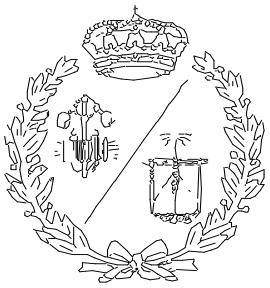
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

PROYECTO DE INSTALACIÓN GEOTÉRMICA DE MUY BAJA ENTALPÍA EN UNA VIVIENDA EN LA PROVINCIA DE BADAJOZ

Project of a low enthalpy geothermal system in a dwelling house in Badajoz (Spain)

Para acceder al Título de

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERIA INDUSTRIAL

Autor: Irene García Cerro

Septiembre - 2022

TÍTULO	**PROYECTO DE INSTALACIÓN GEOTÉRMICA DE MUY BAJA ENTALPÍA EN UNA VIVIENDA EN LA PROVINCIA DE BADAJOZ**		
AUTOR	**Irene García Cerro**		
DIRECTOR / PONENTE	**Pablo Pascual Muñoz**		
TITULACIÓN	*Máster en Ingeniería Industrial*	**FECHA**	Septiembre de 2022

PLABRAS CLAVE: ESTUDIO, GEOTÉRMICA, FOTOVOLTAICA, BOMBA DE CALOR

OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como objetivo analizar y proponer el diseño de un sistema de energía geotérmica en una vivienda unifamiliar situada en La Zarza (Extremadura).
Se proyectará la instalación de este sistema de aprovechamiento de calor para conseguir cubrir las necesidades energéticas del agua caliente sanitaria (ACS) y la climatización de la vivienda mediante suelo radiante.

Para ello se realizarán los cálculos necesarios para determinar el número de sondeos, los elementos esenciales para llevar a cabo la instalación y su posterior ejecución. En la memoria se detallará la información necesaria para el correcto análisis y dimensionamiento de la instalación como son: emplazamiento, estudios geológicos, hidrogeológicos, geotérmicos, climatológicos de la zona y la demanda existente en la vivienda. Con los datos obtenidos de todo ello se simularán las diferentes opciones de instalación que permitan satisfacer la demanda de la vivienda. Finalmente se seleccionará el dimensionamiento óptimo, determinando la opción constructiva que mejor se adapte.

Durante el desarrollo del presente proyecto se observa la necesidad de incluir una nueva fuente de energía renovable para permitir una climatización sin consumo de energía procedente de fuentes no renovables. Para ello se añade una instalación fotovoltaica al proyecto, la cual tras el dimensionamiento permitirá satisfacer la demanda total de energía eléctrica de la vivienda.

CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO

Se debe de conocer la ubicación y características climatológicas, geológicas, hidrogeológicas y geotérmicas que afectarán a la instalación geotérmica objeto del proyecto. Esta se sitúa en una vivienda unifamiliar en La Zarza, pueblo perteneciente a Badajoz donde viven 4 personas de forma habitual. La temperatura media de esta localidad es de 22 °C, con inviernos suaves y veranos de altas temperaturas.

El subsuelo del área donde se proyecta la instalación no presenta aguas subterráneas ni acuíferos por lo que se prestará atención únicamente a las formaciones geológicas que lo conforman. Predomina la existencia de arenas saturadas de agua y arcillas saturadas también con valores de conductividad térmica 2,4 y 1,7 W/m·K respectivamente.

BASES DE DISEÑO

Esta vivienda se encuentra climatizada mediante una instalación con caldera de gasoil de la marca ROCA modelo LAIA 20 GTI CONFORT con una potencia nominal de 29,07kW y un rendimiento del 89,4%. Como bases de diseño se tomarán los datos del consumo habitual de gasoil en las circunstancias actuales.

Conociendo las características geológicas del terreno conoceremos las posibilidades de intercambio que este ofrece. Tras los estudios analizados, conociendo los materiales existentes en el terreno, determinaremos una conductividad térmica del terreno de 2,05W/m·K y una capacidad térmica de 2,5MJ/m^3·K. Con estos dos datos y los resultados obtenidos en las simulaciones, seleccionaremos una bomba de calor reversible modelo Ageo+ 40H del fabricante Grupo Ciat S.A. que funcionará en modo refrigeración o calefacción en función de las necesidades de la vivienda. La potencia calorífica de esta es de 11,5 kW y frigorífica de 9,2 kW.

ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS

Para determinar el dimensionamiento óptimo de los sondeos, el número de ellos, la profundidad y su configuración, se partirá de la demanda energética existente en la vivienda junto a la de la nueva maquinaria a instalar en la instalación geotérmica. Se realizan las simulaciones para conocer el comportamiento térmico del subsuelo en una vida útil de 25 años, asegurando así su funcionamiento durante estos años. Los cálculos necesarios para conocer estos resultados se ejecutan mediante el software de simulación EED 3.2 utilizado habitualmente en el diseño de intercambiadores geotérmicos verticales.

Las 5 simulaciones realizadas aseguran cubrir la demanda de la vivienda. Todas ellas presentan las mismas características técnicas de sonda en doble U. Cada una de ellas difiere en la longitud total de la sonda, en el caso de las simulaciones con dos perforaciones se modificará la distancia entre ellas. Analizando los resultados ofrecidos se determina la óptima.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

Tras el dimensionamiento completo de la instalación geotérmica, se proyecta la realización de dos sondas geotérmicas con una longitud total de intercambio de calor de 132,8 metros. A la instalación geotérmica se unirá una instalación fotovoltaica para cubrir las necesidades tanto de las bombas que forman parte de la instalación principal como del resto de cargas que demanden energía eléctrica en la vivienda. Esta instalación fotovoltaica estará compuesta de 37 paneles, todos ellos dispuestos en el tejado de la vivienda.

El presupuesto total de la ejecución material alcanza los 63.544,09 €, incluyendo la ejecución material de todas las partes de la instalación de intercambio geotérmico, sala técnica, y el sistema fotovoltaico completo. El presupuesto de la ejecución por contrata es de 91.497,14 €.

TITLE	**PROJECT OF A LOW ENTHALPY GEOTHERMAL SYSTEM IN A DWELLING HOUSE IN BADAJOZ (SPAIN)**		
AUTHOR	**Irene García Cerro**		
DIRECTOR	**Pablo Pascual Muñoz**		
DEGREE	*Master in industrial Engineering*	**DATE**	September 2022

KEYWORDS: STUDY, GEOTHERMAL ENERGY, PHOTOVOLTAIC, HEAT PUMP

THE PURPOSE OF THE STUDY

The aim of this project is to study and propose the design of a geothermal energy system in a dwelling house in in La Zarza (Badajoz, Extremadura).

Numerous calculations and simulations will be carried out in order to obtain the dimensions of the installation. The number of geothermal probes is obtained, which will supply the demand for domestic hot water (DHW) and air conditioning.

After obtaining the optimal characteristics of the installation (components: pumps, pipes, collectors, etc.) the process of execution of the installation is described. Finally, the total budget of the installation is included.

A photovoltaic installation is included to cover the electrical demand. This renewable energy allows the elimination of non-renewable sources in the house. The secondary installation will cover the electrical demand of the geothermal installation and also the rest of the electrical loads of the house.

SITE CHARACTERISTICS

It is necessary to know all about the location and the climatological, geological, hydrogeological, and geothermal characteristics that will affect the geothermal installation. It is located in a single-family house in La Zarza, a village in the province of Badajoz. In this house live a 4 people family. The average temperature in this village is 22 °C, with mild winters and hot summers.

The subsoil of the area where the installation is planned has no groundwater or aquifers, so attention will be paid only to the geological formations that make up the subsoil. Water-saturated sands and saturated clays predominate, with thermal conductivity values of 2.4 and 1.7 W/m·K respectively.

BASIS OF DESIGN

Now this house is conditioned with a ROCA model LAIA 20 GTI CONFORT oil boiler with a nominal power of 29.07 kW and an efficiency of 89.4%. As a basis for the design, the data of the usual consumption of diesel under current circumstances will be used.

Knowing the geological characteristics of the terrain, we will know the exchange possibilities it offers. After the studies analysed, knowing the existing materials in the

ground, we will determine a thermal conductivity of the ground of 2.05W/m·K and a thermal capacity of 2.5MJ/m3·K. With these two main facts and the results obtained in the simulations, we will select a reversible heat pump model Ageo+ 40H from the manufacturer Grupo Ciat S.A. It will operate in cooling or heating mode depending on the needs of the house. Its heating capacity is 11.5 kW and cooling capacity is 9.2 kW.

STUDIES OF ALTERNATIVES

To determine the optimal dimensioning of the boreholes, the quantity, depth, and configuration, we need to know the total electricity demand. Is composed of the energy demand in the house and the demand of the new machine of the geothermal installation. Simulations are carried out to determine the thermal behaviour of the subsoil over a useful life of 25 years, the estimated economic life-cycle. The calculations necessary to obtain these results are carried out using the EED 3.2 simulation software commonly used in the design of vertical geothermal heat exchangers.

The 5 simulations carried out ensure to cover the demand for housing. All of them have the same technical characteristics of a double U probe. Each of them differs in the total length of the probe, in the case of simulations with two perforations the distance between them will be modified. Analysing the results offered, the optimal one is determined.

CONCLUSIONS/BUDGET

The sizing of the geothermal installation includes two geothermal probes with a total heat exchange length of 132.8 meters. A photovoltaic installation is included to cover the electrical needs. The total energy demand is composed of the demand for the pumps and the rest of the electrical loads in the house. This photovoltaic installation will be composed of 37 panels, all of them arranged on the roof of the house.

The total budget of the material execution is 63,544.09 €. The total includes the material execution of the geothermal exchange facility, technical room, and the complete photovoltaic system. The budget for the execution by contract is 91,497.14€.

DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

DOCUMENTO I. MEMORIA
1. INTRODUCCIÓN
2. ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉRMICO
3. CLIMATOLOGÍA
4. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA Y FOTOVOLTAICA
5. BASES DE DISEÑO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA
6. DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DE SONDA
7. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
8. REGULACIÓN LEGISLATIVA Y NORMATIVA
9.BIBLIOGRAFÍA
ANEJOS
DOCUMENTO II. PLANOS
P1. UBICACIÓN
P2. EMPLAZAMIENTO
P3.1. MAPA GEOLÓGICO BADAJOZ
P3.2. MAPA GEOLÓGICO HOJA ALMENDRALEJO
P4. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA
P5. ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN
P6. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES
1. DISPOSICIONES GENERALES
2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES
3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA
4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA
5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL
6. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA
7. GARANTÍAS
8. CONTRATO DE MANTENIMIENTO
DOCUMENTO IV. PRESUPUESTO
1. CUADRO DE PRECIOS
2. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN
3. RESUMEN DE PRESUPUESTO
4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA
DOCUMENTO V. ESTUDIO BÁSICO DE SEGUIRDAD Y SALUD
1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL EBSS
2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL EBSS
3. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DEL EBSS
4. OBJETIVO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD
5. FASES DE OBRA
6. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

DOCUMENTO I.

MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN **3**
1.1 OBJETO DEL PROYECTO 3
1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO 4
1.3 ALCANCE 6
2. ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉRMICO **8**
2.1 ESTUDIO GEOLÓGICO 8
2.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO 10
2.3 ESTUDIO GEOTÉRMICO 11
3. CLIMATOLOGÍA **12**
4. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA Y FOTOVOLTAICA **14**
5. BASES DE DISEÑO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA **18**
5.1 DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN 18
5.2 ELECCIÓN BOMBA DE CALOR 20
6. DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DE SONDAS **22**
6.1 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS: SIMULACIONES 22
6.2 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA 24
6.3 EJECUCIÓN DEL CAMPO DE SONDAS Y DEL TRAMO HORIZONTAL 26
7. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA **30**
7.1 DEMANDA ELÉCTRICA 30
7.2 DIMENSIONAMIENTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 31
8. REGULACIÓN LEGISLATIVA Y NORMATIVA **33**
9. BIBLIOGRAFÍA **34**
9.1 WEBGRAFÍA 34
9.2 LIBROS 35
9.3 TRABAJOS DE FIN DE GRADO 36

Ilustración 1. Parcela catastral objeto de estudio 5
Ilustración 2. Plano de localización de la parcela 39. 5
Ilustración 3. Mapa España con zonas climáticas 6
Ilustración 4. Mapa Geológico de Badajoz (Escala 1/200.000) 9
Ilustración 5. Mapa Geológico de España Hoja 803-Almendralejo (Plano Escala 1/50.000) 10
Ilustración 6. Mapa hidrológico de España (Escala 1/1.000.000) 11
Ilustración 7. Gráfica irradiación Badajoz 13
Ilustración 8. Distribución fuentes energéticas nivel mundial 14
Ilustración 9. Sondas verticales y horizontales de intercambio 15
Ilustración 10. Instalación geotérmica modo calefacción + ACS 16
Ilustración 11. Instalación geotérmica modo refrigeración + ACS 17
Ilustración 12. Instalación fotovoltaica 18
Ilustración 13. Modelo de bomba de calor Ageo + 40H 21
Ilustración 14. Temperaturas del fluido caloportador vida útil 23
Ilustración 15. Temperaturas fluido caloportador último ciclo de vida, año 25 24
Ilustración 16. Bomba modelo Magna3 32-120F 26
Ilustración 17. Perforadora modelo MI 3 27
Ilustración 18. Mortero utilizado en perforación EnerGrout LD 3.0 27
Ilustración 19. Planta de inyección sencilla GERTEC 28
Ilustración 20. Planos paneles fotovoltaicos 32

Tabla 1. Coordenadas situación vivienda 4
Tabla 2. Tabla Irradiancia media mensual 13
Tabla 3. Demanda calefacción vivienda 19
Tabla 4. Demanda refrigeración vivienda 20
Tabla 5. Días uso calefacción en la vivienda 21
Tabla 6. Características técnicas bomba modelo Ageo+ 40H 22
Tabla 7. Características sondeo EED 23
Tabla 8. Perdidas de carga totales instalación exterior 25
Tabla 9. Cargas eléctricas vivienda 30
Tabla 10. Características técnicas panel fotovoltaico 31
Tabla 11. Características técnica baterías ENERSOL T 1000-24 vasos 33

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo valorar y proponer un sistema energético sustitutorio para la climatización y uso del ACS para una vivienda unifamiliar mediante el uso de energía geotérmica en La Zarza (Extremadura). La localización de la vivienda se puede ver en el plano N 1 de Ubicación y Emplazamiento adjunto en el documento II del proyecto.

Para obtener el resultado final se realizarán los cálculos necesarios para conseguir obtener los datos respecto al sistema en cuestión que permite obtener un resultado eficiente. Se detallarán todos los elementos necesarios tanto para su correcto funcionamiento como para su instalación.

Partiendo de toda la información necesaria para desarrollar el proyecto, tanto el emplazamiento de obra, sus características climatológicas y geológicas, las cuales precisarán diferentes instalaciones. Al tratarse de una instalación en actual uso se utilizarán los datos actuales de consumo energético para realizar una estimación de los requerimientos de la vivienda. Se hará una comparativa entre las diferentes posibilidades estudiadas, tras las cuales se seleccionará la opción que cumpla los requisitos previamente establecidos.

La energía geotérmica empleada en este proyecto para satisfacer la demanda energética de ACS y climatización de la vivienda no es una tecnología tan habitual en España como lo es en países del centro y norte de Europa como Suiza, Alemania o Suecia. Y no lo es, seguramente, por un mayor desconocimiento del sistema respecto a otros más convencionales y, sobre todo, por la mayor inversión inicial necesaria. Por otra parte, es una energía renovable con múltiples ventajas, destacando su suministro continuo, seguridad, independencia de suministro y eficiencia. Al contrario de otras energías renovables utilizadas en viviendas, la geotérmica permite una convivencia sencilla con las instalaciones dada la ausencia de ruidos. En el Anejo 3 se presenta un desarrollo completo de la geotermia, tecnología utilizada en el presente proyecto.

La climatización de los hogares supone más del 65% del consumo energético de los mismos en España, según datos del IDAE. Sustituyendo los métodos convencionales por energía geotérmica se consiguen ahorros energéticos.

Se trata de una energía que siempre existirá bajo el suelo terrestre y que permite su intercambio para conseguir la climatización de viviendas y espacios. Determinado por las características del subsuelo presente en el emplazamiento donde se realice la instalación, se alcanzarán distintas eficiencias.

En este proyecto, la situación donde se localiza la vivienda presenta las características óptimas como se analizará a continuación. Un criterio determinante en la eficiencia de

la instalación es la carga demandada por la vivienda. En este caso las cargas en los meses fríos son semejantes a las de los meses calientes. Gracias a este equilibrio en la demanda se espera que la eficiencia de la instalación se mantenga a lo largo de los años de vida de la misma.

Finalmente, durante el desarrollo del presente proyecto se observa la necesidad de incluir una nueva fuente de energía renovable para poder climatizar la vivienda con un consumo nulo de energía de fuentes no renovables. Con este objetivo se añade una instalación fotovoltaica que, además de alimentar el sistema geotérmico, permitirá satisfacer la demanda eléctrica del resto de cargas existentes en la vivienda.

1.2 Situación y emplazamiento

La vivienda del presente proyecto está ubicada en el municipio de La Zarza, perteneciente a la provincia de Badajoz (Plano N 1 y 2) asentada junto a la Sierra del Calvario, próximo a la desembocadura del rio Matachel en el río Guadiana. A dicho pueblo se puede acceder a través de la carretera EX -105, situándose entre los términos municipales de Alange y Villagonzalo.

Se trata de la parcela nº 39 con las siguientes características y coordenadas (Tabla 1):

- Superficie de parcela: 223 m^2
- Altura sobre el nivel del mar: 329 m

Tabla 1. Coordenadas situación vivienda

Coordenadas	UTM 29
X	741.434 m
Y	4.300.536 m
Coordenadas	
Longitud	38 º 41’14’’ N
Latitud	6 º 13’ 9’’ O

En la imagen que sigue a continuación (Ilustración 1) se puede ver un plano aéreo de la parcela catastral obtenida de la Sede Electrónica del Catastro.

A continuación, otros datos de interés:

- La parcela dispone actualmente de abastecimiento de agua, energía eléctrica, saneamiento, telefonía y alumbrado público
- La vivienda dispone de acceso rodado pavimentado.
- La vivienda colinda con la parcela 40 de uso residencial, y la número 38 de uso industrial.
- La vivienda se encuentra a 0,5 km del núcleo urbano de la población.

- La vivienda se encuentra en uso.

Ilustración 1. Parcela catastral objeto de estudio

De la misma fuente que la foto anterior han obtenido los planos de la localización de la parcela número 39 con fachada en la calle Olivares (Ilustración 2).

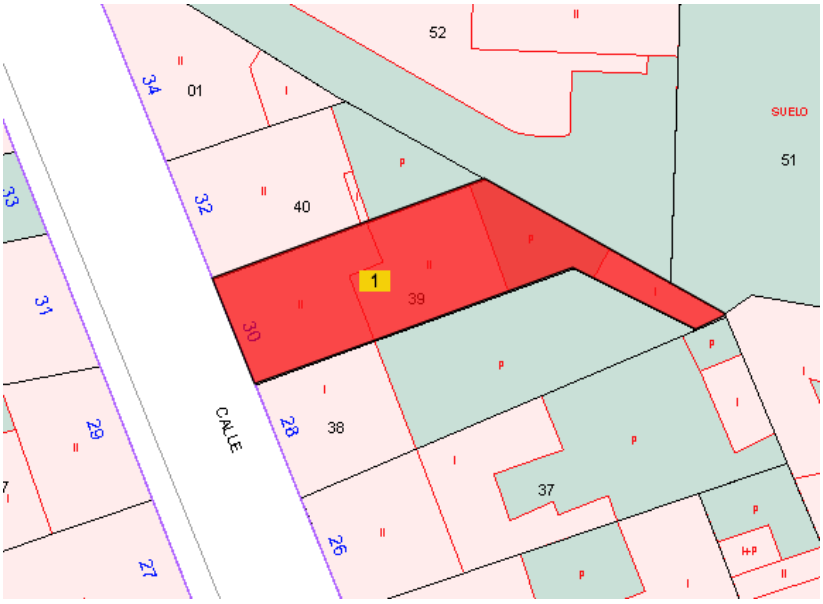


Ilustración 2. Plano de localización de la parcela 39.

La población se encuentra en la provincia de Badajoz comunidad autónoma de Extremadura, perteneciendo a la zona climática C4.

El clima característico de esta zona se trata de una fusión entre el clima mediterráneo y el atlántico, denominado mediterráneo continentalizado con influencia atlántica con

inviernos suaves, y veranos secos y calurosos como se muestra a continuación en el mapa de la península (Ilustración 3).

Se trata de una zona con escasas precipitaciones durante todo el año, siendo estas de carácter tormentoso.

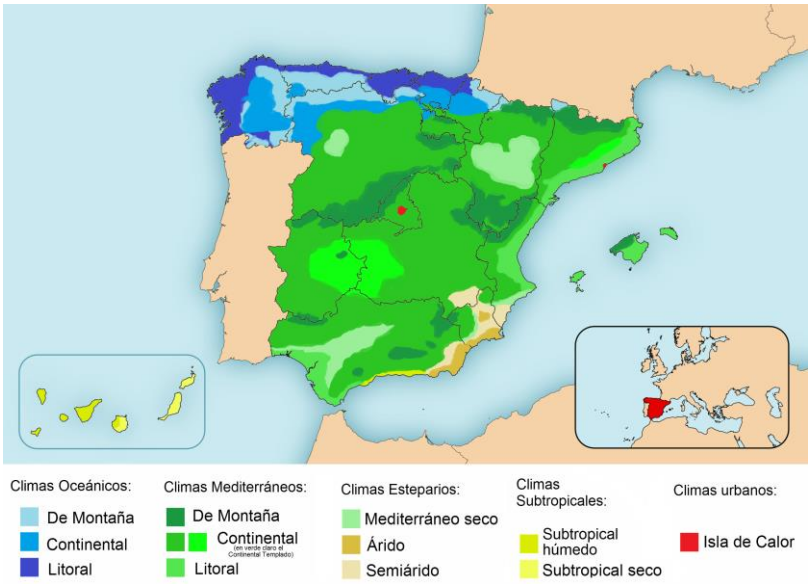


Ilustración 3. Mapa España con zonas climáticas

La vegetación del término municipal de La Zarza se caracteriza por bosques siempre verdes-perennifolios. Vegetación baja, con abundancia de arbustos y zarzas en las zonas que no se encuentran explotadas. Mayor parte de los terrenos colindantes al núcleo urbano se tratan de zonas de olivar o frutales, así como el cultivo de cereal habitual en la zona.

Todo el término municipal pertenece a la cuenca del Guadiana, con topografía variable, variando las alturas entre los 655 metros presentes en las “Peñas Blancas” y los 217 metros en la zona baja de la población en las proximidades del río Guadiana.

Se encuentra en la zona urbanizable del término municipal por lo que no existe ningún problema legislativo para trabajar en la instalación de un sistema geotérmico.

1.3 Descripción de la vivienda

Se trata de una vivienda situada en un solar con 223 m^2, el cual limita a su izquierda por una vivienda similar siendo una bajera de uso privado a su derecha. La vivienda se encuentra próxima a la plaza central del pueblo, tratándose de una calle con habitual tránsito tanto peatonal como de turismos. La calle situada entre una de las principales salidas del pueblo y la Calle Reyes Huertas.

En la fachada situada en la calle de acceso a la vivienda, se encuentra la entrada de la misma y la de vehículos en la planta baja.

La zona habitada de la vivienda se dispone en dos plantas, se acceden a ambas por la planta baja ya sea en coche o a pie por el recibidor situada en la parte derecha de la fachada.

La vivienda dispone de acceso rodado pavimentado, abastecimiento de agua, saneamiento, energía eléctrica, telefonía y alumbrado público.

La disposición de la vivienda en las dos plantas habitadas es la siguiente:

- Planta baja en la que se encuentra el garaje, zona de almacenaje, zona de reunión, aseo, patio y entrada a la vivienda. Será en esta planta en la que se sitúe la sala de máquinas con las bombas de calor.

- Primera planta en la que se encuentra el salón-cocina-comedor, tres dormitorios, dos baños, aseo, hall, lavadero, terraza y patio de luz.

A continuación se especifican las dimensiones de los diferentes espacios de la vivienda:

PLANTA BAJA	
Garaje	43,10 m^2
Sala social	49,27 m^2
Sala de máquinas	7,46 m^2
Patio	62,83 m^2
Zona almacenaje	11 m^2
Hall	3,74 m^2
---	---
Total P. Baja	**177,4 m^2**
PRIMERA PLANTA	
Dormitorio 1+Baño1	22,25 m^2
Dormitorio 2	13,90 m^2
Dormitorio 3	12,10 m^2
Patio de luz	4,53 m^2
Lavadero	7,10 m^2
Terraza	14,22 m^2
Baño 2	5,3 m^2
Salón-comedor-cocina	40,10 m^2
Hall	8,90 m^2
Aseo	2,3 m^2
---	---
Total primera planta	**130,7 m^2**
TOTAL	**308,1 m^2**

El punto de partida para realizar el proyecto es el actual de la vivienda. Se trata de una vivienda habitada por una familia de 4 personas con una caldera alimentada por Gasoil para satisfacer las necesidades de calefacción y de agua caliente, y de electricidad para las del aire acondicionado. Los datos anteriores serán utilizados para el cálculo de la demanda térmica del del nuevo sistema de aprovechamiento energético, a partir de lo cual se decidirá la bomba a instalar y se continuará el dimensionamiento del sistema.

En el Plano N 4 de la instalación geotérmica se representa el plano de la vivienda con sus correspondientes estancias. En este plano se puede observar la distribución de la vivienda, así como la situación de la instalación geotérmica.

Los materiales utilizados en la instalación serán seleccionados en función de los requerimientos del cliente y de cómo se ajusten a su vivienda.

2. ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉRMICO

En este apartado se llevan a cabo los diferentes estudios necesarios para el posterior dimensionamiento de la instalación. Dado que la principal instalación se trata de una sonda geotérmica de intercambio, se deberá de conocer las propiedades del terreno donde se va a llevar a cabo. Por ello se realiza un estudio profundo sobre la geología, la hidrología de la zona y por último de su capacidad de aprovechamiento geotérmico. La información obtenida será fundamental para el dimensionamiento correcto de la instalación.

En este capítulo de la memoria se presenta la información necesaria para el desarrollo del proyecto, pudiéndose consultar el resto de información obtenida en el Anexo 2.

2.1 Estudio geológico

Para obtener la información geológica de La Zarza se ha utilizado el mapa geológico de la zona de Mérida-Almendralejo ofrecido por el Portal Cartográfico del IGME. Concretamente, el pueblo forma parte de la Hoja Nº803 “Almendralejo” del MAGNA50 (Ilustración 4) mostrado en el Plano N 3.

El área de trabajo se encuentra en la zona norte de Badajoz, formando parte del Macizo ibérico meridional, en la llamada Zona Ossa-Moreno (ZOM). Se sitúa al sur del río Guadiana y al este de la tierra de barros. Dentro la hoja de Almendralejo con la que se trabaja se diferencian tres zonas, se mostrará interés en la primera la unidad de Alange en la cual los materiales que predominan y caracterizan el terreno son los que se definen a continuación.

Se tratan de zonas con cantos angulosos de cuarcitas y matriz arenosa combinado con zonas de arenas y arcillas pertenecientes al cuaternario holoceno, por otro lado, la existencia de conglomerados y aglomerados de matriz arcillosa del terciario.

Los depósitos de Sierra Morena (La Zarza, Alange, Monterrubio de la Serena, Hinojosa del Duque, Almuradiel, etc.) son en general extensas formaciones pizarrosas meteorizadas, con un contenido en caolinita inferior al 30 %. A veces la caolinización es más importante cuando gracias a fracturas existen acciones hidrotermales superpuestas a las meteóricas. En estos casos la caolinita es acompañada de pirolita y presenta la asociación caolinita-pirolita-sericita (La Zarza, Almuradiel, Hinojosa del Duque).

Según la tabla de Blade, los materiales con presencia en la zona los cuales se pueden conocer interpretando la leyenda del mapa geológico de España en la Hoja de Almendralejo darán lugar a una conductividad térmica cuyo valor sería de 2,05W/m·K debido al predominio de materiales sedimentarios Arcillas y Arenas saturada de agua. En el Anejo 1, correspondiente al estudio geotérmico, se presenta en detalle la obtención de este valor.

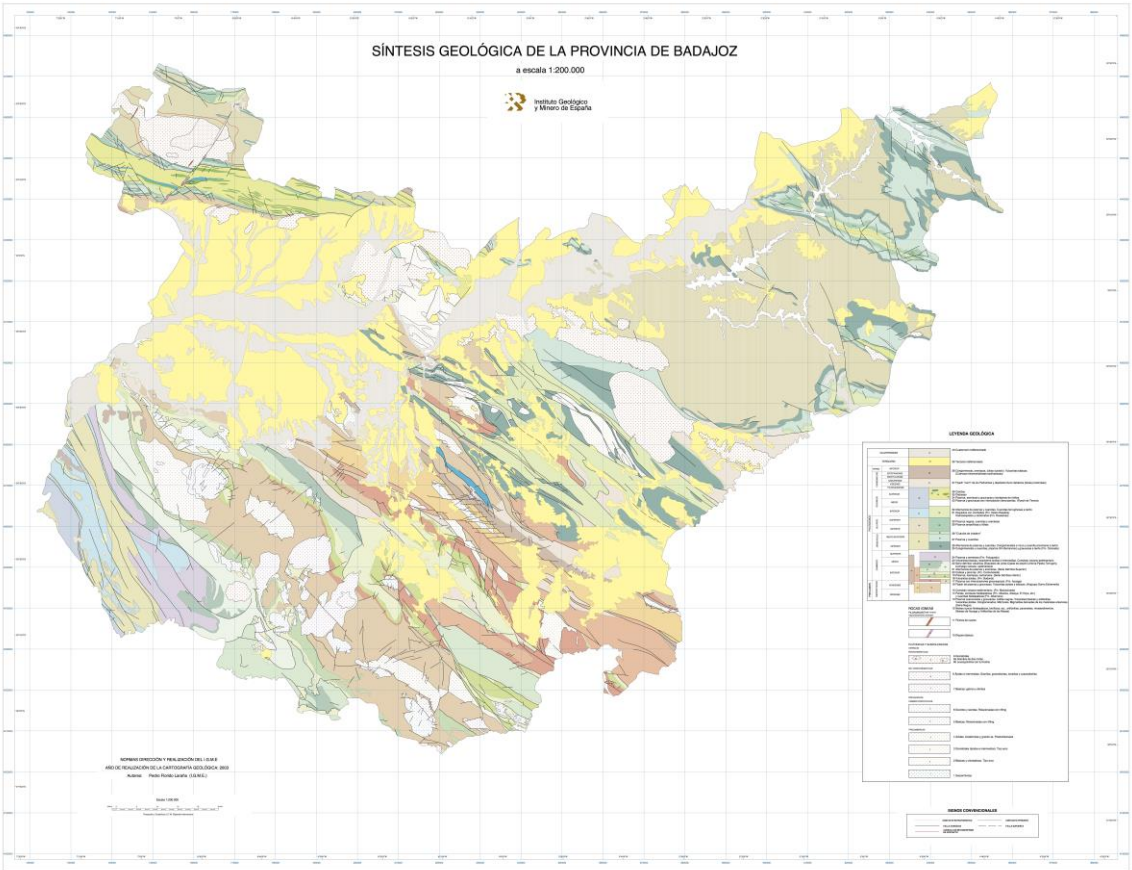


Ilustración 4. Mapa Geológico de Badajoz (Escala 1/200.000)

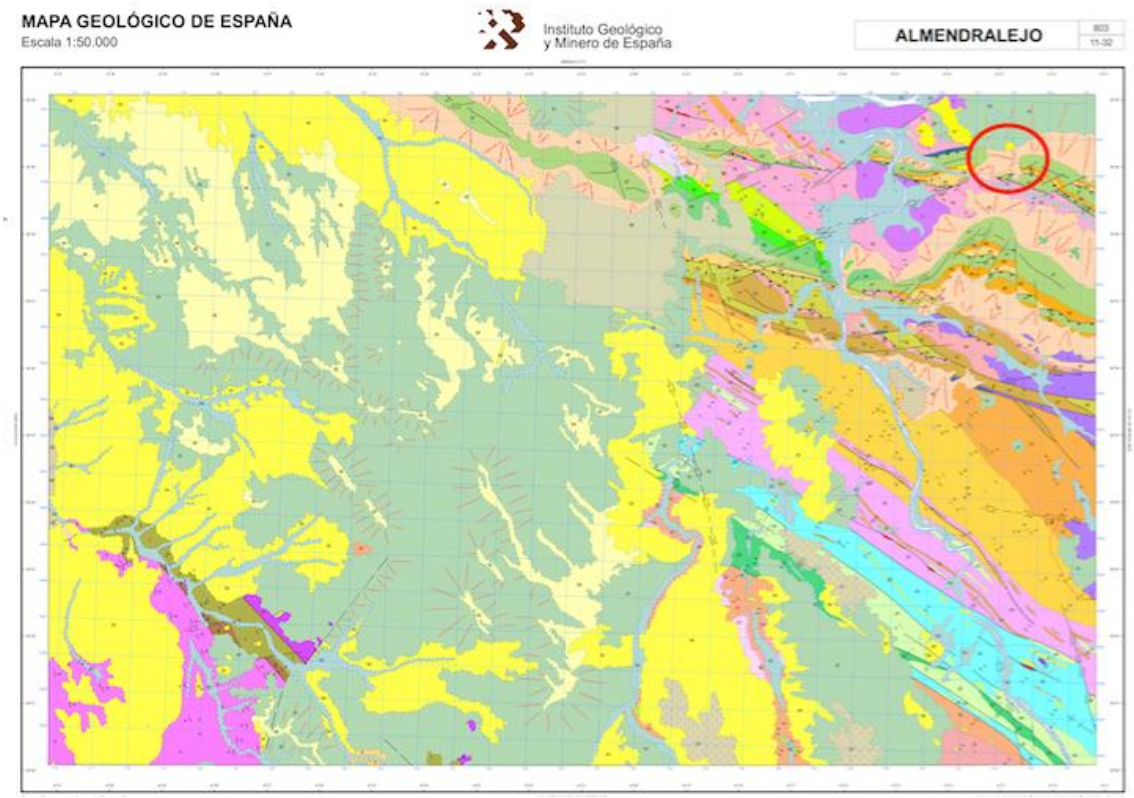


Ilustración 5. Mapa Geológico de España Hoja 803-Almendralejo (Plano Escala 1/50.000)

Para una mayor descripción de la geología de la zona de proyecto, ver Anejo 1 en su apartado "Estudio Geológico".

2.2 Estudio hidrológico

Ante la imposibilidad de acceso a fuentes hidrológicas subterráneas para la extracción de calor en la zona de proyecto, no parece necesario profundizar en este aspecto.

Así, de acuerdo al Mapa Hidrogeológico de España (Escala 1:1.000.000) elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España (Ilustración 6), en la zona de estudio se presentan formaciones generalmente extensas, las cuales son de baja permeabilidad.

Existe la posibilidad de encontrar acuíferos de mayor permeabilidad y productividad, pero todos ellos a gran profundidad y, por tanto, de interés regional pero no de cara este proyecto.

Para una mayor descripción de la hidrogeología de la zona de proyecto, ver Anejo 1 en su apartado "Estudio Hidrogeológico".

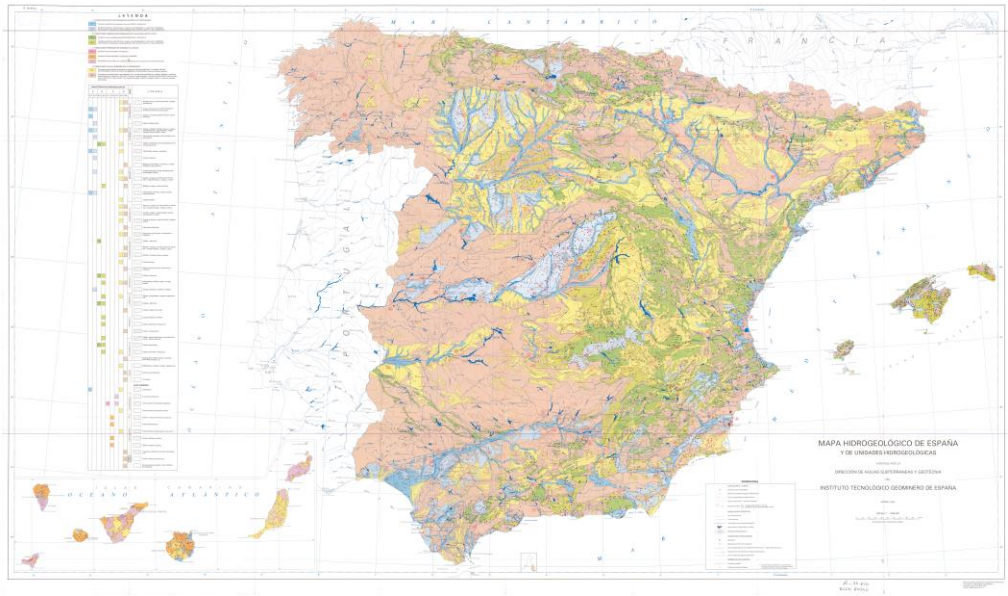


Ilustración 6. Mapa hidrológico de España (Escala 1/1.000.000)

2.3 Estudio geotérmico

Para el estudio geotérmico de la zona en la zona de proyecto, se ha partido de los datos aportados por el proyecto PROMOEENER-A. La memoria de dicho proyecto se puede ver en el Anejo 8 Documentos, con el título: "*ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E*"

El PROMOEENER-A se trata de un proyecto europeo de cooperación transfronteriza, aprobado por el Comité de Gestión del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España-Portugal 2007-2013, y cuya información será decisiva a la hora de definir las propiedades térmicas del terreno en el área de trabajo.

Participan como socios el Gobierno de Extremadura (a través de la Dirección General de Incentivos Agroindustrial y Energía y de la Dirección General de Ordenación Industrial y Comercio), INTROMAC (Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de la Construcción), la Agencia Extremeña de la Energía (AGENEX), la Asociación Provincial de Empresas del Metal de Badajoz (ASPREMETAL), la Agencia Regional de Energía do Centro e Baixo Alentejo (ARECBA), Agencia Regional de Energía e Ambiente do Norte Alentejano e Tejo (AREANATejo) y, finalmente, la Agencia Regional de Energía de Ambiente do Interior (ENERAREA).

En el marco de este interesante proyecto se elaboraron mapas y análisis relativos a las posibilidades de explotación y aprovechamiento del flujo de calor terrestre en Extremadura, información de gran interés para el dimensionamiento de la instalación objeto de proyecto.

Concretamente, a partir del análisis del proyecto PROMOEENER-A es posible extraer los siguientes valores de parámetros térmicos terreno:

Potencia Térmica Superficial: 50 W/m
Conductividad térmica: 2,5 W/m·K

Se observa que, respecto al valor obtenido a través del análisis de los materiales existentes en el subsuelo de la zona de trabajo, este valor de conductividad térmica del terreno es ligeramente superior. Debido a que el valor obtenido a partir del análisis del proyecto PROMOEENER-A se acerca más a un valor de conductividad térmica efectiva del terreno, que no solo tiene en cuenta los materiales existentes en la zona, como en el caso del estudio geológico, será este el empleado para el dimensionamiento de la instalación geotérmica objeto de proyecto.

Es importante destacar que, en el caso de proyectos de mayor envergadura, será necesaria la realización de un Test de Respuesta Térmica (TRT) del terreno. Este ensayo permite conocer la conductividad térmica del terreno y la resistencia térmica de la perforación. En este caso, debido a su coste, duración y al carácter docente del proyecto, se trabajará con los valores de las propiedades del terreno obtenidos en este apartado.

3. CLIMATOLOGÍA

En la zona en la que se ubica el pueblo de La Zarza (Badajoz, Extremadura) existe un clima mediterráneo continentalizado con influencia atlántica y escasas precipitaciones a lo largo del año.

La Zarza, igual que sus alrededores, tiene valores medios de precipitación de 400/500 mm/año, las cuales habitualmente son en precipitaciones intensas de carácter tormentoso. Las temperaturas medias son próximas a los 17°C, siendo muy extremas en verano y no bajando habitualmente de los 0°C en invierno.
Para una mayor descripción de las características climáticas de la zona de proyecto, ver Anejo 2 Climatología. En él se recogen y amplían cada una de las características recogidas a continuación:

- Su zona climática corresponde con la zona C4 según el CTE.
- Se trata de un área sin vientos predominantes.
- Se dan valores de humedad bajos, en torno al 40% en los meses mas secos.
- Clasificación de Köppen-Geiger, correspondiente a:
    - Un clima mediterráneo con veranos cálidos y secos.
    - Temperaturas que superan los 22°C de media.
    - Precipitaciones inferiores a 30mm en estos meses.

En este proyecto se incluye una instalación fotovoltaica que cubrirá las demandas eléctricas de la instalación y la vivienda., Se deberá de conocer las características que presenta el recurso solar en la zona de proyecto ya que, para poder hacer uso del mismo, se deberá de asegurar un suministro energético solar abundante y continuo.

Existen datos históricos medidos en el lugar objeto de estudio, publicados en la web de AEMET en el "*Atlas de radiación Solar".* La Tabla 2 y la Ilustración 7 muestran los datos obtenidos para la provincia de Badajoz.

Como puede verse, la irradiancia presenta distintos valores a lo largo del año. En los meses de verano presentan valores superiores.

Tabla 2. Tabla Irradiancia media mensual

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Irradiancia (kWh/m2·día)	2,39	3,34	4,79	5,86	6,82	7,61
Mes	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**
Irradiancia (kWh/m2·día)	8,08	7,07	5,54	3,66	2,56	1,98

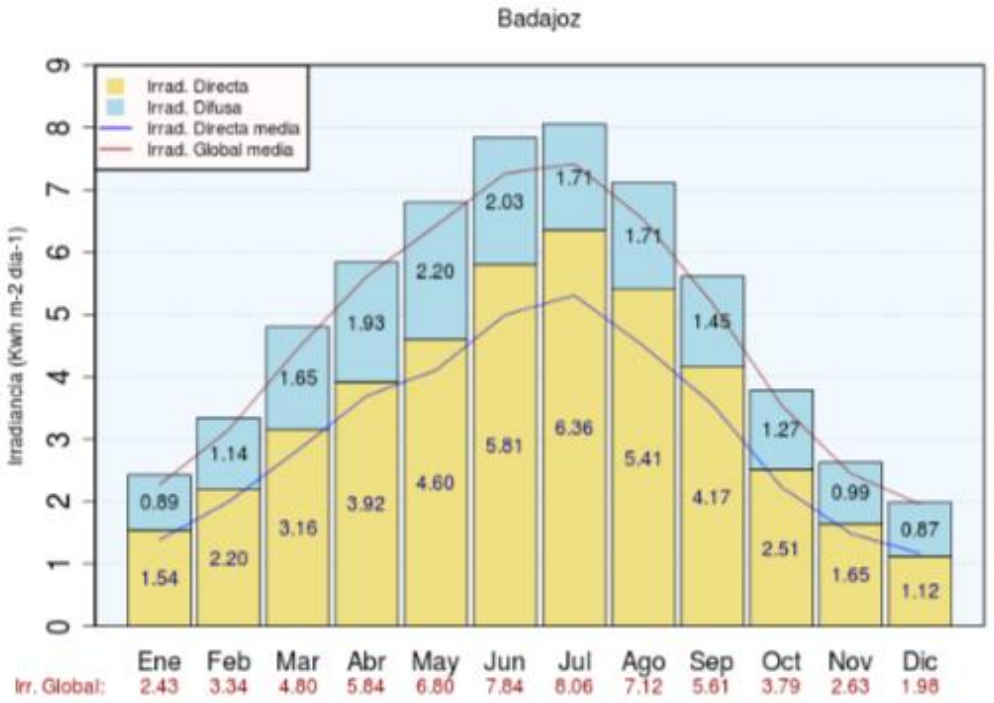


Ilustración 7. Gráfica irradiación Badajoz

4. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA Y FOTOVOLTAICA

Dada la difícil situación energética actual, en la que la demanda energética no deja de crecer y las fuentes de la misma se acaban, se debe de continuar con la investigación y el desarrollo de fuentes de energía renovables que permitan cubrir esa demanda sin dependencia de las fuentes no renovables.

Conscientes del problema energético presente, se han definido una serie de principio y legislaciones por parte de los gobiernos para tratar de dar una solución a esta problemática mundial. Existen limitaciones en la producción de CO2, gas invernadero que en mayor proporción se encuentra en la atmósfera, provocando la degradación de la misma.

La distribución de fuentes de energía a nivel mundial (Ilustración 8) muestra un gran porcentaje de combustibles fósiles. Es por ello por lo que se trata de hacer frente a esta situación con el uso de nuevas energías no tan explotadas en España como son la geotérmica y la fotovoltaica.

Figura 1. Consumo total final de energía (EJ) y acciones renovables, 2014
Fuente: IEA, 2016

Ilustración 8. Distribución fuentes energéticas nivel mundial

La geotérmica es una energía renovable que aprovecha el calor interno de la Tierra. El calor existente no se puede obtener de manera directa, por lo que es necesario poner en contacto con este un fluido que transporte la energía desde el subsuelo hasta la superficie y una bomba de calor que la transmita al sistema de calefacción/refrigeración.

Existen una clasificación para la energía geotérmica, en la cual se diferencia en función del procedimiento de obtención y según el uso que se dé la misma. En este proyecto se hace uso de la energía geotérmica de muy baja temperatura.

Se trata de sistemas de energía geotérmica en los que la profundidad de obtención de la energía es menor que en el resto, consiguiendo temperaturas máximas que se encuentran entorno a los 30 °C. Se tratan de instalaciones sencillas, mediante las cuales se puede hacer uso de la energía con instalaciones sencillas de bomba de calor. Esta opción presenta un uso limitado, permitiendo únicamente la obtención de ACS y la climatización de estancias.

Los sistemas de captación geotérmica de muy baja temperatura pueden ser utilizados tanto para la calefacción, refrigeración y ACS, todos ellos posibles mediante el uso de una bomba de calor. Así, su funcionamiento se basa en el empleo de una bomba de calor, la cual será instalada en la vivienda en la que se trabaja en el proyecto.
Para llevar a cabo este intercambio y poder hacer uso de esta energía los sistemas más habituales son las sondas o colectores verticales y los colectores horizontales. Ambas instalaciones se muestran en la siguiente ilustración 9.

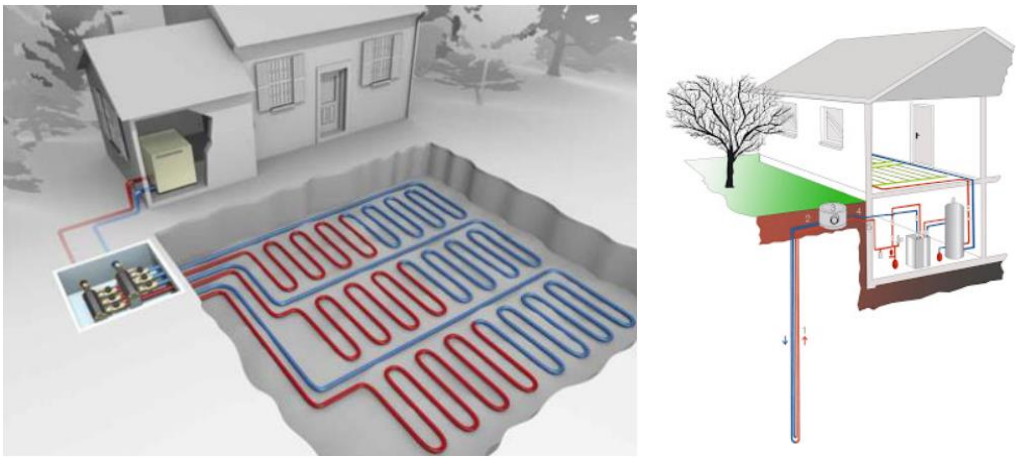


Ilustración 9. Sondas verticales y horizontales de intercambio

Mediante estas sondas se consigue extraer la energía térmica existente en el subsuelo y transportarla a la superficie donde será necesario realizar un intercambio energético para su consumo. Así, el fluido mediante el cual se transporta deberá de pasar por un intercambiador de calor que permita hacer uso de la energía térmica en la vivienda

Como se ha adelantado en las anteriores imágenes, se necesita realizar perforaciones profundas para alcanzar una temperatura subterránea que permita realizar el intercambio de una forma constante. Para ello la sonda enterrada en el subsuelo deberá de alcanzar una profundidad en la que la temperatura permanezca constante tanto en verano como en invierno, de este modo se podrá dimensionar de forma correcta la instalación ofreciendo resultados óptimos de climatización.

A través de las tuberías que conectan las perforaciones del subsuelo y la bomba de calor fluye habitualmente una mezcla caloportadora de agua y anticongelante. Se

selecciona esta mezcla para evitar congelación en el fluido ofreciendo la posibilidad de continuar con el intercambio en situaciones extremas.

El fluido caloportador seguirá el siguiente trayecto resumido a continuación: El fluido se transportará al subsuelo por medio de las sondas o tuberías geotérmicas, donde absorberá o cederá el calor y se dirigirá tras ello a la bomba de calor geotérmica. Tras realizar el intercambio volverá a las perforaciones todo ello impulsado mediante una bomba hidráulica.

La instalación geotérmica trabajará en dos posibles modos de funcionamiento. Durante los meses fríos en los que la vivienda necesite calentarse se trabajará en modo invierno donde el fluido caloportador deberá de absorber calor del terreno. En los meses calientes, el modo verano requerirá que el fluido caloportador ceda calor al terren0.

En este punto, en la bomba de calor, será donde realice el intercambio de calor a un nuevo fluido más frío o caliente dependiendo del modo en el que se encuentre (refrigeración, calefacción o producción de ACS).

