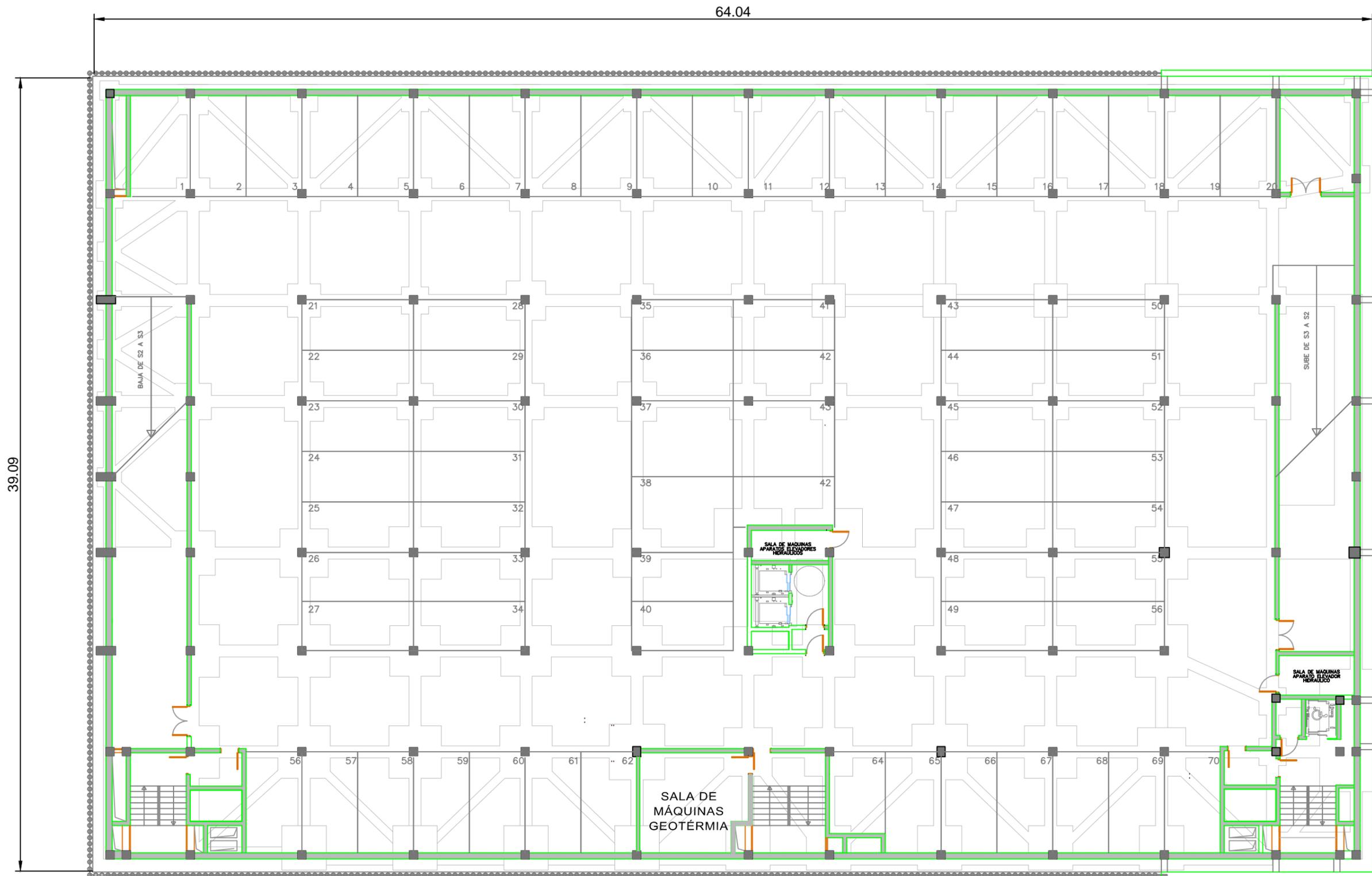
 <p>ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</p>	<p>TIPO ESTUDIO DE GEOTERMIA</p>	<p>TITULO USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL COLEGIO MAYOR JUAN DE LA COSA</p>	<p>TERMINO MUNICIPAL SANTANDER</p>	<p>TITULO DEL PLANO SITUACIÓN</p>	<p>AUTOR Joaquín López Uriarte</p> 	<p>ESCALA 1/400000</p>	<p>FECHA Junio 2015</p>	<p>PLANO 1</p>
			<p>PROVINCIA CANTABRIA</p>					<p>HOJA 2 DE 3</p>