Ambos modos de funcionamiento (refrigeración y calefacción) presentan esquemas similares de funcionamiento, el cual se puede ver en la ilustración 10 y 11, realizando el intercambio opuesto en la bomba de calor.

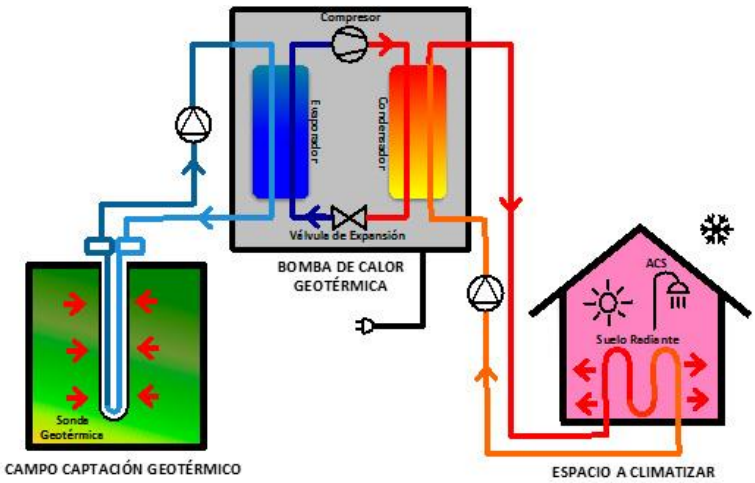


Ilustración 10. Instalación geotérmica modo calefacción + ACS

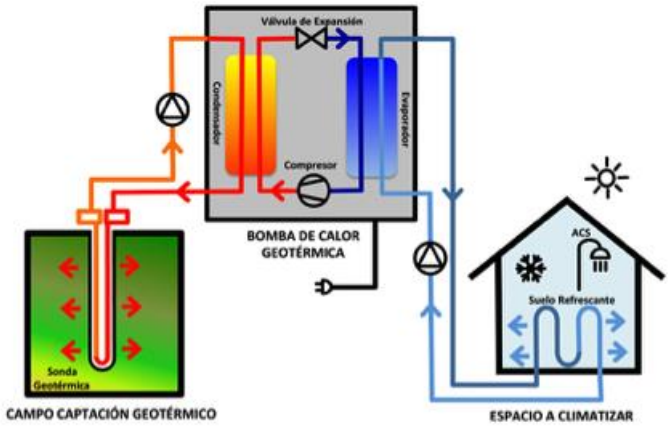


Ilustración 11. Instalación geotérmica modo refrigeración + ACS

Por otro lado, con el objetivo de conseguir un consumo de energía 100% renovable en la vivienda, este proyecto incluye también el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica. Se trata de una transformación directa de la radiación solar en electricidad. Para conseguir esta transformación es necesario disponer de unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos.

Los electrones localizados en estos elementos de material semiconductor se excitan al incidir sobre ellos la radiación solar, dando lugar a una diferencial de potencial. Al usar numerosos dispositivos de estos en serie se consigue generar mayores diferencias de potencial. El efecto por el cual se consigue energía eléctrica mediante la radiación solar es conocido desde el siglo XIX. Tras numerosos estudios en los años 50 se comenzaron grandes experimentos que dieron lugar a un importante desarrollo. Inicialmente se utilizaban para suministrar energía a satélites geoestacionarios de comunicaciones, evolucionando gracias a los grandes desarrollos hasta hoy en día. En la actualidad se trata de una tecnología de generación renovable muy desarrollada y utilizada tanto de manera particular (con pequeños paneles en tejados) como para la generación de energía eléctrica aportada a la red eléctrica en grandes plantas fotovoltaicas.

La Ilustración 11 muestra un esquema básico de producción de energía fotovoltaica con los principales elementos involucrados además de los propios paneles:

- Regulador: Se trata del encargado de la gestión adecuada de la carga y descarga de las baterías de la instalación.
- Inversor: dispositivo que permite la transformación de corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna con las condiciones apropiadas de frecuencia y tensión para alimentar a las cargas.

- Módulo fotovoltaico: Es el elemento principal de la instalación fotovoltaica, encargado de la recepción de energía solar y su conversión en energía eléctrica en sus celdas.
- Baterías: son acumuladores eléctricos, los cuales almacenan la energía eléctrica generada en el módulo fotovoltaico para su posterior uso.

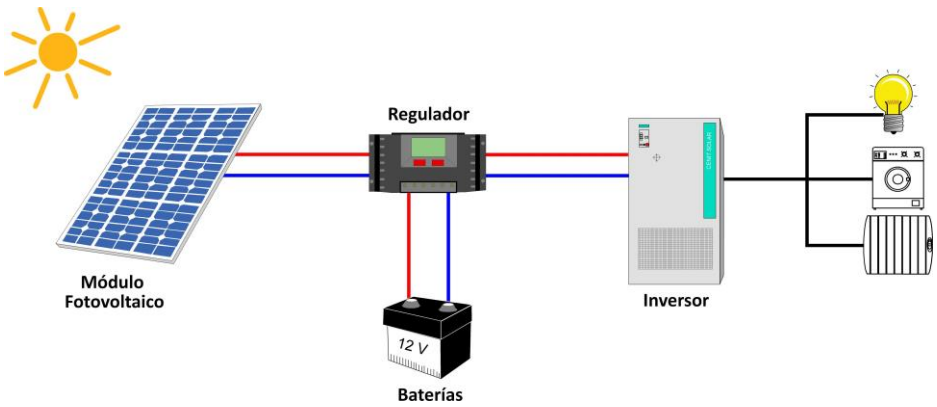


Ilustración 12. Instalación fotovoltaica

5. BASES DE DISEÑO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

En este capítulo se calculan las demandas energéticas de calefacción, climatización y ACS de la vivienda objeto de proyecto. En principio, para conocer las demandas de una vivienda nueva habría que partir de las cargas térmicas de la misma, sin embargo, en este caso se partirá de las demandas de la vivienda en su situación actual.

A continuación, se seleccionará el modelo de bomba de calor cuya potencia permita satisfacer las demandas antes definidas. Los cálculos realizados para el desarrollo de este capítulo se muestran en el Anejo 4 *Bases de diseño*.

5.1 Demanda energética de calefacción y refrigeración

Dependiendo del punto de partida de las estimaciones de las necesidades energéticas que van a tener los edificios en un proyecto, estas se realizan de diversas maneras.

Se puede realizar el cálculo de las cargas térmicas de la vivienda, que es el modo de cálculo más interesante cuando se diseña la vivienda. Se realizaría una estimación del uso de la misma junto al estudio de propiedades térmicas en función del material a utilizar en cada uno de los cerramientos.

Se puede también tomar un valor medio de necesidades tanto caloríficas como de refrigeración característico de la zona en la que se trabaje, este valor estará dado por m^2 de superficie habitable.

Si se trata de una vivienda que se encuentra habitada, con su correspondiente sistema de calefacción y refrigeración, existe la opción de dar por válidos los valores actuales de necesidades energéticas.

En este caso, para obtener la demanda energética de la vivienda objeto de proyecto se hará uso de los valores mensuales de necesidades de calefacción en los meses de invierno y refrigeración en los de verano. La demanda es variable a lo largo del año, dependiendo de la temperatura que se tenga en el exterior y la ocupación y usos de la vivienda, tomándose

Concretamente, a partir de los litros de gasoil consumido en la anterior anualidad, se realiza una conversión para conocer la demanda mensual de calefacción a lo largo del año. En la siguiente tabla 3 se presenta el resultado:

Tabla 3. Demanda calefacción vivienda

Mes	Litros Gasoil	Factor conversión Litros->kWh	kWh
Enero	280,37 l	10,7	3000 kWh
Febrero	280,37 l	10,7	3000 kWh
Marzo	140,19 l	10,7	1500 kWh
Abril	140,19 l	10,7	1500 kWh
Mayo	0,00 l	10,7	0 kWh
Junio	0,00 l	10,7	0 kWh
Julio	0,00 l	10,7	0 kWh
Agosto	0,00 l	10,7	0 kWh
Septiembre	0,00 l	10,7	0 kWh
Octubre	70,09 l	10,7	750 kWh
Noviembre	210,28 l	10,7	2250 kWh
Diciembre	280,37 l	10,7	3000 kWh
TOTAL	**1401,87 l**		**15000 kWh**

La refrigeración de la vivienda actualmente es suministrada mediante Splits ubicados en diferentes zonas. Conociendo su potencia y las horas en las que se hace uso de ellos se estima su consumo, que equivaldrá a la demanda que habrá de satisfacer el sistema geotérmico. En la Tabla 4 se muestran los consumos actuales que dan lugar a la nueva demanda de refrigeración geotérmica.

Tabla 4. Demanda refrigeración vivienda

	Horas totales consumo/día	Nº días funcionamiento	Horas totales mes	Potencia media SPLIT vivienda	Energía eléctrica consumida kWh/mes
Enero	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Febrero	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Marzo	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Abril	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Mayo	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Junio	5	20	100	3,0 kW	300,0 kWh
Julio	10	31	310	3,0 kW	930,0 kWh
Agosto	10	31	310	3,0 kW	930,0 kWh
Septiembre	5	20	100	3,0 kW	300,0 kWh
Noviembre	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Diciembre	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
				Potencia anual	2460,0 kWh

La vivienda dispone actualmente de una caldera de Gasoil, que es la encargada de proporcionar tanto el ACS cómo la calefacción (mediante radiadores). La demanda anual de Gasoil es de 280,37 litros lo cual equivale a 15000 kWh necesarios para abastecer tanto de ACS como de calefacción a la vivienda. Se ha desglosado por meses, con datos pertenecientes al 2021.

En el caso de la refrigeración, en la casa actualmente se hace uso de diferentes Split alimentados por energía eléctrica. El cálculo de su consumo anual se realiza de forma orientativa, dando lugar a un valor de 2460,0 kWh anuales.

Para el cálculo de las necesidades energéticas de ACS existe también la posibilidad de estimar el consumo de forma teórica con el HE 4 del Código Técnico de la edificación, Apartado 3, que establece la contribución mínima de agua caliente sanitaria (60°C) en función del número de habitaciones y el tipo de local en el que se calcula. En este caso serían 30 litros por persona y día que habitan el unifamiliar, lo que supone un total de 120 litro/día de ACS a 60°C.

5.2 Elección bomba de calor

La bomba seleccionada debe de cumplir con la demanda de climatización presente en la vivienda. En este caso se parte de la demanda anual existente de 15000 kWh de calefacción, y de una estimación de un uso medio diario de 7h a lo largo del año con una distribución de días de funcionamiento según lo mostrado en la Tabla 5. Esto sumaría un tiempo total de 1337 horas anuales de demanda de calefacción, lo que permite calcular los valores de potencia necesaria para poder climatizar de manera correcta la vivienda. Concretamente, se precisa una bomba de calor con una potencia de al menos 11,2 kW.

Tabla 5. Días uso calefacción en la vivienda

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTAL
Días uso calefacción	31	28	31	20	0	0	0	0	0	20	30	31	**191**

Para el caso de la refrigeración se trata de demandas que no limitan la selección de la bomba de calor, ya que esta siempre será menor. En este modelo de bomba se ofrece una potencia máxima de refrigeración de 9,2 kW, mientras que los 17,5 kWh al día que son necesarios para satisfacer la demanda dan lugar a una necesidad de 2,5 kW de potencia.

Se realizará una instalación de una bomba de calor Ageo + 40H del fabricante Grupo Ciat S.A. (ilustración 13) o similar. Con una potencia en modo Refrigeración de 2,3kW y en modo calefacción de 11,5 kW permite satisfacer la demanda de la instalación. Regulación µConnect permitiendo la programación de la misma, especialmente diseñada para viviendas actuales de bajo consumo.

La familia de bombas Ageo+ incluyen equipos de bomba de calor de Agua-Agua reversibles con grupos hidráulicos en el circuito de capacitación como en el interior. El modelo seleccionado se muestra en la siguiendo ilustración 13 junto a sus características en la tabla 6.

Ilustración 13. Modelo de bomba de calor Ageo + 40H

Presenta una construcción compacta con carrocería resistente a la corrosión, en chapa de acero galvanizado lacado y panel frontal en plástico ABS. Dispone de un sistema de amortiguadores entre las distintas partes de la bomba para evitar la transmisión de vibraciones. En la siguiente tabla 6 se muestran las características técnicas de la bomba, en la cual se detalla las diferentes potencias de esta en función del modo en el que se encuentre trabajando (frigorífica y calorífica)

Tabla 6. Características técnicas bomba modelo Ageo+ 40H

AGEO+		20H	30H	40H	50H	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT
Potencia calorífica a 10/7 °C 30/35 °C	kW	7,39	9,4	11,5	15,3	11,3	16,1	19,8	24,5	30,9	36,34
Potencia absorbida	kW	1,45	1,9	2,29	3,04	2,17	3,21	3,88	4,71	5,7	7,06
COP*		5,1	5	5,02	5,04	5,21	5	5,11	5,19	5,42	5,15
Potencia calorífica a 10/7 °C 40/45 °C	kW	7	8,9	10,9	14,5	10,7	15,2	18,8	23,2	29,25	34,4
Potencia absorbida	kW	1,74	2,4	2,87	3,79	2,72	4,01	4,85	5,89	7,12	8,82
COP*		4,02	3,8	3,8	3,82	3,94	3,79	3,87	3,93	4,11	3,9
Potencia calorífica a 0/-3 °C 30/35 °C	kW	5,36	6,9	8,45	11,3	8,3	11,8	14,6	18	23,14	26,7
Potencia absorbida	kW	1,42	1,8	2,18	2,89	2,06	3,06	3,69	4,48	5,74	6,71
COP**		3,77	3,9	3,88	3,89	4,02	3,86	3,95	4,01	4,03	3,98

6. DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DE SONDAS

6.1 Evaluación de alternativas: Simulaciones

En el apartado anterior de bases de diseño se ha realizado el dimensionamiento de la bomba de calor necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación geotérmica en la vivienda objeto de estudio.

Tras ello se debe de realizar el dimensionamiento de las sondas geotérmicas, para lo cual se hace uso de un programa de simulación geotérmica comercial muy conocido que permitirá determinar la longitud de sonda y/o número de sondeos necesarios para la óptima climatización de la vivienda.

Todos los datos recopilados anteriormente en el apartado de bases de diseño han sido introducidos en este software de simulación geotérmica, el cual reproducirá el comportamiento térmico del subsuelo durante los años de vida de la instalación. A partir de los resultados ofrecidos se determinará el número de sondeos necesarios, así como las características de los mismos.

El software utilizado en el presente proyecto es el EED-Earth Energy Designer el cual está desarrollado por la Universidad de Lund, en Suecia, y comercializado por BLOCON. De una manera sencilla permite predecir el comportamiento de la instalación en función del comportamiento del terreno durante su vida útil

Tras introducir los datos de partida necesarios, entre los que destacan las propiedades térmicas del terreno y la demanda energética de la vivienda, se corren las simulaciones y se obtiene un resultado óptimo para el intercambio de energía con el terreno. En el anejo correspondiente a la instalación geotérmica (Anejo 9) se desglosan todas las simulaciones llevadas a cabo y se indican cada una de las posibilidades ofrecidas por el software, así como los datos introducidos característicos de la instalación.

La solución ofrecida seleccionada para este proyecto requiere de **2 perforaciones** con una profundidad de **66,4 metros** y una distancia entre ellas mínima de 6 metros. Estas perforaciones se realizarán en el patio de la vivienda, en la parte trasera de la misma. Las características del sondeo se recogen en la tabla siguiente (Tabla 7).

Tabla 7. Características sondeo EED

Característica sondeo	
Tipo de perforación	Doble U
Configuración	Lineal simple
Diámetro perforación	139,7 mm
Diámetro sonda	32 mm
Espesor tubería sonda	3 mm
Distancia entre perforaciones	6 m
Caudal por conducto	0,5 l/s
Material	Polietileno de alta densidad (PEAD)

Las gráficas de las ilustraciones 13 y 14 presentan la variación de la temperatura del fluido caloportador a lo largo de los 25 años de vida útil de la instalación y para los 12 meses del último año de su vida útil, respectivamente.

Se observa en la primera gráfica cómo esta temperatura, a pesar de variar ligeramente con el paso de los años, se encuentra siempre entre los valores críticos determinados para el dimensionamiento de la instalación. El no alcanzar esos valores críticos de temperatura permite asumir un adecuado funcionamiento de la instalación, si bien esa disminución con el tiempo de la temperatura da idea de una paulatina reducción de la eficiencia de la bomba de calor, debida seguramente al desequilibrio existente entre la demanda de frío y de calor de la vivienda.

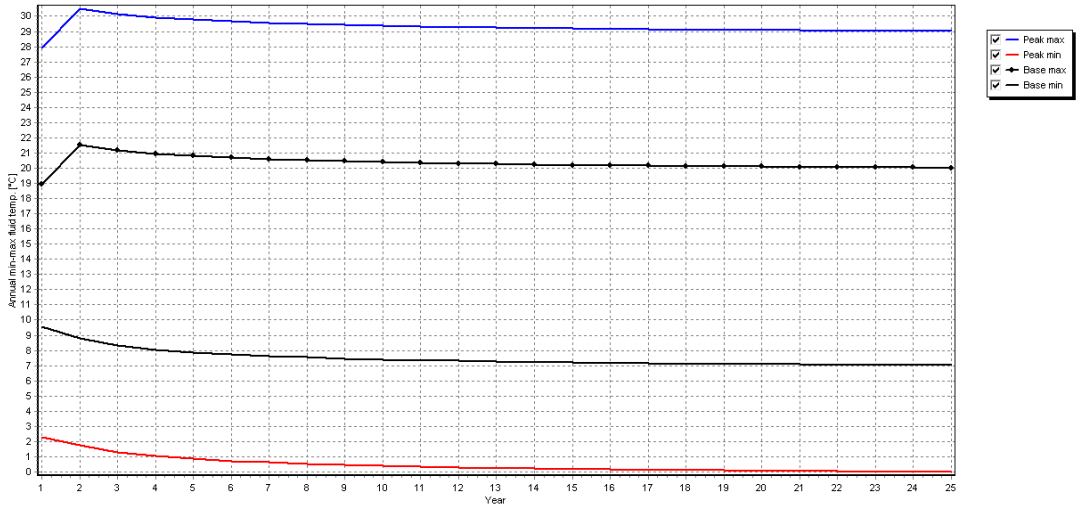


Ilustración 14. Temperaturas del fluido caloportador vida útil

En la siguiente gráfica (ilustración 15) se observa cómo durante los meses extremos de uso del intercambiador, ya sea en modo refrigeración durante verano o calefacción durante invierno, el fluido caloportador no sobrepasa los valores críticos definidos, lo que, entre otras cosas, evita la congelación del terreno circundante.

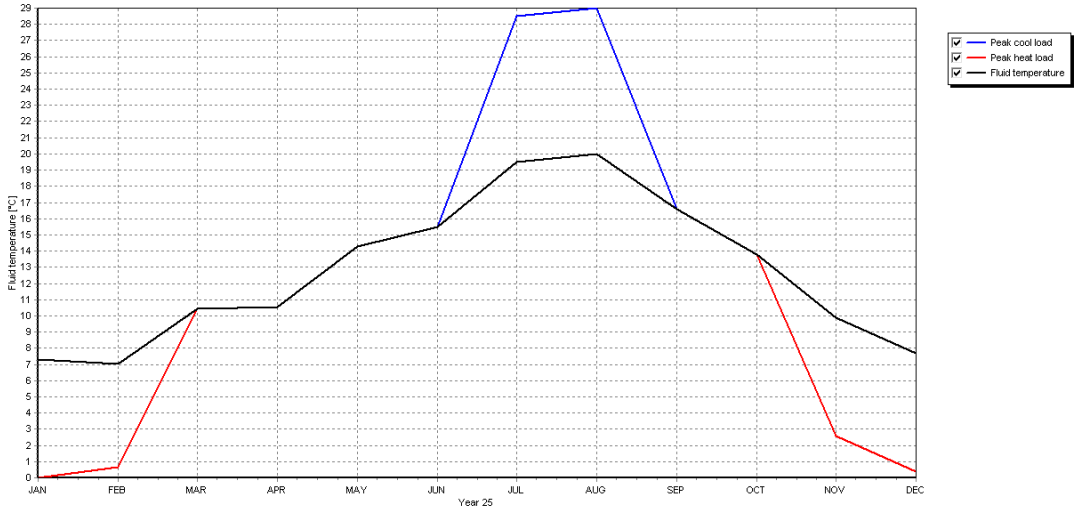


Ilustración 15. Temperaturas fluido caloportador último ciclo de vida, año 25

En resumen, a pesar del cierto desequilibrio existente entre la demanda de calor y de frío para la vivienda objeto de proyecto, parece que la instalación así diseñada tendrá un adecuado funcionamiento a lo largo de su ciclo de vida.

6.2 Cálculo de la instalación hidráulica

Tras determinar el número de sondas y sus características geométricas se puede continuar con el dimensionamiento del resto de la instalación. Así, el fluido encargado de transportar/ceder la energía térmica del/al subsuelo a su paso por las dos sondas verticales, circula a continuación por la tubería que conecta sondas con los colectores (normalmente denominado tramo horizontal) y, finalmente, por la tubería que conecta los colectores con la bomba de calor situada en la sala de máquinas de la planta baja de la vivienda (ver Plano 5).

Por otro lado, interesa optimizar la transferencia de calor tanto en la sonda como en el intercambiador de calor, para lo cual se deberá de trabajar con un fluido caloportador que circule en régimen turbulento. Siendo esta característica un factor limitante para el dimensionamiento de los conductos, se obtienen los siguientes diámetros para las tuberías de los distintos tramos de la instalación:

- Sondeo vertical: en la simulación con el EED se selecciona un diámetro para las tuberías de la sonda de 32 mm y un caudal de 0,5l/s, consiguiendo así el flujo turbulento requerido.

- **Primer tramo**: situado entre la sonda geotérmica y el colector/distribuidor de la instalación tendrá un diámetro de **63 mm.**
- **Segundo tramo:** situado entre el colector/distribuidor y la bomba de calor presenta un diámetro superior de **125 mm**.

Tras determinar todos los diámetros de la instalación geotérmica los cuales se muestran en el Plano 5, el siguiente paso es el dimensionamiento de la bomba de circulación encargada de mover el fluido caloportador. Para la selección de la bomba, además del caudal es necesario conocer la **pérdida de carga** que sufre el fluido en su recorrido a través de la tubería y del resto de elementos de la instalación.

Para este estudio las pérdidas en el circuito se dividen en 3 tramos:

- Tramo 1: Sondas verticales y conducción horizontal hasta colector (Ø 32 y Ø 63)
- Tramo 2: Tuberías entre colectores y bombas de calor (Ø 125)
- Tramo 3: Intercambiador de la bomba de calor geotérmica

La disposición de circuitos en paralelo durante el tramo 1 hace que se seleccione el de mayor pérdida de carga, que se corresponde con de mayor longitud del circuito. En el primer tramo el caudal será de 0,5l/s hasta la salida de la sonda y a continuación de 1l/s hasta el colector/distribuidor. En el segundo y tercer tramo el caudal será de 2l/s correspondiente al flujo total movido por la bomba de circulación.

En la siguiente tabla (Tabla 8), se presentan las pérdidas en cada uno de los tramos, siendo esta la suma de los tramos rectos de tuberías y la de los diferentes accesorios de la instalación.

Tabla 8. Perdidas de carga totales instalación exterior

Accesorio	Cantidad	K	Pérdida de carga (m.c.a)
Pérdidas de carga tramo 1			
Regulador de caudal	1	89	2,59
Codo 90º pequeño	4	0,4	0,0468
Codo 90º grande	1	0,25	0,0073
Válvula de seguridad	1	2,5	0,073
Válvula de corte	1	10	0,29
Tubería exterior 1	5 metros	-	0,0168
Tubería sonda	66,35 metros	-	4,75
Pérdidas carga tramo 2			
Codos pequeños	4	0,0347	0,0016
Válvulas de corte	3	0,0174	0,0006
Válvula de seguridad	1	0,217	0,00235
Tubería exterior 2	2 metros	-	0,0008
Pérdidas carga tramo 3			
Bomba de calor	1	Modelo	1,930
PÉRDIDA TOTAL DE LA INSTALACIÓN			**9,7 m.c.a.**

Los accesorios que se han considerado podrían variar finalmente en la instalación real en función del montaje llevado a cabo. Por ello, una vez terminada la instalación será necesario reevaluar el cálculo de las pérdidas. Las pérdidas que puedan darse debido a las conducciones hidráulicas dentro de la cámara de registro serán medidas tras finalizar la instalación.

Conocido el caudal total transportado en la instalación y las pérdidas aproximadas que se dan en él, se puede ya seleccionar la bomba de circulación a instalar. En este caso se selecciona una bomba modelo Magna3 32-120F o similar.

La bomba MAGNA3 mostrada en la ilustración 15 es una circuladora de rotor húmedo, opción ideal para cualquier proyecto de construcción. Dada su alta eficiencia, su rango de funcionamiento y capacidades de comunicación, MAGNA3 es ideal para sistemas de calefacción y refrigeración de alto rendimiento. Se trata de un dispositivo de fácil integración y manejo sencillo, el cual permite una configuración intuitiva y adaptable a cada tipo de instalación.

Ilustración 16. Bomba modelo Magna3 32-120F

La bomba presenta una curva de funcionamiento, que se ajusta a las necesidades de la instalación como se puede ver en el Anejo 8 de la memoria junto a las principales características de la misma y especificaciones.

6.3 Ejecución del campo de sondas y del tramo horizontal

Existen diversos modos de realizar las perforaciones durante la ejecución del campo de sondas, cada uno de ellos recomendable para diferentes tipologías de terreno. Tras el estudio de la geología del área en la que se encuentra la vivienda objeto de proyecto fue posible determinar que el subsuelo, a la profundidad de las sondas geotérmicas que se van a ejecutar, lo forman materiales blandos, no rocosos, que permiten trabajar con un sistema de perforación por rotación.

Además, para conseguir esta perforación de una manera limpia y sin desprendimiento de terreno se utilizarán lodos en circulación directa. Igualmente, en el comienzo de la

perforación se realizarán entubaciones evitando desprendimientos de los materiales arenosos localizados en las primeras capas.

La perforación se llevará a cabo con la maquina MI 3 de MASSENZA DRILLING RINGS (ilustración 17) cuya ficha técnica se encuentra adjunta a la memoria en el Anejo 8. Se trata de una perforadora diseñada para trabajar con diversos métodos de perforación, adaptándose al terreno en el que se desee trabajar.

Ilustración 17. Perforadora modelo MI 3

Introducción de la sonda

En las perforaciones se introducirán por un lado las sondas de tipo doble U, SDR 11 y diámetro 32 mm, y al mismo tiempo un tubo de polietileno de alta densidad (PE100 diámetro 25mm) para la inyección del mortero de relleno.

El mortero empleado en este caso es un mortero de alta conductividad térmica tipo EnerGrout LD 3.0 (Ilustración 18) o similar, que presenta inocuidad respecto al medio en el que se inyecta. El relleno habrá de ofrecer un adecuado contacto térmico entre el intercambiador y el terreno, y proporcionar un adecuado sellado del pozo.

Ilustración 18. Mortero utilizado en perforación EnerGrout LD 3.0

Para el rellenado de los pozos se utilizará una planta de inyección sencilla, de modelo IS-60-50-M de GERTEC (Ilustración 19) o similar, con un caudal de relleno máximo de 50 l/min y cuyas especificaciones se encuentran anexas a la memoria (Anejo 8).

Ilustración 19. Planta de inyección sencilla GERTEC

Ejecución tramo horizontal

El tramo horizontal comprende la conexión entre las sondas geotérmicas y los colectores situados en la sala de máquinas junto a la bomba de calor.

Formado por la tubería que realiza el enlace entre las sondas y el colector/distribuidor junto a los distintos fittings (codos, manguitos, etc.) necesarios para hacer las conexiones y distribuciones del fluido en este tramo. Todos los componentes de este tramo serán de polietileno de alta densidad PE100, con un diámetro de 63 mm para conseguir un flujo turbulento como se ha realizado el cálculo anteriormente y una relación de diámetros SDR11 y presión nominal PN16.

En la instalación en la que se trabaja se tendrá únicamente un tramo de impulsión y otro de retorno desde la bomba de calor.
Para que el transporte se haga correctamente en la boca de cada sondeo se colocarán dos piezas en "Y", uniéndose por un lado el tramo de impulsión (2 tubos de Ø32mm) y por otro lado el de retorno (2 tubos de Ø32 mm) en tubos de diámetro de 63 mm. De esta manera por cada uno de los sondeos saldrán dos tubos de Ø63 mm cada uno.

Los tubos que salen de las sondas se dirigirán hacia el colector o distribuidor sobre un lecho arenoso de 10 cm, el cual se deposita sobre el terreno. Este terreno debe estar previamente adecuado con una profundidad de 70 cm, consiguiendo una distancia mínima entre los conductos de 30 cm entre conductos de ida y vuelta.

Colecto, distribuidor y conexión bomba de calor

El distribuidor deberá de incluir los siguientes elementos: válvulas de equilibrio, válvulas de bola de PVC, racor de ¾'' para trabajar como grifo de llenado y vaciado de la instalación con rosca de ½'', con un alojamiento de termómetro, purgadores y otros accesorios necesitados durante la instalación.

En el caso de colector se necesitarán elementos semejantes: válvulas de equilibrio, válvulas de bola de PVC, racor de ¾'' para trabajar como grifo de llenado y vaciado de la instalación con rosca de ½''para alojamiento de termómetro, purgadores y otros accesorios necesitados durante la instalación.

El siguiente elemento de la instalación será la bomba de calor, situada en la sala de máquinas de la vivienda mostrada en el plano N 4. A la salida del colector y el distribuidor se tendrá la conexión directa con la bomba de calor.

Pruebas finales y mantenimiento

La instalación de las tuberías que conforman el circuito se debe de realizar de forma limpia, tratando de reducir las pérdidas durante el recorrido del fluido. Es por ello que se trabaja con tramos rectos enlazados por el menor número de accesorios posibles. Tras ello, antes de comenzar con el funcionamiento del sistema geotérmico, se debe de realizar una serie de pruebas descritas a continuación:

- Limpieza completa del circuito de tuberías.
- Purgado del aire de la instalación.
- Prueba preliminar de estanquidad.
- Verificación del diseño de la instalación (valores de presión y caudal).
- Puesta en marcha de la bomba de calor y comprobación de los parámetros de la instalación.

La descripción detallada de cada una de las tareas se puede consultar en el Anejo 5. El mantenimiento de la instalación es mínimo con referencia a las necesidades habituales de un sistema de climatización. Con una instalación correcta, siguiendo cada una de las recomendaciones durante la introducción de sonda, así como de las partes enterradas del circuito hidráulico, no será necesario llevar a cabo un mantenimiento de esta parte, lo que reducirá costes durante el ciclo de vida de la misma.

El reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE, RD 1027/2007) indicará las labores de mantenimiento correspondientes a la bomba de calor, la cual precisará una supervisión periódica tratando de adelantarse a posibles fallos internos de funcionamiento.

En los Planos 3 y 4 se muestran las características de la instalación geotérmica. En el primero de ellos se muestra la localización de las perforaciones y bomba de calor en

referencia a la vivienda, junto al perfil del interior de las sondas geotérmicas. En el Plano 4 se presenta el esquema de principio con cada uno de los componentes de la instalación, que se describe de forma más detallada en el Anejo 5.

7. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

7.1 Demanda eléctrica

Este proyecto incluye también el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para alimentar la instalación geotérmica y suministrar energía eléctrica renovable a la vivienda, para lo cual, y como para el caso de la geotermia, es necesario conocer la demanda actual de la vivienda objeto de proyecto.

Se trata de un dato muy variable en función del día y la hora, por ello se considera la situación más desfavorable. En cuanto a la instalación geotérmica, se toma como carga eléctrica la bomba de calor, cuyo mayor consumo tendrá lugar el día más frío del año. Tomando como referencia el 15 de enero, se estima que el consumo de la bomba de calor es de 57,50 kWh/día.

Los consumos asociados al resto de cargas de la vivienda se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Cargas eléctricas vivienda

Carga eléctrica	Cantidad	Potencia (W)	Horas/día	Energía (Wh)
Vitrocerámica	1	1200	0,75	900 Wh
Microondas	1	900	0,2	180 Wh
Horno	1	1000	0,5	500 Wh
Lavadora (1)	1	600	0,5x1,5	450 Wh
Secadora (1)	1	200	0,25x1,5	75 Wh
Cargador movil	5	5	3,00	75 Wh
Cargador ordenador	1	60	2,00	120 Wh
TV	3	40	2,00	240 Wh
Iluminación (2)(3)	9	40	0,25x6	450 Wh
Frigorífico-congelador (4)	2	110	24,00	5280 Wh
Bomba circulación (5)	1	150	6,00	900 Wh
Pequeños electrodomésticos	-	700	1,00	700 Wh
TOTAL				9870 Wh

(1) Se consideta que tanto la lavadora como la secadora tienen ciclos de 1h y 30 minutos, pero se utilizan unicamente uno de cada dos días.
(2) Se trata de luminación LED representada por zonas, difernciando 9 estancias. El consumo de estas es bajo debido a que se tratan de iluminación de bajo consumo.
(3) Se toma un factor de simultaneidad del 25% ya que no se encontrarán encendidas las 6 horas todas las estancias. Teniendo una media de encendido por estancia de 1h y 30 minutos.
(4) La potenia del frigorífico y del congelador dependerá mucho de la época del año, siendo menor el consumo en invierno.
(5) Potencia media de la bomba tomada como valor, durante las horas de funcionamiento.

Así, el consumo medio estimado para la vivienda es de 9,45 kWh/día. Sumando a esta demanda la de la bomba de calor se obtiene un consumo eléctrico total de:

$$E_{diaria} = E_{bomba\ calor} + E_{cargas\ eléctric} = 57{,}50 + 9{,}45 = \mathbf{66{,}95\ kWh/día}$$

7.2 Dimensionamiento instalación fotovoltaica

Existen múltiples páginas de referencia de venta de productos para las instalaciones fotovoltaicas, por lo que se ha realizado una búsqueda en *Auto Solar* (proveedor de paneles fotovoltaicos) para encontrar la opción más conveniente para satisfacer la demanda de la vivienda. Se necesitará la siguiente selección o similar de los siguientes elementos y sus características:

- **Paneles elegidos: Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc** (Ilustración 20)
- **Número de celdas: 120 celdas**
- **Tipo de unidad: Celda monocristalina**
- **Dimensiones principales: 1,052 x 1,774 x 0,035 m**

Se resumen a continuación (Tabla 10 e Ilustración20) los datos más relevantes para la instalación y funcionamiento de la misma. El resto de las características técnicas pueden consultarse en su ficha técnica (Anejo 8).

Tabla 10. Características técnicas panel fotovoltaico

Características técnicas principales	
Potencia Máxima (W)	380
Tensión nominal (V)	34,52
Corriente nominal (A)	11,01
Voltaje circuito abierto (Voc)	41,52
Corriente de cortocircuito	11,53
Eficiencia del módulo (%)	20,4

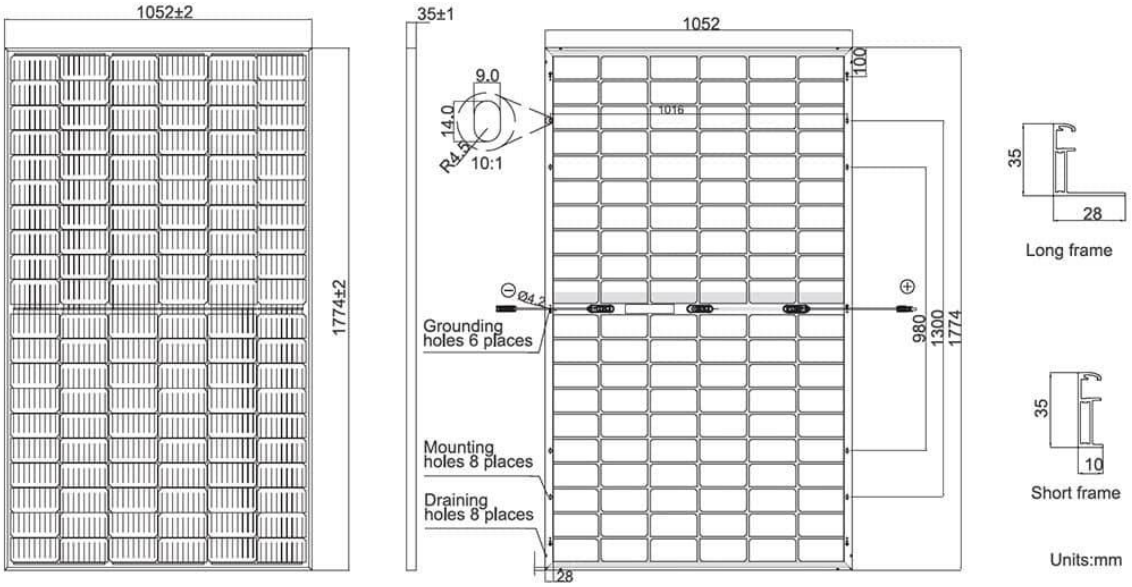


Ilustración 20. Planos paneles fotovoltaicos

Tras realizar una serie de cálculos en función de la dirección de incidencia solar y el grado de inclinación óptimo determinado para la instalación (Anejo 6), se obtiene el número de paneles fotovoltaicos, así como las baterías necesarias para la vivienda. El número necesario de baterías a poner en paralelo se determina en función de la capacidad nominal de corriente de cada una de ellas.

El número de paneles fotovoltaicos será el calculado a continuación, se encuentra desarrollado el cálculo en el Anejo 6:

$$nº\ de\ paneles = \frac{E_{demanda}}{E_{producida}} = \frac{66{,}95}{1{,}81} = 36{,}98 \sim 37\ paneles$$

En el Plano N 6 se observa la disposición de los paneles en el tejado de la vivienda.

A continuación, se muestran algunas características de la batería a instalar o similar:

- **Batería: ENERSOL T 10000 24 vasos Capacidad nominal: 1025Ah**
- **Vida: 2000 ciclos**
- **Dimensiones: 0,155 x 0,199 x 0,556 m (h)**

Finalmente, el número de baterías en paralelo que proporcionan la capacidad objetivo de la instalación (corriente necesaria 2789,58 Ah) es el siguiente:

$$Nº\ de\ baterías = \frac{2789{,}58Ah}{1025Ah} = 2{,}72\ baterías \sim 3\ baterías$$

Así pues, la conexión de 3 baterías permite sobredimensionar la instalación y, con ello, tener la certeza de que la energía acumulada permitirá satisfacer una demanda de 4 días aproximadamente.

Todos estos cálculos vienen desarrollados en el Anejo 6. Igualmente, las características técnicas de los paneles empleados pueden consultarse en el Anejo 8 *Documentació*n.

En la siguiente tabla (Tabla 12), se presentan las principales características técnicas de las baterías seleccionadas. Se muestra información referente a la geometría, así como la capacidad nominal de la misma.

Tabla 11. Características técnica baterías ENERSOL T 1000-24 vasos

Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C_{120} 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height* (h) max. mm	Installed length (L) max. mm	Weight incl. acid approx. kg	Weight acid** approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
EnerSol T 370	NVTS020370WC0FA	2	376	83.0	199	445	93.0	17.3	5.10	0.70	2900	F-M10	1
EnerSol T 460	NVTS020460WC0FA	2	452	101	199	445	111	21.0	6.30	0.56	3625	F-M10	1
EnerSol T 550	NVTS020550WC0FA	2	542	119	199	445	129	24.7	7.50	0.46	4350	F-M10	1
EnerSol T 650	NVTS020650WC0FA	2	668	119	199	508	129	29.5	8.60	0.45	4500	F-M10	1
EnerSol T 760	NVTS020760WC0FA	2	779	137	199	508	147	31.0	10.0	0.38	5250	F-M10	1
EnerSol T 1000	NVTS021000WC0FA	2	1025	155	199	556	165	43.1	12.6	0.38	5325	F-M10	1
EnerSol T 1250	NVTS021250WC0FA	2	1282	191	199	556	201	52.8	15.6	0.30	6657	F-M10	1

8. REGULACIÓN LEGISLATIVA Y NORMATIVA

Se enumeran a continuación las principales referencias normativas y legislativas que se han empleado para el desarrollo de este proyecto:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Documentos Básicos HE 1 "Ahorro de energía. Limitación de demanda energética", HE 2 "Ahorro de energía. Rendimiento de las instalaciones térmicas", HS 3 "Salubridad. Calidad del aire interior", HS 4 "Salubridad. Suministro de agua", HS 5 "Salubridad. Evacuación de aguas" y SI "Seguridad en caso de incendio".

- Normas UNE-EN Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- IT 1.1.4.1 Exigencia de la calidad térmica del ambiente

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).

- Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética.

El listado completo de referencias normativas y legislativas necesarias para el diseño e instalación de un sistema geotérmico de muy baja temperatura se puede consultar en el Anejo 7 Regulación legislativa.

9. BIBLIOGRAFÍA

9.1 Webgrafía

[1] Juan Antonio Pinilla Rodríguez (2019) El problema energético mundial. Energías renovables y cambio climático. Disponible en: https://e-management.mx/2019/11/16/el-problema-energetico-mundial-energias-renovables-y-cambio-climatico/

[2] Ministerio para la transformación ecológica y el reto demográfico. Paquete de Energía y Cambio Climático 2013-2020 Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/la-union-europea/

[3] Comisión europea. Objetivos para 2030. Marco sobre clima y energía para 2030 Disponible en: https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/overall-targets/2030-targets_es

[4] Instituto Catalán de energía. Tipos de energía geotérmica. Disponible en: http://icaen.gencat.cat/es/energia/renovables/geotermica/tipus/

[5] Anónimo. Evolución de la temperatura con la profundidad. Disponible en: http://geotermiaavanzada.blogspot.com/2013/08/evolucion-de-la-temperatura-con-la.html

[6] ¿Como funciona la Energía geotérmica? Disponible en: https://comofuncionaque.com/como-funciona-la-energia-geotermica/

[7] Funcionamiento de una bomba de calor geotérmico. Disponible en: http://www.grupovisiona.com/es/geotermia/funcionamiento-de-una-bomba-de-calor-geotermica

[8] Siber ventilación. Empleo de una central geotérmica para optimizar la energía. Disponible en: https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/empleo-de-una-central-geotermica-para-optimizar-la-energia/

[9] Clima mediterráneo típico. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_mediterráneo_t%C3%ADpico#España

[10] Admin. Clasificación de Köppen en territorio español. Caracterización y cambios recientes (2015). Disponible en: http://www.meteoillesbalears.com/?p=272

[11] Luis Santalla. Teoría de construcción. Cimentación termo activa. (2014) Disponible en: https://teoriadeconstruccion.net/blog/cimentacion-termoactiva/

[12] Disponible en: https://energia.jcyl.es/web/es/energias-renovables-ordenacion-energetica/sistemas-intercambio-geotermico.html

[13] Junta de Castilla y León. Energía y Minería en Castilla y León. Sistemas de intercambio geotérmico. Disponible en: https://www.geotermiavertical.es/perforacion-geotermica/

[14] Ener Grout. Productos para Geotermia Disponible en https://energrout.com/

9.2 Libros

[1] IDAE, Guía técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado, Madrid: IDAE, 2012.

[2] IDAE, Mapa Tecnológico: Calor y Fío Renovables, Madrid: IDEA, 2012.

[3] Raúl Alberto Sánchez Velasco, Aprovechamiento de la geotermia de mediana y baja temperatura en México con el marco legal existente, Agosto 2015.

[4] E. Galán Huertos J. L. Martin Vivaldi, Caolines españoles: Geología, mineralogía y génesis. Parte VI: Depósitos Paleozoicos, Neógenos y Cuaternarios,1974.

[5] IGME, Mapa geológico de España Almendralejo Segunda serie-Primera edición, 1985.

9.3 Trabajos de fin de grado

[1] Caviedes del Hoyo, Patricia. TFG: Diseño de Instalación Geotérmica para producción de ACS y Calefacción por suelo Radiante para vivienda unifamiliar en Torrelavega, 2014.

[2] Ramos Martín, María. TFG: Estudio de Instalación Geotérmica en la Escuela de Caminos de Santander, 2019.

[3] Fariña Varela, Javier. TFG: Climatización de Edificio de Oficinas mediante Energía Geotérmica, 2013.

[4] Sanchez Ferradal, Estefanía. TFG: Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda Rural, 2017.

[5] Ruiz Tejera, Sergio. TFG: Instalación Geotérmica de Climatización y Producción de ACS en vivienda unifamiliar en el término municipal de Escobedo de Camargo, 2015

[6] López Uriarte, Joaquín. TFG: Estudio de alternativas para el aprovechamiento geotérmico en el edificio Juan de la Cosa, 2015.

[7] Prada del Río, José Carlos. TFG: Implantación de Sistemas de Geotérmica y energía Solar Fotovoltaica en Edificios Rurales rehabilitado, 2018.

[8] Gago Gómez, Brais. TFG: Instalación Geotérmica de Calefacción y ACS en una vivienda Unifamiliar situada en Lugo, 2019.

ANEJOS

ANEJO Nº 1 Estudio geológico, hidrogeológico y geotérmico

ANEJO Nº 2 Climatología

ANEJO Nº 3 Energía geotérmica

ANEJO Nº 4 Bases de diseño instalación geotérmica

ANEJO Nº 5 Dimensionamiento del campo de sondas

ANEJO Nº 6 Instalación fotovoltaica

ANEJO Nº 7 Regulación legislativa

ANEJO Nº 8 Documentación

ANEJO Nº 9 Simulaciones

ANEJO Nº1 ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉRMICO

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN 2
2. OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS 3
3. ESTUDIO GEOLÓGICO 4
4. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO 9
5. ESTUDIO GEOTÉRMICO 10
6. TEST DE RESPUESTA TÉRMICA 13

Ilustración 1. Fotografía satélite de la situación de la vivienda 2
Ilustración 2. Mapa geológico de Badajoz (Plano Escala 1/200.000) 3
Ilustración 3.Correspondencia de los periodos de cada material 6
Ilustración 4. Leyenda mapa geológico 9
Ilustración 5. Mapa hidrogeológicos de España (escala 1:1.000.000) 10
Ilustración 6. Mapa geológico de La Zarza 12
Ilustración 7. Esquema funcionamiento TRT 13

Tabla 1. Conversión conductividad térmica de cada material 11
Tabla 2. Leyenda mapa geológico La Zarza 12

1. Introducción

Tanto la geología, hidrogeología y la geotermia de la zona en la que se trabaja, se tratan de estudio previos a la instalación necesarios para poder trabajar de la forma mas eficiente en la zona. Principalmente se debe a la necesidad de conocer el material en el cual se van a realizar las perforaciones y la posible existencia de acumulaciones hidrológicas subterráneas. En función de la tipología de los materiales que se encuentran, se trabajará de distinta manera para conseguir un mejor intercambio de calor con el subsuelo. El tipo de material que se encuentre influirá en el coeficiente de conductividad térmica, indispensable para determinar el sistema a instalar. En el caso presente el estudio hidrogeológico no será muy extenso, ya que se trata de una localización sin existencia de aguas subterráneas. Es esencial realizar este estudio, la existencia de agua subterránea modificaría la instalación tratándose esta de un elemento disipador mejorando las propiedades térmicas del subsuelo aumentando la conductividad térmica efectiva del terreno.

En el anejo presente se realiza el estudio geológico, hidrogeológico y geotérmico de la zona de Mérida-Almendralejo y concretamente en La Zarza, pueblo en el que se encuentra la vivienda.

La parcela de interés se trata de una superficie de 223m^2, en la cual se encuentra una vivienda unifamiliar de dos alturas la Planta baja con garaje (PB) y la Primera planta donde se realiza la vida cotidiana (P1).

El estudio geológico que se realiza, tiene como objetivo recoger los datos característicos del terreno para realizar de forma correcta las excavaciones pertinentes para la incorporación de sondas geotérmicas al terreno.

La imagen adjunta a continuación muestra una fotografía satélite de la situación en planta del municipio con la parcela con la vivienda, y de la vivienda adjuntas que se localizan adjuntas a ella.

Ilustración 1. Fotografía satélite de la situación de la vivienda

Para comenzar con los estudios, se realiza previamente una recopilación de información de la zona presente en los diferentes planos geológicos, hidrogeológicos y geotérmicos que se pueden obtener tanto del IGME como de diferentes proyectos realizados en la zona próxima a la de interés.

La parcela se encuentra en la zona norte de Badajoz, en términos geológicos formando parte del Macizo ibérico meridional, en la llamada Zona Ossa-Moreno (ZOM). Se sitúa al sur del río Guadiana y al este de la tierra de barros, en el cual predomina un relieve suave con pequeñas sierras que rodean al núcleo urbano, con cotas no superiores a los 520 m. El pueblo se sitúa en las faldas de la sierra, motivo por el cual las calles de la zona alta del pueblo presentan fuertes pendientes.

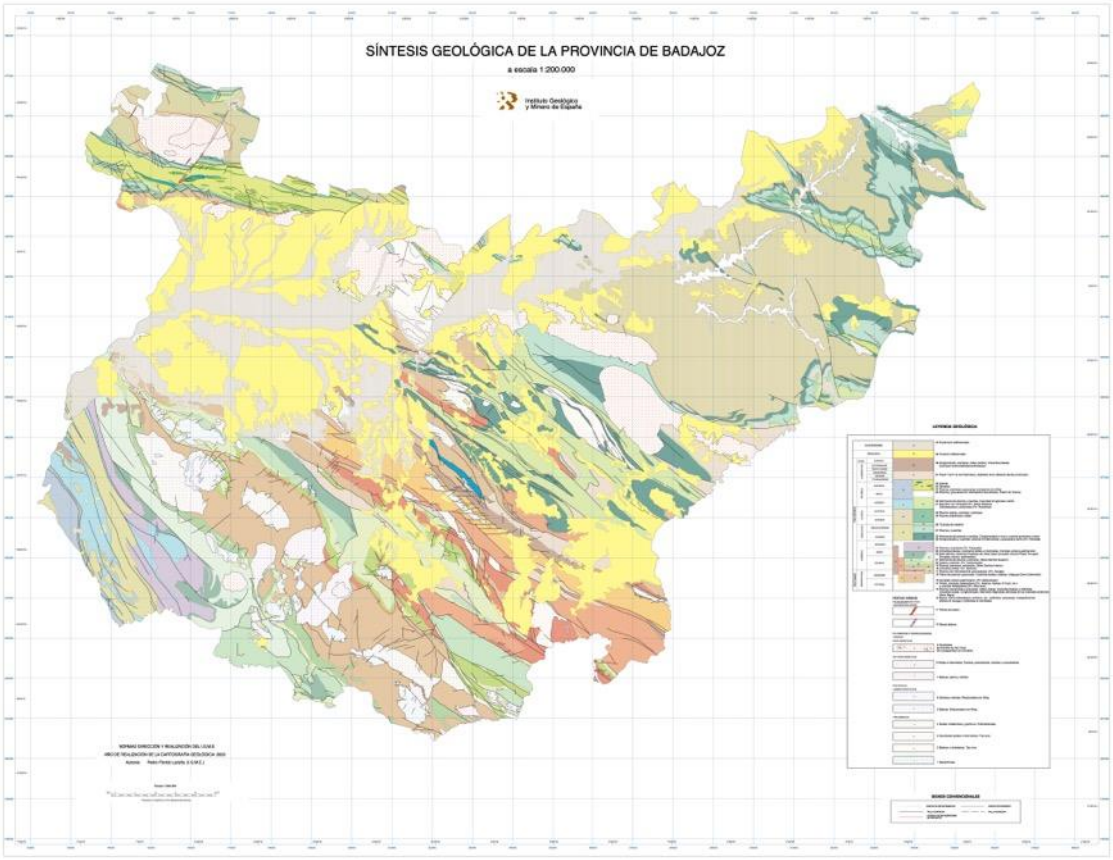


Ilustración 2. Mapa geológico de Badajoz (Plano Escala 1/200.000)

La red hidráulica de la provincia de Badajoz está representada principalmente por el Río Guadiana y los numerosos pantanos localizados por todo su territorio.

Partiendo de esta información se puede comenzar con la descripción de la geología, hidrogeología y geotermia de la zona.

2. Objetivos de los estudios

Se tienen una serie de objetivos técnicos, que necesariamente se deben cumplir para poder desarrollar el proyecto de la forma adecuada.

Se desea:

- Conseguir una descripción del marco geológico, hidrogeológico y geotérmico general de la zona.
- Describir las diferentes características geológicas y geotérmicas del terreno en el que se trabaja. Conociendo la distribución de las capas que componen el subsuelo del área.
- Conocer la estabilidad del suelo en el que se va a proyectar la instalación, el cual tiene que soportar diferente excavaciones.

3. Estudio geológico

Se ha realizado una recopilación de información orientada en conseguir los objetivos anteriormente descritos. Conocer la geología de la zona en la que se trabaja es un estudio previo necesario. Principalmente se debe a la necesidad de conocer el material en el cual se van a realizar las perforaciones. En función de la tipología de los materiales que encontrada, se trabajará de distinta manera para conseguir un mejor intercambio de calor en el subsuelo. El tipo de roca que se encuentre influirá en el coeficiente de conductividad térmica, indispensable para determinar el sistema a instalar.
Se ha trabajado con estudios preexistentes de la zona de interés, consiguiendo así reducir la investigación de campo. De lo contrario, si no se cuenta con información referente a la zona se debe de realizar un estudio profundo de la situación el cual se describirá en los siguientes capítulos.

La información geológica de La Zarza, municipio de interés, se encuentra en la hoja nº 803 del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 "Almendralejo"(Plano Magna50_803). Este mapa aporta información geológica de la zona, junto diferentes secuencias sedimentarias.

En esta hoja de Almendralejo, afloran por una parte rocas metamórficas y ígneas del Precámbrico y Paleozoico así como por otro lado materiales detríticos no consolidados de la edad Neógeno-Cuaternario. Se pueden diferenciar dos dominios en esta hoja, el de ovejo-valsequillo-puebla de la reina y valencia de las Torres-Cerro Muriano.

La Zarza, municipio en el que se trabaja se encuentra en el dominio Obejo-Valsequillo-Puebla de la reina en el que coexisten rocas del paleozoico afinidad Centro Ibérica y materiales del precámbrico de afinidad Ossa-Morena. También se puede hablar de una serie de unidades específicas las cuales presentan una estratigrafía específica, como es el caso de la Unidad de Alange, cuyo termino incluye a La Zarza. En Alange municipio cercano a La Zarza afloran materiales de pertenecientes a diferentes periodos geológicos como son el Cuaternario, Terciario, Carbonífero inferior, Devocionario, Ordovícico, Cámbrico y Precámbrico.

De los distintos periodos mencionados no todos ellos se encuentran en la zona de interés. Por esto se debe de realizar un estudio más específico de la zona deseada la cual pertenece a la unidad de estudio de Alange.

En ella se pueden diferenciar diferentes materiales según la zona:

- Esquistos y cuarzo esquistos biotíticos con metavolcanitas ácidas, básicas y cuarcitas negras (35,38)
- Metavolcanitas y calizas (39,41)
- Arcosas (42)
- Pizarras grises con pasadas arenosas y calizas estromatolíticas a techo (43,44)
- Pizarras y areniscas violáceas (45)
- Arcosas rosas y pizarras violáceas (46)
- Ortocuarcitas blancas (cuarcita armoricana) (47)
- Areniscas ferruginosas con intercalaciones de esquistos (48)
- Esquistos sericíticos con pasadas de areniscas y calizas bioclásticas (49 y 50)
- Arenas y arcillas, presencia de cantos angulosos de cuarcitas y matriz arenosa (61 y62)

En lo que al municipio de interés ocupa, en el mapa geológico se pueden ver como no todos estos materiales se presentan en ella. Reduciendo el interés únicamente a los necesarios para nuestro estudio. El numero que tiene cada material junto a su denominación facilita su asociación en el mapa.

En esta localización del Cuaternario afloraran materiales del Holoceno principalmente arenas y arcillas, localmente con presencia de cantos angulosos de cuarcitas y matriz arenosa. Pertenecientes al Devocionario tanto inferior como medio se encuentran esquistos sericíticos con pasadas de areniscas así como areniscas ferruginosas con intercalaciones de esquistos. En limitadas zonas de la población, principalmente en las zonas exteriores se presentan materiales propios del Ordovícico, siendo ortocuarcitas blancas.

En la tabla a continuación se pueden conocer de que fechan datan cada periodo al cual pertenecen los materiales.

EÓN	ERA	PERÍODO	CRONOLOGÍA	OROGENIAS	EL RELIEVE
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario (Pleistoceno, Holoceno)	Hace 2 mill. años (ACTUALIDAD)		Ha transcurrido muy poco tiempo a escala geológica. Por ahora es una etapa de sedimentación y de retoques erosivos, destacando el efecto de las glaciaciones.
		Terciario (Paleoceno, Eoceno, Oligoceno, Mioceno, Plioceno)	Hace 65 mill. años	Alpina	Se inicia con un movimiento orogénico: el alpino, responsable de las líneas maestras del relieve actual. Se forman grandes cadenas montañosas, como los Pirineos, los Alpes, los Andes y el Himalaya. Se cierra el mar de Tethis. Glaciaciones.
	Mesozoico (Secundaria)	Cretácico	Hace 230 mill. años		Separación África-América del Sur en el Cretácico, además de formación de la mayor parte del petróleo. El Atlántico se abrió en el Jurásico. Fase en la que dominan la erosión y la sedimentación. Etapas de transgresión y regresión marinas.
		Jurásico			
		Triásico			
	Paleozoico (Primaria)	Pérmico	Hace 570 mill. años		Formación de Pangea a partir de Gondwana y otros continentes. Épocas glaciales en el Pérmico y Cámbrico. Era constructiva, de formación de relieves (dominio de la tectónica sobre la erosión). Alternancia de niveles del mar altos y bajos. La vida vegetal y animal está confinada a los mares.
		Carbonífero		Herciniana	
		Devónico		Caledoniana	
		Silúrico			
		Ordovícico			
		Cámbrico			
Proterozoico		Precámbrico	Hace 2.500 mill. años		La corteza terrestre crece y al final del Precámbrico aparece un único continente: Pangea.
Arcaico			Hace 3.500 mill. años		Calor en la Tierra casi tres veces superior al actual. Formación de primeros continentes. Primera glaciación.
Hádico			Hace 4.600 mill. años		Etapa pregeológica: es imposible localizar materiales de esta época en la corteza terrestre.

Ilustración 3.Correspondencia de los periodos de cada material

A continuación se detalla cada uno de los afloramientos existentes en la zona de estudio,. Todo ello forma parte de la cartografía digital ofrecida por el instituto geológico y minero de España, en la memoria del mapa número 803 que corresponde con la hoja de Almendralejo donde se localiza la población motivo de estudio.

Cuaternario- Arenas y arcillas, presencia de cantos angulosos de cuarcitas y matriz arenosa:

Se tratan de depósitos recientes todos ellos del Holoceno. Se encuentran en depósitos de fondos de valles de ríos y arroyos pudiendo separar estos de los partes laterales por gravedad.

Devónico- Esquistos sericíticos con pasadas de areniscas y calizas bioclásticas, y Areniscas ferruginosas con intercalaciones de esquistos:

Los materiales más bajos reconocidos en esta Unidad, son una sucesión de esquistos y cuarzo esquistos biotíticos, que intercalan pasa- das de material volcánico y de cuarcitas negras.

Existen dos afloramientos de estos materiales, que se interpretan como una repetición tectónica debido al juego de una falla de dirección aproximada E-W.

Los materiales reconocidos en ambos afloramientos son funda- mentalmente esquistos y cuarzo esquistos biotíticos con intercalaciones de material grauváquico; hacia el muro de la sucesión aparecen rocas volcánicas de naturaleza ácida y básica, así como pasadas poco potentes de cuarcitas negras; las rocas volcánicas afloran ampliamente en zonas más orientales, en las proximidades de Oliva de Mérida (Hoja 804).

Los esquistos son rocas de color grisáceo, de grano fino y textura esquistosa lepidoblástica, formados por cuarzo, plagioclasa, moscovita y biotita. Los cuarzo esquistos tienen la misma composición y tex- tura granolepidoblástica esquistosa.

Las grauvacas son rocas esquistosas de color gris y textura esquistosa blastopsamítica, formadas por cuarzo, plagioclasa, mica in- colora y biotita. La roca presenta clastos monomineralógicos de cuarzo y plagioclasa, clastos de rocas cuarcíticas y matriz sericítico-clorítica, y clastos de rocas ígneas microgranudas con cuarzo y plagioclasa.

Los niveles de rocas básicas diferenciados, son clasificados unas veces como anfibolitas, y otras como metadiabasas. Las anfibolitas son rocas masivas, de color verdoso, tienen textura nematoblástica y están compuestas por anfíbol (hornablenda verde-actinolita), plagioclasa (oligoclasa), y en menor proporción cuarzo, clorita, epidota, etc.

Las matadiabasas son rocas esquistosas de color verdoso y tex- tura blasto ofítica formadas por cuarzo (escaso), plagioclasa (sericitizada), melanocratos (biotita y/o anfíbol), feldespato potásico y opacos.

Los diferenciados procedentes de material volcánico acido, son rocas cuarzo feldespáticas con textura blastoporfídica esquistosa, formadas por fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa inmersos en una matriz micro cristalina y/o vítrea.

Estos materiales se ven afectados por metamorfismo de contacto debido a la intrusión de los gabros de Alange, y Zarza de Alange.

Las rocas volcánicas de esta sucesión muestran por lo general carácter calco alcalino, aunque algunas muestras presentan carácter toleítico, e incluso una muestra es de afinidad alcalina.

A estos materiales se les atribuye una edad Rífense medio superior, por correlación con la sucesión Tentudía y/o Montemolín .

<u>Ordovícico- Ortocuarcitas blancas:</u>

Los siguientes materiales reconocidos, son una sucesión cuarcítica que aflora en dos bandas paralelas en el borde nororiental de la Hoja.

En ningún punto se observa la relación de las cuarcitas con la sucesión anteriormente descrita, salvo en las proximidades de la Casa de Ayala, donde se aprecia un tránsito gradual de una sucesión a otra.

Los afloramientos son fácilmente identificables, ya que se relacionan con zonas elevadas del terreno, como son la Sierra de Peñas Blancas, el Cerro Grajera, Cerro Holgados. Cerro Calvario, etc.

La sucesión está formada casi exclusivamente por orto cuarcitas blancas, por lo general de aspecto masivo (algo más bandeadas hacia el techo) donde es difícil reconocer por lo general ningún tipo de estructura sedimentaria.

El estudio microscópico de estos materiales indica que se trata de una roca con textura blastopsamítica formada en su mayoría por clastos mono cristalinos de cuarzo de diverso tamaño, a los que acompañan algunos fragmentos de rocaslutítico sericíticas, así como algunos agregados micro cristalinos de cuarzo. La matriz es muy escasa, siendo frecuentes los contactos entre clastos.

Estos materiales se correlacionan con la Cuarcita Armoricana, la cual se interpreta habitualmente como un deposito marino somero en forma de barras que migran en la plataforma.

La potencia de estos materiales es viable, su máximo desarrollo se observa en la zona de la Sierra de Peñas Blancas, donde se alcanzan espesores de hasta 400-500 metros.

Precámbrico- Esquistos y cuarzoesquistos biotíticos:

Sobre las areniscas ferruginosas y en concordancia, aparece una sucesión de esquistos sericíticos, que intercalan esporádicos niveles arenosos y calizas hacia la base.

Estos materiales afloran al sur de las grandes alineaciones cuarcíticas del borde noroeste de la Hoja, dan formas deprimidas en el relieve, y en muchas ocasiones están ampliamente cubiertos por depósitos de piedemonte. En los dos afloramientos reconocidos estos materiales aparecen cabalgados y laminados hacia el techo por rocas cuarcíticas de diversa edad.

En conjunto se trata de una monótona sucesión de esquistos de grano muy fino, sericíticos, de coloración variada (morados, grises, rosáceos, etc.) que intercala hacia la base algunos niveles arenosos, y calizas bioclásticas.

Buenas observaciones de esta sucesión se pueden hacer en la cantera de Alange, donde están expuestos los tramos basales de la misma, así como en otras explotaciones como la del Cerro Holgados y la de la Sierra de Juan Bueno.

Los niveles de calizas encontrados, se localizan unos dos kilómetros al oeste de Zarza de Alange, y contienen una abundante fauna de braquiópodos.

Se han encontrado yacimientos fósiles en esta sucesión; el primero en la cantera de Alange (muestra 11-32 AI-9001), donde se ha reconocido una amplia fauna marina de braquiópodos, ostrácodos y briozoos, en unos niveles arenosos que se sitúan justo a muro de esta sucesión. El segundo yacimiento se localiza en un nivel de calizas arenosas algo dolomitizadas, que aparece intercalado entre los esquistos sericíticos, muestra 11-32 AI-9001, donde se ha reconocido una abundante fauna de braquiópodos, gasterópodos, tabulados y briozoos. La muestra AI-9090 ha proporcionado una edad Devónico medio (Bivetiense) y la muestra AI-9090 situada en una posición estratigráfica más alta, contiene fauna del Devónico inferior (Pragiense).

Es- tos datos son contradictorios, y de forma provisional se asignan a estos materiales una edad Devónico inferior medio; no obstante no se descarta la posibilidad de que los esquistos sean de edad Devónico medio, y que el nivel calizo represente un olistostroma del Devónico inferior.

La intensa transformación que han sufrido estos materiales. impide su estudio sedimentológico. si bien se supone que la sucesión marca el paso rápido a condiciones marinas más profundas (transgresión) quedando los sedimentos por debajo del nivel de base del oleaje aunque no necesariamente a gran profundidad.

No se conoce el techo de esta sucesión. sin embargo la potencia de los materiales aflorantes hay que estimarla como mínimo en unos 250-300 metros.

Los depósitos de Sierra Morena (La Zarza, Alange, Monterrubio de la Serena, Hinojosa del Duque, Almuradiel, etc.) son en general extensas formaciones pizarrosas meteorizadas, con un contenido en caolinita inferior al 30 %. A veces la caolinización es más importante cuando gracias a fracturas existen acciones hidrotermales superpuestas a las meteóricas. En estos casos la caolinita es acompañada de pirolita y presenta la asociación caolinita-pirolita-sericita (La Zarza, Almuradiel, Hinojosa del Duque).

4. Estudio hidrogeológico

En este apartado del presente anejo se pretende reunir la información necesaria para realizar el estudio de las aguas subterráneas de la zona de interés. De resultar ser de interés la existencia de estas se debería conocer su estado, sus propiedades y las condiciones de las mismas para poder ser aprovechadas.

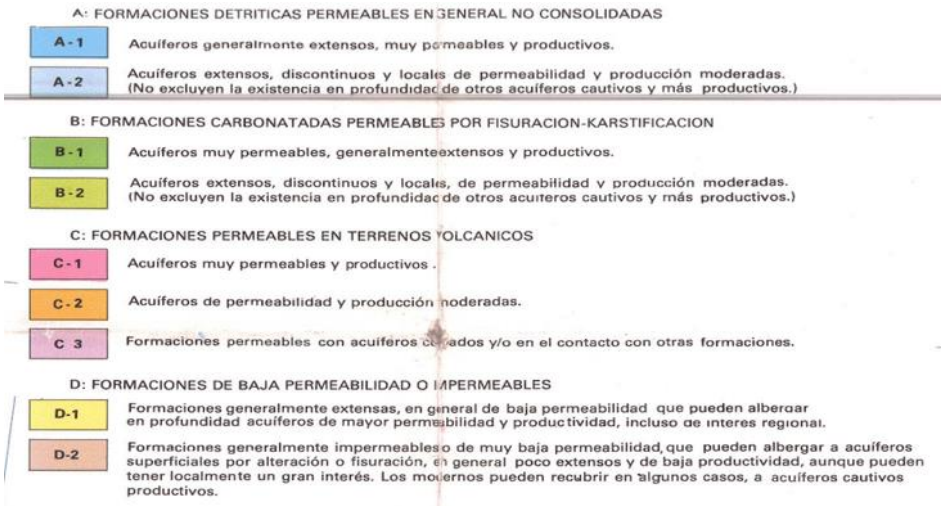


Ilustración 4. Leyenda mapa geológico

En el caso de estudio presente, la imposibilidad de acceso a fuentes de agua subterráneas para la extracción de calor hacen que no sea necesario profundizar sobre este aspecto.

Se puede ver a continuación la información en los siguientes mapas:

MAPA HIDROGEOLÓGICO DE ESPAÑA (ESCALA 1:1.000.000), del Instituto geológico y minero de España.

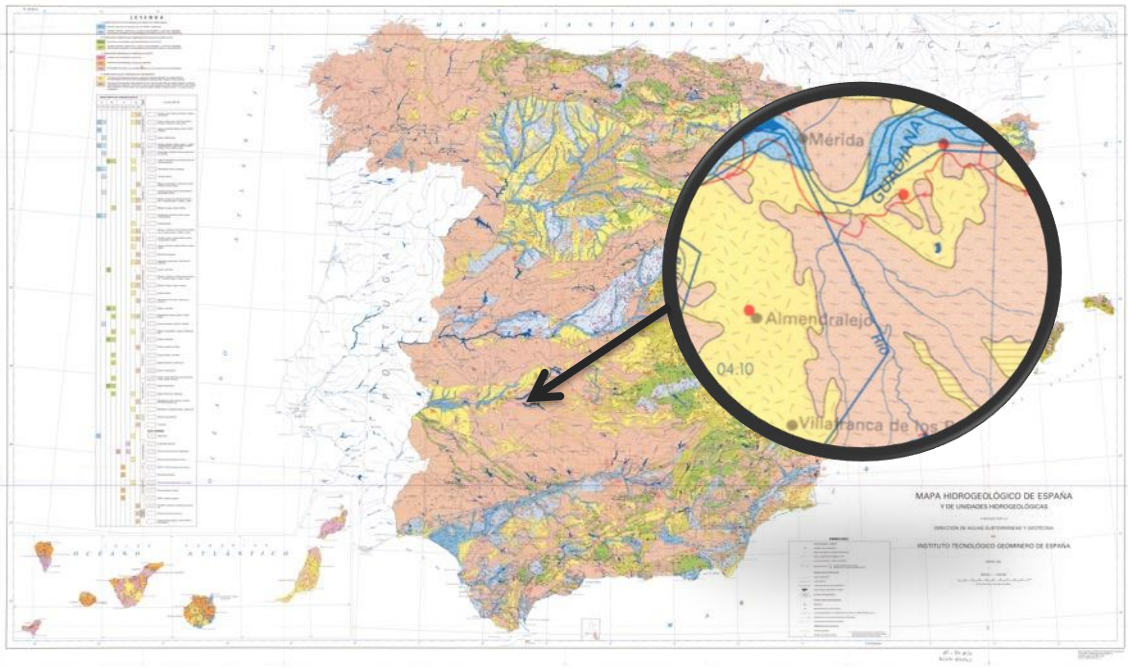


Ilustración 5. Mapa hidrogeológicos de España (escala 1:1.000.000)

En la leyenda del mapa, adjunto en la imagen previa se obtiene la información necesaria. Se presentan formaciones generalmente extensas, las cuales son de baja permeabilidad. Existe la posibilidad de encontrarse acuíferos de mayor permeabilidad y productividad todos ellos a gran profundidad, de interés regional pero no interesantes para nuestro proyecto.

5. Estudio geotérmico

Para el estudio geotérmico de la zona en la que se trabaja, se ha partido de los datos aportados por el proyecto PROMOEENER-A.

Los datos que se obtienen del terreno en el que se va a trabajar permiten conocer con cierto margen la posible resistencia del material bajo la vivienda. En el caso de proyectos de mayor envergadura se precisa la realización de un Test de Respuesta Térmica (TRT, técnica desarrollada a continuación), debido a su coste y duración en el proyecto actual se trabajarán con valores estandarizados de las propiedades del terreno a los cuales se aplicarán un coeficiente de seguridad como se ha indicado anteriormente.

Debido a la existencia del proyecto PROMOEENER-A realizado en Extremadura se partirá en primer lugar con los siguientes valores del terreno aportados por este estudio:

- Potencia Térmica Superficial: 50W/m
- Conductividad térmica:2.5W/m·K
- Temperatura del terreno a 100m de profundidad: 20-21ºC

Los valores anteriores se pueden obtener a través del estudio del material existente en las profundidades en la zona que se trabaja. Si se hace uso de ello y la conversión que permite realizar la tabla que se muestra a continuación (Tabla 1, Fuente: IDAE) se obtienen valores que difieren con los valores anteriores. Ambos se tratan de estimaciones, por lo que para conseguir el valor real a la localización en la que se trabaja sería pertinente realizar el TRT como se ha comentado anteriormente.

Tabla 1. Conversión conductividad térmica de cada material

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica
	Mín.	Valor típico	Máx.	(MJ/m³K)
Rocas magmáticas				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Grabo	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
Rocas metamórficas				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Micasquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
Rocas sedimentarias				
Caliza	2,5	2,8	4	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,1-2,2
Sal	5,3	5,4	6,4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
Rocas no consolidadas				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8

Se puede observar según la leyenda que adjunta a la siguiente imagen que se trata de Arenas y arcillas, localmente con cantos (detríticos de vertiente y fluviales) pertenecientes al cuaternario, Holoceno.

De lo cual se saca un valor típico de conductividad térmica, producto de la media de los valores dados para los materiales sedimentarios Arcillas y Arenas saturada de agua (1,7 y 2,4 respectivamente) de 2,05 W/m·K , valor algo distante al obtenido del estudio realizado por PROMOEENER-A.

Se presentan por tanto dos valores con los que realizar el dimensionamiento de la instalación. En el caso presente de trabajo con se selecciona el valor más restrictivo, el cual ofrece mayor seguridad en el dimensionamiento.

Tabla 2. Leyenda mapa geológico La Zarza

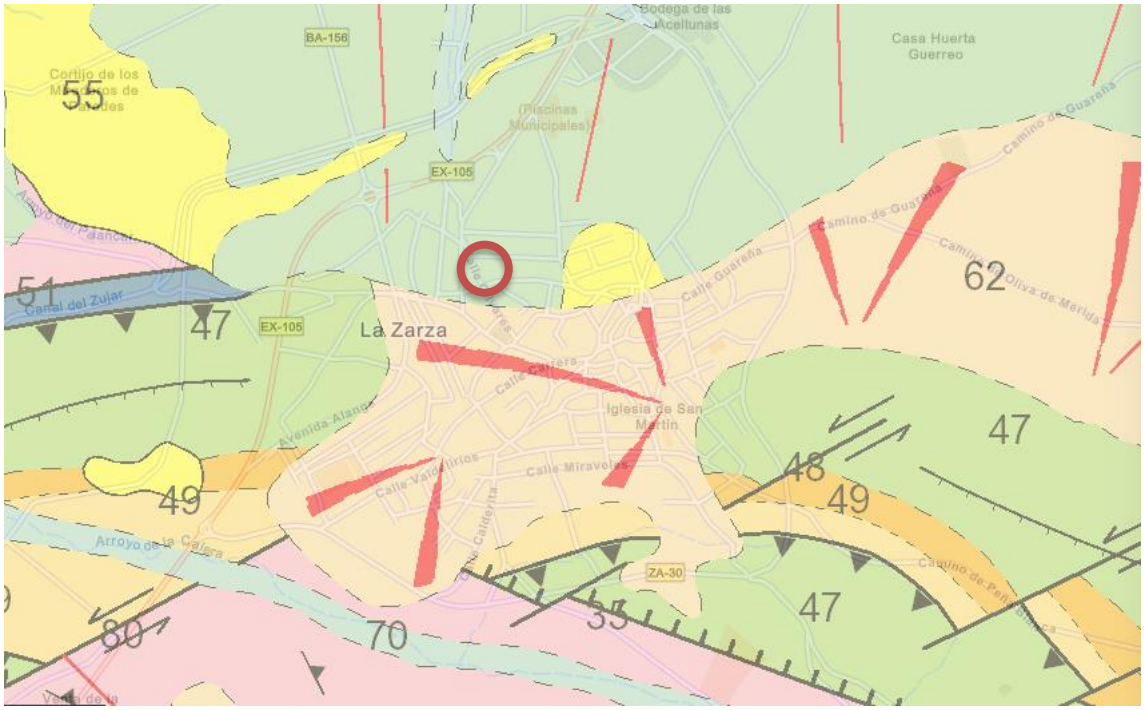


Ilustración 6. Mapa geológico de La Zarza

En el caso de un proyecto real realizar un test de respuesta térmica es habitual, de este modo se consiguen datos reales sobre el subsuelo del área donde se ubica la vivienda. En el caso de estudio presente se realiza una estimación de los materiales existentes en el subsuelo.

6. Test de respuesta térmica

Se trata de un ensayo para el cual se precisa realizar una primera perforación la cual formará parte de la instalación objeto de interés, para conocer las propiedades del terreno donde se va a trabajar. Con este test se consiguen propiedades específicas y efectivas del terreno, consiguiendo dimensionar de manera óptima y precisa la captación geotérmica dado la veracidad de la conductividad térmica efectiva y resistencia térmicas que ofrece el TRT (Test de respuesta térmica).
Al contario de cuando se trabaja con una geología y respuesta térmica del terreno estimada por la literatura de la zona, con la realización del TRT se podría ajustar de forma precisa la instalación garantizando un funcionamiento correcto de la instalación.

El ensayo mide las características térmicas del terreno, pudiendo conocer la respuesta del mismo frente a la adición de frío o calor en función de las necesidades de la vivienda y la disposición de las sondas geotérmicas.

Como se ha adelantado, una vez se terminar el TRT y se analizan los resultados obtenidos se comienza con el diseño. Durante el mismo se gracias a los datos obtenidos se trabajaría con la conductividad térmica efectiva del terreno y la resistencia térmica de la perforación. De esta manera se consigue un dimensionamiento próximo al óptimo sin necesidad de sobredimensionar para asegurar la demanda calorífica/refrigerante de la vivienda. Presenta un coste alto, pero necesario para optimizar las instalaciones de un tamaño considerable.

El proceso de este ensayo consiste en introducir calor mediante una sonda geotérmica durante un periodo de tiempo entre 48 y 72 horas. Durante este tiempo se presenta una completa monitorización de la temperatura de entrada y salida al intercambiador geotérmico, del caudal y la potencia suministrada durante todo el periodo de tiempo. Conforme termine el ensayo se realiza un análisis de los datos obtenidos, concluyendo con valores de conductividad térmica real del terreno ensayado. Con estos valores y los de la demanda de potencia de climatización en la vivienda será posible dimensionar de manera correcta la instalación del campo de captación.

En la siguiente ilustración número se puede observar el esquema de funcionamiento de un Test de Respuesta Térmica donde se aprecia las partes del mismo así como la metodología llevada a cabo.

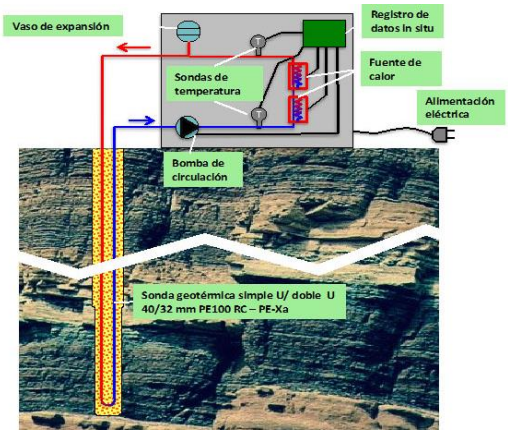


Ilustración 7. Esquema funcionamiento TRT

ANEJO Nº 2 CLIMATOLOGÍA

Tabla de contenido

1. ASPECTOS GENERALES 2
1.1 PLUVIOMETRÍA 2
1.2 VIENTOS 6
2. CLASIFICACIÓN DE KÖPPEN 7
3. ZONA CLIMÁTICA 8
4. RESUMEN 10

Ilustración 1. Mapa gráfico precipitación media anual Extremadura 3
Ilustración 2. Mapa gráfico precipitación media primer trimestre Extremadura 4
Ilustración 3. Mapa gráfico precipitación media segundo trimestre Extremadura 4
Ilustración 4. Mapa gráfico precipitación media tercer trimestre Extremadura 5
Ilustración 5. Mapa gráfico precipitación media cuarto trimestre Extremadura 5
Ilustración 6. Mapa gráfico días con lluvia anuales Extremadura 6
Ilustración 7. Clasificación zonas climáticas de Köppen 7
Ilustración 8. Mapa de España con identificación de climas 9
Ilustración 9. Mapa de España por comunidades y zonas climáticas específicas 9

Tabla 1. Precipitación anual Badajoz 2
Tabla 2.Parámetro climáticos promedios temperaturas Sevilla 8
Tabla 3.Características climáticas de la localidad de estudio 10

1. Aspectos generales

En la provincia de Badajoz, perteneciente a la comunidad autónoma de Extremadura toda ella se trata de una zona de interior por lo que el clima es seco en la mayor parte del año. Se trata de un clima mediterráneo continentalizado con influencia atlántica. La principal característica del mismo son las escasas precipitaciones y temperatura extremas durante el verano. Al tratarse de una provincia de interior, no se presenta el mar para hacer de amortiguador térmico por lo que las temperaturas en las diferentes estaciones tienen un margen grande a lo largo del día.

La Zarza, municipio en el que se trabaja en el presente proyecto se encuentra en dicha provincia, a una altura de 329 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas son las siguientes 38° 49’ 5’’N 6° 13’4’’O con una superficie total de 6.319 hectáreas.

1.1 Pluviometría

En el caso de la provincia de interés, se trata de una de las más secas de toda la península. La precipitaciones que tienen lugar son escasas, por ello se trata de una localización en la cual predominan los cielos abiertos y claros.
Las precipitaciones no presentan complejidad en esta región, llegando a tan solo 450 mm acumulados por año.

La dependencia que tienen las precipitaciones de la zona con la estación es muy grande, llegando a ser casi nula durante los meses de verano de Julio y Agosto con valores que `pueden no superar los 5 mm. En el mes de diciembre estos valores pueden ascender a 70 mm. Estas precipitaciones se dan principalmente en forma de tormenta puntual.

Los días con precipitaciones en la zona de estudio se quedan próximos a los 60 días, siendo valores próximos a los mas bajos del país. Es por eso que la escasez de agua en la zona es un elemento habitual de la provincia. Se trata de una provincia dedicada principalmente a la agricultura, por lo que la necesidad de agua para el regadío es crucial siendo necesario acumular las escasas precipitaciones para abastecer a los campos. Es por eso que se encuentran numerosos pantanos a lo largo de toda su extensión como es el caso del Pantano de Alange próximo a la zona de estudio que abastece a los cultivos de la zona.

En la siguiente tabla 1, se puede ver la distribución de las precipitaciones que se dan en Badajoz.

Tabla 1. Precipitación anual Badajoz

Mes	Cantidad (mm)	Días
Enero	50	7
Febrero	40	6
Marzo	30	5
Abril	50	7
Mayo	35	6

Junio	15	2
Julio	5	1
Agosto	5	1
Septiembre	25	3
Octubre	60	7
Noviembre	65	7
Diciembre	70	8
Año	**450**	**59**

A partir de los datos recogidos en las estaciones meteorológicas colocadas por el Instituto Nacional de Meteorología se han elaborado los mapas mostrados a continuación. Se tratan de mapas que corresponden con las variables termo pluviométricas regionales. Las cuales son las precipitaciones, temperatura y variables derivadas de ellas.

En los siguientes mapas adjuntos se muestran los datos de precipitaciones realizados por el grupo de investigación de Conservación de Extremadura.

En la Ilustración 1 se muestran datos de precipitación media anual, con valores entre los 300 y 400 litros/m^2 en la zona de estudio (La Zarza, Badajoz).

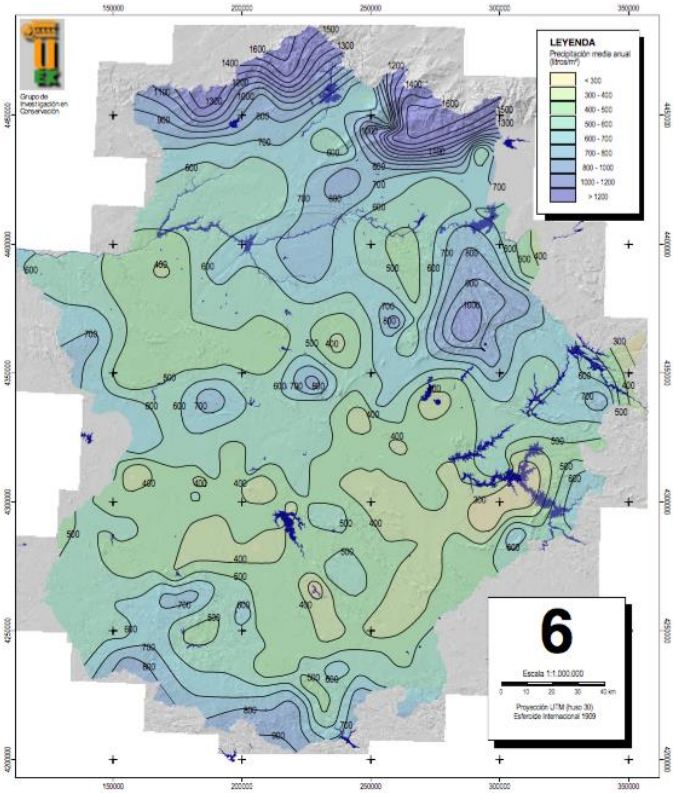


Ilustración 1. Mapa gráfico precipitación media anual Extremadura

Precipitaciones medias en el periodo comprendido entre enero y marzo, con valores en La Zarza de 100 y 150 litros/m^2 (Ilustración 2).

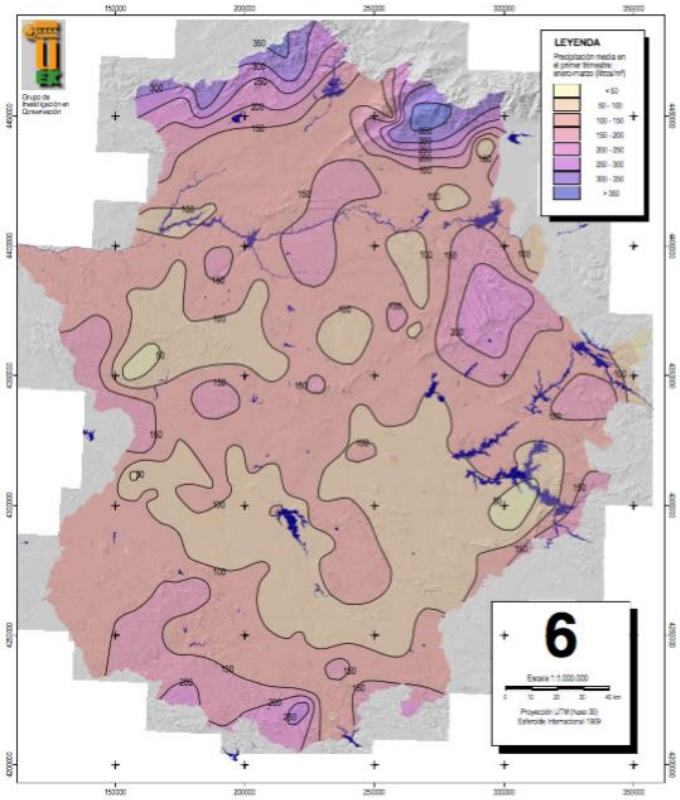


Ilustración 2. Mapa gráfico precipitación media primer trimestre Extremadura

Para el periodo de verano en esta misma localización se tiene una precipitación media de 100 y 150 litros/m^2 (Ilustración 3). Se tratan de valores semejantes a los anteriores pudiendo concluir con valores en este intervalo para los meses entre enero y julio semejantes.

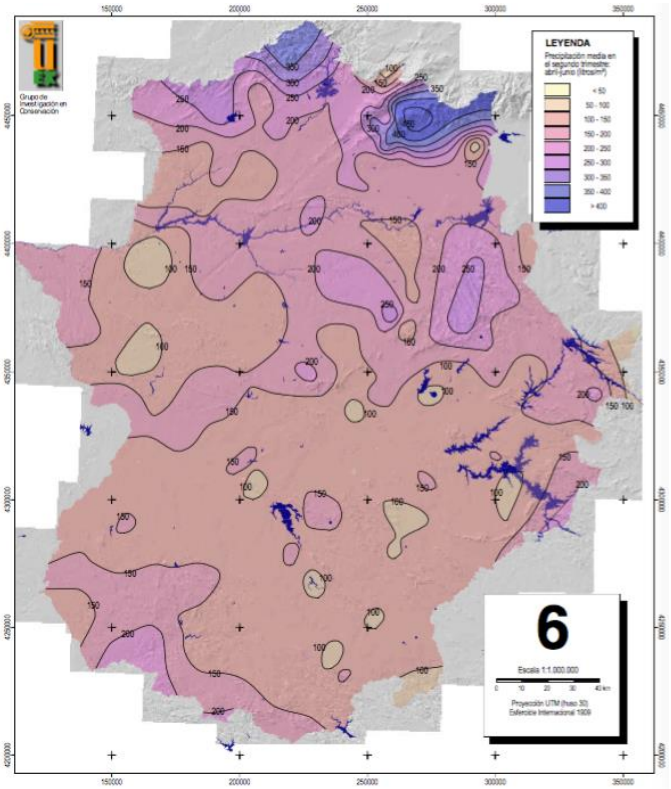


Ilustración 3. Mapa gráfico precipitación media segundo trimestre Extremadura

En los siguientes meses entre julio y septiembre los valores medios de precipitación son menores llegando a situarse por debajo de los 50 litros/m^2(Ilustración 4).

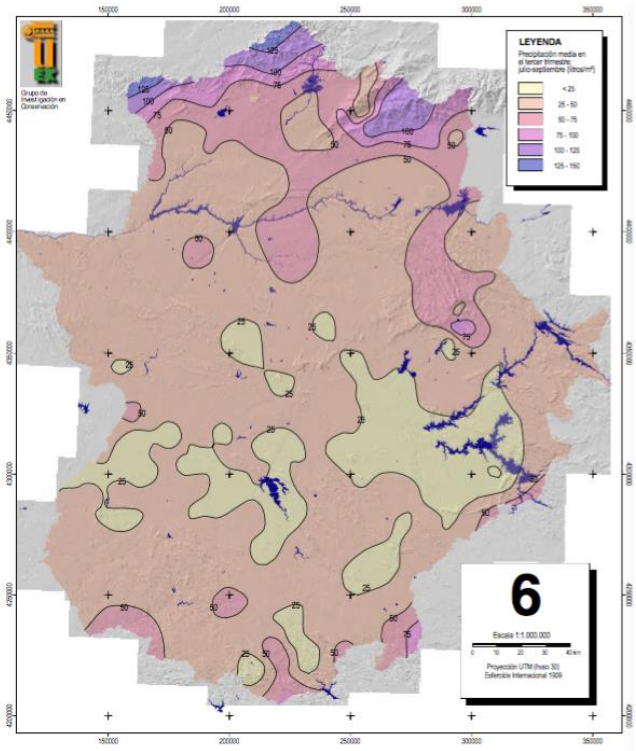


Ilustración 4. Mapa gráfico precipitación media tercer trimestre Extremadura

Finalmente, para el último trimestre del año, se presentan valores de precipitación media que pueden llegar a los 300 litros/m^2 (Ilustración 4).

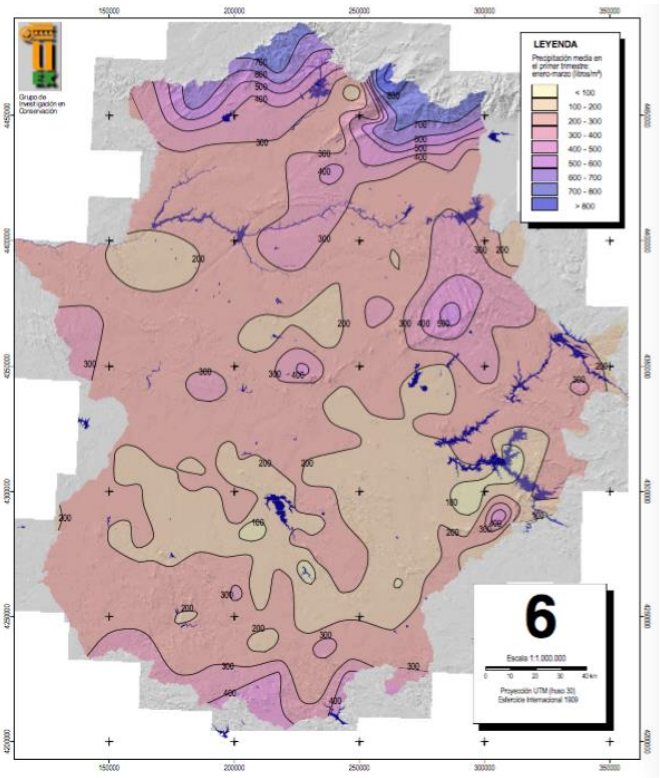


Ilustración 5. Mapa gráfico precipitación media cuarto trimestre Extremadura

Finalmente tras la recopilación de datos durante la completa anualidad se presenta a continuación un mapa en el cual se muestran los días de lluvias anuales (Ilustración 6). En la zona donde se trabaja en el presente proyecto se obtienen valores entre los 61-70 días anuales con lluvias. Lo cual muestra que se está trabajando en una zona con bajas precipitaciones a lo largo del año.

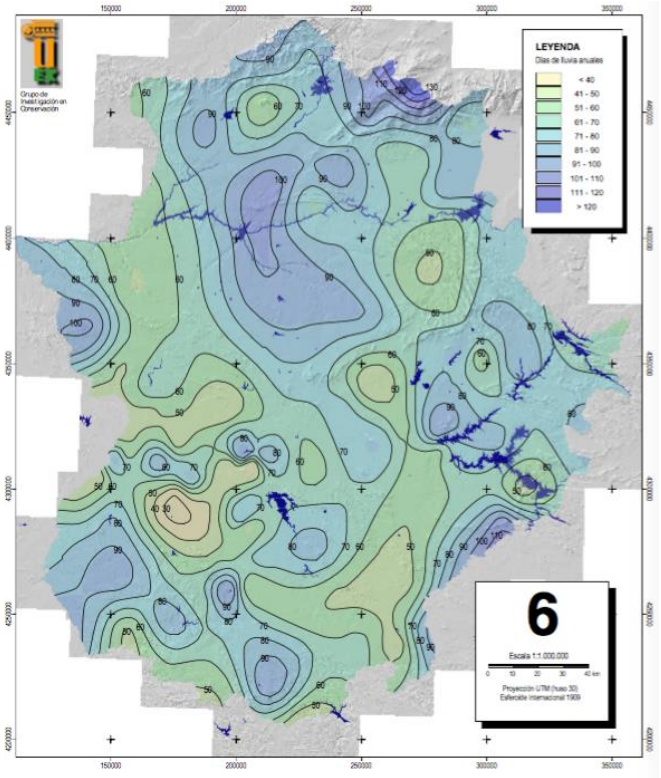


Ilustración 6. Mapa gráfico días con lluvia anuales Extremadura

1.2 Vientos

Dada la situación geográfica de Badajoz, y dada su relieve poco abrupto predominando las grandes llanuras en las cuencas de los ríos la importancia del viento en esta zona no es elevada. Se trata de una zona tranquila en cuanto a precipitaciones y vientos se refiere. Fruto esto de la situación de la misma.

Durante los días de verano es usual la existencia de vientos procedentes del sur, el cual provoca un aumento de la sensación térmica. Se trata del aire conocido como viento del Sahara el cual muchas veces arrastra tierra a las zonas del sur del país.

Son días puntuales en los cuales el aire existente en la zona tiene grande influencia, repitiéndose anualmente en fechas concretas de los meses de invierno, habitualmente en enero. Estos vientos acompañan a las precipitaciones tormentosas de estas épocas por lo que pueden llegar a tener desfavorables consecuencias en las zonas de la provincia en la cual la influencia es mayor. Estos vientos pueden llegar a presentar rachas cercanas los 100km hora.

2. Clasificación de Köppen

La clasificación de Köppen se basa en la subdivisión de las zonas climáticas del mundo en cinco grupos principales, representadas por las letras A,B,C,D, E y H.

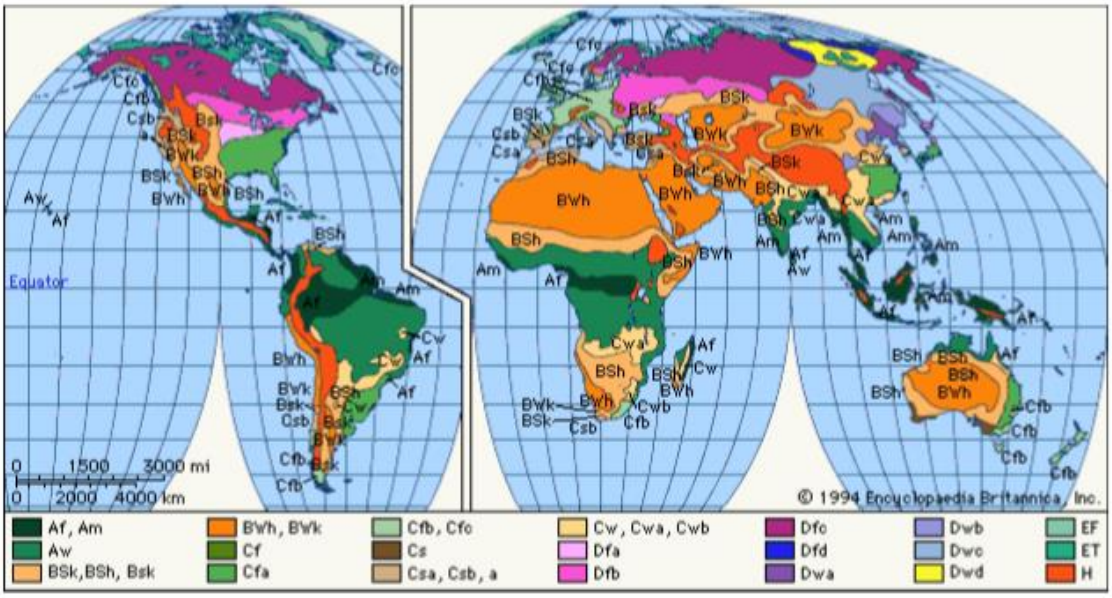


Ilustración 7. Clasificación zonas climáticas de Köppen

Cada una de ellas presenta diferentes características, pudiendo diferenciarse cada una de ellas en subzonas más concretas en las que las características son compartidas entre las localidades que se encuentran en los áreas que la comprenden.

Se tratan de las siguientes:

- Climas tipo A
- Climas tipo B
- Climas tipo C y D
- Climas tipo E
- Climas tipo H

En la zona de estudio, situada en la comunidad autónoma de Extremadura, provincia de Badajoz la pequeña localidad de La Zarza se encuentra dentro de la zona climática Csa, el cual corresponde a un clima mediterráneo típico.

El clima C corresponde con zonas de latitudes medias. Estas zonas se identifican con una segunda letra minúscula para identificar si en esa zona existe una estación seca en el verano (se utiliza la letra s), en el invierno (w) o no existe ninguna estación seca a lo largo del año (f). Con la tercera letra minúscula se indica como de cálido es el verano o de frío es el invierno (a, b, c o d yendo de la letra a caluroso a la d frío).