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

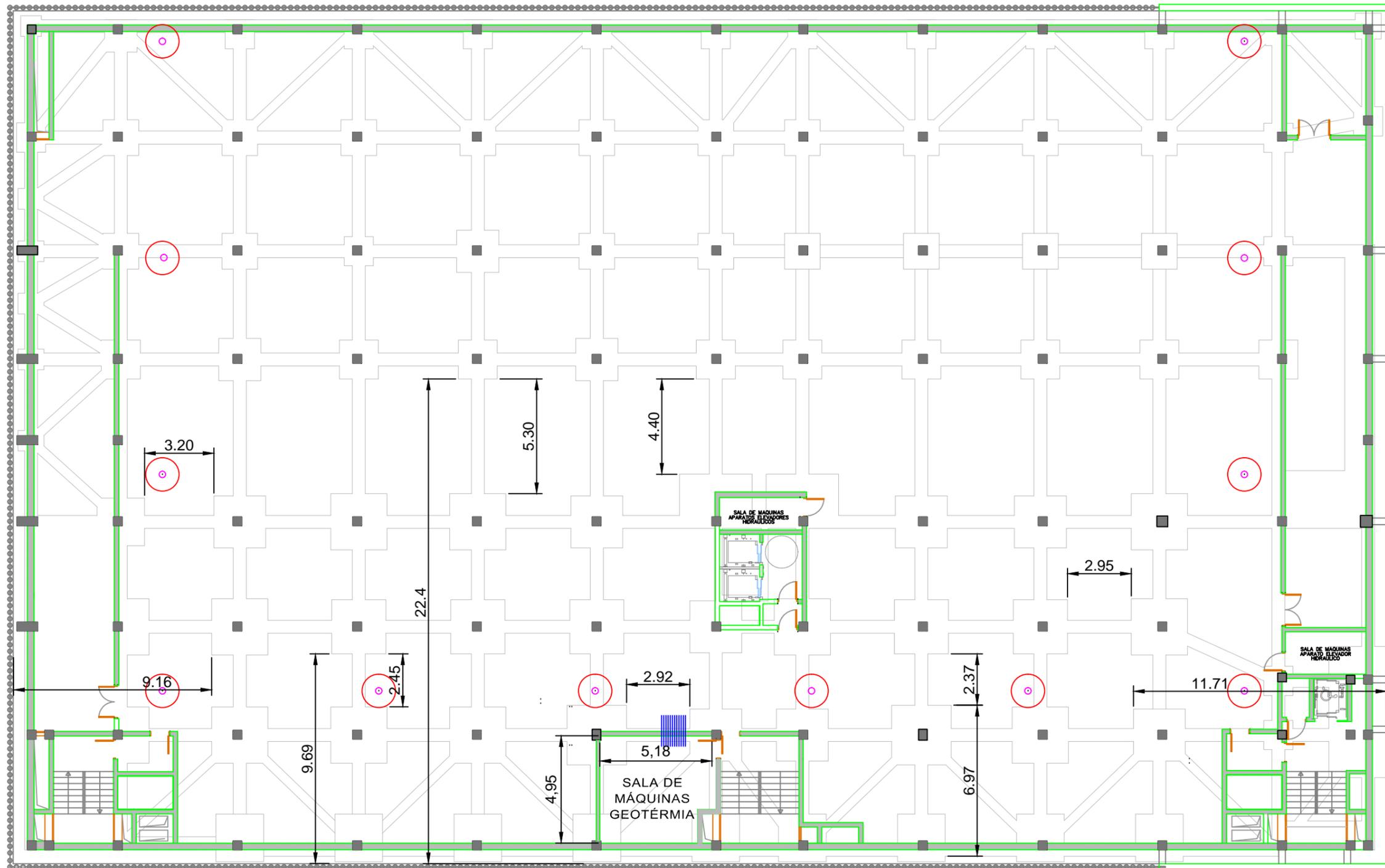
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO ESTUDIO DE GEOTERMIA	TITULO USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL COLEGIO MAYOR JUAN DE LA COSA	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TITULO DEL PLANO SITUACIÓN	AUTOR Joaquín López Uriarte		ESCALA 1/5000	FECHA Junio 2015	PLANO 1
				PROVINCIA CANTABRIA						HOJA 3 DE 3