Para el clima Csa, mediterráneo típico se presentan las siguientes características según la clasificación de Köppen:

Es un clima mediterráneo y subtropical, caracterizado por presentar veranos secos, calurosos y con temperaturas medias superiores a los 22ºC. En el caso de los inviernos, son húmedos y lluviosos, con temperaturas suaves. Los meses que más fríos son se presentan mayor número de precipitaciones, y los meses más calurosos, mas seco resulta.

En España se presenta principalmente en el litoral peninsular mediterráneo. En el caso de la zona sureste de la costa peninsular, se presenta un clima mediterráneo más seco. Este último es característico de la zona de estudio, ya que durante el invierno no son frecuentes las precipitaciones a diferencia de la zona mediterránea.

Los valores promedios de temperatura de una localidad cercana y con clima similar a la de estudio (Sevilla) sería el siguiente (Tabla 2):

Tabla 2.Parámetro climáticos promedios temperaturas Sevilla

Parámetros climáticos promedio de Observatorio del Aeropuerto de Sevilla (34 msnm) (periodo de referencia: 1981-2010) [ocultar]													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. media (°C)	16.0	18.1	21.9	23.4	27.2	32.2	36.0	35.5	31.7	26.0	20.2	16.6	25.4
Temp. media (°C)	10.9	12.5	15.6	17.3	20.7	25.1	28.2	27.9	25.0	20.2	15.1	11.9	19.2
Temp. mín. media (°C)	5.7	7.0	9.2	11.1	14.2	18.0	20.3	20.4	18.2	14.4	10.0	7.3	13.0
Precipitación total (mm)	65.7	49.9	35.8	54.0	30.5	9.9	2.4	5.3	26.9	68.3	91.1	99.0	538.8

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología[6]

3. Zona Climática

Es de interés conocer la zonificación climática correspondiente con lo establecido por el código técnico de la edificación. Para ello se presenta a continuación el mapa climático de España localizando la población en la que se localiza la vivienda donde se realizará la instalación proyectada (Ilustración 8).

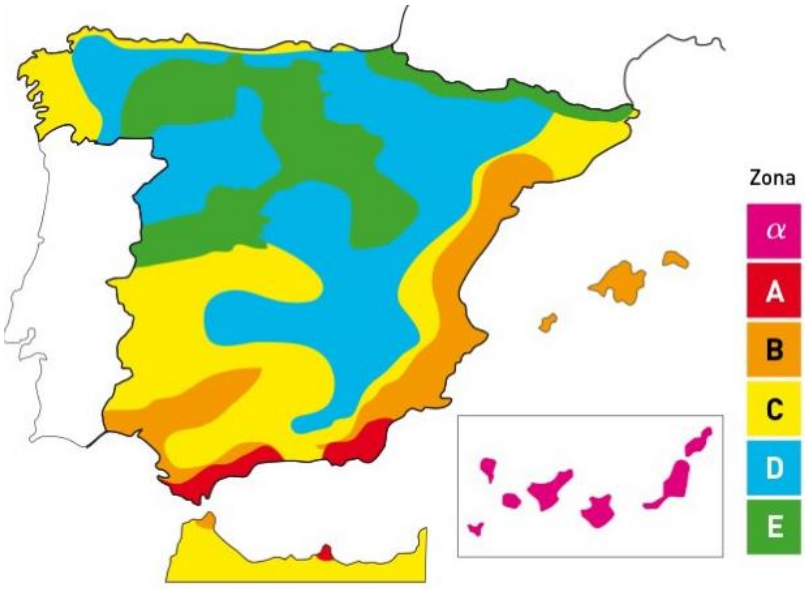


Ilustración 8. Mapa de España con identificación de climas

Se localiza en la **zona climática C** la cual corresponde siguiendo la leyenda adjunta.
La clasificación de la zona de estudio según el código técnico de edificación se trata del **C4.**

MAPA NACIONAL DE ZONAS CLIMÁTICAS

Ilustración 9. Mapa de España por comunidades y zonas climáticas específicas

A4	C4	D3
A3	C3	D2
B4	C2	D1
B3	C1	E1

4. Resumen

Para resumir cada uno de lo datos que se ha comentado anteriormente, y que serán necesarios para hacer uso de ello o posiblemente en futuros proyectos que surjan tras el calculo geotérmico se adjunta a continuación una tabla (3):

Tabla 3.Características climáticas de la localidad de estudio

Característica	Valor
Clasificación de Köppen	Csa
Clima	Mediterráneo seco
Precipitación media	300 litros/m^2
Vientos predominantes	NO
Temperaturas medias	22°C
Clasificación climática	C4

ANEJO Nº 3 ENERGÍA GEOTÉRMICA

Tabla de contenido

1. ENERGÍA GEOTÉRMICA 2
1.1 PROBLEMAS ENERGÉTICOS ACTUALES 2
1.2 CONCEPTO 6
1.3 CLASIFICACIÓN ENERGÍA GEOTÉRMICA 8
1.4 TEMPERATURAS EN PROFUNDIDAD 9
1.5 FUNCIONAMIENTO SISTEMA DE CAPTACIÓN GEOTÉRMICO 12
1.6 SISTEMAS DE INTERCAMBIADORES 17

Ilustración 1. Distribución fuentes de energía mundialmente 3
Ilustración 2. Gráfica de distribución origen fuentes de energía renovables 5
Ilustración 3. Gráfica distribución del uso de energía por sector 5
Ilustración 4. Principales productores mundial energía origen geotérmico año 2000 7
Ilustración 5. Clasificación energía geotérmica según temperatura de intercambio 9
Ilustración 6. Tipos de instalación geotérmicas con sus diferentes aplicaciones 9
Ilustración 7. Variación anual temperatura de la Tierra respecto profundidad 10
Ilustración 8. Evolución de la temperatura del suelo. Curva embudo 11
Ilustración 9. Partes de un sistema geotérmico de climatización 13
Ilustración 10. Sistema geotérmico climatización en modo refrigeración 14
Ilustración 11. Sistema geotérmico climatización en modo refrigeración 15
Ilustración 12. Circuito de mando sistema climatización por intercambio geotérmico 16
Ilustración 13. Representación sistema geotérmico abierto 17
Ilustración 14. Representación sistema geotérmico cerrado horizontal 18
Ilustración 15. Disposición del intercambiador sistemas cerrados horizontales 19
Ilustración 16. Representación sistema geotérmico cerrado vertical 20
Ilustración 17. Representación sistema geotérmico de cimientos-pilotes geotérmicos 21
Ilustración 18. Disposición interna de sondas en pilotes geotérmicos 21

1. Energía geotérmica

1.1 Problemas energéticos actuales

Los humanos nos encontramos en una difícil situación energética. Mientras la demanda energética no deja de crecer, las actuales fuentes de la misma se acaban. Las principales fuentes de energía presentan recursos limitados, lo que muchas veces no es lo más importante, ya que se tratan de procesos en los cuales se repercute gravemente al medioambiente. El crecimiento demográfico y el consiguiente crecimiento económico repercute negativamente en nuestro planeta elevando el consumo energético en nuestros días. Las principales fuentes utilizadas hasta la actualidad se tratan de centrales productoras de energía alimentadas por combustibles fósiles. Esta necesidad de continuar con su explotación produce un efecto negativo en el bienestar humano.

La necesidad trae de la mano al consumo, necesidades grandes de energía las cuales provocan un uso acelerado de los recursos naturales. No se puede seguir con el ritmo actual de consumo de ellos, si no se frena de algún modo las siguientes generaciones que habiten el planeta tendrán condiciones de vida mucho peores a las actuales.
En la declaración de Río (1992) se describieron una serie de principios, el 3º de ellos habla de lo anteriormente citado, “El derecho al desarrollo debe de ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones del presente y futuras”.

A día de hoy se reconoce que tenemos un problema energético. Tras la Revolución industrial, cada uno de los procesos industriales se llevan a cabo con la quema de combustibles fósiles, ya sea petróleo, gas y derivados, diésel o gasolina. El uso de ellos hasta nuestros días se ha hecho sin medida, provocando a día de hoy en las posibilidades de recursos naturales existentes. El problema que esto produce no sólo se queda ahí, si no la gran repercusión que tiene esto en la composición de la atmósfera, su uso produce la emisión de gases perjudiciales de efecto invernadero. Estos gases no se eliminan de forma inmediata, si no que superan los 50 años de permanencia en nuestra atmósfera, El CO_2, gas de efecto invernadero que se encuentra en grandes cantidades en la atmósfera, parte del mismo necesita mas de un siglo para ser eliminado, y otra parte muchos milenios.

Los niveles de gases como son el dióxido de carbono, el meano y el oxido nitrosos han elevado sus concentraciones de forma escandalosa. La evolución industrial ha conseguido elevar las concentraciones en valores del 40 % del dióxido de carbono. La causa de esto principalmente se trata de la emisiones originadas por el uso de combustibles fósiles.

Es necesario realizar acciones urgentes sobre el cambio climático para reducir su impacto. Uno de los actuales acuerdos descritos para comenzar con este cambio es el Acuerdo de Paris. Se tiene como objetivo limitar el aumento de la temperatura del planeta en 1,5°C, valores que de continuar en el mismo modo de consumo y contaminación no serían posibles. Es por eso que se requiere una evolución en el

sector energético. Actualmente las principales fuentes de producción de electricidad se tratan de procesos productores de carbono, un cambio en esto es obligatorio si no se quiere continuar con el reciente aumento de emisiones de CO_2. Por lo tanto conseguir un modo de producción energético que combine tanto la asequibilidad como la confiabilidad sin olvidar la sostenibilidad.
La transición energética trae consigo diferentes motivos en los que difieren las distintas partes. No es sencillo asegurar el suministros, con modos competitivos en los que los costes sean menores y tengan presentes las preocupaciones ambientales.

El producir lo necesario para satisfacer la demanda actual no es suficiente, ya que se prevé que se aumente al menos un cuarto a nivel mundial antes del 2040. Existen numerosos países en vías de desarrollo lo cual se traduce en un aumento muy grande de consumo de energía. Para poder cumplir con ello se requerirá una eficiencia gigante, sin ello sería imposible conseguir la demanda que está por llegar.

Las demandas de las diferentes energías están creciendo, un ejemplo de ello es el gas natural, presenta un crecimiento claro en la industria que en fechas cercanas superará como combustible al carbón. El petróleo aumentarán igualmente en futuro debido a la demanda en la industria petroquímica, pero sus valores no evolucionarán en el uso del automóvil que llegará a su punto más alto en los próximos años.

En la siguiente figura (Ilustración 1) se puede ver de forma gráfica la distribución de las diferentes energías a nivel mundial.

Figura 1. Consumo total final de energía (EJ) y acciones renovables, 2014
Fuente: IEA, 2016

Ilustración 1. Distribución fuentes de energía mundialmente

Tras los intentos de combatir y reducir las emisiones de CO2, las cantidades de estos gases siguen incrementándose provocando que las radiaciones solares se queden acumuladas en la atmósfera lo que provoca un aumento de la temperatura global.
Es por tanto que nuevamente con intención de frenar estas acciones la Unión Europea con sus países miembros establecieron el llamado Objetivo 2020. Se trata de conseguir para este año los siguientes objetivos: una reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero (respecto de los niveles de 1990) , un 20% de la energía

de la UE procedente de fuentes renovables y. un 20% de mejora de la eficiencia energética.
Siguiendo en la misma línea la comisión europea tiene redactado a día de hoy la Propuesta a 2030 , continúa con los mismos propósitos que el objetivo Europeo anterior la reducción de emisiones de efecto invernadero, objetivo europeo de energías renovables, consideraciones sobre la eficiencia energética, así como una reforma en el Sistema Europeo de Comercio y Derechos de Emisión y otras tantas ideas todas ellas relacionadas con el uso energético y su sostenibilidad. Entre ellas se destaca la necesidad de explotar fuentes domésticas de energía sostenible como puede ser la energía geotérmica característica de nuestro proyecto.

España como país miembro de la unión Europea se une a cada uno de los objetivos y propuestas a nivel europeo con la intención de trabajar para que se puede cumplir lo establecido. El problema actual de España es la gran dependencia que tiene de países externos. La dependencia de los recursos de terceros países provoca el incremento en precio de la energía consumida en el país, grandes diferencias con países productores de gran cantidad de energía como puede ser nuestro país vecino Francia con un uso de un 70% de energía nuclear del total de su demanda.
El coste de la energía no repercute únicamente en los hogares, si no que principalmente en los grandes consumidores de energía, las industrias. La grande diferencia de coste de la energía en diferentes países provoca que España sea un país poco competitivo industrialmente.

La evolución de la producción de energía no sólo consigue un beneficio medioambiental, en el caso de nuestro países la producción de energía por métodos alternativos normalmente estos renovables y libres de emisiones de CO_2 permitiría reducir la dependencia de otro países para permitir cubrir la demanda.

En los siguientes gráficos (Ilustración 2) se puede ver la evolución en los últimos años del tipo de fuente de energía utilizada en España. Se puede apreciar como la cantidad de energía producida mediante métodos renovables a aumentado y de forma contraria reduciendo la producción de energía no renovable. Siendo esta diferencia mínima e insuficiente si se quiere conseguir los objetivos planteados y frenar el cambio climático.

En la misma imagen se puede ver la composición de energías renovables en España, siendo la producción de energía Eólica la más significativa en nuestro país. La energía geotérmica estudiada en el presente proyecto no tiene producciones significativas como se puede observar.

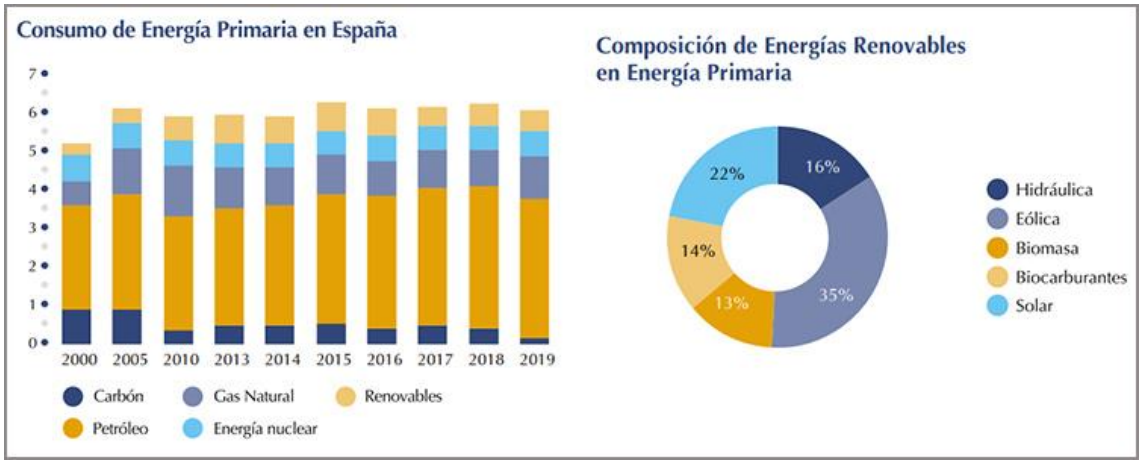


Ilustración 2. Gráfica de distribución origen fuentes de energía renovables

El uso energético se distribuye en numerosos sectores, a continuación se muestra una gráfica en la cual se muestra el porcentaje de demanda energética que existe en España según el sector del que se hable. Se puede ver también la diferencia existente en estos valores entre la media europea y lo propio de España. En ambos predomina el consumo energético destinado al transporte, seguido de el uso residencial en la media Europea y de la industria a nivel nacional.

Esto valores altos tanto del sector residencial como del transporte indican la gran dependencia de cada uno de los habitantes en este consumo (Ilustración 3).

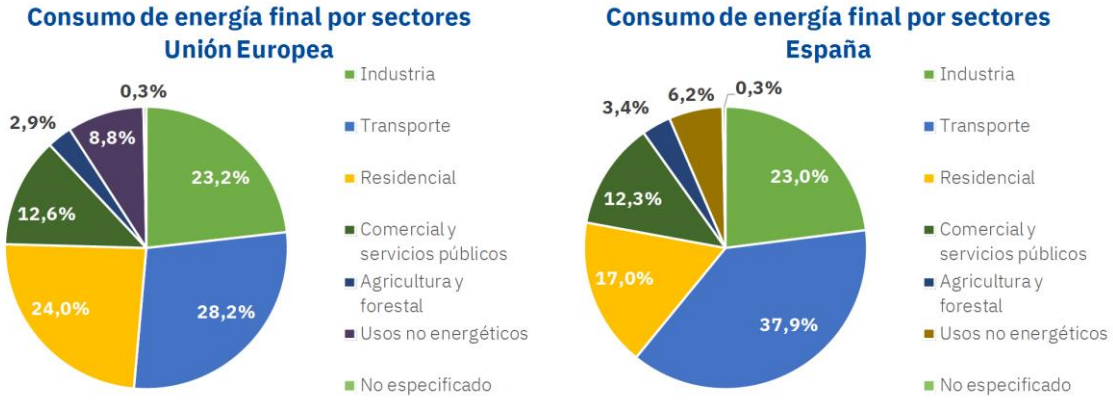


Ilustración 3. Gráfica distribución del uso de energía por sector

El uso residencial asciende a valores del 17% en España, y algo superiores de media Europea del 24%. Muestra esto la necesidad de evolución en este sector, consiguiendo eficiencias superiores y sustituyendo las producciones de energía no renovable por fuentes sostenibles en usos residenciales. Estos gastos se deben principalmente a la calefacción existente en la gran mayoría de las viviendas, por lo que trabajando en ello se podrán conseguir grandes diferencias en el consumo global.

Las maneras de conseguir una mejora en el consumo energético del sector residencial son muchas. Para reducir la gran demanda energética de la calefacción se podrá trabajar en mejorar el aislamiento de las viviendas, así como mejorar los hábitos de uso energético de la población. Este se trata de un elemento que puede conseguir

grandes mejoras no solo en este sector y a demás muy sencillo de realizar. Como se ha adelantado la eficiencia de las instalaciones, puede ser de aplicación no solo en el sector residencial que ahora ocupa si no también en el resto. Algo menos usual hace unos años, pero que se está incrementando es el uso de las energías renovables en el hogar, como es nuestro caso de estudio.

Se trabajará en esta última idea, producir de forma autónoma la energía necesaria para cubrir la demanda de ACS y calefacción, y para conseguir cumplir plenamente con la climatización de las viviendas alimentar también el aire acondicionado del hogar.

1.2 Concepto

La palabra geotermia tiene origen griego , deriva de la palabra “Geos” tierra y “thermos” calor, siendo por lo tanto calor de la tierra. Actualmente se utiliza tanto para la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta como para referirse a la industria que aprovechan el calor interno del planeta para producir tanto energía como energía útil para algún proceso. SE trata de un calor poco estable como para ser extraído y utilizado directamente para la producción de energía por lo que habitualmente se precisa de un fluido para transportar dicho calor a la superficie. Este proceso de extracción se puede realizar mediante diferentes instalaciones como pueden ser , colectores horizontales, sondas térmicas, sondeos o intercambiadores de calor enterrados en el subsuelo.

La tierra desde su núcleo hasta la superficie se divide en tres capas las cuales tienen una temperatura creciente en función de la profundidad.

El núcleo, presenta una parte central sólida y una exterior próxima a la corteza líquida. La temperatura en esta capa puede ascender hasta los 4200°C

El manto, envolviendo al núcleo a una temperatura que va desde los 3000ºC en la zona más profunda hasta los 1000°C. Comienza con una textura plástica llegando a estar sólido en la zona más próxima a la superficie.

La corteza, la parte más externa del planeta se trata de la envoltura superficial de la misma. Los valores de temperatura de esta capa son los más bajos partiendo de los 1000ºC en la zona de contacto con el manto hasta los 15-20 °C en la superficie terrestre. El espesor de esta capa no es constante ya que varía en función de la localización. Las zonas oceánicas con valores mas bajos entre los 5 y 20 km hasta valores más altos entre los 30 y 70 km bajo los continentes. La denominada litosfera esta formada tanto por la corteza como por el manto, la cual se encuentra fragmentada en placas litosféricas. Los movimientos lentos de estas ocasionan anomalías térmicas en sus bordes pudiendo ser puntos interesantes de estudios para el aprovechamiento térmico.

Esta distribución provoca que más del 99% de la masa terrestre se encuentre a más de 1000ºC, y escaso porcentaje valores menores de los 100°C.

El calentamiento interno de la tierra se debe principalmente a la desintegración de isótopos radiactivos, el calor inicial del planeta, los movimientos diferenciales y la cristalización existente en el núcleo.

Tras conocer el comportamiento del planeta tierra, se puede asegurar la gran diferencia de temperatura entre el interior de la tierra y la superficie. Es por ello que debido a este salto de temperaturas se provoca un flujo continuo de calor de las zonas más calientes a las más frías. Esta transferencia de energía calorífica se da tanto por conducción, convención como por radiación. Se tiene una estimación que a la superficie terrestre llegan $42x10^{12}$ J. Esta energía parte de todas las capas del planeta, tanto del núcleo como la gran mayoría de la corteza zona que ocupa la mayoría del volumen, el manto.

Por lo tanto se conoce que el calor terrestre es inmenso, pero no es posible utilizarlo todo ello por parte del ser humano. Desde épocas pasadas se lleva utilizando parte de esta energía, como puede ser en poblaciones volcánicas donde se encuentran manantiales termales utilizados en la antigüedad tanto para cocinar alimentos como remedios medicinales.

Hoy en día el uso de la energía térmica procedente del interior del planeta a evolucionado favorablemente gracias a los avances tecnológicos que se han conseguido. Ya no solo se usa esta energía con fines térmicos como puede ser en sistemas de climatización, si no que somos capaces de transformarla en energía eléctrica multiplicadno así los posibles usos de la misma.

En la siguiente imagen (Ilustración 4) se puede ver un reflejo de la producción de energía electrica mediante la transformación de energía térmica proveniente del interior de la Tierra. En el mapa se observa la ditribución mundial de los principales productores de energía eléctrica de origen geotérmico.

Ilustración 4. Principales productores mundial energía origen geotérmico año 2000

1.3 Clasificación energía geotérmica

Dependiendo el modo de extracción de la energía geotérmica del que se haga uso se pueden distinguir cuatro categorías. Dependiendo de cual se trate, igual que el modo de extracción variará las posibilidades de uso de la misma, los diferentes usos son representados en la ilustración 5 que se puede ver a continuación.

- Alta temperatura: Se dan en las zonas más activas de la corteza de la Tierra, con temperaturas superiores a los 150°C. El calor extraído en este caso a través de vapor de agua puede transformarse directamente en energía eléctrica. Se encuentran en zonas específicas donde el gradiente geotérmico es elevado, dándose a profundidades variables.
  La captación de la misma requiere perforaciones similares a las utilizadas para la extracción de petróleo. El vapor extraído pasa por una turbina la cual permite generar electricidad.
- Media temperatura: Se alcanzan temperaturas entre los 100 y 150°C. El aprovechamiento de la misma al igual que al anterior se utiliza para la producción de energía eléctrica, haciendo uso de un fluido de intercambio que alimenta a las centrales, teniendo en este caso un rendimiento menor. Es habitual el uso del mismo para sistemas de calefacción urbanos o de uso industrial. Localizado en zonas con gradientes térmicos superiores a la media, en zonas con condiciones tanto geológicas como estructurales favorables.
- Baja temperatura: Con temperaturas entre los 100 y 30°C . En este caso es insuficiente para crear directamente energía eléctrica, por lo que habitualmente se utiliza para usos térmicos en sistemas de calefacción urbana. En procesos industriales y en balnearios. Se trabaja en zonas con un contexto geológico favorable, normalmente con existencia de acuíferos profundos, aun consiguiendo gradientes semejantes a la media. Se realiza un intercambio de calor debido a la diferencia de temperatura del subsuelo más próximo y el exterior de la superficie terrestre.
- Muy baja temperatura: temperaturas inferiores a los 30°C con necesidad de excavaciones de baja profundidad. Son utilizados para realizar un intercambio térmico en sistemas de climatización (calefacción o refrigeración) mediante el uso de una bomba de calor. Los yacimientos necesario para la extracción de esta energía geotérmica se pueden situar en cualquier punto, dependiendo de esto tan solo la eficiencia del sistema.

Existen sistemas de muy baja temperatura abiertos y cerrados. Los primeros se obtiene el agua de acuíferos para ser aprovechada y en el otro caso el fluido impulsado por las bombas de calor circula por un circuito cerrado que atraviesa el subsuelo. Este circuito según la disposición en el subsuelo podrá ser vertical y horizontal como se especificará a continuación en la ilustración 5.

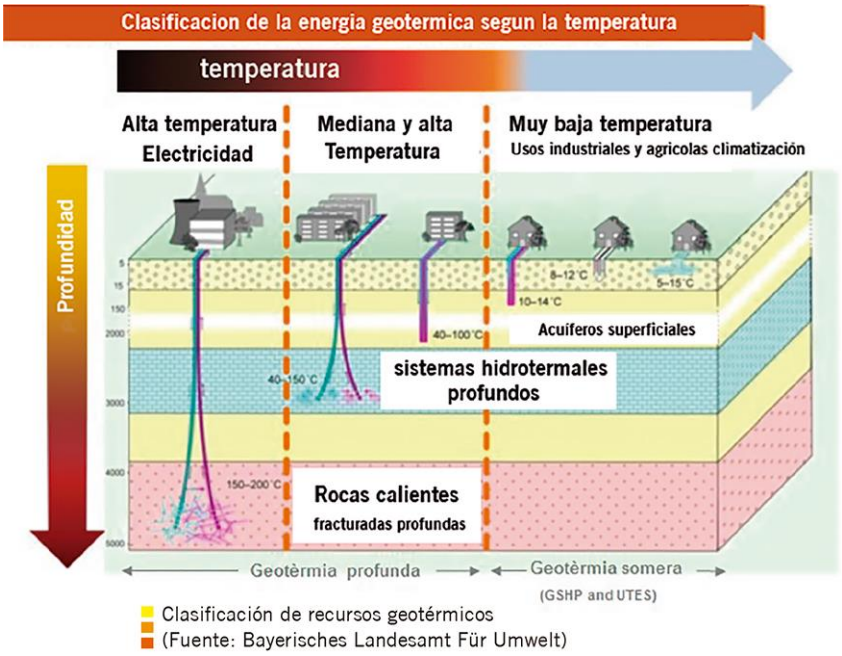


Ilustración 5. Clasificación energía geotérmica según temperatura de intercambio

En función del tipo de instalación geotérmica instalada, como se ha explicado, se pueden conseguir energía para diferentes aplicaciones. En la imagen siguiente (ilustración 6) se tiene un resumen de todas ellas.

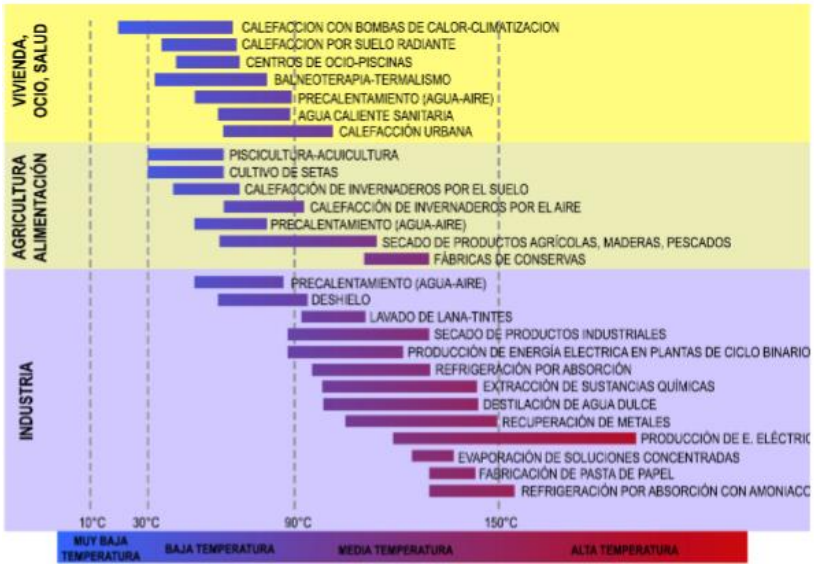


Ilustración 6. Tipos de instalación geotérmicas con sus diferentes aplicaciones

1.4 Temperaturas en profundidad

La energía procedente de la radiación solar y la energía debida a diferentes efectos atmosféricos se transfieren a la superficie terrestre haciendo que la temperatura de esta varíe a lo largo del año.

La media de esta se sitúa entorno a los 13°C. Conforme se aumenta la profundidad en la corteza terrestre, la variación de la temperatura empieza a tener menores fluctuaciones. Se observa que las medidas a 0,5m siguen variando diariamente como las de la superficie. De lo contario cuando la profundidad aumenta a los 10 m estas

variaciones se dan en periodos de tiempo más largo como son las estaciones. Existe una determinada profundidad superior a los 10 m donde la temperatura comienza a encontrarse constante, aproximándose esta a la media anual del aire ambiental en esa determinada zona. Esta circunstancia se debe a que los efectos atmosféricos dejan de influir a partir de esta profundidad, variando valores insignificantes como 3ºC cada 100 metros.

En la siguiente ilustración (7) se muestra la variación de la temperatura a lo largo del año a diferentes profundidades.

Curva roja: Se trata de la oscilación natural que tiene durante el año la temperatura inmediatamente debajo de la superficie.

Curva rosa: La oscilación presente al medir la temperatura a un 1 m de profundidad bajo la superficie.

Curva azul claro: Valores de temperatura a lo largo del año midiendo a 2 m de profundidad.

Curva amarillo: En este caso la medida se hace a 3 m de profundidad obteniendo intervalos de oscilación menores.

Curva azul oscuro: A 20 m bajo la superficie, muestra como se ha dicho que la variación de temperatura a lo largo del año es casi nula y el valor coincide con la media de la curva roja.

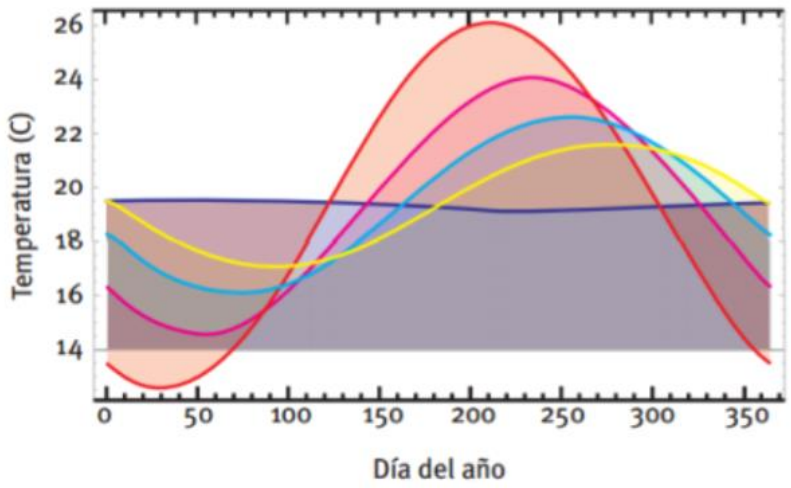


Ilustración 7. Variación anual temperatura de la Tierra respecto profundidad

De esta gráfica se pude observar también el modo en que varía la temperatura del suelo a profundidad. Como se ve cada una de las curvas se retrasa de su respectiva anterior. Esto indica que la variación de la temperatura a cierta profundidad depende de la existente en superficie, pero con una evolución lenta respecto a ella debido a la propia inercia que tiene el terreno.

Se aprecia también en esta gráfica como en verano e invierno, las temperaturas máximas y mínimas del suelo llevan un retraso de entorno cuatro semanas con las temperaturas superficiales del suelo. Este hecho se debe a la inercia del terreno.

En esta otra gráfica (Ilustración 8) de gradiente térmico se puede ver detalladamente la evolución de la temperatura conforme aumenta la profundidad. Se muestra esta variación para diferentes días.

Curva roja: temperaturas a día 30, correspondiente con finales de enero.
Curva rosa: temperaturas a día 90
Curva azul claro: temperaturas a día 180
Curva amarillo: temperaturas a día 270

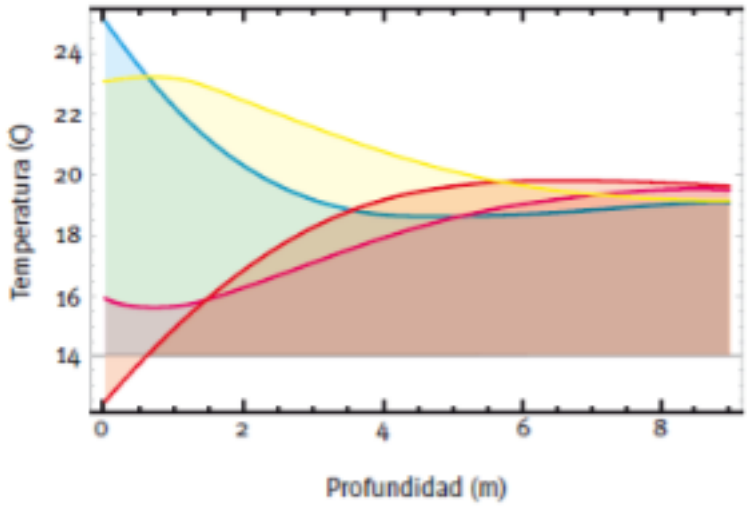


Ilustración 8. Evolución de la temperatura del suelo. Curva embudo

El gradiente geotérmico se trata de a variación de temperatura según la profundidad a la que nos encontremos, midiendo este en ºC/km. Si no se tiene en cuenta las zonas con actividad magmática , se pueden diferenciar tres profundidades típicas.

Hasta llegar al a profundidad de 50 m , la temperatura existe depende totalmente del intercambio térmico con la atmósfera y el sol. También se tiene que tener en cuenta la presencia de aguas subterráneas a estas profundidades, se tienen temperaturas sustancialmente constantes.

Aumentando la profundidad hasta los 100 m, el gradiente geotérmico es variable. Estas temperaturas continúan con la influencia del exterior. Por debajo de dicha profundidad se comienza a existir un gradiente geotérmico claro, aumentando la temperatura con la profundidad. Los incrementos de temperatura que se pueden ser pueden variar mucho debido a las condiciones tectónicas y propiedades térmicas específicas de dicho suelo.

Los valores de este gradiente geotérmico a dichas profundidades, si se trabaja en zonas estables tanto sedimentariamente como tectónicamente ablando, pueden estar alrededor de los 15.30ºC/km.
Cuando lo que se desea es realizar el diseño y dimensionado de un intercambiador geotérmico de muy baja entalpía, se podría resumir esta información en que el gradiente geotérmico únicamente es influyente cuando la profundidad de trabajo con sistemas verticales superan los 100 m.

1.5 Funcionamiento sistema de captación geotérmico

Como se ha adelantado a una determinada profundidad, en el subsuelo terrestre se puede conseguir una temperatura constante la cual en valor se asemeja a la temperatura media anual en el exterior de la zona de trabajo.
Sabiendo esto se trabajará con el subsuelo como una fuente de calor o frío, en función de lo requerido por el consumidor lo que dependerá de la temperatura existente a lo largo de las diferentes estaciones.

El funcionamiento de dicho sistema es puramente un ciclo termodinámico, para lo que hay que recordar las leyes de la termodinámica. El calor se transfiere sin necesidad de fuerza exterior de un medio a otro en función de la diferencia de temperatura, fluyendo de lugares con mayor temperatura a medios con menos.

Debido a el cumplimiento de dicha ley, si lo que se demanda es calor bastará con poner en contacto el subsuelo (nuestra fuente de calor o frío gratuito y de gran volumen) con otro medio a menor temperatura. Se necesitará realizar lo contrario cuando lo que se requiera es frío en la vivienda, será el subsuelo la fuente de frío que atraerá el calor existente en el interior.

Este intercambio de calor entre los diferentes medios existentes en el sistema lo hace apropiado para su uso en instalaciones de muy baja temperatura. Tales como la calefacción, el aire acondicionado, o el ACS, en los cuales no se requieren temperaturas muy elevadas tan solo un intercambio de flujos de frío y calor. Para que esto se realice de forma continua y se consiga calentar o enfriar el fluido lo suficiente se hace uso de una bomba de calor por lo que dicho sistema puede ser llamado también sistema de bomba de calor geotérmica.

Como se ha dicho, el uso del subsuelo como fuente de calor lo convierte en un sistema económico a la vez que eficiente, consiguiendo grandes ahorros energéticos. De manera aproximada consigue reducir el consumo energético requerido para un sistema clásico de calefacción entorno al 50% y valores que pueden llegar hasta el 95% en sistemas de refrigeración.

Para conseguir el propósito de las instalaciones geotérmicas de muy baja entalpía se necesitan principalmente tres subsistemas, **intercambiador de calor subterráneo**, una **bomba de calor** y el **sistema de distribución**.

El primero de ellos se trata del sistema de extracción del calor del subsuelo, o el sistema de evacuación del calor de un edificio. A continuación el fluido encargado de esta extracción llegará ala bomba de calor (punto de encuentro entre ambos subsistemas), donde se transfiere el calor entre el intercambiador de calor subterráneo y el sistema de distribución del edificio o vivienda. Este último recoge el calor o el frío existente en las diferentes estancias de la vivienda donde trabaja.

El calor que existe de forma natural en el subsuelo se extrae mediante el intercambio del mismo y el fluido caloportador existente en las diferentes sondas o tuberías distribuidas por la zona en la que se trabaja. Este sistema y distribución dependerá de la demanda requerida, pero en todos las morfologías del mismo trabajará de la misma manera. El fluido se trata de una mezcla de agua y un fluido anticongelante, que circulará por el primer subsistema el intercambiador de calor subterráneo. Este sistema de tubos enterrados conducirán al fluido hasta la bomba de calor. Será este subsistema el único que se encuentre en el exterior de la vivienda.

La bomba de calor se localiza en el interior de la vivienda, en una zona específica dirigida a ello. Es aquí donde se realiza el intercambio de energía portada desde el subsuelo, cuando este fluido la cede en este punto, el fluido vuelve a través del sistema de tuberías al subsuelo, realizando de forma sucesiva el trayecto. Esto ocurre en sistema cerrados, siendo nuestro caso de interés para el estudio, este fluido volverá al acuífero de donde parte en sistemas abiertos.

Para entender mejor los diferentes intercambios que se dan para poder conseguir la climatización requerida en nuestra vivienda, a continuación se va a analizar cada uno de los puntos de interés en los diferentes subsistemas del sistema geotérmico utilizado en nuestro proyecto.

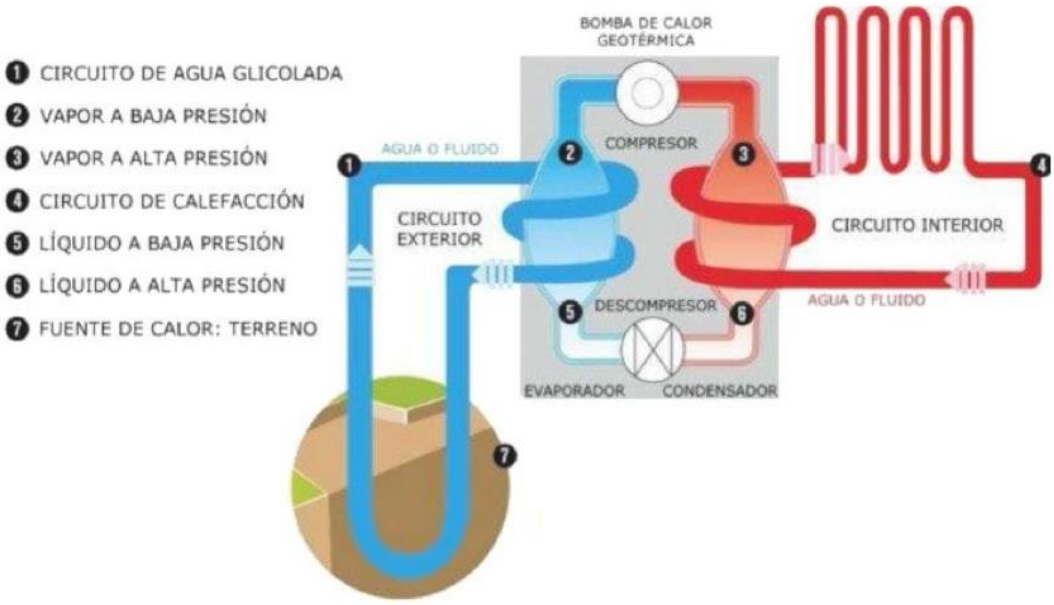


Ilustración 9. Partes de un sistema geotérmico de climatización

1. Se trata del circuito por el cual el agua con anticongelante tras haber realizado un intercambio en el subsuelo llega a la bomba de calor.

2. El agua que proviene del exterior entra en contacto con el evaporador por medio de un serpentín, con ello se consigue evaporar el gas refrigerante que se encuentra en el interior en estado líquido. Este fluido se encuentra a menor temperatura que el agua que llega.

3. El gas refrigerante se comprime y al llegar al condensador pasa a estado líquido, durante este proceso se libera calor. Será este el encargado de calentar el interior de la vivienda.

4. Se trata del circuito interior de la vivienda donde se distribuye el fluido previamente calentado en el condensador, se distribuye por cada una de las zonas de interés aumentando la temperatura de estas.

Entre los puntos 5 y 6 se encuentra la válvula de expansión, la que permite disminuir la presión del fluido antes de volver al evaporador.

Entre los puntos 2 y 3 se encuentra el compresor el cual permite elevar la presión del gas entre el evaporador y el condensador.

El explicado anteriormente se trata del funcionamiento habitual de el sistema cuando lo que se requiere es calentar el interior de la vivienda, modo calefacción (Ilustración 11).

En el caso contrario cuando la fuente de calor se encuentra en el interior de la vivienda, modo refrigeración (Ilustración 10), el sistema trabaja de la forma inversa. Como se ve a continuación en el esquema siguiente en el que ven los dos modos.

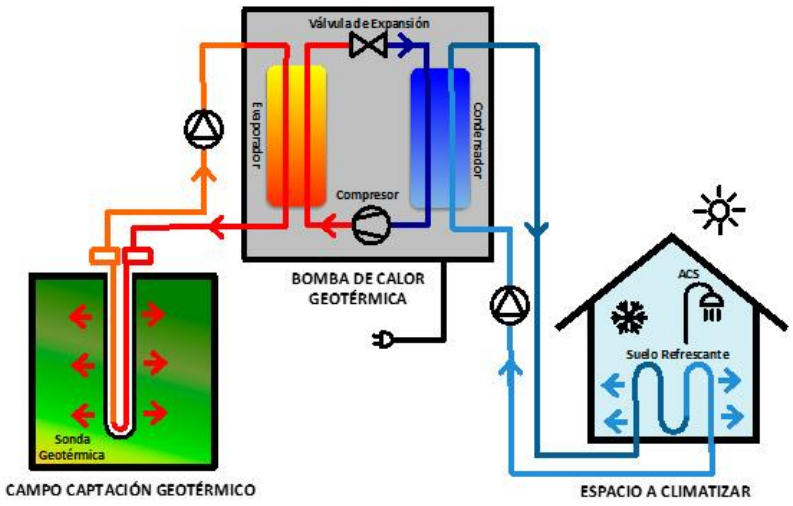


Ilustración 10. Sistema geotérmico climatización en modo refrigeración

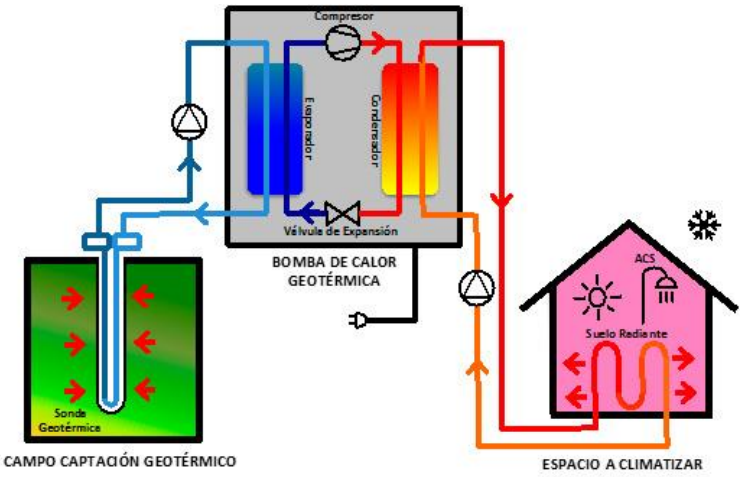


Ilustración 11. Sistema geotérmico climatización en modo refrigeración

En el modorefrigeración se puede observar como se trata del sistema contario. El calor que sobra del interior de la vivienda se transfiere finalmente al subsuelo, el cual se encuentra a menor temperatura.

No se puede olvidar que a parte de utilizar el sistema como metodo de climatización, la instalación se utiliza para la producción de ACS.
Para entender el proceso que permite cubrir esta demanda se debe tener claro la existencia de tres circuitos totalmente independientes:

- Circuito fuente de calor
- Circuito fuente de refrigeración
- Circuito del agua caliente

Los dos primeros son utilizados en el proceso de refrigeración como se ha visto, donde en función del modo que se requiera en la vivienda cada uno de ellos corresponderá al exterior o al interior.

El nuevo circuito, se necesita exclusivamente para la producción de agua caliente sanitaria. Se trata de un circuito de agua que se encuentra aderido a los otros dos.

El funcionamiento de este es sencillo, se requiere hacer uso de parte del calor refrigerante de la bomba de calor para calentar el agua de este nuevo sistema cerrado de agua. En el depósito en el cual se tendrá el agua caliente se debe de instalar una resistencia que mantenga el calentamiento del agua a 70°C para prevenir con esto la legionella en el ACS.

Con la instalación de un deposito grande se asegura la suficiente producción de ACS para subsanar la emanda.

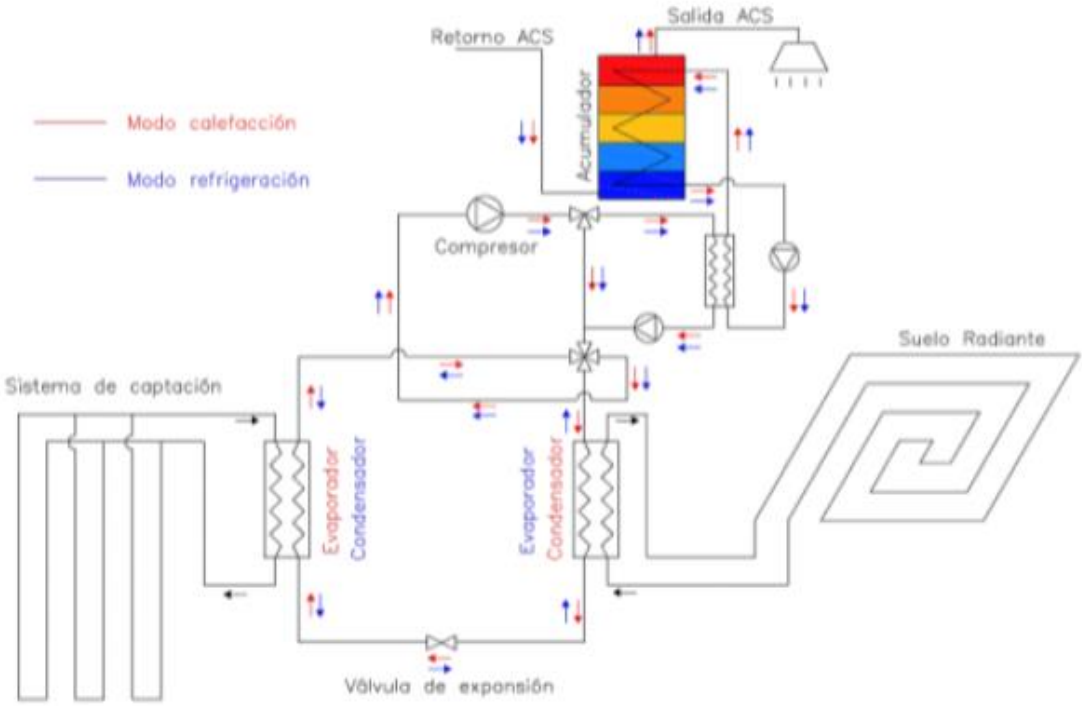


Ilustración 12. Circuito de mando sistema climatización por intercambio geotérmico

La diferencia que existe entre una bomba de calor geotérmico y las bombas clásicas principalmente se trata del rendimiento y potencias que se consigue con estas primeras. Se obtienen valores altos de los mismos tanto cuando se requiere su uso en modo invierno o verano ya que no se encuentra expuesto a altas variaciones de temperatura.

Frente a otros sistemas de producción energética, las instalaciones geotérmicas requieren poco mantenimientos se realiza de manera correcta la instalación. Entres los diferentes subsistemas se trata del intercambiador de calor subterráneo el cual requiere el menor mantenimiento. Los otros dos subsistemas precisan menor mantenimiento que una bomba de calor aire-agua por ejemplo. El resto del sistema requiere un mantenimiento de control preventivo al igual que cualquier otro, como se puede leer en el Reglamento de Instalaciones Térmicas para cualquier instalación de climatización en viviendas (RITE).

Como se puede ver a nivel de mantenimiento se trata de un sistema sencillo lo cual es un punto favorable, a su contra existe un problema que hay que tener en cuenta.
Se trata del modo favorable de trabajo. Como se ha explicado, el subsuelo trabaja tanto como fuente de calor como masa que absorbe de calor. Debido a esta doble función, es conveniente que ambas se precisen de forma equitativa. Si se requiere calor de la tierra de forma incontrolada, el subsuelo podría llegar a helarse y provocar un fallo en el funcionamiento. En el caso contrario, cuando trabaja en modo verano, el subsuelo absorberá calor hasta el punto en el que colapse provocando bajar la eficiencia de refrigeración del fluido.
Se trata de un hecho muy importante para el correcto funcionamiento del sistema, por que se tendrá que tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto. Es por esto que

una localización idónea para este tipo de instalaciones será un lugar donde se requiera equitativamente refrigeración como calefacción.

1.6 Sistemas de intercambiadores

Como se ha explicado en apartados anteriores es necesario trabajar con una bomba de calor para comunicar los hogares con la energía geotérmica, tras lo que utilizando un intercambiador térmico se consigue un intercambio de calor entre el aire frío de la superficie y el caliente que procede del subsuelo y ser utilizado ya sea en radiadores o en suelo radiantes.
Existen diferentes sistemas de intercambio de calor basados en la bomba de calor geotérmico. Todos ellos un esquema similar, difiriendo principalmente en el modo de captación de la energía en el subsuelo.
La primera distinción que cabe mencionar serían circuitos abiertos de cerrados. Los circuitos abiertos en los que la captación se obtiene a través de un recurso hídrico, de lo contrario los circuitos cerrados un liquido portador de energía térmica que circular por una tubería el que al transcurrir por el subsuelo realiza el intercambio térmico con el mismo, puede darse también al paso por una masa de agua.

- **Sistemas abiertos**: En este modo de captación de energía geotérmica el agua subterránea existente es tanto la fuente como el portador de calor. No se precisa de un nuevo fluido para portar energía si no que se trasporta el agua del subsuelo. Para poder llevar a cabo esto es necesario realizar un sondeo a través del cual el agua es extraído y normalmente otro para poder devolver la misma evitando así secar el acuífero.
  Es necesario una bomba para extraer el agua y llevarlo hacia la bomba de calor para extraer su energía. Tras realizar su función, el agua es reinyectado a través de otro sondeo o vertida en un cauce.
  Este sistema puede trabajar con aguas subterráneas cómo se ha explicado, pero de forma menos habitual con aguas superficiales como fuente de calor. Mostrado a continuación en la ilustración 13.

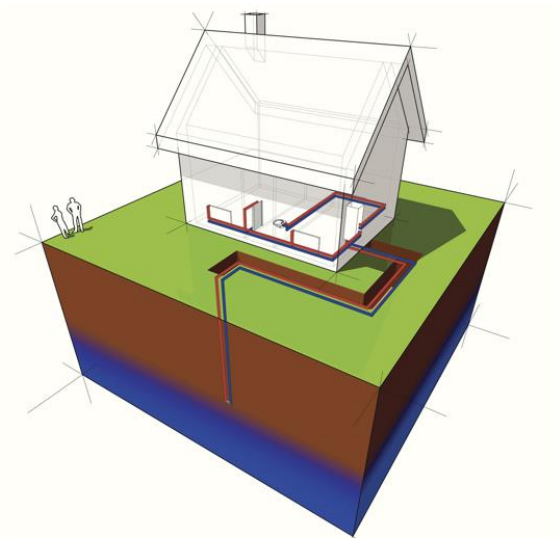


Ilustración 13. Representación sistema geotérmico abierto

- **Sistemas cerrados:** en este modelo sistema de intercambio geotérmico se hace uso de intercambiadores cerrados enterrados en el terreno. Se tratan de tubos fabricados con materiales con buena conductividad térmica favoreciendo así el intercambio de calor. Por ellos circula un fluido termo portador consiguiendo transferir el calor del subsuelo a la bomba de calor o al contrario cuando se encuentre el sistema en modo refrigeración.

  Según la disposición de los tubos en el terreno se diferencian varios tipos de intercambiadores, los cuales se describen a continuación:

  - Intercambiadores horizontales: se tratan de modelo con las instalación más sencilla, ya que no se precisan excavaciones profundas para ella. Únicamente se precisa de retirar la capa más superficial del terreno donde se situarán los intercambiadores y tras ello taparlos de nuevo con el material retirado. Estas excavaciones tiene profundidades entre 1,5 y 3 m. En su contra presentan un gran inconveniente que limita su uso, se trata de la necesidad de una grande superficie para su instalación. Mostrado a continuación en la ilustración 14.

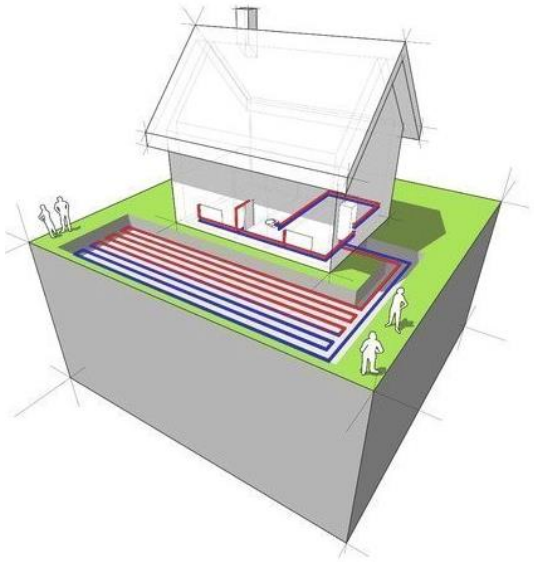


Ilustración 14. Representación sistema geotérmico cerrado horizontal

Este modelo se aconseja cuando se dispone de un gran terreno. Para intentar disminuir en gran medida la superficie necesaria se han desarrollado diferentes disposiciones, en espiral, slinky o en zanja y con conexiones en serie o en paralelo.

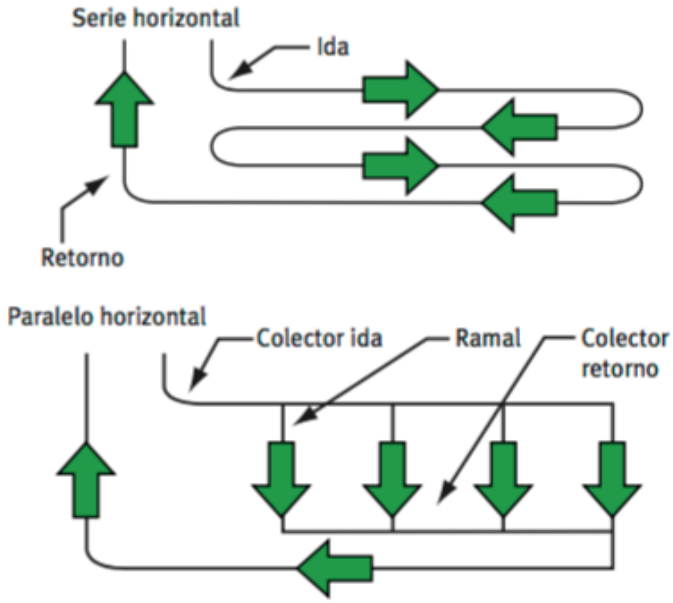


Ilustración 15. Disposición del intercambiador sistemas cerrados horizontales

Se requiere una distancia mínima de 0,4 m entre los tubos tanto en horizontal como en vertical para evitar así que el suelo pueda llegar a helarse.

La superficie requerida por estos sistemas dependerá principalmente de las siguientes razones: necesidades de climatización que tenga la vivienda , profundidad de instalación, propiedad de la geología existente, climatología, humedad, eficiencia de la bomba y la configuración escogida para el bucle de tubos.

Existen limitaciones también recogidas en la **Guía técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico** adjunta en el Anejo de documentación sobre la distancia mínima requerida entre dicho sistema y diferentes elementos: más de 2 m árboles, mas de 1,5 m conducciones enterradas no hidráulicas y más de 3 m de cimientos, pozos, fosas sépticas y redes de desagüe.

- Intercambiadores vertical: La instalación de este modelo de intercambiador tiene mayor complejidad. Las excavaciones que se precisan no son en superficie como en el caso del intercambiador horizontal, si no se necesita realizar una perforación para introducir el sondeo donde transcurrirán los intercambiadores geotérmicos. Los sondeos requeridos tienen profundidades entre los 80 y 200 m con distintos diámetros los cuales oscilan entre los 10 y 15 cm.

  Los intercambiadores pueden consistir en: dos tubos, de materiales termo conductores usualmente de polietileno, los cuales se encuentran unidos a través de una pieza en forma de U en los extremos inferiores o por cuatro tubos unidos en dos por sendas piezas como la anterior en forma de U. Estas sondas geotérmicas ya sean simples o dobles se dispondrán en el interior de las sondas verticales anteriormente mencionadas. Mostrado a continuación en la ilustración 16.

El propósito de estas longitudes es llegar a zonas donde la temperatura ambiente, así como la influencia de la radiación solar, sean poco significativas en comparación con la energía geotérmica presente en el material del subsuelo que las rodea.

La instalación requerirá un numero determinado de sondeos, así como una longitud determinada, y el esquema elegido, dependiendo de la demanda de la vivienda.
Son numerosas las distribuciones posibles de intercambiadores verticales, pudiendo estar estos tanto al lado como debajo de la vivienda. La elección dependerá de la energía térmica potencial entregada por metro de sonda, producto de los materiales que se encuentren a dicha profundidad así como de la posible presencia de aguas subterráneas. La conexión de las diversas sondas existentes se podrá realizar en cambo o ya al final del circuito con distribuidor múltiple en el edifico. A continuación se pueden observar estas dos posibles conexiones.

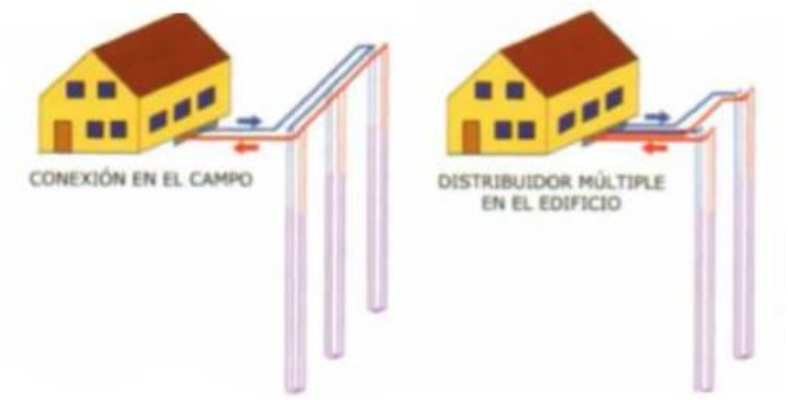
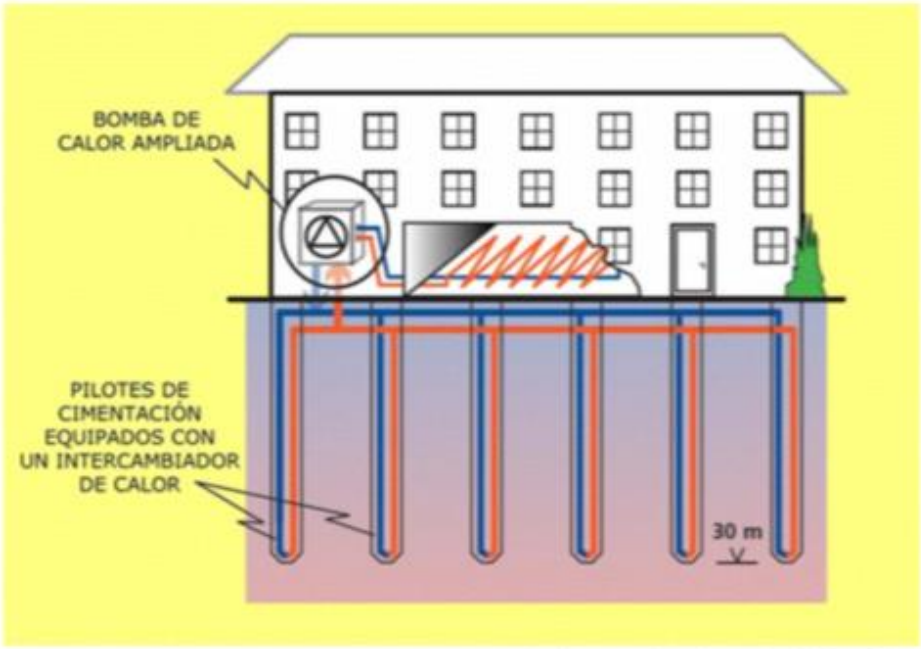


Ilustración 16. Representación sistema geotérmico cerrado vertical

- Cimientos geotérmicos: para entender este tipo de sistema de intercambio vertical se debe conocer primero que es una cimentación. Cuando se realiza una excavación para asegurar la estabilidad del terreno o por que tras un estudio se conoce que el terreno no tiene suficiente resistencia para soportar las cargas que vana a ir sobre el se emplean pilotes, muros de contención o losas, fabricados en hormigón armado clavados en el terreno a profundidades entre 10 y 40 m para solucionarlo.
  Con estos cimientos se están creando las condiciones propicias para realizar un intercambio energético con el subsuelo, es por eso que en la actualidad se le está dando esa doble utilidad a la instalación de cimentaciones bajo viviendas, estructural y de aprovechamiento geotérmico.
  Para ello se requiere utilizar dichas cimentaciones como intercambiadores de calor, introduciendo un conjunto de tubos en forma de U sujetados a la parte inferior de la armadura de acero por lo cuales circula agua con un anticongelante. Finalmente al igual que las

cimentaciones clásicas se rellena de hormigón. Estos tubos situados en el interior de la cimentación se encuentran en circuito cerrado conectados con una bomba de calor o máquina de refrigeración situadas en el edificio que sustentan. En la siguiente foto se muestra un esquema en el cual se han utilizado pilotes. Mostrado estos ejemplos en la siguiente ilustración 17 y 18.



Fuente: Cattin, S. Infos-Géothermie nº 1. Suisse énergie. 2001

Ilustración 17. Representación sistema geotérmico de cimientos-pilotes geotérmicos

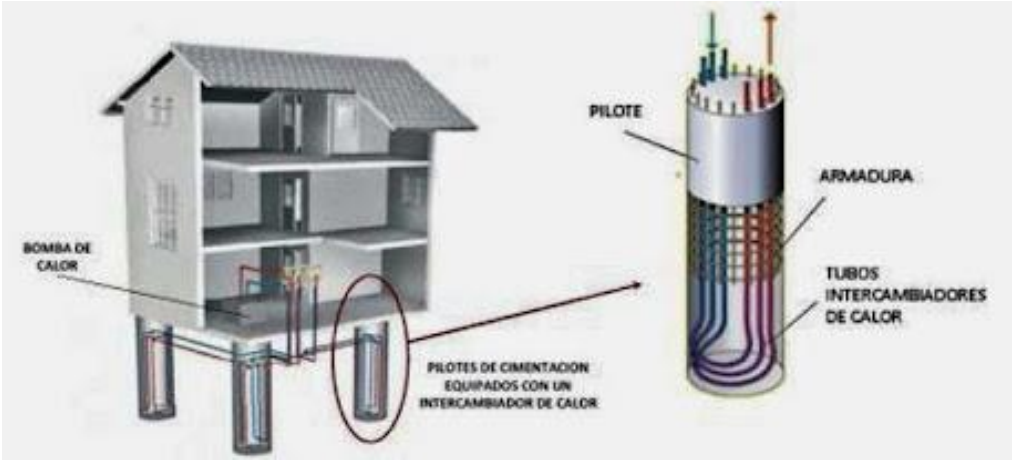


Ilustración 18. Disposición interna de sondas en pilotes geotérmicos

ANEJO Nº 4 BASES DE DISEÑO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN **2**
2. DEMANDA CLIMATIZACIÓN **2**
3. ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR Y DEPÓSITO DE INERCIA **4**

Tabla 1. Demanda energética calefacción y ACS anual actualmente en la vivienda 3
Tabla 2.Demanda energética refrigeración anual actualmente en la vivienda 4
Tabla 3. Días mensuales uso calefacción en vivienda 4
Tabla 4. Características técnicas bomba modelo Ageo+ 40H 5

1. Introducción

En el dimensionamiento de una instalación geotérmica, en primer lugar se necesita evaluar las características del emplazamiento en el que se va a desarrollar el proyecto. Tras realizar los diferentes estudios referentes a la situación y características presentes en la instalación se comienza el diseño de la instalación de la bomba de calor geotérmica que permitirá climatizar el unifamiliar en el que se trabaja de la manera más eficiente y efectiva posible.

Para ello se necesitan los valores de potencia requerida de la misma. En este proyecto se trabaja en una vivienda construida y en el que se desarrolla la actividad habitual para la cual está proyectado durante años. Dado esto se presentan diferentes sistemas de calefacción y refrigeración actualmente alimentados por Gasoil y energía eléctrica respectivamente.

Se parte por lo tanto del consumo energético de dichos elementos instalados actualmente en la vivienda para nuestra nueva instalación. Por lo que se buscará una bomba de calor geotérmicos que consiga satisfacer las necesidades de ambos sistemas de refrigeración. Se pretende encontrar la mejor configuración y dimensionamiento del sistema que vaya a trabajar con la bomba.

2. Demanda climatización

Se debe de conocer la demanda energética de la vivienda en la cual se va a realizar la instalación. Existen diferentes modos de cálculo, en viviendas nuevas suele ser habitual realizar un estudio de los cerramientos existentes para conseguir así el cálculo de las cargas térmicas existentes y finalmente las necesidades tanto de calefacción como de refrigeración dependiendo de las condiciones climatológicas y el uso habitual de la vivienda.

Se puede hacer una estimación poco exacta de las necesidades climatológicas del reciento haciendo uso de medias estandarizadas, las cuales dependen únicamente de la zona en la que se encuentre la vivienda. Las necesidades energéticas obtenidas en este posible cálculo serán totalmente proporcionales al área que contenga la vivienda. Se trata de un cálculo no muy riguroso, ya que las necesidades energéticas dependerán importantemente de las personas que ocupen el emplazamiento y de sus preferencias.

En este proyecto, se utiliza una tercera manera de realizar los cálculos de demanda energética de la vivienda. Se trata de realizar una equivalencia de energía utilizada para satisfacer las demandas de climatización y agua caliente sanitaria anteriormente en la vivienda. Se estudia la instalación actual en la vivienda, en la cual se hace uso de Gasoil para calentar tanto el agua caliente sanitaria como el necesario para el sistema de calefacción. Por otro lado durante los meses de verano el consumo eléctrico se eleva debido a la existencia de varios Splits distribuidos en la vivienda para conseguir refrigerar la vivienda hasta los valores deseados por los clientes.

Actualmente existe una caldera alimentada por gasoil de la marca ROCA modelo LAIA 20 GTI CONFORT con una potencia nominal de 29,07 kW con un rendimiento del 89,4%

Esta vivienda tiene una demanda anual de **1402 Litros** de gasoil, lo cual por equivalencia a kWh se tratan de **15000** kWh de energía consumida anualmente en la producción de agua caliente tanto para cumplir con la demanda de ACS como con la de la calefacción requerida. Estos valores se desglosan por meses en la Tabla 1, se utilizan los datos del año 2021. La equivalencia de litros de gasoil a kWh utilizada será de 10,7 kWh/litro de gasoil.

Tabla 1. Demanda energética calefacción y ACS anual actualmente en la vivienda

Enero	280,37 l	10,7	3000 kWh
Febrero	280,37 l	10,7	3000 kWh
Marzo	140,19 l	10,7	1500 kWh
Abril	140,19 l	10,7	1500 kWh
Mayo	0,00 l	10,7	0 kWh
Junio	0,00 l	10,7	0 kWh
Julio	0,00 l	10,7	0 kWh
Agostoo	0,00 l	10,7	0 kWh
Septiembre	0,00 l	10,7	0 kWh
Octubre	70,09 l	10,7	750 kWh
Noviembre	210,28 l	10,7	2250 kWh
Diciembre	280,37 l	10,7	3000 kWh
TOTAL	**1401,87 l**		**15000 kWh**

Para realizar el cálculo de la energía eléctrica consumida por los sistemas de refrigeración instalados en la vivienda, se obtienen de sus hojas de características los valores de potencia media del mismo, así como el SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio, eficiencia energética del aire acondicionado). Se trata del mismo modelo de Split en cada una de las estancias, por lo que se simplificará el cálculo.

En la tabla 2 presente a continuación se observa el cálculo realizado, para ello se necesita realizar una estimación de las horas en las que se enciende cualquiera de los diferentes Splits por día a lo largo de los diferentes meses. Para conseguir valores de la potencia consumida cercanos a los reales, se pregunta a los clientes sobre el uso habitual del mismo y se incrementa este tiempo de manera que el posible error del valor dado no provoque la falta de suministro energético de refrigeración en un futuro.

Tabla 2.Demanda energética refrigeración anual actualmente en la vivienda

	Horas totales consumo/día	Nº días funcionamiento	Horas totales mes	Potencia media SPLIT vivienda	Energía eléctrica consumida kWh/mes
Enero	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Febrero	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Marzo	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Abril	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Mayo	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Junio	5	20	100	3,0 kW	300,0 kWh
Julio	10	31	310	3,0 kW	930,0 kWh
Agosto	10	31	310	3,0 kW	930,0 kWh
Septiembre	5	20	100	3,0 kW	300,0 kWh
Noviembre	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
Diciembre	0	0	0	3,0 kW	0,0 kWh
				Potencia anual	2460,0 kWh

Como se puede ver, la potencia que limitante para la elección se trata de la calefacción. A pesar de tratarse de una localización en la que los veranos son calientes, el uso energético de la calefacción supera los valores de la refrigeración.

Es ahora entonces con estos valores con los que se puede trabajar, comenzado con la elección de la bomba de calor a instalar.

3. Elección y justificación de la bomba de calor y depósito de inercia

La bomba seleccionada deberá de cumplir con las demandas presentes en la vivienda. Partiendo de la demanda anual existente de 15.000kWh anuales, se puede estimar un uso medio diario de 7h a lo largo del año. La calefacción solo es necesaria en determinados meses, siendo estos enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Los meses cercanos al verano no será necesario hacer uso de ella todos los días presentando la siguiendo distribución anual de días con necesidad de activar la calefacción. Esta distribución de días de uso de calefacción se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3. Días mensuales uso calefacción en vivienda

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTAL
Días uso calefacción	31	28	31	20	0	0	0	0	0	20	30	31	191

Lo cual sumaría un tiempo total de 1337 horas anuales de demanda de calefacción, permitiendo calcular los valores de potencia necesaria para poder climatizar de manera correcta la vivienda. Se precisa una potencia para la bomba de calor de 11,2 kW.

Es por ello que con una bomba de calor de una potencia de 15 kW se sobredimensionaría la instalación, ya que durante el cálculo de las horas en las que se

requiere calefacción se ha utilizado un margen suficientemente alto de opta finalmente por instalar una bomba de calor de potencia máxima de calefacción 11,5kW. Para el caso de la refrigeración se tratan de demandas que no limitan la selección de la bomba de calor, ya que esta siempre será menos. En este modelo de bomba se ofrece una potencia máxima de refrigeración de 9,2kW. Durante los días de más calor, en los meses de julio y agosto partiendo de los datos analizados de la climatización anteriormente situada en la vivienda se precisará una bomba de 2,5kW para poder suministrar la demanda requerida. Se precisa 17,5 kWh al día, suministrado esto durante 7 horas por lo que se presenta una potencia necesaria de 2,5kW anteriormente indicado.

Para la presente instalación se utiliza una bomba de calor con modo de funcionamiento tanto de calefacción como de refrigeración cuyo modelo seleccionado cuyas especificaciones técnicas se adjuntarán a la memoria con potencia máxima 2,3 kW, Ageo+ 40H.

La bomba de calor **Ageo+ 40H** del fabricante **Grupo Ciat S.A.** seleccionada ya que presenta unas características adecuadas a la instalación así como de calidad y funcionamiento ya que la potencia indicada sobredimensiona la demanda siendo suficiente la potencia de 2,3 kW ofrecida por el modelo.

Las características técnicas se resumen a continuación en la Tabla 4, pudiendo acceder a todas ellas en los anexos a la memoria. Se instalará de forma conjunto al depósito de agua caliente SANI 300 litros. Se trata de un depósito de ACS totalmente compatible con la bomba seleccionado. Se cree conveniente su instalación dado que de forma habitual se utiliza cantidades próximas en periodos de tiempos bajos, insuficientes para rellenar el depósito. Las características de este se adjuntan en los anejos a la memoria junto a la documentación de la bomba Ageo+ 40H.

Tabla 4. Características técnicas bomba modelo Ageo+ 40H

AGEO+		20H	30H	40H	50H	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT
Potencia calorífica a 10/7 °C 30/35 °C	kW	7,39	9,4	11,5	15,3	11,3	16,1	19,8	24,5	30,9	36,34
Potencia absorbida	kW	1,45	1,9	2,29	3,04	2,17	3,21	3,88	4,71	5,7	7,06
COP*		5,1	5	5,02	5,04	5,21	5	5,11	5,19	5,42	5,15
Potencia calorífica a 10/7 °C 40/45 °C	kW	7	8,9	10,9	14,5	10,7	15,2	18,8	23,2	29,25	34,4
Potencia absorbida	kW	1,74	2,4	2,87	3,79	2,72	4,01	4,85	5,89	7,12	8,82
COP*		4,02	3,8	3,8	3,82	3,94	3,79	3,87	3,93	4,11	3,9
Potencia calorífica a 0/-3 °C 30/35 °C	kW	5,36	6,9	8,45	11,3	8,3	11,8	14,6	18	23,14	26,7
Potencia absorbida	kW	1,42	1,8	2,18	2,89	2,06	3,06	3,69	4,48	5,74	6,71
COP**		3,77	3,9	3,88	3,89	4,02	3,86	3,95	4,01	4,03	3,98

Tras seleccionar la bomba para instalación del presente proyecto se hace referencia a los depósitos de inercia. Con ello se consigue disminuir los ciclos de arranque paro habituales en las instalaciones que no los presentan reduciendo el rendimiento de los generadores. Cuando la bomba de calor funcione será recomendable que esta caliente una cantidad de agua que vaya a una reserva, de esta manera durante el tiempo que no se demande esta energía no se detendrá su funcionamiento pudiendo alargar en

tiempo el trabajo para evitarlo en ocasiones futuras. En el momento que se demande y el depósito pueda ofrecer el ACS requerida se evitará el arranque de la bomba de calor. De igual manera se evitará arranque de los compresores frigoríficos haciendo trabajar contra un depósito en los momentos que no existe demanda.

Es importante que la reserva de ACS generada se mantenga en depósitos bien aislados, evitando así pérdidas energéticas.

Para el dimensionamiento del depósito de inercia, se recomiendan se estima valores entre 20 y 30 litros por kW de potencia del generador del fluido calentado, siguiendo el documento de la Guía Técnica de la Biomasa, reconocido por el RITE. Se recomienda entonces un depósito de 184 litro siguiendo la norma, en este caso tratándose de un sistema alimentado por placas fotovoltaicas se selecciona un depósito superior para maximizar el uso de la instalación geotérmica durante las horas de sol será de 200 litros. Las dimensiones y características del mismo se muestran en el anejo de documentación.

ANEJO Nº 5 DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DE SONDAS

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN **2**
2. PROPIEDADES TÉRMICAS DEL SUBSUELO **2**
3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN GEOTÉRMICA **4**
3.1 DATOS DE ENTRADA DEL PROGRAMA EED 4
3.2 DATOS DE SALIDA DEL PROGRAMA DE SIMULACIÓN EED 10
3.3 SIMULACIONES 11
4. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA **17**
4.1 CÁLCULOS FLUJO TURBULENTO 17
4.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA 19
5. PERFORACIONES **25**
6. INTRODUCCIÓN DE SONDAS **28**
7. PRUEBAS FINALES **29**
8. MANTENIMIENTO **31**
9. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN **32**

Ilustración 1. Demanda energética en la instalación introducida en EED 5
Ilustración 2. Gráfica demandas energéticas anuales 6
Ilustración 3. Cargas pico demanda instalación. 6
Ilustración 4. Gráfica cargas pico demandadas 7
Ilustración 5. Pantalla características del diseño del intercambiador 9
Ilustración 6. Resultados ofrecidos por EED- Optimización 1 11
Ilustración 7. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 1ª simulación 12
Ilustración 8. Temperaturas fluido 25 años de vida - 1ª simulación 12
Ilustración 9. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 2ª simulación 13
Ilustración 10. Temperaturas 25 años de vida - 2ª simulación 13
Ilustración 11. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 3ª simulación 14
Ilustración 12. Temperaturas fluido 25 años de vida-3ª simulación 15
Ilustración 13. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 4ª simulación 15
Ilustración 14. Temperaturas 25 años de vida - 4ª simulación 16
Ilustración 15. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 5ª simulación 16
Ilustración 16. Temperaturas fluido 25 años de vida - 5ª simulación 17
Ilustración 17. Curvas de funcionamiento de la bomba circulación MAGNA 32-120F 25
Ilustración 18. Sistemas de perforación geotérmica 27
Ilustración 19. Perforadora modelo MI 3 28
Ilustración 20. Introducción de sonda con mecanismo desenrollador 29
Ilustración 21. Cronograma ejecución instalación proyecto. 32

Tabla 2. Datos técnicos fluido caloportador 18
Tabla 3. Pérdidas carga accesorios tramo 1 22
Tabla 4. Pérdidas de carga accesorios tramo 2 y 3 23

1. Introducción

Se desarrolla el dimensionamiento de la instalación geotérmica. Previamente para ello se ha realizado un estudio de los datos de clima registrados en el entorno de trabajo, de las características físicas y térmicas del terreno, y se conoce una estimación de la demanda energética de la vivienda donde se va a realizar la instalación.
Haciendo uso de un programa de simulación de instalaciones geotérmicas, se puede conocer el funcionamiento de un sistema de pozos geotérmicos que cubra la demanda del conjunto de viviendas.

Existe la posibilidad de realizar los cálculos de manera manual, siendo esta una tarea compleja con una alta probabilidad de que los resultados conseguidos se vean distorsionados debido a múltiples elementos que pueden influir en el estudio. Por ello en este proyecto se ha optado por la simulación y dimensionamiento de los pozos geotérmicos en un programa, permitiendo establecer las necesidades de las instalaciones a partir de parámetros conocidos previamente. En este caso el software elegido es EED (Earth Energy Designer). Se trata de un programa de ordenador para el diseño de intercambiadores de calor de perforación vertical. Este programa permite dimensionar el tamaño, características físicas de los pozos, a partir de los datos aportados al sistema de propiedades geotérmicas del terreno donde se trabaja. Se trata de un programa de uso internacional, en el cual se pueden seleccionar zonas climáticas de todo el mundo.

Los resultados que proporcione el software EED permitirá seleccionar la longitud de los intercambiadores, el número de ellos, así como la geometría de la instalación, para conseguir la temperatura objetivo en todo momento. Será preciso introducir las demandas de energía calorífica y frigorífica que va a necesitar la vivienda a lo largo de la anualidad, sin olvidarse de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS). En lo siguientes apartados, una vez realizado los cálculos se mostrará y explicarán cada uno de los parámetros que cuantifica el programa, para comprender los resultados ofrecidos.

2. Propiedades térmicas del subsuelo

En el subsuelo se encuentran diferentes materiales. Estos pueden encontrarse en forma rocosa o sedimentaria, en ambos casos el calor se propaga por el por conducción. Debido a esta transmisión interesa conocer las propiedades físicas más importantes del material existente en la zona de estudio, se trata principalmente de los valores de conductividad y capacidad térmicas volumétrica del mismo. Cuando se encuentran sobre medios saturados de agua, la transferencia de calor se dará tanto por convección natural como forzada. En este último caso será de interés conocer también la permeabilidad del terreno, siendo estas características definidas a continuación.

Conductividad térmica: Se trata del flujo de calor transmitido por conducción en un cuerpo, cuando este se encuentra sometido a un gradiente de temperatura de 1 grado

Kelvin por metro. Esta propiedad se expresa en las siguientes unidades: W/m·K o en W/m·C.

Capacidad térmica volumétrica: se trata de la cantidad de calor (Julios) que se necesita en un m3 de terreno para aumentar su temperatura 1 grado Kelvin. Por lo que se expresará en J/m^3K.

Permeabilidad: en el caso de la existencia de agua en el subsuelo se debe conocer la capacidad que tiene este suelo o roca para ser atravesado por agua. Se expresará por tanto en m/s. Con este valor se informará sobre la velocidad del flujo de agua subterránea.

Tras conocer esto, y los diferentes datos geológicos de la zona de interés se puede determinar el factor de conductividad y su capacidad térmicas volumétrica.

La morfología de la geología sobre la que se trabaja se trata principalmente de materiales sedimentarios arenas y arcillas.

Dichos materiales tienen diferentes conductividades térmicas, dado que no se puede hacer uso de un estudio profundo de la zona exacta se hará uso de los diferentes valores de los posibles materiales que se encuentran bajo el terreno en el cual se va a realizar la instalación.

Si se tratan a las arenas existentes como Arena, saturada de agua presentan valores típicos de conductividad térmica de 2,4 W/m·K y el otro material existente Arcilla, saturada de agua valores de 1,7 W/m·K. Estos valores se han obtenido de la Tabla 5 adjunta la cual parte de la norma alemana (VDI 4640) la cual el Consejo Europeo de Energía Geotérmica ha adoptado. En esta tabla se consigue conocer el calor almacenado en las diferentes rocas existentes en el subsuelo, obteniendo valores de conductividad y capacidad térmicas volumétrica. Se dan como validos estos valores en zonas en las cuales no existe agua en la zona de sondeo como es el caso que ocupa el proyecto.

Se realiza una media entre ambos valores, con lo que se determina que el sondeo que se realizará tendrá una conductividad térmica de 2,05 W/m·K y una capacidad térmica de 2,5 MJ/m^3K.

Estos valores se tratan de cifras orientativas, ya que para conseguir valores exactos de la zona específica de estudio se necesita realizar un Test de Respuesta Térmica (TRT) como se ha mencionado anteriormente. Dada el carácter orientativo de estos valores, para realizar el cálculo de la instalación se hace uso también de los valores dados por el proyecto realizado sobre la zona PROMOEENER-A como se ha descrito en el apartado del Estudio Geotérmico del Anejo nº 1.

Realizando el TRT, además de valores reales de conductividad y capacidad térmica reales, se pueden obtener la temperatura real que encontrada a lo largo del tubo de

sondeo geotérmico utilizado para el mismo. En este caso se toman valores medios de temperaturas del terreno dados por el proyecto mencionado anteriormente 24°C o 297K.

3. Software de simulación geotérmica

3.1 Datos de entrada del programa EED

Los parámetros que se recogerán a continuación se dividirán según su procedencia, ya que muchos de ellos son fijados dado el proyecto en el que se trabaja, información que no se puede modificar y el otro grupo, la información de diseño del sistema. En esta segunda se tratan parámetros del dimensionamiento, valores que serán modificados a lo largo de las diferentes pruebas hasta conseguir el diseño óptimo.

Información fija del proyecto
Se tratan de datos ya conocidos y obtenidos previamente a la simulación. Al tratarse de datos invariables, será información con la que se deberá de trabajar para conseguir los requerimientos de la instalación. Son datos propios de la situación de la instalación, así como de las necesidades de los usuarios.

- **Propiedades del terreno**: En este menú dentro del programa EED3 se introducen los valores más representativos de las propiedades térmicas del terreno donde se va a situar la instalación como son: conductividad térmica, capacidad calorífica volumétrica, temperatura superficial del terreno y flujo de calor de origen geotérmico. El programa contiene una base de datos con valores característicos para cada variable de diferentes localizaciones y tipos de materiales, pero será mejor realizar un TRT si es posible o de lo contrario un estudio geotérmico y geológico de la localización como se ha realizado anteriormente en el proyecto.

- **Resistencia térmica**. En el programa se ofrecen dos opciones. La primera de ella ofrece conocer el valor de la resistencia térmica de la perforación (para lo que se requiere realizar un TRT o de lo contrario dejar que el mismo programa calcule ese valor, que será la opción elegida.

- **Cargas térmicas**. Se trata de una de las partes más importantes en el diseño de la instalación geotérmica, por lo que interesará aportar datos con la máxima precisión. En el programa utilizado se pueden completar según dos alternativas. La primera de ellas será la seleccionada debiendo introducir la carga base que requiere la vivienda tanto en modo calefacción como refrigeración en porcentajes de la carga total destinado a cada mes. La segunda opción disponible sería introducir la demanda energética (refrigeración o calefacción) requerida cada mes, directamente en valores de energía que va a demandar la vivienda. Para el ACS, no es necesario introducir valores por mes, ni porcentajes, ya que el programa asumirá que la demanda se mantiene constante durante el año siendo esta la introducida entre 12 meses.

En la tabla mostrada en la Ilustración 1, adjunta a continuación se puede ver el procedimiento llevado para introducir los valores, los cuales han sido obtenidos con una conversión de la energía consumida anteriormente en la vivienda diesel y electricidad.

En esta tabla (Ilustración 1) que se ve a continuación se introduce en la primera columna los valores de potencia máxima que ofrece la bomba y en la segunda se introducirán las horas que se presupone que va a trabajar la instalación a la máxima potencia a lo largo de los 12 meses. Se realizará lo mismo para los meses en los que se requiera una refrigeración de la vivienda.

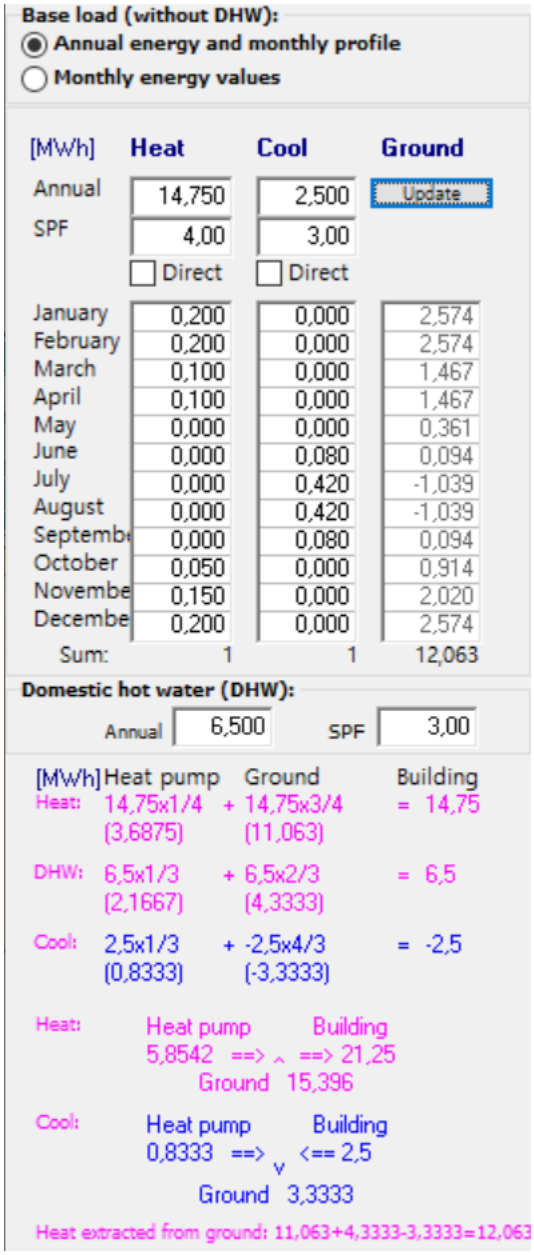


Ilustración 1. Demanda energética en la instalación introducida en EED

En la siguiente gráfica (Ilustración 2) se resumen las demandas introducidas para la instalación, tanto en periodos en los cuales la instalación se encuentra trabajando en modo refrigeración (Azul oscuro) como de calefacción (Rojo). Los valores de demanda indicados en azul claro se refieren a el agua caliente sanitaria, los cuales el programa de forma automática estima constante el consumo a lo largo del año.

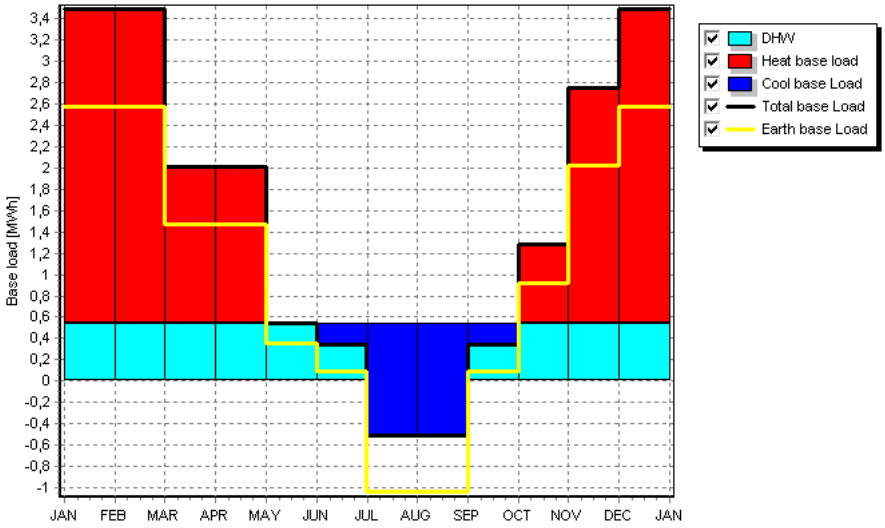


Ilustración 2. Gráfica demandas energéticas anuales

- **Carga de pico.** Se trata de un valor que corresponde a las condiciones más extremas a las que estará sometida la instalación. Esta corresponderá con la máxima potencia que sea capaz de suministrar la bomba de calor que se seleccione (dato de fabricante). Se introducirá en la siguiente tabla mostrada en la Ilustración 3.

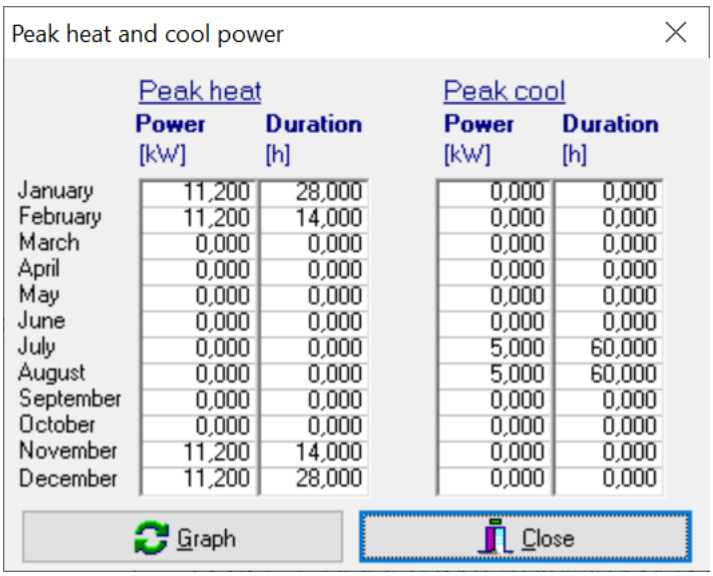


Ilustración 3. Cargas pico demanda instalación.

Al igual que las demandas anteriores, las carga pico muestran también una gráfica (Ilustración 4) donde se observa los valores introducidos de potencia para cada

mensualidad. Se trata de estimaciones ya que estas demandas no se repetirán a lo largo de los años pero si tomarán valores similares.

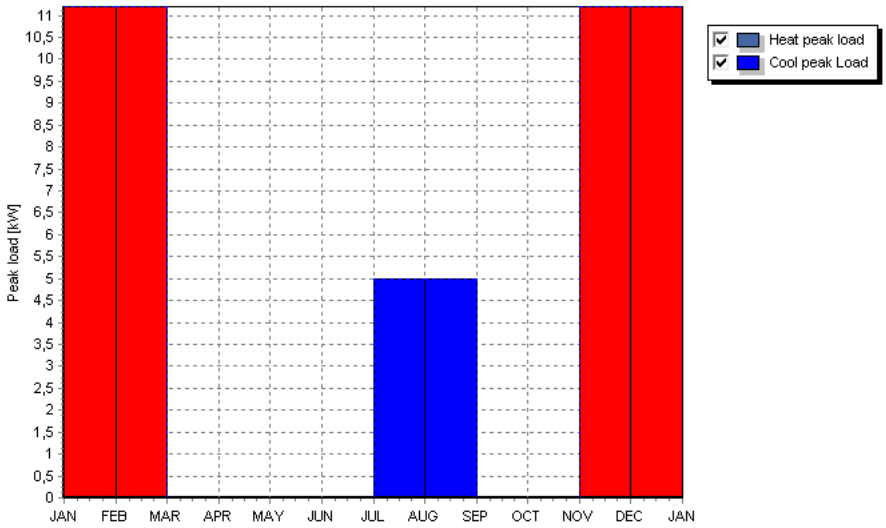


Ilustración 4. Gráfica cargas pico demandadas

- **Fluido térmico:** Se trata del líquido encargado de realizar la transmisión térmica. Dependerá de la bomba con la que se trabaje y los modos de funcionamiento de esta. Con un uso único de refrigeración el agua puede ser suficiente, pero en el caso que procede tratándose de una instalación que va a trabajar tanto en refrigeración como en calefacción será preferente añadir un anticongelante como el propilenglicol y etiliglicol.

  En el caso de la presente instalación se elegirá Monoethylenglycole dadas sus propiedades anticongelantes para climas no excesivamente extremos, tratándose del fluido habitual en estas instalaciones. Para este fluido se establecerán también unos límites de temperatura. Estos se encuentran limitados generalmente por el riesgo de congelación en el evaporador de la bomba de calor. Se incluyen en este caso, dado que no se trata de una situación con temperaturas extremas, unos intervalos entre -5° y 35°. Con estos valores dado el fluido elegido no se peligra la congelación del terreno por el que transcurre, ya que su punto de congelación es de -18°.

Información del diseño del intercambiador de calor

En este grupo de variables se recogen cada una de las características que van a tener los diferentes pozos geotérmicos. Estas son tanto de la bomba como de las perforaciones, en las que se tienen que introducir características propias de la bomba, el tipo de circuito que se va a instalar, el número de pozos y su distribución, materiales de las tuberías, caudales, etc. Cada elección determinada para estas variables condicionará al resto. Es por ello que se trata de una selección que tiene que ser estudiada, a nivel técnico como económico para conseguir con los parámetros seleccionados un eficiente sistema de intercambio de calor.

- **Bomba de calor** se trata del núcleo de la instalación, será el equipo que determinará el funcionamiento del resto de elemento. Se deberá realizar una elección adecuada para poder conseguir un sistema eficiente. En el programa para introducir los valores que afectan a las dimensiones de las perforaciones y a las temperaturas que se consiguen a lo largo de la anualidad se debe de introducir el SPF. Se trata de un valor de fábrica propio de la bomba que se explica en la siguiente variable.

  Modelo Bomba: Potencia refrigeración 5kW y calorífica 10kW

- **Factor de rendimiento medio (SPF o COP estacional)** Se rata de un coeficiente característico de la bomba que se obtiene de fabricante, esto dependerá de componentes técnicos de las mismas. Se tratará de un valor a añadir en la pantalla de carga base que indicará el calor útil ofrecido en la instalación frente al trabajo requerido por parte del compresor de la instalación. Este será necesario tener seleccionada previamente una bomba adecuada para la instalación.

  Valores de SPF frío: 3,00
  Valores de SPF calor: 4,00

- **Diseño intercambiador.** En la figura se muestra el menú donde se deberá de introducir las diferentes características del intercambiador de calor. Se determinará en esta pantalla el tipo de sonda, configuración o disposición del campo de captadores, profundidad de perforación, espaciado entre sondas, diámetro, caudal, relleno de la sonda, conductividad térmica de las sondas y el espaciado entre los tramos de sonda.
  Los valores que se refieran a la geometría de la instalación serán determinados por la disposición de área, buscando también la sencillez de las perforaciones.

  El caudal plantea dos opciones, introducir el valor para cada sonda o el total que fluye por todas las sondas, para este segundo caso habrá que tener en cuenta el factor Nbh y el factor serie propios de las geometrías. Dado que este valor será modificado en función de las soluciones obtenidas, se determina utilizar el valor de caudal por cada sonda. El valor introducido deberá de ser tal que se consiga un flujo turbulento a lo largo de la instalación, trabajando así en valores máximos intercambio de calor tanto en el terreno como en el intercambiador de la instalación.