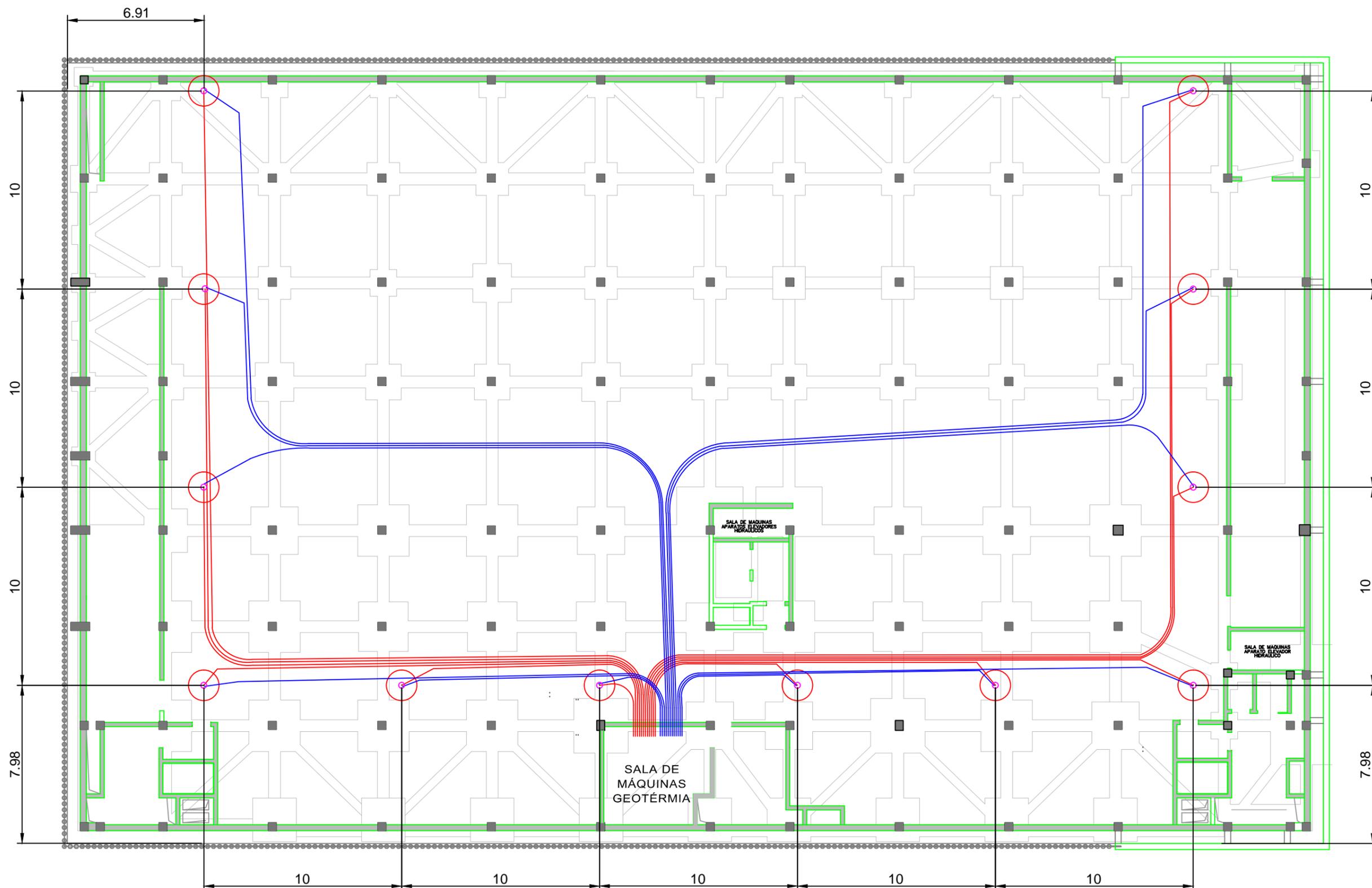
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