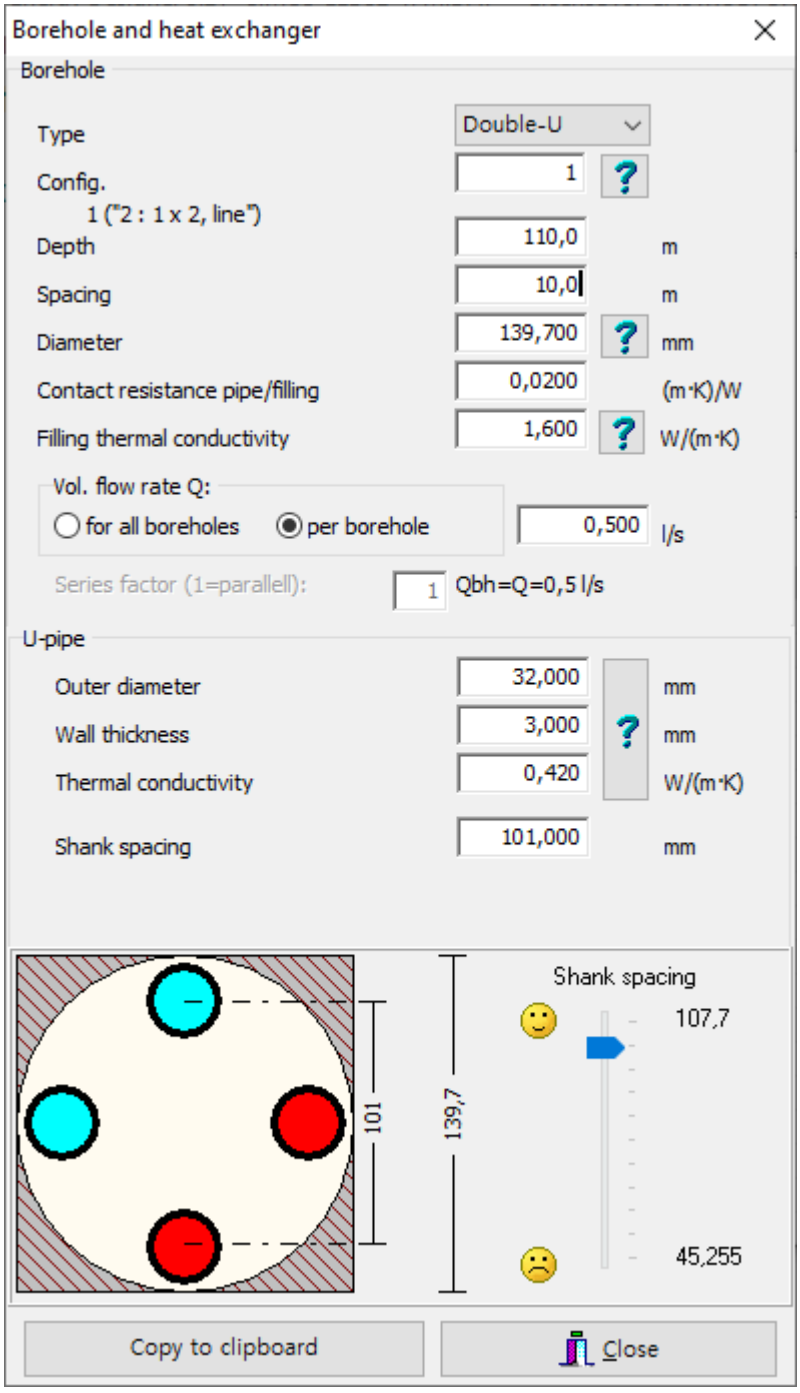


Ilustración 5. Pantalla características del diseño del intercambiador

- **Características de la simulación**:
  El programa permite modificar pequeños ajustes para obtener los resultados de la manera más semejante al caso real. Para simular el comportamiento de la instalación a lo largo de su vida real, se incluye en el dimensionamiento los años de vida útil. Para esta simulación se introducirá un valor de 25 años. Se indicará también el mes en el que comienza a funcionar introduciendo el mes 9, octubre.

Para que el programa muestre los resultados esperados respecto a los datos incluidos se tienen dos opciones, el cálculo cumpliendo con cada una de las características introducidas anteriormente o la segunda opción, optimizar el cálculo modificando alguno de los valores como son la profundidad de la sonda y geometría.

3.2 Datos de salida del programa de simulación EED

Gráfica temperatura medias y pico del fluido caloportador meses: se permite observar con esta gráfica la evolución de la temperatura del fluido caloportador durante los 12 meses de la última anualidad de la vida útil simulada. Se trata del año más crítico ya que a lo largo del paso del tiempo las condiciones térmicas del suelo y fluido se adaptan a las circunstancias de funcionamiento de la instalación. Asegurando el correcto funcionamiento durante esta última anualidad se podrá estimar que será correcto durante el resto de los años si se trata de unas condiciones estándares a las cuales está acostumbrada la situación geográfica. En la gráfica la información mostrada en color rojo indica la temperatura del fluido de estudio durante los diferentes periodos de tiempo, y las gráficas en rojo y azul indican los periodos de tiempo en los cuales se deberá de refrigerar (Azul) o calentar (rojo) la vivienda donde se encuentra la instalación. El fluido saldrá del intercambiador de calor que se encuentra dentro de la bomba de calor a una temperatura menor o mayor según el modo de funcionamiento que se encuentre (gráfica negra) los picos de temperatura mostrados en rojo y azul indican las temperaturas máximas del fluido.

Gráfica temperaturas fluido caloportador años: se mostrará en una gráfica de la evolución de la temperatura del fluido caloportador a lo largo de los años de vida útil de la instalación. Este fluido que se transporta a través de las sondas geotérmicas, esta temperatura variará en función de las necesidades de la vivienda pudiendo bajar su temperatura en el caso de que la demanda de calefacción supere considerablemente a la de refrigeración o viceversa. Para mejorar la eficiencia de la instalación conviene trabajar a partes iguales en ambos modos, dejando la temperatura del terreno con el cual se hace el intercambio constante. En estas gráficas se muestran los valores máximos (azul) y mínimos (rojo) de la temperatura del fluido durante los años de vida simulados. Estos valores deberán de situarse entre los valores permitidos para el fluido seleccionado y utilizado en la instalación, asegurando de este modo que el fluido se encuentra en estado líquido y en condiciones óptimas para realizar el intercambio energético.

Tablas: Tras la introducción de datos, el programa comenzará a realizar diferentes estimaciones jugando con la profundidad, el número de sondeos y su distribución en el campo de sondas. Como se puede ver en la tabla mostrada de forma automática por el programa la cual será obtenida en las siguientes estimaciones para cada simulación. Observando esta tabla con las diferentes opciones mostradas, se elegirá una por cada simulación realizada siendo la elegida la más eficiente según las necesidades.

Estos datos ofrecidos por el programa tras realizar las distintas simulaciones se adjuntarán a continuación para ser desarrollados. En función de las necesidades y preferencias del cliente, así como persiguiendo instalar un sistema eficiente se decidirá y seleccionará la instalación a realizar en campo.

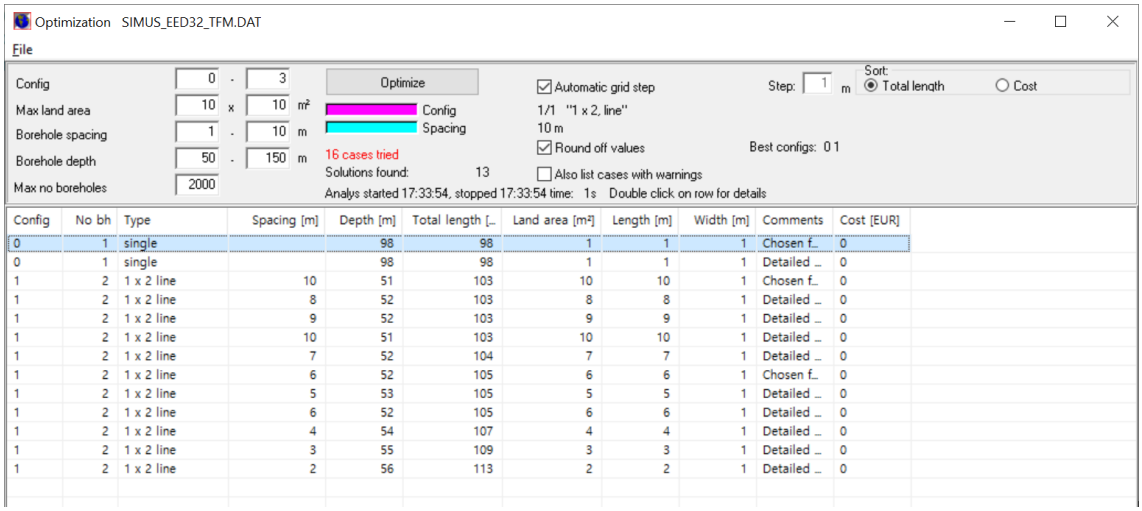
3.3 Simulaciones

Optimización

Tras introducir todos los datos necesarios para realizar la simulación, se procede a ello para que ofrezca un resultado con la estimación del número de sondas y la profundidad de cada una de ellas.

Se calculará con la opción de EED de "Optimization", conociendo las posibilidades ofrecidas función de los datos introducidos anteriormente y los rangos marcados.

Como se ve en la siguiente Ilustración 10 la cual ofrece como resultado el programa, existen múltiples opciones para conseguir la demanda requerida por la vivienda. Se seleccionará la que mejor se adapte de forma eficiente a nuestras necesidades.



Config	No bh	Type	Spacing [m]	Depth [m]	Total length [..	Land area [m²]	Length [m]	Width [m]	Comments	Cost [EUR]
0	1	single		98	98	1	1	1	Chosen f..	0
0	1	single		98	98	1	1	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	10	51	103	10	10	1	Chosen f..	0
1	2	1 x 2 line	8	52	103	8	8	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	9	52	103	9	9	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	10	51	103	10	10	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	7	52	104	7	7	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	6	52	105	6	6	1	Chosen f..	0
1	2	1 x 2 line	5	53	105	5	5	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	6	52	105	6	6	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	4	54	107	4	4	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	3	55	109	3	3	1	Detailed ..	0
1	2	1 x 2 line	2	56	113	2	2	1	Detailed ..	0

Ilustración 6. Resultados ofrecidos por EED- Optimización 1

Se observa en las gráficas a continuación las soluciones ofrecidas a detalle, para poder determinar así la solución más interesante entre ambas.

Ambas simulaciones corresponden a los archivos *simu1* (Simulación 1) *y simu2* (Simulación 2) adjuntos al documento de la memoria en el anejo de *simulaciones.*

Simulación 1

En esta primera simulación se representa la respuesta de una instalación con una única sonda geotérmica de 98 metros. Los límites establecidos en este caso de temperatura máxima y mínima de fluido caloportador son 35 y -5 °C.

En la gráfica siguiente (Ilustración 7) se muestra la curva de variación de temperaturas del fluido caloportador durante el último año completo de vida útil (establecida en 25 años) con esta solución. Se observa cómo la temperatura del fluido durante los meses en los que el sistema trabaja en modo calefacción se encuentra dentro de los límites establecidos, si bien en una buena parte de ese tiempo con temperaturas inferiores a los 0°C. Las bajas temperaturas del fluido, que pueden dar lugar a la congelación del terreno alrededor de la sonda, hacen pensar en una baja eficiencia de la bomba de calor.

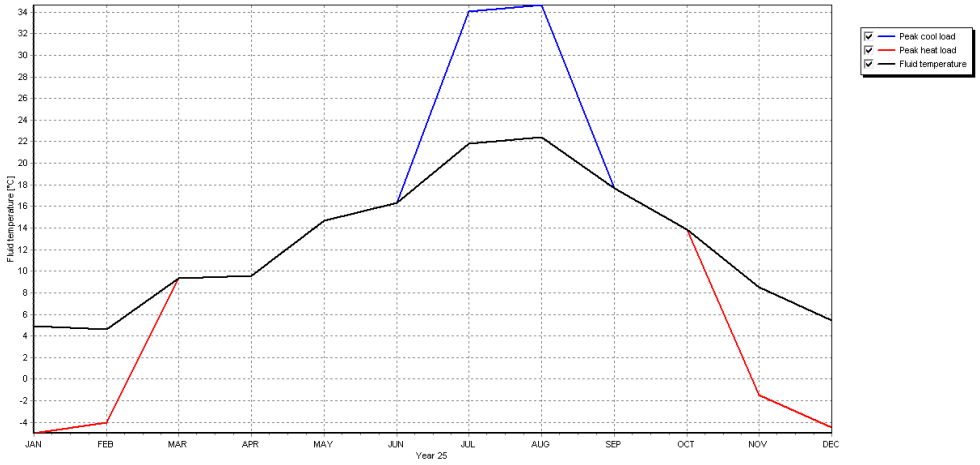


Ilustración 7. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 1ª simulación

La gráfica de la Ilustración 8 muestra la temperatura del fluido durante los 25 años del ciclo de vida de la instalación. El fluido bajará de temperatura de forma continuada a medida que pasan los años, lo que da idea de la progresiva disminución de la eficiencia de la bomba de calor. Esto se deberá, seguramente, al desequilibrio entre la demanda de calor (modo invierno) y la de frio (modo verano).

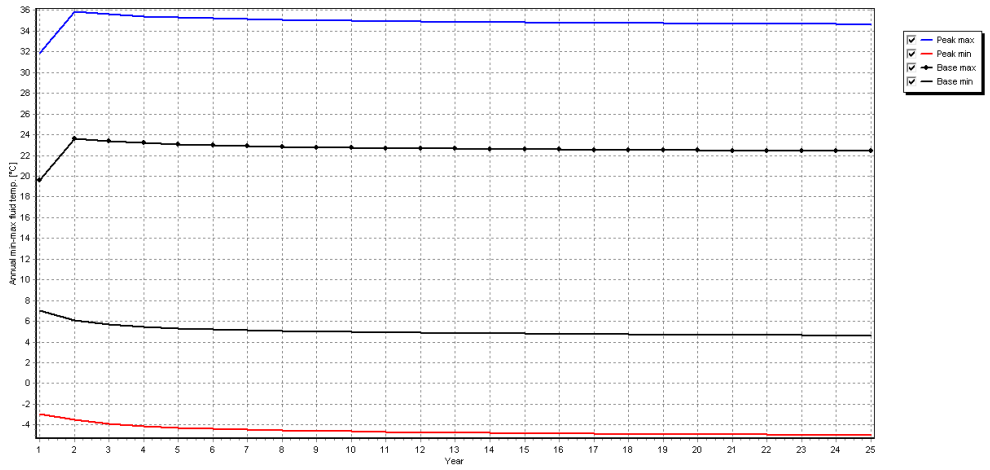


Ilustración 8. Temperaturas fluido 25 años de vida - 1ª simulación

Simulación 2

En esta segunda simulación se representa la respuesta de una instalación con 2 sondas geotérmicas y un total de 105 metros de longitud de perforación (52,5 metros por sonda). La distancia entre ambas de 5 metros y los límites establecidos de temperatura máxima y mínima de fluido caloportador son los mismos: 35 y -5 °C.

Igual que en la anterior simulación, se observa cómo la temperatura del fluido durante los meses en los que el sistema trabaja en modo calefacción se encuentra dentro de los límites establecidos, si bien en una buena parte de ese tiempo con temperaturas inferiores a los 0°C. Al mismo tiempo, las temperaturas máximas cuando el sistema trabaja en modo refrigeración han descendido, mejorando ligeramente la eficiencia de la bomba cuando trabaja en este modo (Ilustración 9).

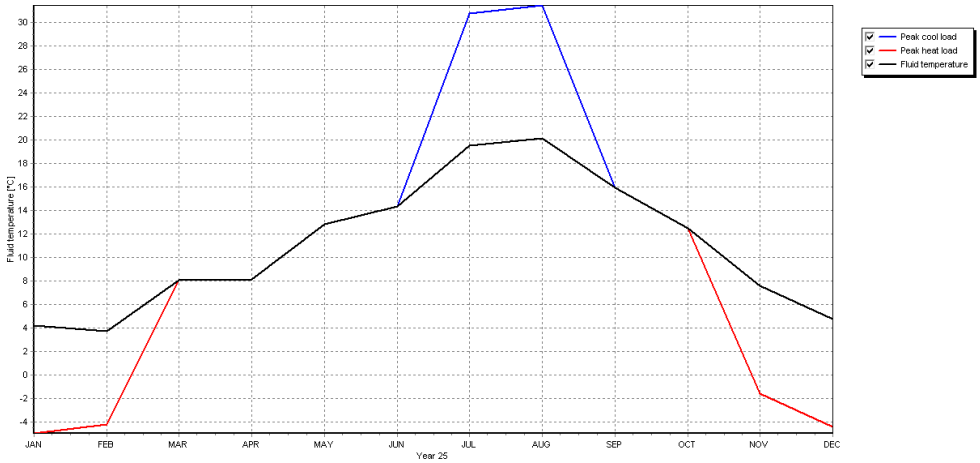


Ilustración 9. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 2ª simulación

En cuanto al comportamiento a lo largo de los 25 años de vida de la instalación, sucede algo muy parecido a lo de la primera simulación, con una disminución progresiva de la temperatura del fluido con el paso del tiempo (Ilustración10).

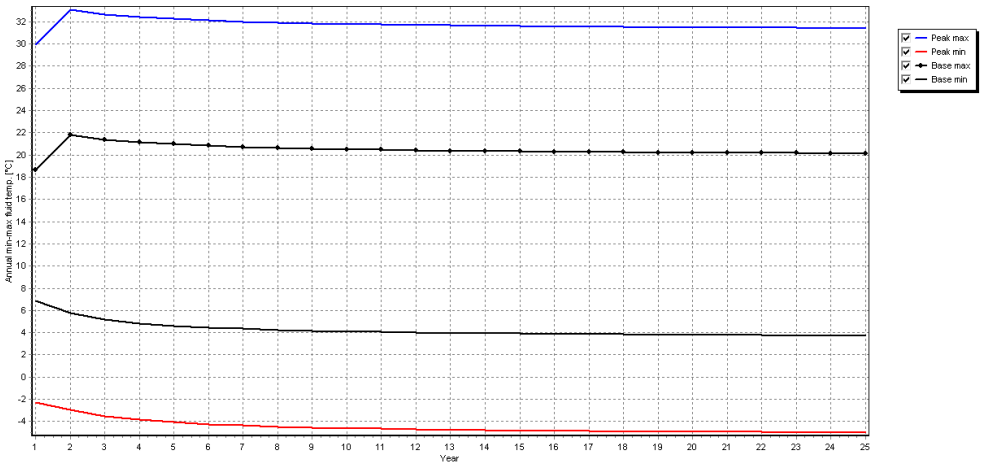


Ilustración 10. Temperaturas 25 años de vida - 2ª simulación

Dado que se trabaja sobre un terreno y en unas condiciones que permiten aumentar la longitud de la perforación, el siguiente paso para intentar mejorar los resultados de la simulación es eliminar el límite establecido en la longitud de la/s sonda/s vertical/es. Así, en las dos primeras simulaciones esta se había fijado en 100 metros, obligando al programa a ofrecer soluciones con sondas inferiores a esta cota.

El uso de sondas de mayor profundidad permitirá el aumento del área de intercambio de calor con el terreno a profundidades donde la (mala) influencia de la temperatura ambiente es inexistente, lo que presumiblemente haría disminuir las temperaturas del fluido caloportador. Se presentan a continuación dos nuevas simulaciones para las que se aumente el límite de profundidad de la perforación hasta los 115 metros.

Simulación 3

La simulación en este caso da como solución una única perforación de longitud igual a 115 metros que ofrece mejoras en las temperaturas del fluido intercambiador de calor. Así, puede verse en los gráficos correspondientes como las temperaturas mínimas del fluido en los meses fríos han aumentado considerablemente (Ilustración 11 y 12). En la segunda gráfica puede observarse también cómo la disminución de la temperatura con el tiempo es ligeramente menor que las simulaciones anteriores, lo que da idea de una menor pérdida de la eficiencia con el tiempo.

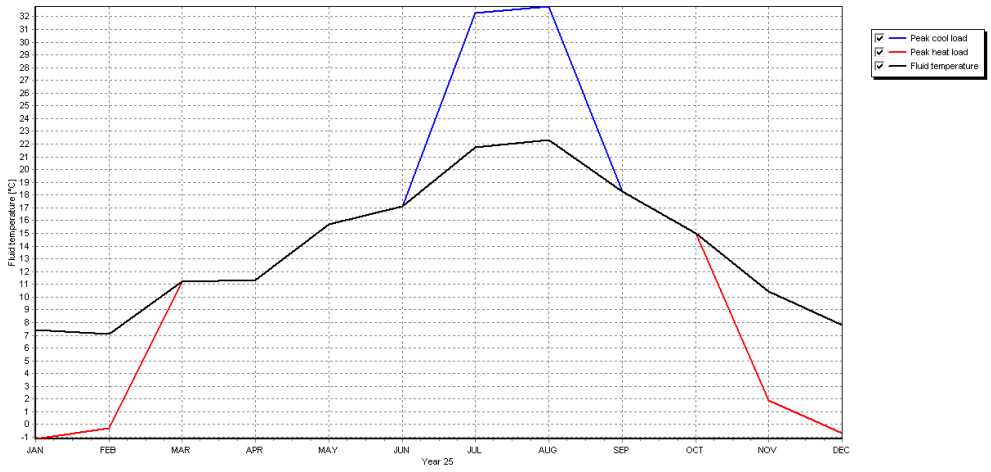


Ilustración 11. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 3ª simulación

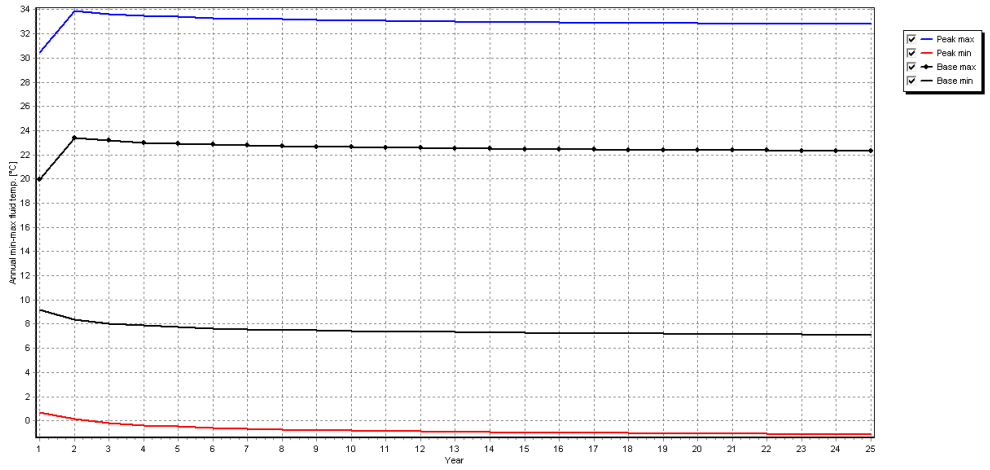


Ilustración 12. Temperaturas fluido 25 años de vida-3ª simulación

Con todo, las temperaturas más bajas del fluido caloportador todavía son menores a la temperatura de congelación, por lo que se sigue corriendo el riesgo de congelación del terreno circundante. Por tanto, hay todavía capacidad de mejora.

Simulación 4

Para conseguir mejorar los resultados de las tres simulaciones anteriores, se opta por modificar las temperaturas límites del fluido caloportador hasta fijarlos en 35 y 0°C. De esta manera se asegura que no existan posibilidades de congelación del terreno.

La solución ofrecida en este caso es la de una única sonda de 121 metros, lo que da lugar a unas temperaturas del fluido intercambiador de calor entre los nuevos límites establecidos, tal y como muestran los gráficos de las ilustraciones 13 y 14.

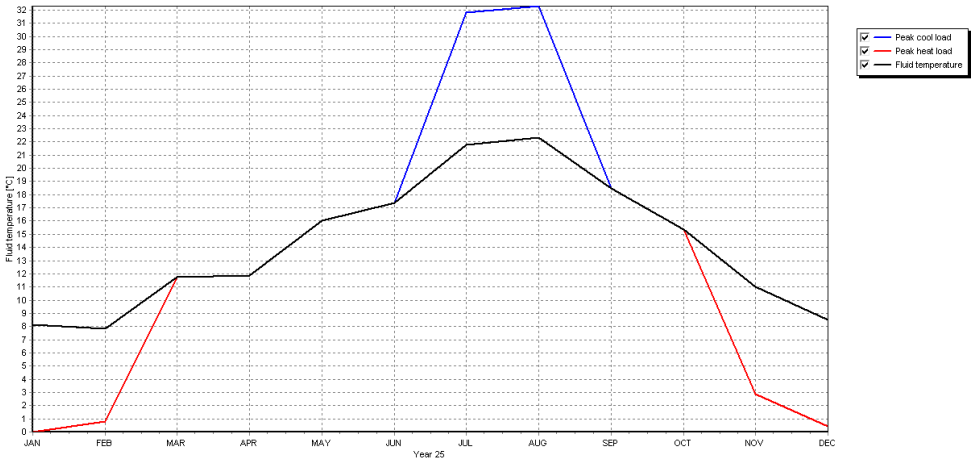


Ilustración 13. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 4ª simulación

En la gráfica de la Ilustración 14 puede observarse también cómo la disminución de la temperatura con el tiempo es ligeramente menor que en las simulaciones anteriores, lo que vuelve a dar idea de una menor pérdida de la eficiencia de la bomba de calor con el tiempo.

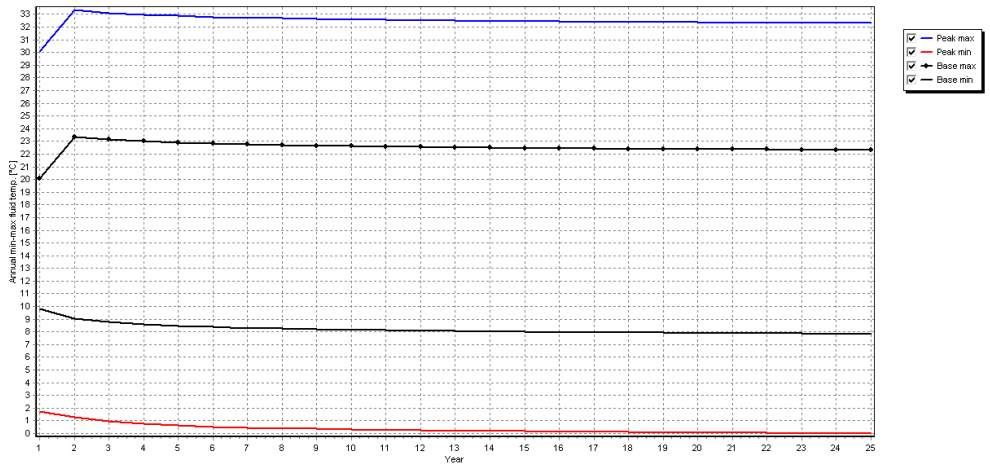


Ilustración 14. Temperaturas 25 años de vida - 4ª simulación

Simulación 5

La última simulación muestra la respuesta a la ejecución de 2 sondas geotérmicas y un total de 132,8 metros dividida (66,4 metros por sonda). Los límites de temperatura máxima y mínima del fluido son los mismos que en la simulación anterior: 35 y 0 °C. **Esta quinta solución es la elegida para el dimensionamiento de la instalación.**

En este caso, de acuerdo con los resultados de la simulación, para cumplir con los límites de temperatura establecidos hay que irse a distancias entre las dos sondas de entre 2 y 10 metros. Dada la geometría y las limitaciones existentes en la zona de la vivienda donde irán situadas las sondas (Plano 4), se selecciona una distancia entre sondas de 6 metros, reduciéndose así la interacción (térmica) entre perforaciones. Los resultados de temperatura del fluido caloportador se muestran como siempre en las gráficas correspondientes (Ilustraciones 15 y 16):

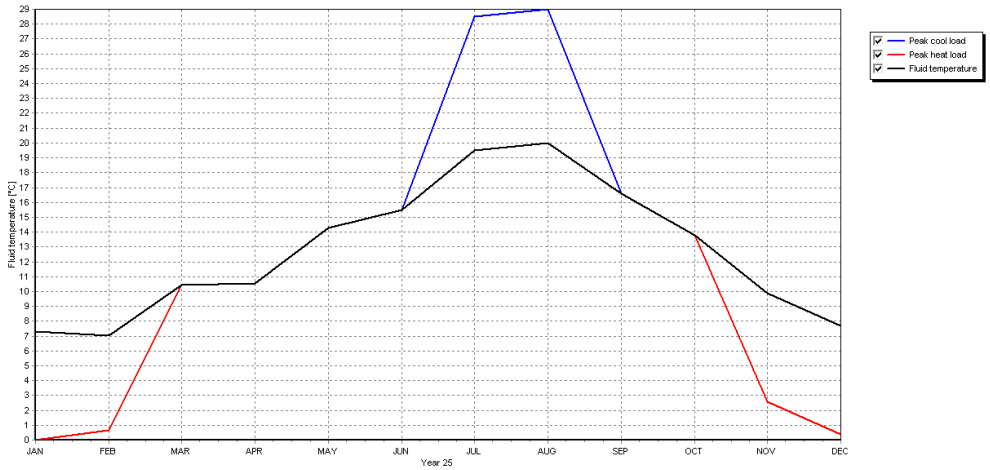


Ilustración 15. Temperaturas fluido año 25 del ciclo de vida - 5ª simulación

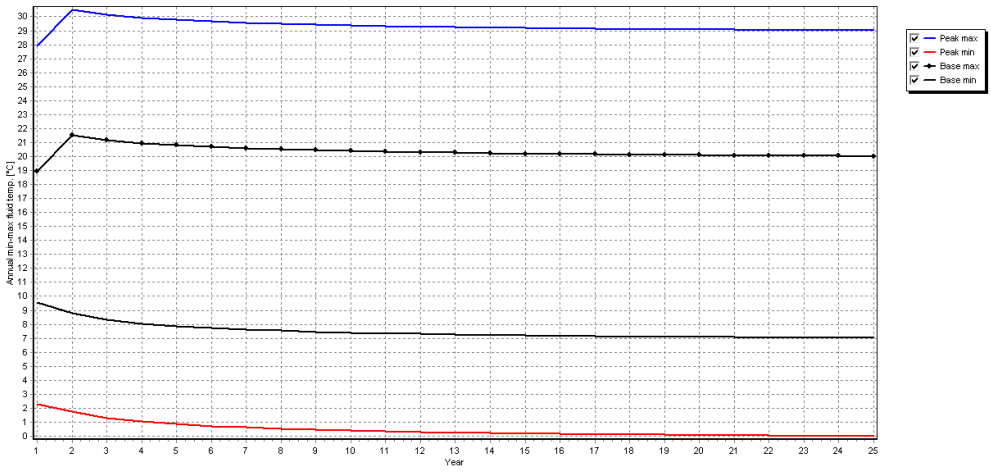


Ilustración 16. Temperaturas fluido 25 años de vida - 5ª simulación

Con respecto a la anterior simulación, se observa con en este caso los valores de las temperaturas máximas y mínimas del fluido se han reducido ligeramente.

4. Dimensionamiento de la instalación hidráulica

4.1 Cálculos flujo turbulento

En este apartado se realizan los cálculos necesarios para el dimensionamiento de los caudales que circulan a través de las bombas y de los sondeos, para poder determinar las características de la instalación.

Un factor crítico en el dimensionamiento de la instalación geotérmica, de gran influencia en la transferencia térmica es la resistencia al flujo térmico a través de las diferentes capas que se forman en el fluido trasportado en el tubo.
Se denomina capa límite, a la capa interna que se encuentra en contacto con la cara interna del tubo. Esta llevará una velocidad disminuida ligeramente por la resistencia viscosa generada por este contacto, fluyendo el calor desde (hacia) la pared del tubo por conducción y convección.

El fluido conforme aumenta de velocidad, llegará a un punto en el que forme turbulencias. En este punto la capa limite anteriormente citada, se rompe y se separa de la pared del tubo, mezclándose con las capas más internas del fluido. La velocidad característica de este punto depende de diversos factores como son, la viscosidad del fluido, la rugosidad de la pared interna del tubo, su forma, el tamaño, etc.

Para considerar si el fluido se encuentra en régimen turbulento o no, se utiliza de manera práctica el número de Reynolds. El fluido habrá alcanzado ese punto, considerando un régimen turbulento si el número de Reynolds es mayor de 4000. Este número depende de los factores anteriormente citados y se obtiene de con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$\rho = densidad\ del\ fluido$
V=velocidad característica del fluido
D=diámetro de la tubería por la cual circula el fluido
$\mu = viscosidad\ dinámica\ del\ fluido$

Conociendo las características de ello y tratándose de conseguir un régimen turbulento en las tuberías y así una mayor transmisión de calor, se determinará el diámetro de las tuberías que compongan la instalación.

Para ello se deben de conocer las características del fluido caloportador necesarias para el cálculo:

Tabla 1. Datos técnicos fluido caloportador

D	0,029
Re	4000
$\boldsymbol{\mu}$	0,00525
$\boldsymbol{\rho}$	1,15
V	5 cps

Durante la simulación se ha introducido como dato un valor de 0,5 l/s de caudal por cada sondeo, el cual es doble-U. Cada sondeo estará formado por dos conductos cada uno de ellos de 29 mm de diámetro (32mm tubo menos 3 de espesor). El software utilizado en la simulación da como resultado un flujo turbulento. Para poder comprobar la veracidad del cálculo se hace uso de la anterior fórmula obteniendo el número de Reynolds en cada uno de los conductos de la sonda.

Q= V·A=0,5 l/s→ $V = \frac{Q}{A} = \frac{o,5}{\frac{\pi \cdot 0,029^2}{4}} = 756,97 \frac{l}{s \cdot m^2} \rightarrow 756,97 \frac{l}{s \cdot m^2} \cdot \frac{0,001 m^3}{1l} = 0,757\ m/s$

Re=$\frac{\rho V D}{\mu}$=$\frac{1,15 \cdot 0,757 \cdot 0,029 \cdot 10^3 kg/m^3}{0,0057} = 4429 > 4000 \rightarrow$ Fluido en régimen turbulento

En el resto de las tuberías de la instalación se debe de calcular el diámetro que van a disponer estas, para poder seleccionar con este dato el modelo de las mismas.

Diámetro de la tubería colector/distribuidor necesario para conseguir un régimen turbulento:

El caudal que portará será producto de la suma de los caudales que atraviesan cada sonda, siendo esta de Doble-U por lo tanto transcurre 0,5l/s por cada conducto.

Una vez sale de la sonda este caudal se unirá en un mismo conducto con un caudal de 1l/s, a continuación, se muestra el cálculo del diámetro necesario en este conducto:

$$\text{Re}=\frac{\rho V D}{\mu}=\frac{1{,}15\cdot\frac{Q}{A}\cdot D}{0{,}0057}=\frac{1150\frac{kg}{m^3}\cdot\frac{0{,}001m^3}{\pi\cdot r^2}\cdot 2\cdot r}{0{,}0057\frac{kg}{m\cdot s}}=4000\rightarrow r=0{,}032m\sim\emptyset 63mm$$

La instalación será con un diámetro de 32 mm a la salida de las dos sondas.

En cada sonda entra 1l/s , sumando un total de 2l/s tanto en el colector (retorno a la sala de máquinas) como en el distribuidor (ida a sondeos).
De la misma manera se calculará el diámetro de estos conductos que se encuentran unidos a la sala de máquinas.

$$\text{Re}=\frac{\rho V D}{\mu}=\frac{1{,}15\cdot\frac{Q}{A}\cdot D}{0{,}0057}=\frac{1150\frac{kg}{m^3}\cdot\frac{0{,}002m^3}{\pi\cdot r^2}\cdot 2\cdot r}{0{,}0057\frac{kg}{m\cdot s}}=4000\rightarrow r=0{,}064m\sim\emptyset 125\text{mm}$$

Se necesitará un diámetro de 128 mm para conseguir en estas tuberías un flujo turbulento y así maximizar la eficiencia de la instalación. Para seleccionar un diámetro normalizado se selecciona el de diámetro inferior de 125 mm.

4.2 Cálculo de pérdidas de carga

Conexión horizontal
Este tramo horizontal comprende la conexión entre las sondas y la bomba de calor, la cual se encuentra en la sala de máquinas. Comprende los diferentes elementos:

Tramo horizontal
Será necesario seleccionar tanto la tubería que realiza el enlace entre las sondas y el colector/distribuidor, así como cada uno de los fittings (codos, manguitos, etc.) necesarios para hacer las conexiones y distribuciones del fluido en este tramo. Todos los componentes de este tramo serán de polietileno de alta densidad PE100, con un diámetro de 63 mm para conseguir un flujo turbulento como se ha realizado el cálculo anteriormente y una relación de diámetros SDR11 y presión nominal PN16.

Los tubos anteriores que parten de las sondas geotérmicas se unirán a los tubos del tramo horizontal, lo cual se realizará mediante electrofusión con piezas en “Y” colocados en la cabeza de la perforación. En la instalación en la que se trabaja se tendrá únicamente un tramo de impulsión y otro de retorno desde la bomba de calor. Para que el transporte se haga correctamente en la boca de cada sondeo se colocarán dos piezas en “Y”, uniéndose por un lado el tramo de impulsión (2 tubos de Ø32mm) y por otro lado el de retorno (2 tubos de Ø32 mm) en tubos de diámetro de 63 mm. De esta manera por cada uno de los sondeos saldrán dos tubos de $\emptyset 63$ mm cada uno.

Los tubos que salen de las sondas se dirigirán hacia el colector o distribuidor sobre un lecho arenoso de 10 cm, el cual se deposita sobre el terreno. Este terreno debe estar previamente adecuado con una profundidad de 70 cm, consiguiendo una distancia mínima entre los conductos de 30 cm entre conductos de ida y vuelta. En este caso la

distancia será sencilla de conseguir ya que se cuenta únicamente con dos sondas. Con esta distancia se consigue eliminar la posible transferencia de calor entre los distintos conductores (ida y vuelta, lo que significa temperaturas considerablemente mayores uno que el otro) durante todo el tramo horizontal hasta la sala de máquinas. Esta zanja sobre la cual se ubican las tuberías deberá de ser tapada nuevamente por una capa arenosa de 10 cm antes de rellenar la zanja con una capa de tierra de 30 cm. Para identificar la situación de los conductos durante posibles excavaciones, se coloca una banda de plástico testigo que informe sobre la ubicación de los mismos. Finalmente se vierte la capa de contacto con el exterior la cual será de tierra y posibles piedras de tamaño controlado para permitir un reparto uniforme de las cargas en el terreno.

Colector y distribuidor

El conector y el distribuidor son parte importante de la conocida como conexión horizontal. El primero se trata de la tubería que transporta el caloportador cuando retorna de las sondas hacia la bomba de calor tras realizar el intercambio energético con el terreno. El distribuidor se trata de la conexión con las sondas tras pasar el fluido por la bomba de calor, distribuye el agua hacia cada una de las sondas que componen la instalación geotérmica. En este caso en el colector y distribuidor se pasa de tener dos conductos a unirse en uno de ellos y viceversa. Son de polietileno de alta intensidad PE100 con un diámetro nominal de 125 mm. En cada uno de ellos existirá una salida para tubos de polietileno de 63mm de diámetro. Al tratarse de una instalación pequeña con tan solo dos sondas, se recogerá todo el fluido en una única entrada y salida al colector y al distribuidor.

El **distribuidor** deberá de incluir los siguientes elementos: válvulas de equilibrio, válvulas de bola de PVC, racor de ¾'' para trabajar como grifo de llenado y vaciado de la instalación con rosca de ½'', con un alojamiento de termómetro, purgadores y otros accesorios necesitados durante la instalación.

En el caso de **colector** se necesitarán elementos semejantes: válvulas de equilibrio, válvulas de bola de PVC, racor de ¾'' para trabajar como grifo de llenado y vaciado de la instalación con rosca de ½''para alojamiento de termómetro, purgadores y otros accesorios necesitados durante la instalación.

Bomba de circulación

Para que el fluido que se transporta a través de los distintos elementos que conforman la instalación geotérmica subterránea se precia una bomba de circulación. Para el dimensionamiento de estas bombas hidráulicas del intercambiador enterrados se tiene en cuenta los parámetros siguientes, los cuales determinan su funcionamiento: perdida de carga debido al circuito y sus componentes y el caudal mínimo que permite cada sondeo para cumplir con el régimen turbulento deseado en la instalación.

Para calcular estas pérdidas de carga en el circuito de intercambio geotérmico, se divide el circuito en:

- Tramo 1: Sondas geotérmicas y conducción horizontal hasta colector (Ø 32 y Ø 63)
- Tramo 2: Tuberías entre colectores y bombas de calor (Ø 125)
- Tramo 3: Intercambiador de la bomba de calor geotérmica

Conociendo la disposición del circuito, se conoce que existen 2 partes conectadas en paralelo coincidentes con cada sonda de la instalación. Por ello la máxima pérdida de carga ocasionada será la de mayor longitud. El mayor caudal que circule por una tubería será de 2l/s correspondiente tanto a la entrada como salida de la bomba de calor.

Las pérdidas consideradas en la siguiente instalación son:

Pérdidas de cargas en el circuito primario geotérmico, tramo 1:

Para el cálculo perdida de carga por rozamiento en la **sonda geotérmica** se utiliza la fórmula de Collebroock→ $H = k\frac{v^2}{2g} = \lambda\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g}$

Donde,

- H: Pérdida de carga (m.c.c)
- λ: Coeficiente de fricción
- v: Velocidad del fluido(m/s)
- D: Diámetro de la tubería (m)
- g: Aceleración de la gravedad (9,81m/s2)
- L: Longitud de la tubería
- K: Factor dependiente del accesorio

Para las condiciones en las que el fluido se transporta en la sonda, un Reynolds > 4000, flujo turbulento el coeficiente de fricción se calcula de la siguiente manera en base a la expresión de Blasius:

$$\lambda = 0{,}3163 \cdot Re^{-0{,}25}$$

Conociendo el número de Reynolds de 4429, calculado anteriormente para determiar el flujo turbulento se obtiene el valor de coeficiente de fracción. Se obtiene un valor de $\lambda = 0{,}038$.

Con este valor y los valores calculados anteriormente para esta tubería, se puede calcular la pérdida de carga por rozamiento en las sondas geotérmicas:

$$H = \lambda\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} = 0{,}038\cdot\frac{66{,}35}{0{,}029}\cdot\frac{0{,}757^2}{2\cdot 9{,}81} = 4{,}75\ \ m.c.a$$

Para el cálculo en la tubería entre la **sonda y el colector** se utiliza nuevamente la misma fórmula, en este caso se trabaja en un diámetro de 63 mm y un caudal de 1l/s.

Para el cálculo de esta pérdida de carga por rozamiento se utiliza la fórmula de Collebroock nuevamente. En este caso la longitud con la que se determina la pérdida será la máxima distancia entre la sonda y el colector/distribuidor.

El coeficiente de fricción sería el siguiente:

$$\lambda = 0{,}3163 \cdot Re^{-0{,}25}=0{,}3163 \cdot 4000^{-0{,}25}=0{,}039$$

$$H = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

- $\lambda = 0{,}039$
- v= 0,3108 m/s
- D= 0,063m
- g=9,81m/s2
- L= 5m

Se tienen una pérdida de carga en este tramo de 0,0168 m.c.a

Las perdidas en los accesorios se calculan mediante la fórmula descrita anteriormente, con un factor k dependiente de cada uno de ellos. En la siguiente tabla 3, se muestran los accesorios utilizados en la instalación que provocarán una pérdida de carga:

Tabla 2. Pérdidas carga accesorios tramo 1

Pérdidas de carga secundaria			
Accesorio	Cantidad	K	Pérdida de carga
Regulador de caudal	1	89	2,59
Codo 90º pequeño	4	0,4	0,0117x 4= 0,0468
Codo 90º grande	1	0,25	0,0073
Válvula de seguridad	1	2,5	0,073
Válvula de corte	1	10	0,29

Se calcula nuevamente la pérdida de carga en el tramo 2, tramo de tuberías entre el colector y la bomba de calor.

Para las condiciones en las que el fluido se transporta en la tubería de este tramo, con un Reynolds > 4000, de flujo turbulento el coeficiente de fricción se calcula de la siguiente manera en base a la expresión de Blasius:

$$\lambda = 0{,}3163 \cdot Re^{-0{,}25}$$

Conociendo el número de Reynolds de 4000, calculado anteriormente para determiar el flujo turbulento se obtiene el valor de coeficiente de fracción. Se obtiene un valor de $\lambda = 0{,}039$.

Con este valor y los valores calculados anteriormente para esta tubería, se puede calcular la pérdida de carga por rozamiento:

$$H = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

- $\lambda = 0{,}039$
- v= 0,1629 m/s
- D= 0,125m
- g=9,81m/s2
- L= 2 m

Se tienen una pérdida de carga en este tramo de 0,0008 m.c.a. dado que se trata de un tramo pequeño las pérdidas son mínimas respecto a las que se tienen en la sonda geotérmica.

Las perdidas en los accesorios se calculan mediante la fórmula descrita anteriormente, con un factor k dependiente de cada uno de ellos. En la siguiente Tabla 4, se muestran los accesorios utilizados en la instalación que provocarán una pérdida de carga:

Tabla 3. Pérdidas de carga accesorios tramo 2 y 3

Accesorio	Cantidad	k	Pérdida de carga
Bomba de Calor	1	Fabricante	1,230+0,7=1,930
Codos pequeños	4	0,0347	0,0016
Válvulas de corte	3	0,0174	0,0006
Válvulas de seguridad	1	0,217	0,00235

Para poder conseguir el caudal a la velocidad de terminada por el circuito, se debe de dimensionar una bomba de circulación para aportar al fluido la pérdida total de carga del circuito con un caudal de 2l/s. Para la selección se realiza el cambio de unidades a por lo que se trabajará con 7,2 metro cúbico/ horas.

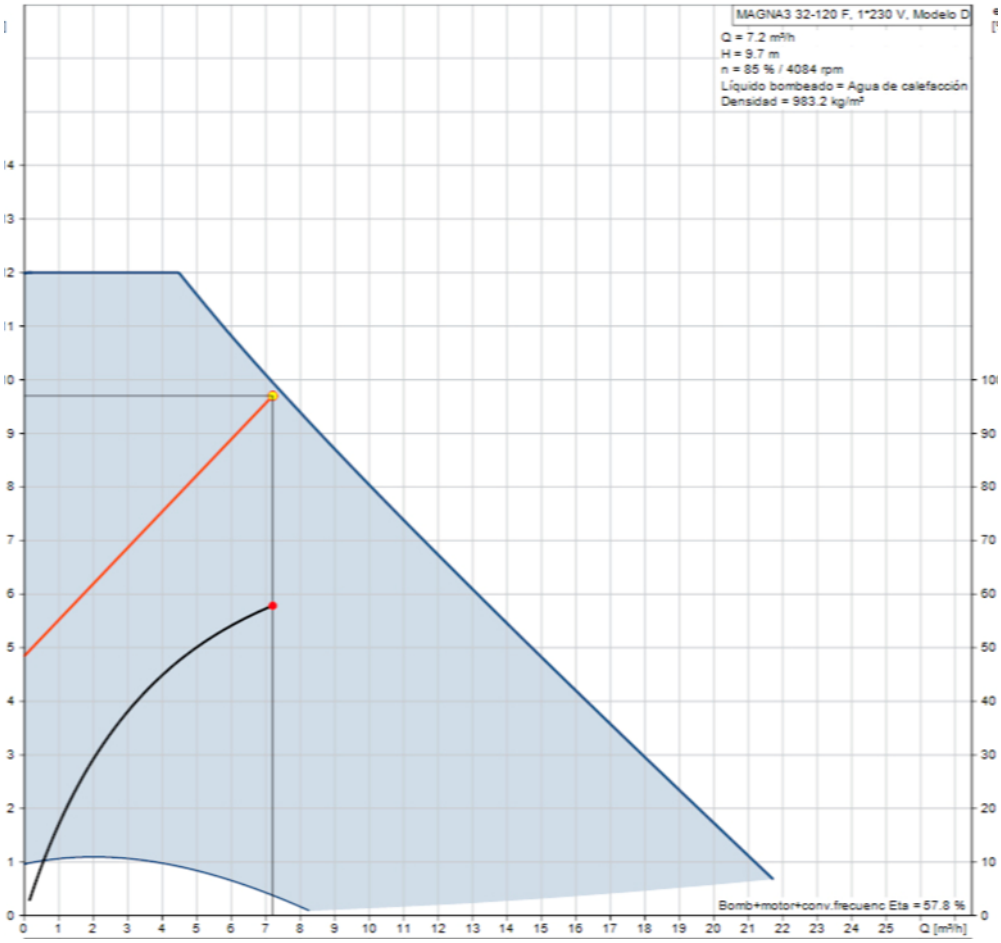
Tras calcular todas las cargas en los diferentes tramos, así como en los accesorios presentes en la instalación se sumará a ellos el valor de la pérdida de carga en el tercer tramo correspondiente a la bomba de calor. Este dato depende del modelo seleccionado siendo en este caso la pérdida de 1,930 m.c.a. Todo ello da un resultado de pérdida de carga total de 9,7 m.c.a.

Se realiza el dimensionamiento de la bomba y la selección del modelo de la misma. Los parámetros para el dimensionamiento de las bombas hidráulicas son los siguientes:

• Pérdida de carga total del circuito: 9,7 m.c.a

• Caudal para cumplir régimen turbulento: 7,2 m3/h

La bomba de circulación seleccionada necesaria pare este proyecto geotérmico, se trata del modelo Magna3 32-120F. Se trata de una bomba que permite trabajar con las condiciones existentes en la instalación. Es una calculadora de rotor húmedo, ideal para trabajar en instalaciones de calefacción y refrigeración con temperaturas de fluidos entre los-10 a +110℃. Diámetro de conexión de DN 32 con conexión monofásica a 230 V. Esta bomba permite elevar fluidos 9,703m con un caudal real de 7,2 metros siendo esto los valores de funcionamiento demandados por la instalación. A continuación, se adjunta la curva característica de la bomba seleccionada mostrada en la ilustración 25, donde se observa el punto de trabajo marcado sobre la misma.



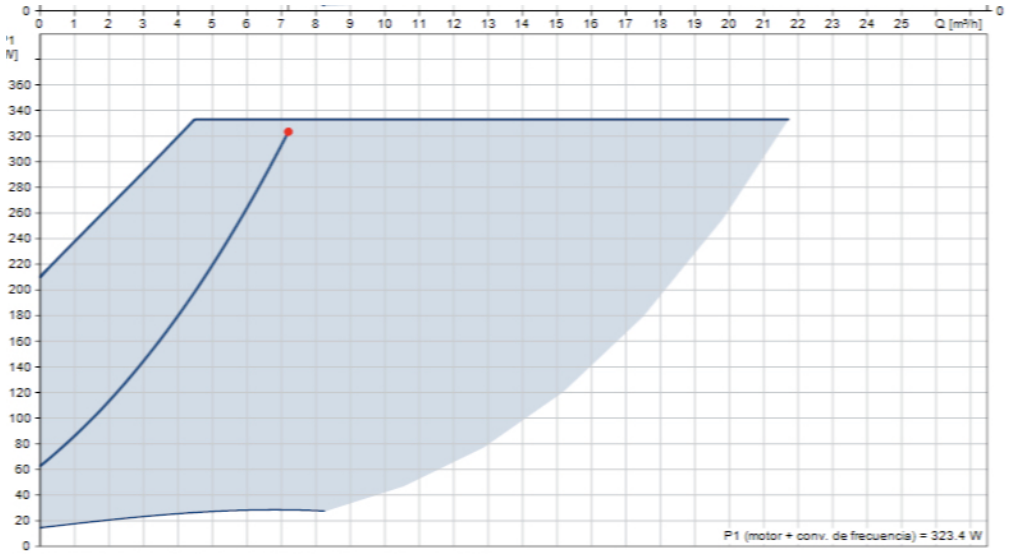


Ilustración 17. Curvas de funcionamiento de la bomba circulación MAGNA 32-120F

En el caso de la instalación en la que se va a trabajar únicamente se instalará una bomba hidráulica ya que se dispone únicamente de una bomba de calor. Se trata de una instalación pequeña la cual climatiza una única vivienda, por lo que será suficiente. La bomba hidráulica instalada tendrá un caudal de 7,2m^3/h, valor que se encuentra en los rangos de caudales exigidos por el fabricante de la bomba de calor instalada.

Esta bomba se ubicará junto a la bomba de calor en la sala de máquinas, ya que se recogerán en un mismo lugar toda la maquinaria del sistema. La ubicación y posicionamiento de la misma será tratado para evitar transmisión de vibraciones entre los diferentes componentes.

Las especificaciones técnicas de cada uno de los materiales, así como de cada maquina utilizada en este apartado serán adjunto a la memoria en el anexo de documentación.

5. Perforaciones

La perforación requerida en las instalaciones geotérmicas de baja entalpía adquiere un papel muy importante. Gracias a estas perforaciones y su estudio se puede aprovechar gran parte del calor que llega del sol, el cual se almacena en la parte más superficial de la corteza de la tierra.

Actualmente se trabaja en profundidades medias (90-150 m) obteniendo de ello un óptimo rendimiento del intercambio de calor con el terreno.

Existen diferentes métodos para realizar las perforaciones, destacando dos métodos por su eficiencia. Métodos que utilizan la percusión y rotación para realizar la perforación.

Perforación a percusión: utiliza la percusión para romper el material a perforar.

Dentro de esta opción existen diferentes métodos:

- Percusión simple: se trata de un método en el cual se deja de caer un peso muerto con final en punta sobre la roca, rompiéndola con el impacto. Para facilitar la perforación del material se utiliza de forma simultánea el agua.

- Rotopercusión: en este caso unido al movimiento de percusión utilizado, se añade un movimiento rotatorio al útil del extremo de la broca. La energía cinética aportada al terreno de este modo provoca romper el material en añicos. Existen dos tipos diferenciados:

  - Con martillo de fondo: el útil impacta de forma directa contra la roca, realizándose el movimiento de rotación fuera de la perforación. El movimiento se transmite a través del varillaje.

  - Con martillo externo a la perforación: ambos movimientos, rotación y percusión se realizan exteriormente a la perforación, transmitiéndose a través del varillaje hasta el fondo del pozo.

Perforación a rotación: se realiza un movimiento de rotación unido al de compresión, consiguiendo crear así un esfuerzo de cizalla. Cuando este esfuerzo supera la resistencia a rotura de la roca, esta rompe. La ruptura se da por rozamiento no por impacto directo.

Esta perforación se realiza de las siguientes maneras:

- Por corte (ejemplo la perforación con trialeta).
- Perforación por tricono.
- Perforación con corona de diamante (emplea esfuerzo de cizalla, compresión y de forma adicional abrasión).

Por otra parte, en función del tipo de terreno a perforar, se distinguen las siguientes técnicas de perforación:

- Si se trabaja en una perforación sobre terrenos duros, y estables se utilizará preferiblemente la perforación a rotopercusión con martillo de fondo. La elección del sistema más adecuado depender de las características del terreno: abrasividad, resistencia a la compresión y grado de facturación.

- En el caso de presentarse terrenos inestables, con probabilidad de derrumbe se utilizará la perforación a rotación con circulación directa, para circuitos cerrados. Es utilizado debido a que las profundidades en las que se trabajan no son muy elevadas (90-200 m) y diámetro de no más de 15 cm permitiendo que la velocidad de circulación de los lodos (0,4-0,8 m/s) pueda extraer el detritus. En el caso que se trabaje con dimensiones superiores será difícil alcanzar con este sistema las velocidades necesarias, requiriendo maquinaria muy grande.

En casos extremos de profundidades, para circuitos abiertos se utilizará circulación inversa superando las limitaciones que presenta la directa.

Así pues, se usarán lodos cuando se trate de formaciones geológicas donde los terrenos son poco resistentes, con dificultad para soportar la acción del útil de perforación. Estos materiales se hunden con facilidad, tratándose de arenas, arcillas, etc. Los lodos durante la perforación disminuyen la densidad del detrito haciendo más efectiva la expulsión del pozo. No se utilizarán cuando se presenten formaciones geológicas donde los terrenos son duros. Formadas por materiales como granitos, pizarras, etc). Estos terrenos aguantan correctamente el golpe del aire comprimido contra las paredes del pozo.

Al recubrir las paredes del terreno e introducirse por sus poros, el lodo forma un *cake* (mezcla suelo-lodo) que hace que aumente la cohesión de la perforación y se mitigue el peligro de derrumbe del sondeo.

Sin embargo, hay determinadas perforaciones para las que no es suficiente la estabilidad generada por la presencia de lodos teniendo que recurrir a entubaciones en sondeos.

Las entubaciones pueden ser provisionales (recuperables) o definitivas en función de la formación geológica que se esté perforando, tal y como se muestra en la ilustración 22.

Ilustración 18. Sistemas de perforación geotérmica

En este proyecto se realizará una perforación de diámetro 139,7 mm, siendo ejecutada mediante un sistema de perforación a rotación. Este método de perforación es acorde al material en el subsuelo de la vivienda objeto de la instalación geotérmica, tratándose de un material no rocoso blando.

El diámetro determinado para esta perforación permite introducir las sondas en doble-U junto a un recubrimiento de mortero entre los conductos. En esta perforación se utilizarán lodos en circulación directa para la extracción de detritus, utilizando las entubaciones las cuales serán necesarias en este caso durante el comienzo de la perforación asegurándose el sostenimiento del terreno. Durante la realización de la perforación se encontrará un material arenoso con niveles de compactación bajos para poder soportar las fuerzas, de esta manera se evitarán derrames.

Para ello se utilizará la maquina MI 3 de MASSENZA DRILLING RINGS (ilustración 19). Se trata de una perforadora con alta versatilidad construida para diversas aplicaciones como aplicaciones como: pozo de agua, aplicaciones geotérmicas, investigaciones del terreno, micro pilotes y extracción de muestras.

Esta se puede adaptar a diferentes condiciones del terreno, estando diseñada para trabajar con diversos métodos de perforación: circulación directa, roto percusión con martillo en fondo y barrenado de pozos.

Ilustración 19. Perforadora modelo MI 3

6. Introducción de sondas

Una vez la perforación se encuentre acondicionada, se llevará a cabo la introducción de los intercambiadores dentro de ella. Este acondicionamiento previo se realiza para evitar que las paredes de la perforación se puedan derrumbarse y intercepten estos sedimentos con el sondeo. Las sondas introducidas deben de ser revisadas antes de su instalación, validando que se encuentran en buen estado sin defectos debido a la manipulación y transporte de ellas.

En las perforaciones se introducirán por un lado las sondas de tipo doble U, SDR 11 y diámetro 32 mm junto a un tubo de polietileno de alta densidad (PE100 diámetro 25mm). Este tubo será el encargado de la inyección del material de relleno para poder favorecer el intercambio entre las sondas y el terreno. Las sondas dispondrán separadores para mantener sus conductos separados entre sí, la función del mismo será también la de guiar el tubo de inyección. Para que las sondas se mantengan en la situación correcta y se mantengan lastradas al fondo de la perforación se acoplará un peso en el final de la sonda en la pieza U.

Al introducir las sondas se cargan de la mezcla que fluirá por ellas, tratándose de una mezcla de agua-anticongelante. Gracias al peso de la mezcla las tuberías bajarán, mostrando atención a que la velocidad a la que se introduzca para evitar que las sondas rocen con la boca o las paredes de la perforación.

Habitualmente se introducen de manera manual, pudiendo ser ayudado por un mecanismo desenrollador como se muestra en la siguiente ilustración 36.

Ilustración 20. Introducción de sonda con mecanismo desenrollador

Una vez introducidas las sondas y previamente a hacerlo con el relleno se llevará a cabo una prueba de presión sometiendo al intercambiador a una presión de 6 bar durante 30 min según lo indicado en el Pliego de condiciones. El resultado de presión no deberá de descender más de 0,6 bar, si lo hace será necesario cambiar el colector.

Una vez obtenidos resultados favorables se procede a inyectar el material de relleno, el cual presentará un valor de conductividad térmica apropiado a la instalación. En este caso se utilizará un mortero EnerGrout LD 3.0 o similar de alta conductividad térmica presentando inocuidad respecto al medio en el que se inyecta. El relleno seleccionado ofrecerá un adecuado contacto térmico entre el intercambiador y el terreno, sellando también el pozo.

Se introducirá el relleno mediante una tubería de inyección desde la base de la perforación reduciendo así la cantidad de aire ocluido durante este proceso, mejorando las propiedades térmicas del sondeo.
La mezcla utilizada para el relleno se realizará mediante una planta de inyección, la cual posee una mezcladora, un depósito y una bomba para inyectar el relleno una vez mezclado.

Para conseguir las propiedades del material de relleno deseadas durante la realización de la mezcla en el depósito será necesario dosificar y cuantificar las cantidades de la manera más estricta y de forma continua durante el relleno. Para conseguir estas características durante la inyección se utilizará una planta de inyección sencilla, de modelo IS-60-50-M de GERTEC con un caudal de relleno máximo de 50l/min.

7. Pruebas finales

Previo al funcionamiento del sistema geotérmico, una vez se ha realizado la instalación se debe de realizar sobre ella una serie de pruebas y comprobaciones. Antes de hacer

uso del sistema se debe de comprobar si el funcionamiento del mismo es correcto siguiendo un procedimiento:

- Limpieza completa del circuito de tuberías
- Purgamiento del aire de la instalación
- Prueba preliminar de estanquidad
- Verificación del diseño de la instalación (valores de presión y caudal en el mismo)
- Puesta en marcha de la bomba de calor y comprobación de los parámetros observados en la instalación.

Limpieza completa del circuito de tuberías: Antes de realizar las pruebas de estanqueidad y comenzar con el llenado definitivo del circuito. Todas las tuberías que lo forman deberán de ser limpiadas en su interior para eliminar cualquier posible residuo que se haya podido situar en ellos durante el montaje.

Purgamiento del aire de la instalación: se debe de realizar un purgamiento para lo que se introduce agua en el sistema a una velocidad de 0.7m/s, de este modo se eliminará cualquier burbuja de aire que se encuentre atrapada en el sistema.
Muchas de las bombas de calor utilizadas en esta instalación necesitan conectarse a un grupo hidráulico externo para realizar el purgado. Este sistema será utilizado también posteriormente para introducir el fluido anticongelante.

Prueba preliminar de estanquidad: se realiza una prueba a baja presión para detectar posibles fallos de continuidad de la red y evitar con ello posibles daños que pueden ocasionarse realizando pruebas de resistencia mecánica. Se utiliza generalmente agua a la presión de llenado.
Se debe de realizar durante un periodo de tiempo mínimo para poder verificar la estanquidad de cada una de las uniones.

El sistema de purgado utilizado para esta actividad se conecta en bucle al sistema de tuberías de la instalación geotérmica, consiguiendo que las partes enterradas de la instalación se limpien independientemente de la bomba de calor empleada.

Tras la prueba de estanquidad se realiza la de presión, para la cual se utiliza una presión de prueba equivalente a 1.5 veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, teniendo como valor mínimo de 6 bar. Se comprueba en el periodo de tiempo para ello, la resistencia estructural de los equipos y tuberías que componen el sistema.

Dado el caso que se detecte una fuga, será reparada desmontando las juntas, accesorios o secciones donde se origine, sustituyendo este material por nuevo hasta conseguir una red estanca.

Puesta en marcha y comprobación de los parámetros observados en la instalación: finalmente se comprueba que la instalación realizada cumple con las exigencias de

calidad, seguridad, confortabilidad y ahorro de energía para las cuales a sido diseñada. De forma particular se comprobará el correcto funcionamiento de la regulación automática del sistema.

Con la instalación limpia, con el anticongelante introducido y el sistema presurizado se realiza la puesta en marcha de la bomba de calor

Dado que existen diferentes modos de funcionamiento se realizarán pruebas en todos ellos, para comprobar las temperaturas de ida y retorno del intercambiador enterrado, presiones, caudales del circuito y la potencia eléctrica que absorbe el sistema.

8. Mantenimiento

Todas las instalaciones en las cuales se dispone de una bomba de calor geotérmica (agua-agua) requieren un mantenimiento menor que las habituales bombas (aire-agua), no necesitando en este caso un mantenimiento de la parte enterrada.
Se deberá de seguir las indicaciones prescritas en el reglamento de Instalaciones Térmicas a los Edificios (RITE, RD 1027/2007). Como indica se debe de cumplir dichas indicaciones en todos los edificios de nueva construcción, rehabilitaciones y reformas de las instalaciones existentes.

9. Cronograma de ejecución

Se presenta el cronograma de ejecución con fecha de comienzo el lunes 17 de Octubre de 2022. Tras determinar la fecha final de comienzo de ejecución real se tomarán las jornadas laborales completas a partir de la misma. Se estima una duración de 12 días para la ejecución de la instalación completa.

Se divide en 5 Actividades las cuales a su vez se dividen en tareas. Cada una de ellas se realizará siguiendo el cronograma siguiente, las tareas seguirán un orden de ejecución prestando atención a su antecesora:

- Trabajos previos
- Movimiento de tierras
- Sondeos
- Tramo horizontal y conexiones
- Pruebas
- Seguridad y salud
-

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	**TRABAJOS PREVIOS**	**1 día**	**lun 17/10/22**	**lun 17/10/22**
2	Cerramiento, adecuación e implantación de las uinstalaciones de higiene y bienestar	1 día	lun 17/10/22	lun 17/10/22
3	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**	**2 días**	**mar 18/10/22**	**mié 19/10/22**
4	Desbroce, Demolición y retirada de escombros	1 día	mar 18/10/22	mar 18/10/22
5	Excavación, homogeneización y compactación de la zona de trabajo	1 día	mar 18/10/22	mié 19/10/22
6	replanteo de sondeos	1 día	mié 19/10/22	mié 19/10/22
7	**SONDEOS**	**4 días**	**jue 20/10/22**	**mar 25/10/22**
8	Descarga e implantación de la maquinaria	1 día	jue 20/10/22	jue 20/10/22
9	Ejecución de sondeos	2 días	jue 20/10/22	lun 24/10/22
10	Excavación de zanjas	2 días	lun 24/10/22	mar 25/10/22
11	**TRAMO HORIZONTAL Y CONEXIONES**	**4 días**	**mié 26/10/22**	**lun 31/10/22**
12	Instalación de tuberías en sondeos	1 día	mié 26/10/22	mié 26/10/22
13	Relleno y compactación	1 día	jue 27/10/22	jue 27/10/22
14	Instalación de tuberías y equipos de intercambio de calor	1 día	vie 28/10/22	vie 28/10/22
15	Instalación de paneles fotovoltaicos	2 días	mié 26/10/22	jue 27/10/22
16	Conexiones de las instalaciones	1 día	lun 31/10/22	lun 31/10/22
17	**PRUEBAS**	**1 día**	**mar 01/11/22**	**mar 01/11/22**
18	Pruebas finales y puesta en marcha	1 día	mar 01/11/22	mar 01/11/22
19	**SEGURIDAD Y SALUD**	**12 días**	**lun 17/10/22**	**mar 01/11/22**
20	seguridad y salud	12 días	lun 17/10/22	mar 01/11/22

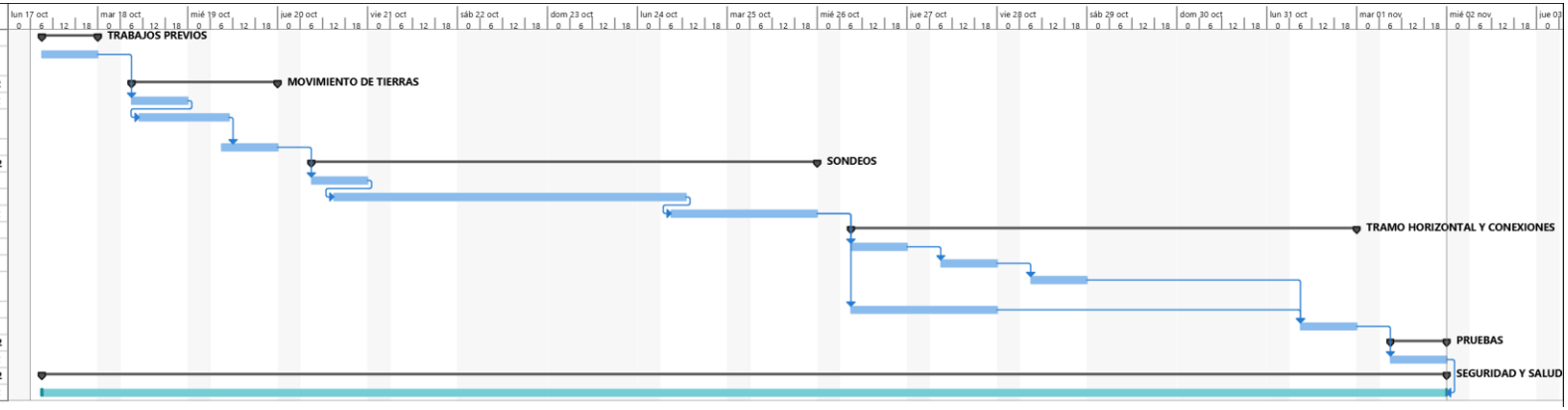


Ilustración 21. Cronograma ejecución instalación proyecto.

ANEJO Nº6 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN **2**
2. DEMANDA ENERGÉTICA 2
2.1 DEMANDA BOMBA DE CALOR 2
2.2 DEMANDA ELECTRODOMÉSTICOS 3
3. ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS Y BATERÍAS **4**

Ilustración 1. Plano paneles fotovoltaicos seleccionados 5
Ilustración 2. Gráfica respuesta trabajo panel fotovoltaico Corriente-Voltaje en W/m^2 6
Ilustración 3. Gráfica respuesta panel fotovoltaico Potencia-Voltaje 6
Ilustración 4. Gráfica respuesta panel Corriente-Voltaje por temperatura 6

Tabla 1. Potencia y horas de consumo eléctrico de electrodomésticos vivienda 4
Tabla 2. Características técnicas principales de los paneles fotovoltaicos 5
Tabla 3. Característica técnica baterías ENERSOL T 1000-24 vasos 10

1. Introducción

En el documento siguiente se realizan los cálculos necesarios para determinar la demanda de energía eléctrica que presente la vivienda del proyecto presente. Una vez conocida esta información, para lo cual se realizará una estimación en función de las cargas eléctricas existentes en la vivienda se procede a diseñar la instalación que las cubrirá.

En este caso se trata de una instalación fotovoltaica de la cual solo será objetivo del proyecto realizar el dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos. En los siguientes apartados se desarrollará los paneles necesarios, así como la instalación requerida para obtener una eficiencia óptima.

2. Demanda energética

Las placas fotovoltaicas de la instalación deben permitir suministrar a la vivienda la energía suficiente para abastecer todas las demandas de la vida útil de la instalación. Por ello se debe de diseñar para ser capaz de suministrar los días de mayor demanda y con menor irradiación. Para poder ofrecer esto se debe de realizar una estimación adecuada del consumo eléctrico. Para esta estimación se trabajará con un mayor consumo eléctrico estimado, lo que coincide con el factor de simultaneidad más elevado para cada equipo presente en la vivienda.

En esta instalación se diferencian dos demandas totalmente diferenciadas, la que coincide con al demanda de la bomba de calor de la instalación geotérmica y por otro lado el consumo habitual de una vivienda con sus correspondientes cargas.

2.1 Demanda Bomba de Calor

El consumo se basa en la potencia calculada anteriormente, la cual se precisa para poder satisfacer de manera correcta las demandas de climatización que requiere la vivienda. Se ha seleccionado la bomba modelo Ageo+ 40H.. Se trata de una bomba de calor con potencia máxima de 11,5kW tanto en el modo refrigeración como calefacción, La carga máxima demandada será de 11,2kW ya que la bomba se encuentra sobredimensionada para la instalación. Esta potencia máxima será la requerida para el día más frio del año con la mayo demanda de calefacción.

Como se ha descrito anteriormente durante la justificación de elección de la bomba, se realiza una estimación de 1337 días anuales de uso de la calefacción ,comprendidos entre los meses de octubre y abril ambos incluidos. Se obtiene una media de funcionamiento de 7h/día. Para calcular el consumo energético diario que demanda la bomba de calor se estima que durante las 7h de actividad 2 de ellas se encuentra a máxima potencia y el resto lo hace al 60%.

Por lo que de esta manera se obtiene tras el siguiente cálculo el gasto energético diario de l abomba de calor:

$$2\ Horas\ x\ 11{,}5kW = 23kWh/día\ a\ potencia\ máxima$$
$$5\ Horas\ x\ 0{,}6\ x\ 11{,}5kW = 34{,}5kWh\ /dia\ a\ media\ potencia$$
$$Total\ potencia\ consumida\ al\ día: \mathbf{57{,}5\ kWh/día}$$

2.2 Demanda electrodomésticos

Para conocer la demanda energética eléctrica de la vivienda existen diversos modos de realizar un cálculo aproximado. Se trata de un dato muy variable dentro durante ciclos de tiempo muy cortos por lo que es difícil conseguir el dato real, ya que para ello se realizaría una planificación de las cargas conectadas en determinadas en tiempos futuros lo cual no es posible. Para ello se utilizan suposiciones y condiciones históricas para la obtención de estos valores aproximados.

Estos valores dependerán de diversos factores como son: las horas de uso del mismo, los meses de operación, la tarea que se lleva a cabo en el mismo y las personas que frecuentan el local entre otras muchas. Debido a esta dificultad se hace uso de los siguientes dos métodos para el cálculo de las demandas energéticas en viviendas:

- Cuando se trata de una vivienda en uso, se recopilan las diversas facturas del último año del consumo eléctrico para establecer una aproximación. El caso de estudio se trata de una vivienda en uso de la cual no se disponen las facturas, por lo que se deberá de tratar para esta estimación como una vivienda nueva.
- Para el caso de una vivienda nueva se realiza una aproximación basada en hipótesis. Se trata de la manera más próxima a la realidad, para lo que se calculan las horas al día que se encuentra cada aparato eléctrico encendido.

Se trata de la residencia habitual de una familia de 4 integrantes, por lo que los consumos seguirán un patrón a lo largo de los 5 días laborables de la semana difiriendo el fin de semana. Se trata de una casa de tamaño medio, a la cual acuden visitas de manera habitual por lo que habrá que tener en cuenta esa información para elevar el consumo semanal.

De manera simplificada se ha calculado del siguiente modo el consumo energético de la vivienda. En la siguiente tabla se listan cada una de las cargas eléctricas junto a su potencia y las horas de funcionamiento al día:

Tabla 1. Potencia y horas de consumo eléctrico de electrodomésticos vivienda

Carga eléctrica	Cantidad	Potencia (W)	Horas/día	Energía (Wh)
Vitrocerámica	1	1200	0,75	900 Wh
Microondas	1	900	0,2	180 Wh
Horno	1	1000	0,5	500 Wh
Lavadora (1)	1	600	0,5x1,5	450 Wh
Secadora (1)	1	200	0,25x1,5	75 Wh
Cargador movil	5	5	3,00	75 Wh
Cargador ordenador	1	60	2,00	120 Wh
TV	3	40	2,00	240 Wh
Iluminación (2)(3)	9	40	0,25x6	450 Wh
Frigorífico-congelador (4)	2	110	24,00	5280 Wh
Bomba circulación (5)	1	150	6,00	900 Wh
Pequeños electrodomésticos	-	700	1,00	700 Wh
TOTAL				9870 Wh

(1) Se consideta que tanto la lavadora como la secadora tienen ciclos de 1h y 30 minutos, pero se utilizan unicamente uno de cada dos días.
(2) Se trata de luminación LED representada por zonas, difernciando 9 estancias. El consumo de estas es bajo debido a que se tratan de iluminación de bajo consumo.
(3) Se toma un factor de simultaneidad del 25% ya que no se encontrarán encendidas las 6 horas todas las estancias. Teniendo una media de encendido por estancia de 1h y 30 minutos.
(4) La potenia del frigorífico y del congelador dependerá mucho de la época del año, siendo menor el consumo en invierno.
(5) Potencia media de la bomba tomada como valor, durante las horas de funcionamiento.

El consumo medio estimado para la vivienda estudiada corresponde a ***9,450kWh/día.***
Sumando ambas demandas se obtiene un consumo eléctrico total de :
$57{,}5kWh/día + 9{,}45kWh/día$ = ***66,95 kWh/día***

3. Elección y justificación de los paneles fotovoltaicos y baterías

Paneles fotovoltaicos

La fotovoltaica se trata de un fuente de energía tecnológicamente desarrollada, por lo que las soluciones y opciones ofrecidas son semejantes con características muy similares a excepción de paneles diseñados para condiciones muy extremas caso en el cual no se encuentra la presente instalación. Será por ello que la selección del modelo de panel fotovoltaico será por razones meramente económicas, teniendo en cuenta también los costes de mantenimiento que estén asociados a ellos y su vida útil, ya que se podrán encontrar ligeras diferencias.

Existen múltiples paginas de referencia de venta de productos de instalaciones fotovoltaicas, por lo que se ha realizado una búsqueda en *Auto Solar* para encontrar la opción mas conveniente para el suministro de la demanda presente en la vivienda.

$$E_{diaria} = E_{bomba\ calor} + E_{argas\ eléctric} = 57{,}5 + 9{,}45 = \textbf{\textit{66,95 kWh/día}}$$

Paneles elegidos: Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc
Número de celdas: 120 celdas
Tipo de unidad: Celda monocristalina
Dimensiones principales:1,052 x 1,774 x 0,035 m

El resto de características técnicas se disponen en su ficha técnica, un resumen de los datos más críticos para la instalación y funcionamiento de la misma son las siguientes:

Tabla 2. Características técnicas principales de los paneles fotovoltaicos

Características técnicas principales	
Potencia Máxima (W)	380
Tensión nominal (V)	34,52
Corriente nominal (A)	11,01
Voltaje circuito abierto (Voc)	41,52
Corriente de cortocircuito	11,53
Eficiencia del módulo (%)	20,4

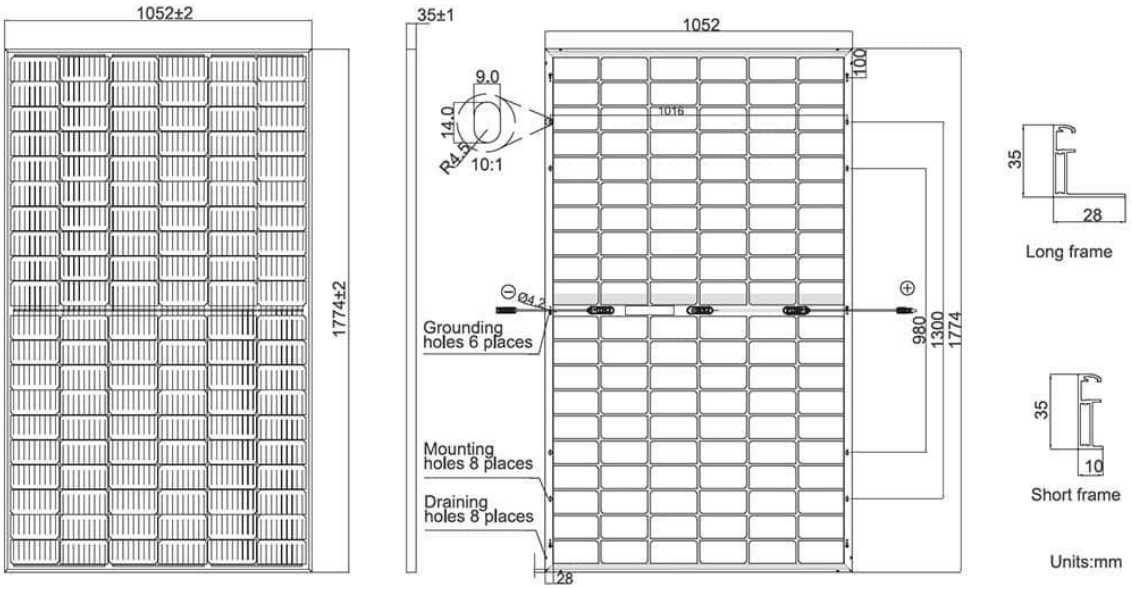


Ilustración 1. Plano paneles fotovoltaicos seleccionados

Los datos característicos de los paneles mostrados en la tabla permiten calcular el factor de funcionamiento de los paneles, con la siguiente formula:

$$FF = \frac{P_{max}}{isc * Voc} = \frac{380}{11{,}01 * 41{,}52} = 0{,}83$$

Este factor (FF) expresa el porcentaje de la potencia máxima del panel que se está desarrollando cuando se trabaja a corriente nominal. Este valor permite conocer la vida útil de los paneles.

Se adjunta a continuación las curvas de funcionamiento del modelo de panel seleccionado:

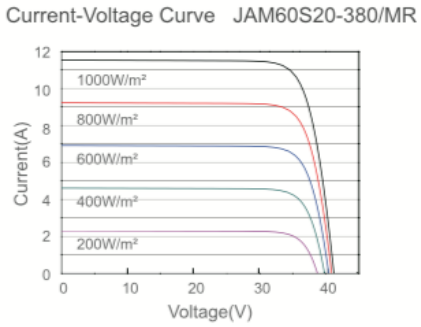


Ilustración 2. Gráfica respuesta trabajo panel fotovoltaico Corriente-Voltaje en W/m²

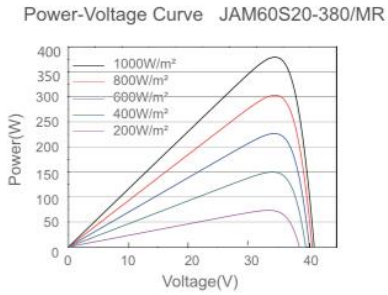


Ilustración 3. Gráfica respuesta panel fotovoltaico Potencia-Voltaje

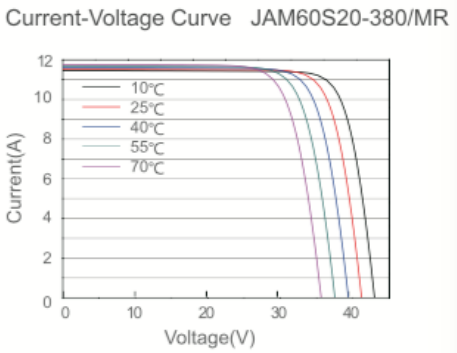


Ilustración 4. Gráfica respuesta panel Corriente-Voltaje por temperatura

Superponiendo la curva de carga de la instalación eléctrica de la vivienda con la de la gráfica anterior, se obtiene el punto de funcionamiento del sistema. Se realiza una conexión entre diferentes módulos para conseguir que el punto de funcionamiento se sitúe lo más próximo posible a la corriente y tensión nominales. Acercándose a este punto se maximiza el rendimiento y se garantizar así la durabilidad de las celdas.

Numero de paneles

Conociendo el consumo eléctrico de la vivienda, y con el modelo de panel fotovoltaico que abastecerá la carga, se debe determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos y su disposición. Se determinará la energía a extraer de cada una de las placas en el día tomado como referencia, para ello se selecciona el 15 de enero día en el que la energía recibida es menor por lo que será el dato limitante para determinar el número de paneles fotovoltaicos.

Se conocen los datos de la energía diaria recibida en el día de referencia por metro cuadrad, siendo el valor conocido 2,43kWh/m^2·día de irradiación global media en una superficie paralela a la superficie terrestre durante el mes de enero (RS). Se trata de un valor obtenido de la Agencia Estatal de Meteorología.

Para conseguir la energía que recibe el panel se calcula el ángulo con el que se observa el sol desde la superficie terrestre, para tomarlo como ángulo de inclinación solar (ϕ) óptima para los paneles en la fecha de referencia en el mes de Enero.
En primer lugar se debe de conocer el ángulo de inclinación del sol en función del día en el que trabajamos. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$\delta = 23{,}45 \cdot sen(360 \cdot \frac{284 + n}{365})$$

Con n= día del año, en nuestro caso 15

Se obtiene un ángulo $\delta = -21{,}096° \; para \; enero$

Para calcular el ángulo de inclinación solar (ϕ) óptimo para la instalación de los paneles solares se utiliza la siguiente ecuación, con la que se obtiene la Altitud del sol (θ):

$$\theta = -\delta + \phi$$

Siendo $\phi = Latitud \; de \; la \; ubicación$, en este caso 38,81°

Se obtiene un valor de 59,9° para la altitud del sol. Este ángulo es con el que se observa el sol desde la superficie de la Tierra, el ángulo de inclinación optima para los paneles en el mes de estudio.
Existe una norma no escrita aplicada habitualmente en las instalaciones fotovoltaicas, la cual proviene de la experiencia que dice que la inclinación de las placas deberá ser de ϕ ± 10 °. Es decir, que como máximo se recomienda una inclinación en este caso de 48,81°. Colocando las instalaciones con esta inclinación se prepara la instalación para los meses más desfavorables, donde la bomba de calor consumirá más multiplicando la demanda energética de la vivienda.

Como dato de recurso solar, se tiene la energía que llega por m^2 a la superficie de la tierra a una inclinación determinada. Para ello si se modifica la posición de la superficie y se sitúa los paneles de manera perpendicular a la incidencia de los rayos se obtienen los siguientes resultados:

$$E_{perpendicular} = \frac{RS}{cos\theta}$$

Donde :

$E_{perpend}$=Energía solar incidente perpendicularmente a la superficie kWh/ m^2·día

RS=Irradiación solar global media, en kWh/ m^2·día

$\theta = Ángulo\ de\ inlinación\ de\ los\ paneles\ en\ grados$

Partiendo del dato de la irradiación solar global media en el mes de enero, la cual está medida por m^2 en la superficie de la tierra. Al realizar la instalación con la inclinación óptima para que los rayos de sol lleguen de forma perpendicular, se conseguirá mayor energía en la superficie del panel la cual se calcula a continuación:

$$E_{perpendicular} = \frac{2{,}43}{cos 59{,}9} = 4{,}85 \text{ kWh/ m}^2\text{·día}$$

Este valor de energía se aprovecharía si el panel se encuentra totalmente perpendicular al la radiación incidente del sol, sin embargo como se ha especificado anteriormente los paneles se van a instalar con una inclinación de 48,81°. En la siguiente ecuación se ajusta este valor considerando la diferencia entre ambos.

$$E_{48{,}81°} = E_{perpendicular} \cdot \cos(\theta - 48{,}8°)$$

$$E_{48{,}81°} = 4{,}85 \cdot \cos(59{,}9 - 48{,}8°)$$

Con un valor obtenido para $E_{48{,}81°}$,valor que corresponde a la energía que llega a la superficie del panel inclinado 48,8° de 4,77 kWh/ m^2·día. Será el dato utilizado para dimensionar la instalación solar.

Con la siguiente formula se calcula la cantidad de energía que recibe cada panel, multiplicando el valor conocido por el historial de datos el cual se multiplica por la superficie total del panel:

$$E_{panel} = E_{48{,}81°} \cdot Area\ _{Panel} = 4{,}77 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}77 = 8{,}86 \text{ kWh/ panel·día}$$

El panel con el que se trabaja presenta un rendimiento por lo que la energía producida será la siguiente:

$$E_{producida} = E_{panel} \cdot \eta_{Panel} = 8{,}86 \cdot 20{,}4\% = 1{,}81 \text{ kWh/ panel·día}$$

Este valor se trata de la energía eléctrica producida por cada panel fotovoltaico. Para cumplir con la demanda presente en la vivienda se necesita conocer el numero de paneles necesarios en la instalación.

$$nº\ de\ paneles = \frac{E_{demanda}}{E_{producida}} = \frac{66{,}95}{1{,}81} = 36{,}98 \sim 37\ paneles$$

En las condiciones más críticas de consumo, menor recurso solar y máxima demanda, 37 paneles para abastecer la vivienda unifamiliar del presente proyecto.

La posición de las mismas se mostrará en los planos adjuntos tras la memoria del presente proyecto. Estas se ubicarán todas ellas en el tejado.

Baterías

Dado que se trata de un recurso no gestionable e intermitente es necesario un método de almacenamiento de energía que permita satisfacer la demanda en cualquier momento. En el caso del almacenamiento de la energía producida gracias a los paneles fotovoltaicos el sistema más empleado son las baterías. Eleva el coste considerablemente, y presenta una vida útil limitada, pero es obligatorio para no necesitar la dependencia de la red eléctrica.

El IDEA recomienda el uso de baterías con capacidad para almacenar la energía consumida en 3 días. Será por tanto este valor el que va a determinar la capacidad de la batería seleccionada para esta vivienda.

En dos días al completo la energía demandada por la vivienda será :
E= 66,95 x 2= 133,9 kWh
Se necesita una instalación dimensionada de tal manera que cubra la tensión de los paneles así como de la corriente necesaria para transportar la demanda energética a esa tensión. La tensión de los paneles es Voc=41,52 V. Para ello se necesita una tensión de 48V para lo que se disponen de dos baterías en serie de 24V.
La corriente que cubra el sistema de la batería será:

$$C = \frac{133{,}9kWh}{48V} = 2789{,}58Ah$$

Eligiendo la batería se determina en función de la capacidad nominal de corriente de cada una de ellas, cuantas se necesita para ponerlas en paralelo.

Batería: ENERSOL T 10000 24 vasos Capacidad nominal: 1025Ah
Vida: 2000 ciclos
Dimensiones: 0,155 x 0,199 x 0,556 m (h)
El número de baterías en paralelo que proporcionan la capacidad suficiente es el siguiente:

$$Nº\ Baterías = \frac{2789{,}58}{1025} = 2{,}72\ baterías \sim 3\ baterías$$

Con la instalación de 3 baterías se sobredimensiona la instalación teniendo la certeza de que la energía acumulada permite suministrar la demanda de aproximadamente 4 días.

En la siguiente tabla se presentan las principales características técnicas de las baterías seleccionadas, cuya ficha técnica será incluida como anexo a la memoria.

Tabla 3. Características técnica baterías ENERSOL T 1000-24 vasos

Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C_{120} 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height* (h) max. mm	Installed length (L) max. mm	Weight incl. acid approx. kg	Weight acid** approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
EnerSol T 370	NVTS020370WC0FA	2	376	83.0	199	445	93.0	17.3	5.10	0.70	2900	F-M10	1
EnerSol T 460	NVTS020460WC0FA	2	452	101	199	445	111	21.0	6.30	0.56	3625	F-M10	1
EnerSol T 550	NVTS020550WC0FA	2	542	119	199	445	129	24.7	7.50	0.46	4350	F-M10	1
EnerSol T 650	NVTS020650WC0FA	2	668	119	199	508	129	29.5	8.60	0.45	4500	F-M10	1
EnerSol T 760	NVTS020760WC0FA	2	779	137	199	508	147	31.0	10.0	0.38	5250	F-M10	1
EnerSol T 880	NVTS020880WC0FA	2	897	137	199	556	147	36.0	11.0	0.43	4660	F-M10	1
EnerSol T 1000	NVTS021000WC0FA	2	1025	155	199	556	165	43.1	12.6	0.38	5325	F-M10	1
EnerSol T 1120	NVTS021120WC0FA	2	1154	173	199	556	183	47.7	14.1	0.34	5991	F-M10	1
EnerSol T 1250	NVTS021250WC0FA	2	1282	191	199	556	201	52.8	15.6	0.30	6657	F-M10	1

ANEJO Nº 7 REGULACIÓN LEGISLATIVA Y NORMATIVA

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN 2
2. NORMATIVA BÁSICA 2
3. EXIGENCIAS EFICIENCIA ENERGÉTICA 3
4. APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES 4

1. Introducción

El proyecto en el cual se trabaja está regulado por condiciones de diverso rango normativo. En este caso se trata de una instalación térmica en el interior de una vivienda, por lo que habrá que tener en cuenta la normativa correspondiente a efectos de la corrección técnica del dicho proyecto. Las disposiciones reglamentarias se centran en la eficiencia del diseño, la seguridad, el cumplimiento de las normativas de sostenibilidad ambiental entre otras muchas que se disponen a continuación.

2. Normativa básica

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.) y sus correspondientes I.T.E. (RD 1027/2007 de 20 de julio, BOE del 29 de agosto de 2007. Versión consolidada del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, (BOE 9-09-2013).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Texto refundido con modificaciones conforme a la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Real Decreto 2060/2008, Reglamento de equipos a presión publicado el 5 de febrero de 2009.
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- 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 865/2003, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 863/1995 Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus ITC correspondientes.
- VDI 4640 – Part2 (2001). Thermal use of the underground. Ground source heat pump systems.
- UNE 100715-1, Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera.
- UNE-EN 15450 (2008). Sistemas de calefacción en edificios. Diseño de los sistemas de calefacción con bomba de calor.
- Ordenanzas Municipales.

Y demás legislación vigente concordante o complementaria con la misma. A esta

legislación básica hay que sumar la específica según el caso:

- Los sistemas abiertos no poseen un marco regulador propio, pero están sometidos a la ley de aguas: Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Requiere concesión administrativa del aprovechamiento por la extracción del agua. "Otros usos industriales". Climatización. Refrigeración. Así como autorización administrativa de vertido (renovable cada 5 años) para la inyección del agua en el acuífero.
- Los sistemas cerrados no poseen tampoco un marco regulador propio. Si se considera dentro de la Ley de Minas, al tratarse de "escasa" importancia solo estaría sometido a la autorización del proyecto de perforación por parte de la autoridad minera en aplicación de las normas de seguridad minera.

3. Exigencias eficiencia energética

La Directiva Europea de Eficiencia Energética en Edificación, 2009/28/CE y su traslado a la legislación española han hecho aparecer nuevos requerimientos en el sector de la edificación en lo relativos al consumo de energía, iluminación, aislamiento, calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, certificación energética de edificios o utilización de la energía solar.

Actualmente existen varios documentos legales puestos en marcha por la Administración para dar respuesta a estos nuevos requerimientos:

- Aprobación Código Técnico de Edificación
- Modificación Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)
- Actualización Normativa de Aislamiento Térmico NBE-CT-79
- Certificación Energética de edificios
- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética en España
- Plan de Fomento de las Energías Renovables
- La Ley de ordenación de la edificación (LOE), ley 38/1999 de 5 de noviembre, Establece por medio del marco normativo de Código Técnico de la edificación (CTE) tres bloques de exigencias básicas referidas a la funcionalidad, la seguridad y la habitabilidad de las edificaciones.

Dentro del apartado de habitabilidad el Código Técnico de la Edificación se incluye el documento básico, el DB HE Energía, donde se establecen las exigencias en eficiencia energética y energías renovables que deberán cumplir los nuevos edificios y los que sufran rehabilitación. Dichas exigencias básicas son:

- Limitación de la demanda energética
- Rendimiento de las instalaciones térmicas
- Eficiencia Energética de las instalaciones de iluminación
- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*
- Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*

*(Estas dos últimas contribuciones quedan sustituidas por la aplicación de energía geotérmica, en este caso se utiliza igualmente fotovoltaica)

Para la correcta aplicación de esta exigencia de diseño y dimensionamiento de la instalación térmica, marcada por la IT 1.2 del R.I.T.E. (RD 1027/2007), se puede optar por el procedimiento simplificado de verificación, que consiste en la siguiente secuencia de verificaciones:

- Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío de la IT 1.2.4.1.
- Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío de la IT 1.2.4.2.
- Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética de control de instalaciones térmicas de la IT 1.2.4.3.
- Cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos de la IT 1.2.4.4.
- Cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía de la IT 1.2.4.5.
- Cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables IT 1.2.4.6.
- Cumplimiento de la exigencia de limitación de utilización de energía convencional de la IT 1.2.4.7.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, R.I.T.E., que hace un especial hincapié en la reducción del consumo energético haciendo uso racional de las fuentes energéticas consideradas.

4. Aprovechamiento de energías renovables

Haciendo caso a las Instrucciones técnicas IT .1 Diseño y dimensionado concretamente IT 1.2.4.6.1 la cual nos habla sobre la Contribución solar para la producción de agua caliente sanitaria nos dice que en los edificios nuevos o sometidos a reforma, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación,

almacenamiento y utilización de energía solar, adecuada a la radiación global de su emplazamiento y a la demanda total de agua caliente del edificio.

En este mismo documento podemos conocer que esta contribución solar mínima se puede disminuir de forma justificada y llegar a sustituir completamente cubriendo este aporte energético de agua caliente sanitario mediante el aprovechamiento de otra energía renovable. En el caso que se trabaja tratándose de un proyecto de sistema de instalación geotérmica será este método el que sustituya a la necesidad de captación de energía solar para la producción de ACS.

En el presente proyecto se hace uso de sistemas de producción energética mediante instalaciones geotérmicas así como de paneles fotovoltaicos. De este modo se puede reducir el consumo de energía no renovable a niveles mínimos, pudiendo ser nulos si el sistema trabaja de forma eficiente y se encuentra dimensionado de forma correcta.

ANEJO Nº 8 DOCUMENTACIÓN

Tabla de contenido

1. MEMORIA DE ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA PROYECTO PROMOEENER_A_4_E
2. BOMBA DE CALOR
3. PANEL FOTOVOLTAICO
4. GUÍA TÉCNICA - DISEÑO DE SISTEMAS DE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA
5. FICHA TÉCNICA DEPÓSITO DE INERCIA ACR 200
6. FICHA TÉCNICA PERFORADORA - MASSENZA DRILLING RIGS MI3
7. FICHA TÉCNICA PLANTAS DE INYECCIÓN - GERTEC
8. FICHA TÉCNICA BOMBA GRUNDFOS - MAGNA3 32-120 F
9. FICHA TÉCNICA TUBERÍAS POLIETILENO
10. FICHA TÉCNICA ENERGROUT LD 3.0 LECHADA DE ALTA CONDUCTIVIDAD
11. FICHA TÉCNICA BATERIA ESTACIOANRIA – ENERSOL T 1000-24 VASOS

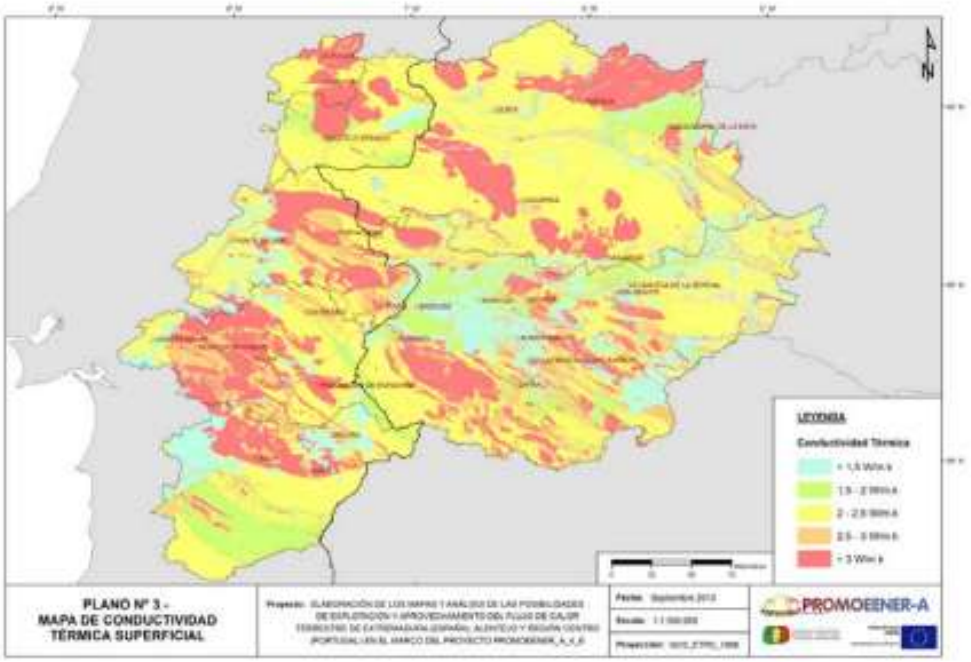
GOBIERNO DE EXTREMADURA

PROMOEENER-A

"ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E"

- INFORME FINAL -

Documento 1: MEMORIA



PROGRAMA COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA ESPAÑA – PORTUGAL COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA 2007 - 2013

Unión Europea
FEDER

Invertimos en su futuro

INDICE

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 3

3. TRABAJOS REALIZADOS 5

4. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 9

5. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA 12

5.1 INTRODUCCIÓN 13

5.2 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA 13

5.2.1 Mapa Geológico de Alentejo y Centro de Portugal 13

5.2.2 Mapa Geológico de Extremadura 13

5.2.3 Mapa de Fracturación y Lineamientos 13

5.3 CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA 18

5.3.1 Gravimetría 18

5.3.2 Sismicidad 21

5.3.3 Estructura cortical litosférica 26

6. MAPAS GEOTÉRMICOS Y DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS 31

6.1 RECURSOS GEOTÉRMICOS DE MUY BAJA ENTALPIA SUPERFICIALES CONTENIDOS EN LAS ROCAS DE TODO EL ÁREA PROMOEENER-A 32

6.1.1 Mapa de Cesión de Calor y Mapa de Conductividad Térmica Superficial 32

6.1.2 Mapa de Potencial Radiogénico de las Rocas Graníticas 38

6.2 RECURSOS GEOTÉRMICOS SUPERFICIALES CONTENIDOS EN LOS ACUÍFEROS DEL ÁREA PORTUGUESA DEL PROMOEENER-A 45

6.3 MANIFESTACIONES GEOTÉRMICAS DEL ÁREA PORTUGUESA DEL PROMOEENER-A. ESTUDIOS GEOTERMOMÉTRICOS. 61

6.3.1 Manifestaciones geotérmicas 61

6.3.2 Estudio Geotermométrico 89

6.4 TERMOMETRÍAS, GRADIENTES GEOTÉRMICOS Y FLUJO DE CALOR DE TODO EL ÁREA PROMOEENER 94

6.5 RECURSOS GEOTÉRMICOS DE BAJA ENTALPIA PROFUNDOS DEL ÁREA PORTUGUESA DEL PROMOEENER-A 115

6.6 RECURSOS GEOTÉRMICOS DE MEDIA ENTALPIA PROFUNDOS DEL ÁREA PORTUGUESA DEL PROMOEENER-A 120

6.7 RECURSOS GEOTÉRMICOS DE ALTA ENTALPIA PROFUNDOS DEL ÁREA PORTUGUESA DEL PROMOEENER-A 121

6.8 ESTUDIO DE ÁREAS CON POTENCIAL RECURSOS GEOTÉRMICOS EN SISTEMAS GEOTÉRMICOS ESTIMULADOS (EGS) DEL ÁREA PORTUGUESA DEL PROMOEENER-A 123

6.9 CUANTIFICACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS PROFUNDOS. ÁREA PORTUGUESA. 124
6.9.1 Introducción metodológica. Conceptos y definiciones. 124
6.9.2 Metodología de estimación de recursos y reservas: el método volumétrico 129
6.9.3 Estimación de Recursos de Base Accesibles y de Calor Almacenado en las áreas seleccionadas 133

7. ELABORACIÓN MEMORIA PANORÁMICA APROVECHAMIENTO RECURSOS GEOTÉRMICOS EN TODO EL ÁMBITO TERRITORIAL. ANÁLISIS DEL POTENCIAL MERCADO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN POBLACIONES DE MÁS DE 20.000 HABITANTES 135
7.1 ELECCIÓN DE ÁREAS DE INTERÉS PREFERENTE 136
7.2 INSTALACIONES POTENCIALMENTE CONSUMIDORAS DE RECURSOS GEOTÉRMICOS 142
7.3 INVENTARIO DE INSTALACIONES DE EXTREMADURA 142
7.4 INVENTARIO DE INSTALACIONES DE PORTUGAL 148

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 154
8.1 CONCLUSIONES 155
8.2 RECOMENDACIONES 161

5.1 INTRODUCCIÓN

Siguiendo con lo estipulado en el Pliego de Especificaciones Técnicas que rige este Servicio, se ha llevado a cabo, durante la ejecución de los trabajos, una recopilación general de información y documentación geológica y geofísica, que se ha plasmado en una serie de figuras que se presentan a continuación. Esta información se ha utilizado para la elaboración de diferentes planos.