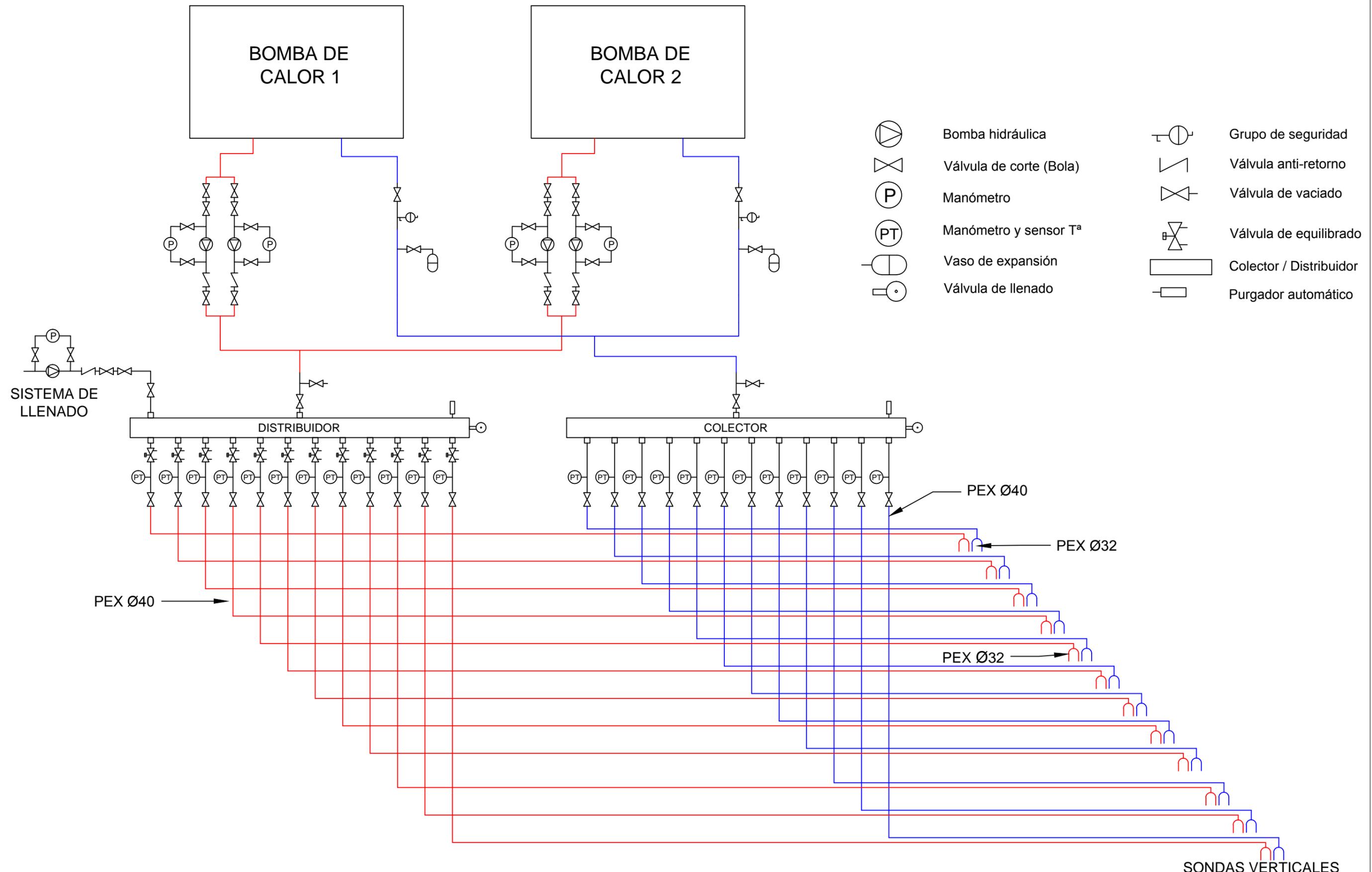
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO ESTUDIO DE GEOTERMIA	TITULO USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL COLEGIO MAYOR JUAN DE LA COSA	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TITULO DEL PLANO PLANTA BAJA	AUTOR Joaquín López Uriarte		ESCALA 1/200	FECHA Junio 2015	PLANO 1
				PROVINCIA CANTABRIA						HOJA 1 DE 2



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO ESTUDIO DE GEOTERMIA	TITULO USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL COLEGIO MAYOR JUAN DE LA COSA	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TITULO DEL PLANO PLANTA BAJA	AUTOR Joaquín López Uriarte		ESCALA 1/200	FECHA Junio 2015	PLANO 1
				PROVINCIA CANTABRIA						HOJA 2 DE 3



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO ESTUDIO DE GEOTERMIA	TITULO USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL COLEGIO MAYOR JUAN DE LA COSA	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER PROVINCIA CANTABRIA	TITULO DEL PLANO SONDEOS	AUTOR Joaquín López Uriarte		ESCALA 1/200	FECHA Junio 2015	PLANO 1 HOJA 3 DE 3



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO ESTUDIO DE GEOTERMIA	TITULO USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL COLEGIO MAYOR JUAN DE LA COSA	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TITULO DEL PLANO ESQUEMA DE PRINCIPIO	AUTOR Joaquín López Uriarte		ESCALA 1/200	FECHA Junio 2015	PLANO 1
				PROVINCIA CANTABRIA						HOJA 1 DE 1