5.2 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

5.2.1 Mapa Geológico de Alentejo y Centro de Portugal

En la figura 5.1 se presenta el Mapa Geológico del Alentejo y Centro de Portugal a escala original 1:500.000, elaborado a partir de la información suministrada por el Centro de Información Cartográfica y Territorial de Extremadura, de la Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo. Esta información en formato digital procede del Laboratorio Nacional de Energía y Geología (LNEG) de Portugal y fue adquirida por el mencionado Organismo del Gobierno de Extremadura para el proyecto OTALEX C. El sistema de referencia original de la información digital es ETR S-1989_TM06-Portugal.

5.2.2 Mapa Geológico de Extremadura

Se ha utilizado como fondo de algunos planos la información litológica del Mapa Geológico de Extremadura a escala 1:250.000, elaborado por el Gobierno de Extremadura y que se ha obtenido en el SIGEO, Sistema de Información Geológico Minero de Extremadura. En la figura 5.2 se presenta este Mapa Geológico y su leyenda detallada. Con independencia de esta cartografía geológica a escala 1:250.000, como ya se ha citado en un apartado anterior, se ha utilizado la cartografía 1:50.000 continua (GEODE) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para la elaboración de los mapas de recursos geotérmicos someros.

5.2.3 Mapa de Fracturación y Lineamientos

A partir de la información recopilada del proyecto QAFI (Quaternary Active Fault Data Base of Iberia) promovido y liderado por el IGME, de los Mapas Geológicos y Tectónicos a escala 1:1.000.000 de la Península Ibérica y Baleares (IGME) y finalmente, de la Carta Neotectónica de Portugal de J. Cabral y A. Ribeiro de 1989, completada con trabajos posteriores de J. Cabral en 1995 y 2012, se ha elaborado un mapa de fracturación y lineamientos principales que se presenta sobre una base geológica sintetizada donde se separan las tres zonas de Macizo Ibérico: Surportuguesa (ZSP), Ossa-Morena (ZOM) y Controibérica (ZCI), así como los afloramientos de rocas ígneas ácidas y básicas, y finalmente las pequeñas cuencas neógenas terciarias. Este mapa se presenta en la figura 5.3. Se utilizará, con posterioridad, especialmente en la selección de áreas de interés para desarrollo de recursos geotérmicos profundos, tanto de baja y media temperatura en zonas fracturadas como para las áreas de posible existencia en sistemas geotérmicos profundos estimulados (EGS).

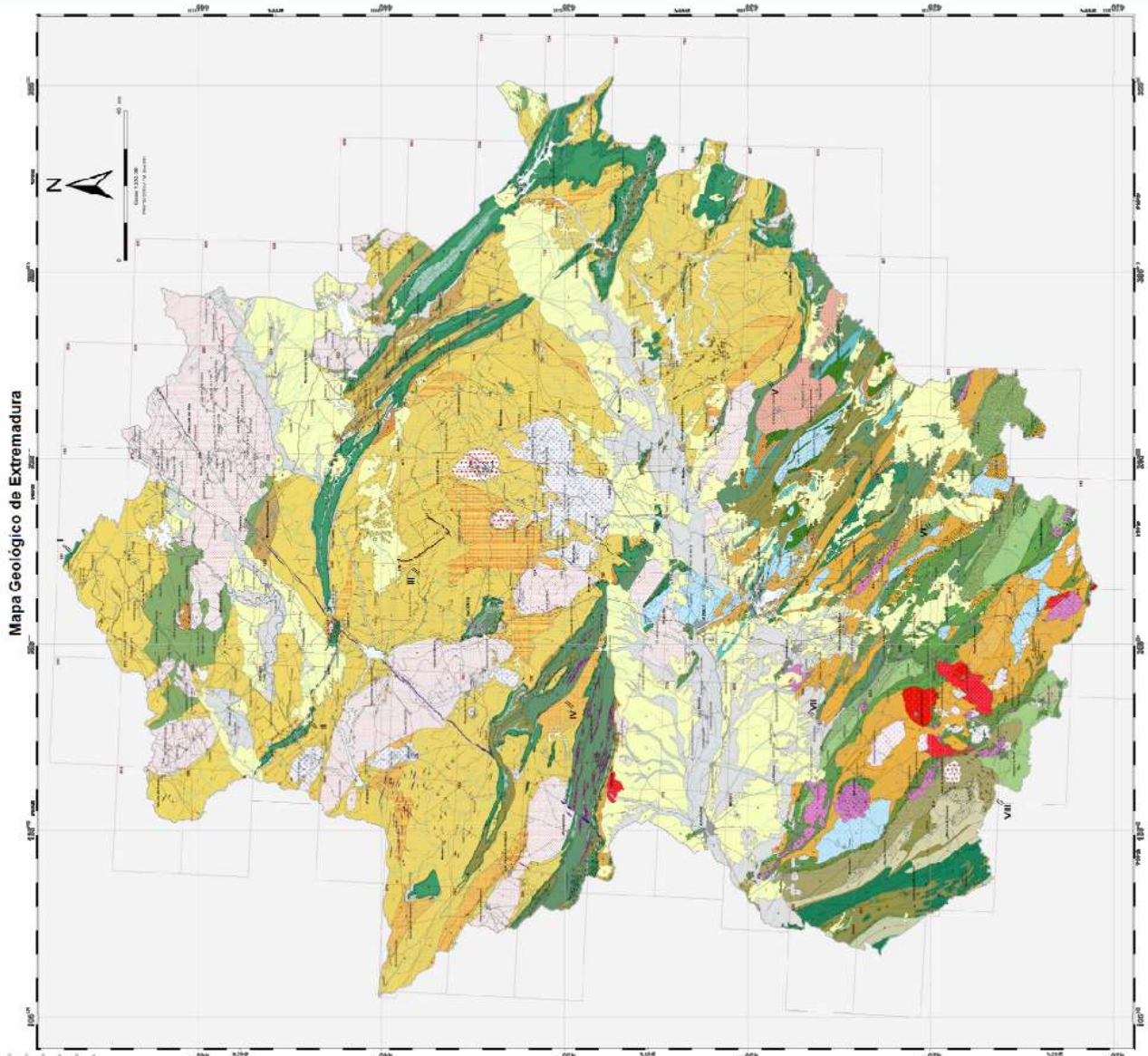


Figura 5.2. Mapa Geológico del área PROMOEENER de Extremadura

COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA
ESPAÑA - PORTUGAL
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

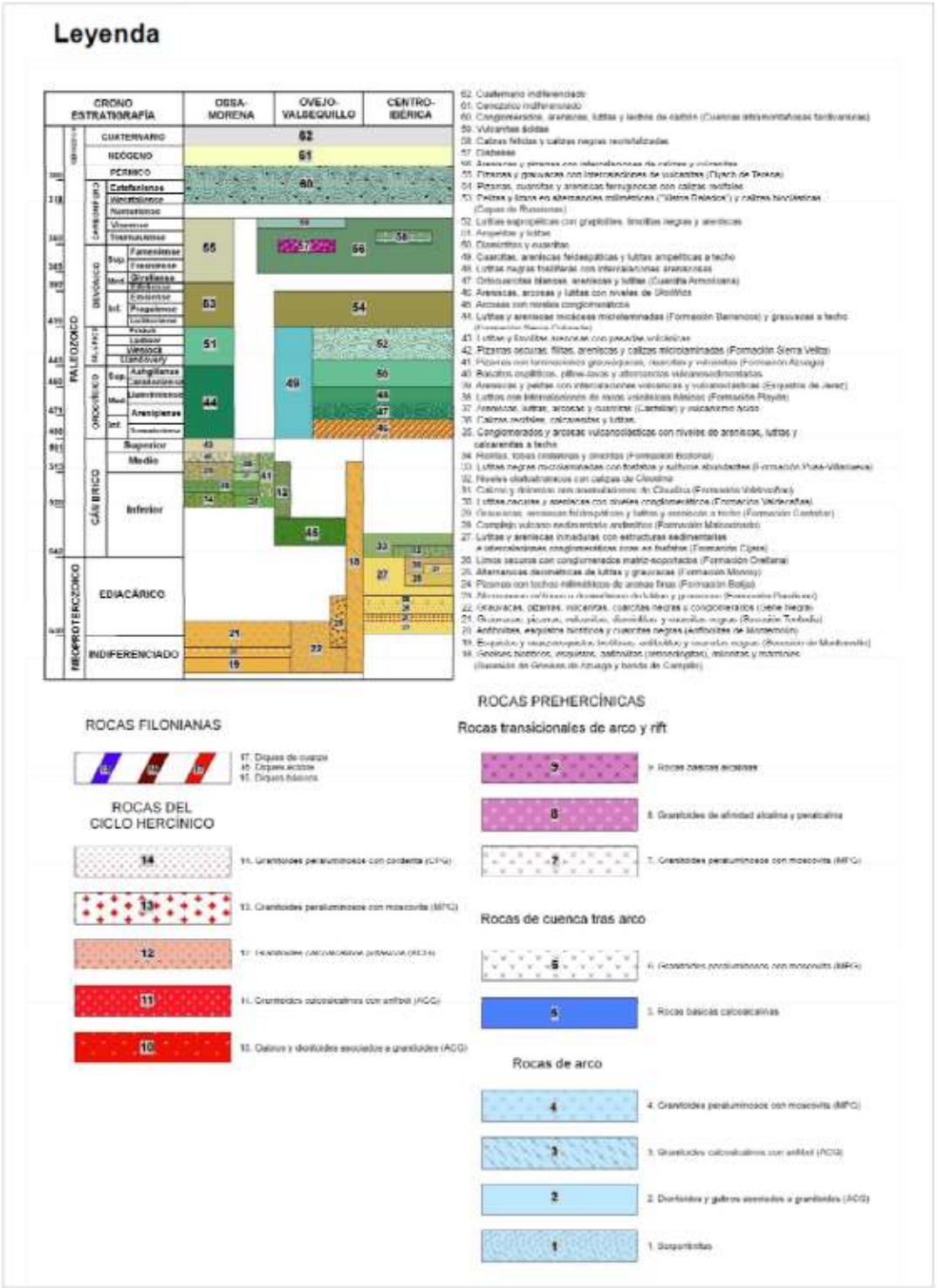


Figura 5.2 (Continuación). Leyenda del Mapa Geológico de Extremadura

5.3 CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA

Se ha recopilado, elaborado y presentado la información geofísica referente a los siguientes aspectos:

- Gravimetría
- Sismicidad
- Estructura litosférica-cortical.

5.3.1 Gravimetría

A partir de la información general analizada especialmente del trabajo de investigación para Diploma de Estudios Avanzados de Juan Álvarez García (Facultad de CC Geológicas de la UCM) en 2002 titulado "Análisis Gravimétrico e Isostático del Macizo Hespérico" se han preparado los mapas de la anomalía regional de Bouguer y de la anomalía isostática residual que se presenta en la figuras 5.4 y 5.5.

En los mapas de anomalías gravimétricas realizados por J. Álvarez García 2002 para el conjunto de la península Ibérica y áreas marinas adyacentes, tanto regional de Bouguer como el denominado de anomalías isostáticas residuales se refleja de manera clara el dominio de la dirección estructural hercínica en la zona de estudio. Aparece un gradiente regional en dirección SO positivo, desde mínimos en el Sistema Central al NE de la zona de estudio hasta máximos en el Cabo de San Vicente en el SO.

En el área NE se localizan extensos mínimos relativos sobre los granitos, continuación del batolito de los Pedroches, que llegan en dirección aproximada NO-SE casi hasta la costa, lo que representa una zona de corteza superior engrosada en la orogenia alpina, como se refiere para el Sistema Central Ibérico. Hacia el sur en la zona de contacto con la ZOM, aparecen entre ellos surcos negativos relativos que pueden estar asociados a las grandes intrusiones de granitoides hercínicos y a los depósitos de la cuenca del Guadiana.

En la zona de cizalla de Porto – Tomar – Badajoz - Córdoba, límite de la zona Centroibérica (ZCI) con la de Ossa Morena (ZOM), aparece un acusado gradiente creciente desde zonas negativas: anomalías de Bouguer de -25 miligales en Extremadura, en la zona portuguesa 0 miligales y cercanas a -50 miligales para las residuales, hasta una anomalía de Bouguer positiva o de 50 miligales para la anomalía isostática residual hacia el Sur y Oeste ya en la ZOM.

La zona referida anteriormente es la de gradiente más acusado en cuanto al análisis gravimétrico de Álvarez García 2002 en la zona de estudio. En su parte central, próximo al cruce con la falla de Messejana o Alentejo-Plasencia se encuentra interrumpido por dos mínimos relativos de dirección N-S y E-O.

Las zonas Ossa-Morena (ZOM) y Surportuguesa (ZSP) presentan casi en su totalidad valores positivos de anomalía de Bouguer, sugiriendo una composición y origen distinto de la ZCI. Las anomalías presentan una dirección general NO-SE, que gira a N-S hacia la costa atlántica y a

6.1 RECURSOS GEOTÉRMICOS DE MUY BAJA ENTALPIA SUPERFICIALES CONTENIDOS EN LAS ROCAS DE TODO EL ÁREA PROMOEENER-A

6.1.1 Mapa de Cesión de Calor y Mapa de Conductividad Térmica Superficial

Los recursos geotérmicos de muy baja temperatura contenidos en las rocas del subsuelo a poca profundidad pueden ser extraídos y utilizados gracias al empleo de la bomba de calor y a la capacidad de extracción o cesión de cada tipo de roca.

Las propiedades térmicas de las rocas del subsuelo son muy variables y dependen de una multitud de parámetros físicos, geológicos y geográficos. Para proyectos de aprovechamiento importantes es necesario calcular dichas propiedades mediante ensayos denominados "Test de Respuesta Térmica" que se realiza en un sondeo perforado para dicha finalidad y que posteriormente puede ser utilizado para extracción de calor. Estos test suelen ser caros debido a su duración y al coste de la perforación, por lo que en los estudios preliminares de diseño de instalaciones se suele utilizar valores estandarizados de las propiedades del terreno. Estos valores sirven de guía para un primer cálculo estimativo del número de sondeos necesarios, si bien posteriormente antes del diseño final de la instalación debe realizarse el ensayo mencionado.

Las tablas 6.1 y 6.2 presentan una serie de valores estandarizados de la capacidad de extracción de calor y de la conductividad térmica de las rocas. Estos valores están extraídos de la norma: VDI4640 Parte 2 – Uso térmico del subsuelo. Norma Alemana de 2001. Lógicamente son valores medios de un conjunto numeroso de determinaciones realizadas en Alemania. No obstante, se pueden tomar como valor indicativo o valor guía aplicable a terrenos similares en la zona de estudio de Extremadura y Portugal, a falta de disponibilidad de datos obtenidos en ensayos o test, sobre terrenos propios de la provincia.

Tipo de Roca	Potencia Térmica Superficial (W/m)
Gravas y arenas secas	< 25
Arcillas y margas húmedas	35-70
Calizas y dolomías masivas	55-70
Areniscas	60-80
Granitos	60-85
Rocas básicas (basaltos)	40-65
Rocas metamórficas (gneises)	70-85
Gravas y arenas saturadas de agua	65-80
Gravas y arenas con gran circulación de agua	80-100

Tabla 6.1. Capacidad de extracción de calor de las rocas (Potencia térmica superficial)
Fuente: VDI4640 Parte 2

TIPO DE ROCA	Conductividad térmica (W/m K)
Arenas y gravas secas	< 1,5
Arcillas y limos secos	
Turba	
Arcillas y limos húmedos	1,5 - 2
Gravas saturadas en agua	
Micasquistos	2 - 2,5
Esquistos	
Mármoles	
Margas	
Arenas saturadas en agua	
Areniscas	
Gneises	2,5 - 3
Calizas	
Dioritas	
Granitos	> 3
Peridotitas	
Cuarcitas	
Riolitas	
Sal (halita)	
Dolomía	

Tabla 6.2. Conductividad térmica de las rocas
Fuente: VDI4640 Parte 2

A partir de esta información y teniendo en cuenta las rocas existentes en el área PROMOEENER-A se ha elaborado un Mapa de Potencia Térmica Superficial (capacidad de extracción de calor) y otro de Conductividad Térmica de las rocas aflorantes en el área de estudio, para lo que se ha seguido la siguiente metodología para cada uno de los mapas:

Metodología de elaboración del Mapa de Potencia Térmica Superficial

a) Recopilación y selección de base de datos de litología del área PROMOEENER-A

Se ha realizado, en primer lugar, una recopilación de toda la información estratigráfica disponible en diferentes organismos y entidades existentes en formato digital en el ámbito de toda el área de estudio, llegando a la recopilación de las siguientes bases:

- Mapa Geológico de Portugal a escala 1:500.000 (LNEG)
- Mapa Geológico de Extremadura a escala 1:250.000 (Gobierno de Extremadura)
- Cartografía Geológica continúa a escala 1:50.000 del PLAN GEODE del IGME. Provincias de Cáceres y Badajoz.

De estas opciones se ha elegido como más apropiadas las siguientes:

- Para Extremadura se ha utilizado la cartografía continua GEODE a escala 1:50.000 elaborada por el IGME.

- Para Portugal se ha utilizado la única disponible para toda la zona que es la cartografía geológica a escala 1:500.000 del LNEG.

b) Clasificación de los terrenos en función de su potencia térmica superficial (W/m).

Partiendo de las litologías presentes en el área de estudio (cartografías anteriormente descritas) y de la Tabla 6.1 de capacidad de extracción de calor de las rocas, presentada anteriormente se ha elaborado una nueva tabla específica (Tabla 6.3) para el área PROMOEENER-A. A cada unidad litológica definida en la cartografía digital disponible se le ha asignado un grupo de potencia térmica superficial (W/m), en función de las propiedades físicas (térmicas e hidráulicas) de cada una de ellas. Se ha tenido presente por lo tanto, no sólo la capacidad térmica intrínseca sino también la presencia de agua en la roca. Esta tabla se ha estructurado en cinco grandes grupos con potencia térmica superficial (W/m) creciente.

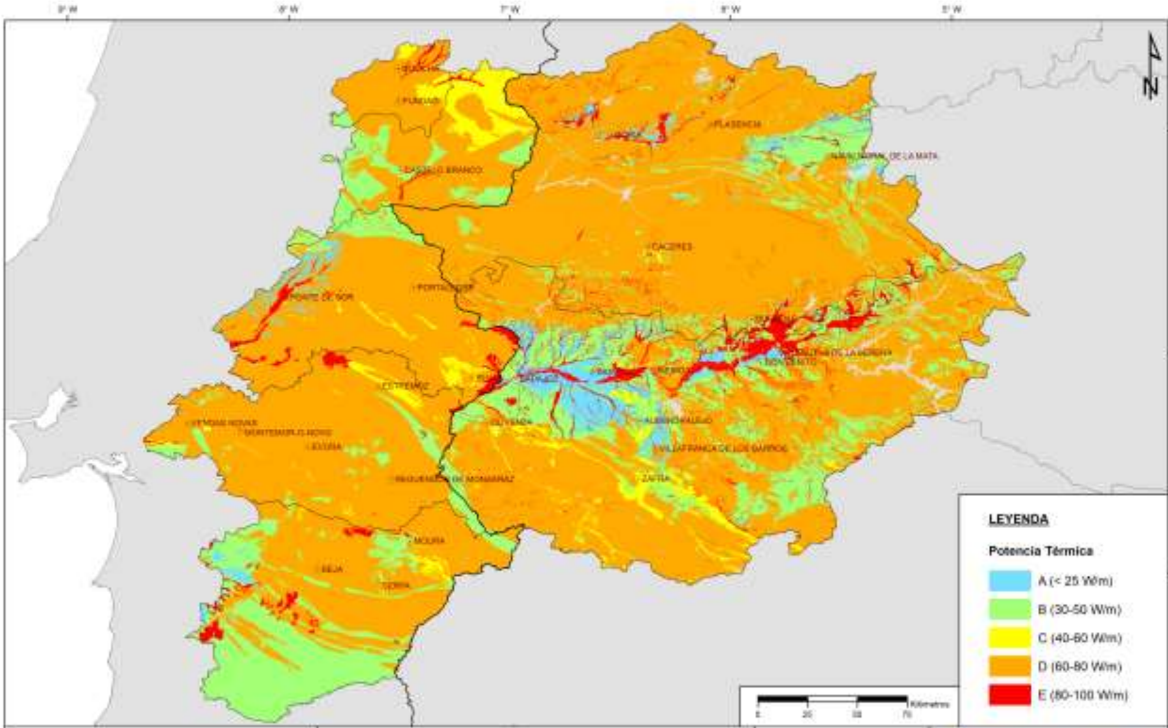
Grupo	Litología	Agua - nivel	Potencia Térmica Superficial (W/m)
A	Arenas, gravas, arcillas y limos	Muy secos y nivel muy profundo (>30m)	< 25 W/m
B	Arcillas y limos	Húmedos	30-50 W/m
C	Calizas, dolomías, basaltos y calcarenitas	Húmedos	40-60 W/m
D	Gravillas, gravas, arenas, areniscas, granitos y otras rocas metamórficas con esquistos y gneises	Húmedos, nivel somero	60-80 W/m
E	Gravas y arenas	Muy permeables, nivel muy somero y elevada circulación de agua	80-100 W/m

Tabla 6.3. Grupos de litologías establecidos para la zona de estudio en función de las características térmicas de la roca

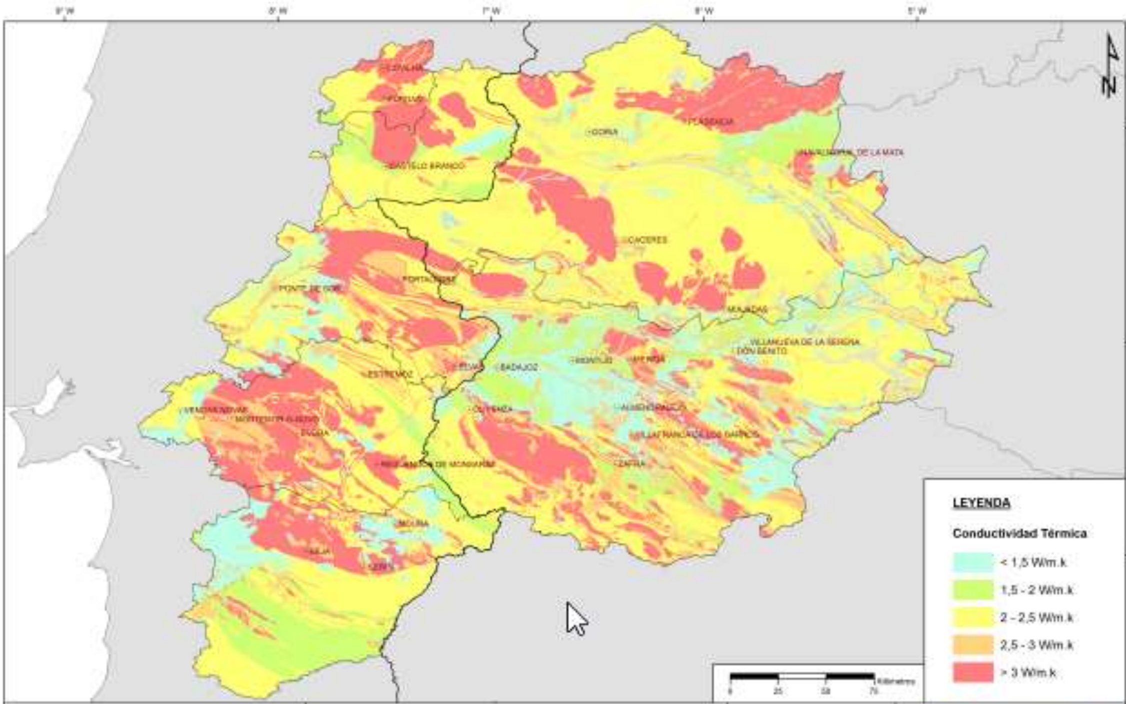
Con esta tabla resumen de características térmicas se ha procedido a un análisis detallado de todas y cada una de las unidades litológicas presentes en la cartografía digital disponible, asignándoles a cada una de ellas uno de los grupos de la tabla anterior y por lo tanto un valor de potencia térmica superficial (W/m). Esta asignación de grupo a cada unidad litológica se presenta en el Anexo 3.

c) Mapa de Potencia Térmica Superficial

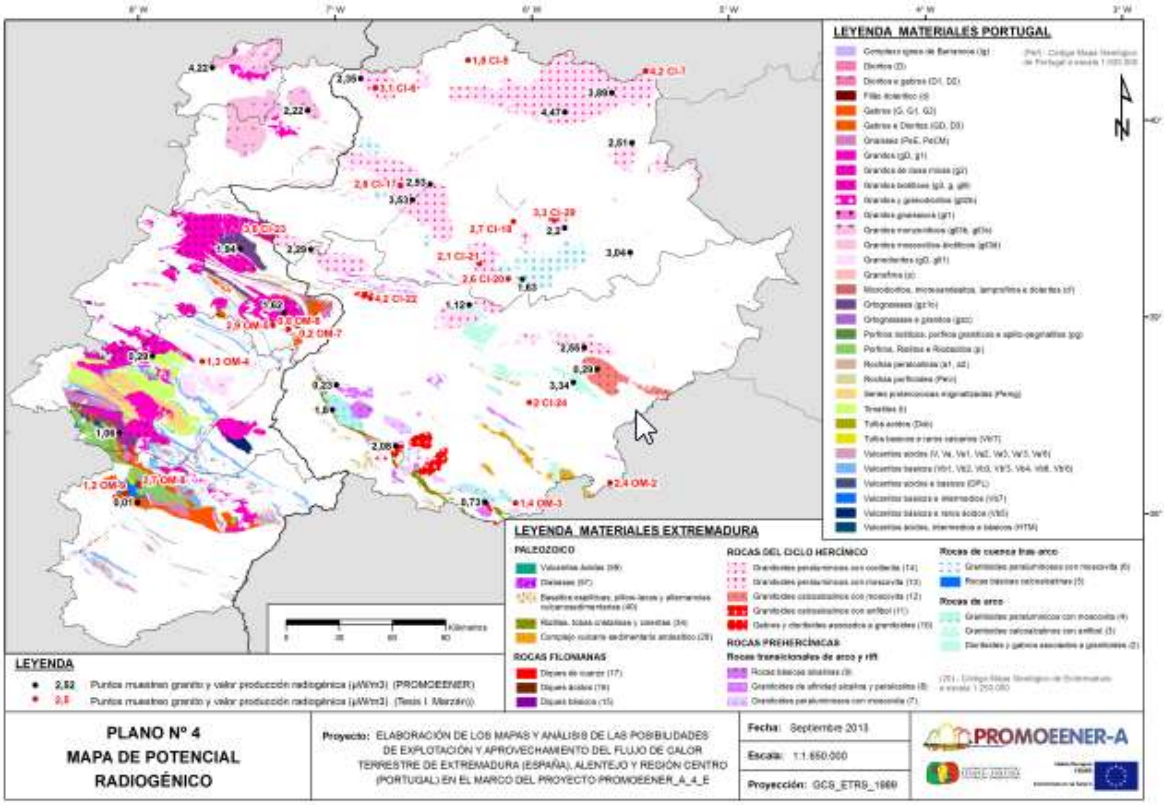
De esta forma, asignando a cada litología un atributo correspondiente al grupo en el que se ha clasificado, el mapa de unidades litológicas (conjunto de polígonos en el SIG correspondiente) queda transformado en un Mapa de Potencia Térmica Superficial, que puede ser utilizado en una primera aproximación para el diseño preliminar de sistemas de aprovechamiento geotérmicos de muy baja temperatura. En la interpretación de este mapa hay que tener presente que es un mapa referido a los materiales aflorantes y por lo tanto existentes en superficie. El valor asignado de potencia térmica puede variar en profundidad y lateralmente con las variaciones que se producen en una misma litología. Por ello su uso es para diseño preliminar. Para elaboración de un proyecto concreto será necesario realizar estudios de mayor detalle. Este mapa se presenta en el Plano nº 2.

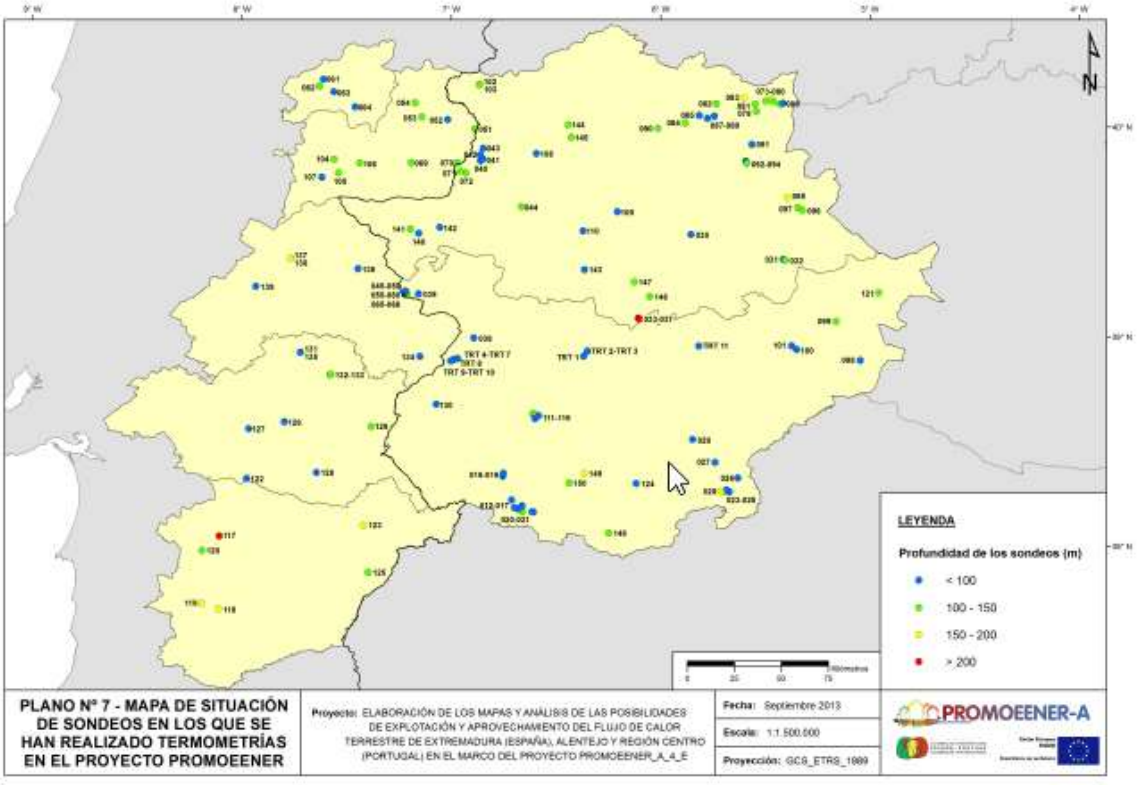


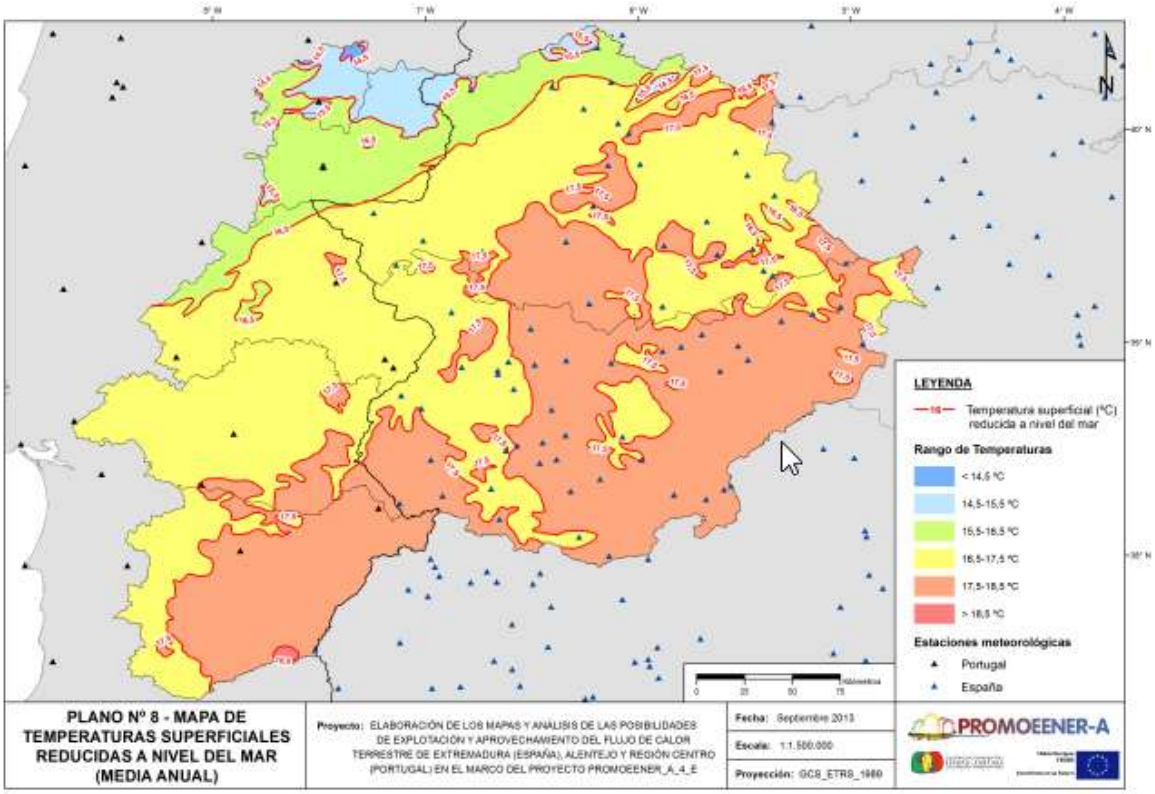
PLANO Nº 2 - MAPA DE POTENCIA TÉRMICA SUPERFICIAL	**Proyecto:** ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E	**Fecha:** Septiembre 2013 **Escala:** 1:1.500.000 **Proyección:** GCS_ETRS_1989	PROMOEENER-A



PLANO Nº 3 - MAPA DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA SUPERFICIAL	**Proyecto:** ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E	**Fecha:** Septiembre 2013 **Escala:** 1:1.500.000 **Proyección:** GCS_ETRS_1989	PROMOEENER-A


LEYENDA MATERIALES PORTUGAL
LEYENDA MATERIALES EXTREMADURA
PALEOZOICO
ROCAS DEL CICLO HERCÍNICO
ROCAS PREHERCÍNICAS
ROCAS FILONIANAS
LEYENDA
Puntos muestreo granito y valor producción radiogénica (μW/m3) (PROMOEENER)
Puntos muestreo granito y valor producción radiogénica (μW/m3) (Tesis I. Manzán))
PLANO Nº 4
MAPA DE POTENCIAL RADIOGÉNICO
Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E
Fecha: Septiembre 2013
Escala: 1:1.650.000
Proyección: GCS_ETRS_1989
PROMOEENER-A


LEYENDA
Profundidad de los sondeos (m)
< 100
100 - 150
150 - 200
> 200
PLANO Nº 7 - MAPA DE SITUACIÓN DE SONDEOS EN LOS QUE SE HAN REALIZADO TERMOMETRÍAS EN EL PROYECTO PROMOEENER
Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E
Fecha: Septiembre 2013
Escala: 1:1.500.000
Proyección: GCS_ETRS_1989
PROMOEENER-A



PLANO Nº 8 - MAPA DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES REDUCIDAS A NIVEL DEL MAR (MEDIA ANUAL)

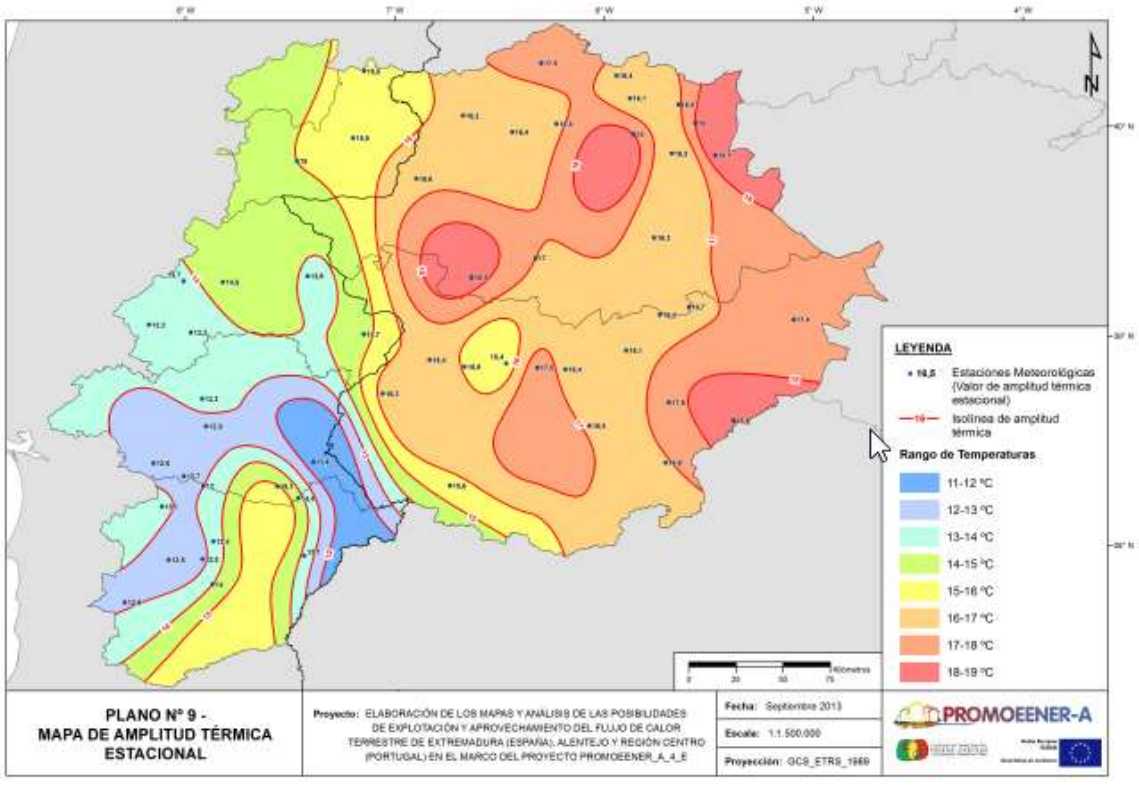
Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANALISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013

Escala: 1:1.500.000

Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A



PLANO Nº 9 - MAPA DE AMPLITUD TÉRMICA ESTACIONAL

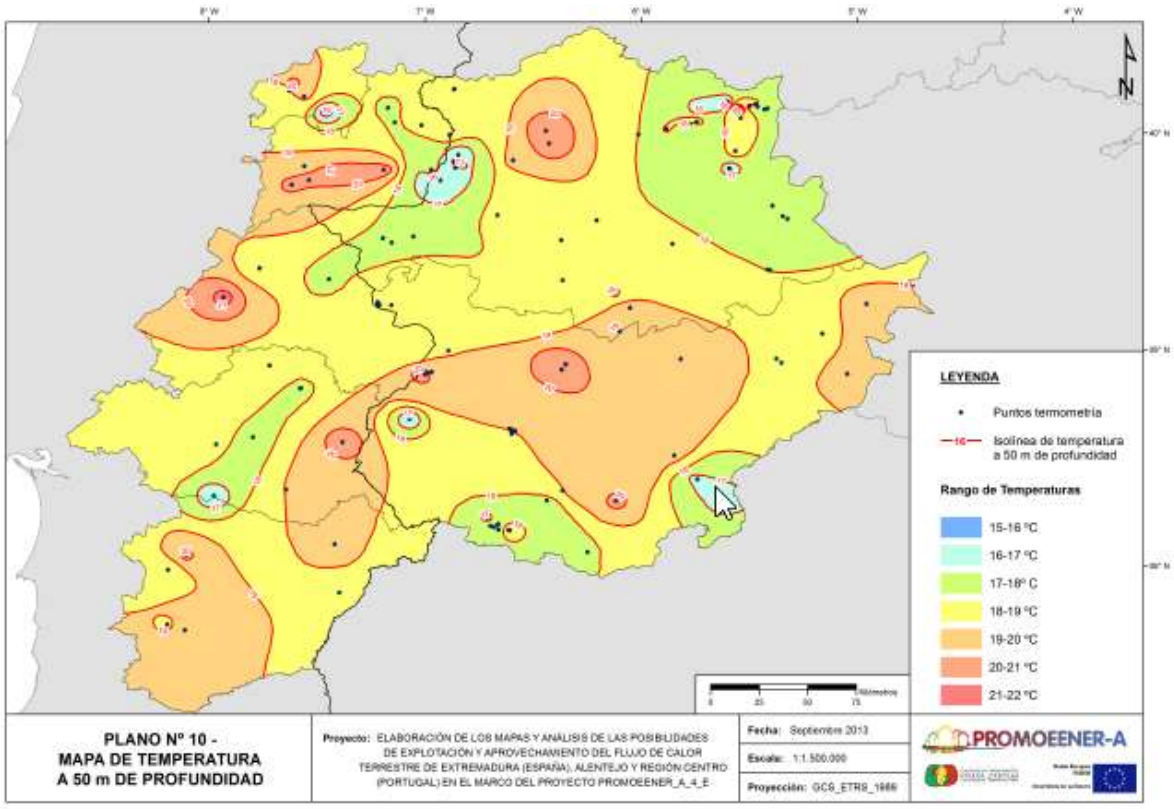
Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANALISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013

Escala: 1:1.500.000

Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A



PLANO Nº 10 -
MAPA DE TEMPERATURA
A 50 m DE PROFUNDIDAD

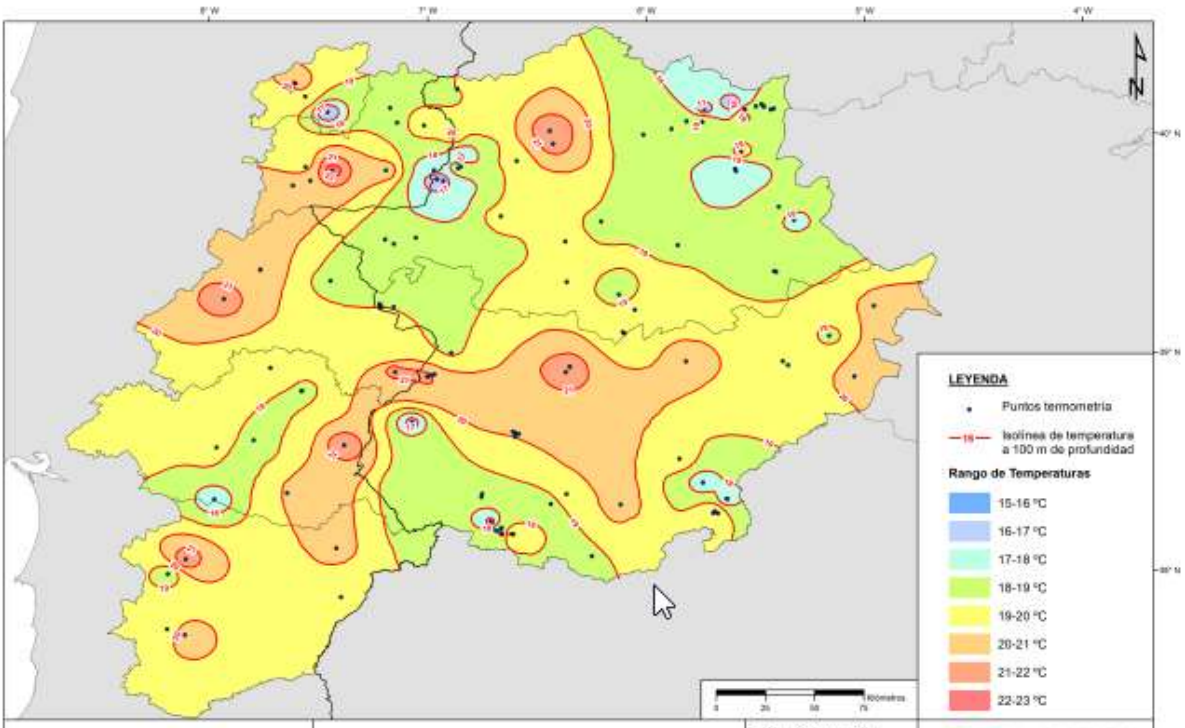
Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013

Escala: 1:1.500.000

Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A

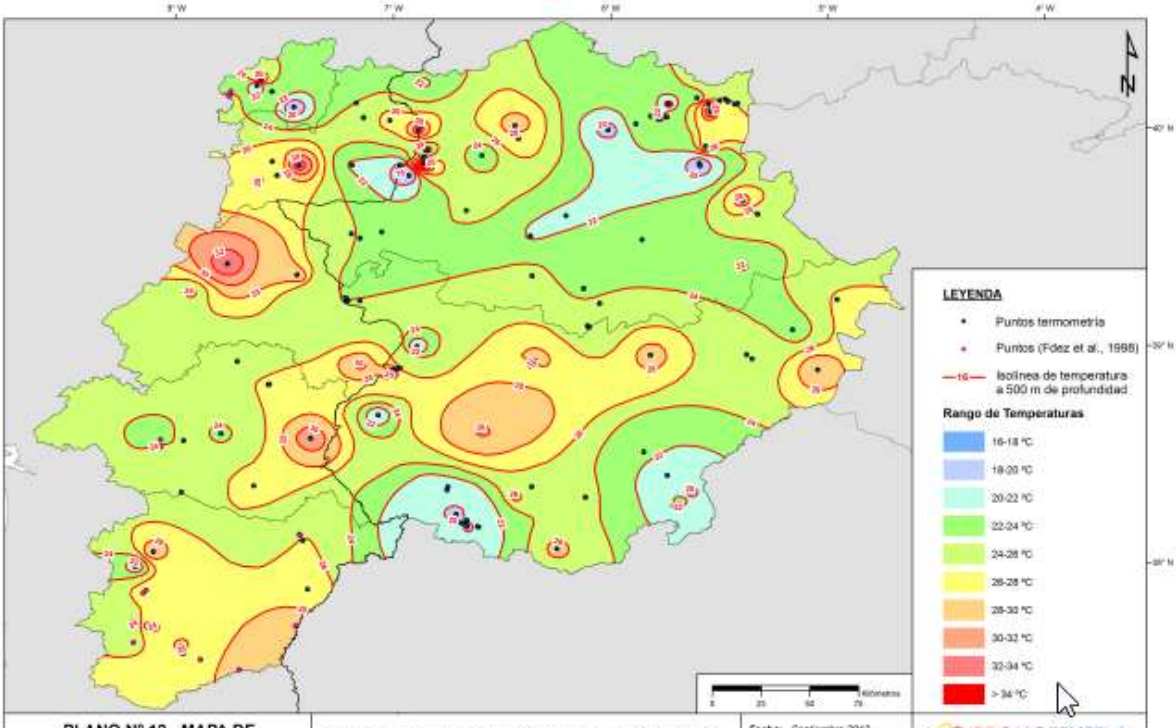


PLANO Nº 11 - MAPA DE TEMPERATURA A 100 m DE PROFUNDIDAD

Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013
Escala: 1:1.500.000
Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A

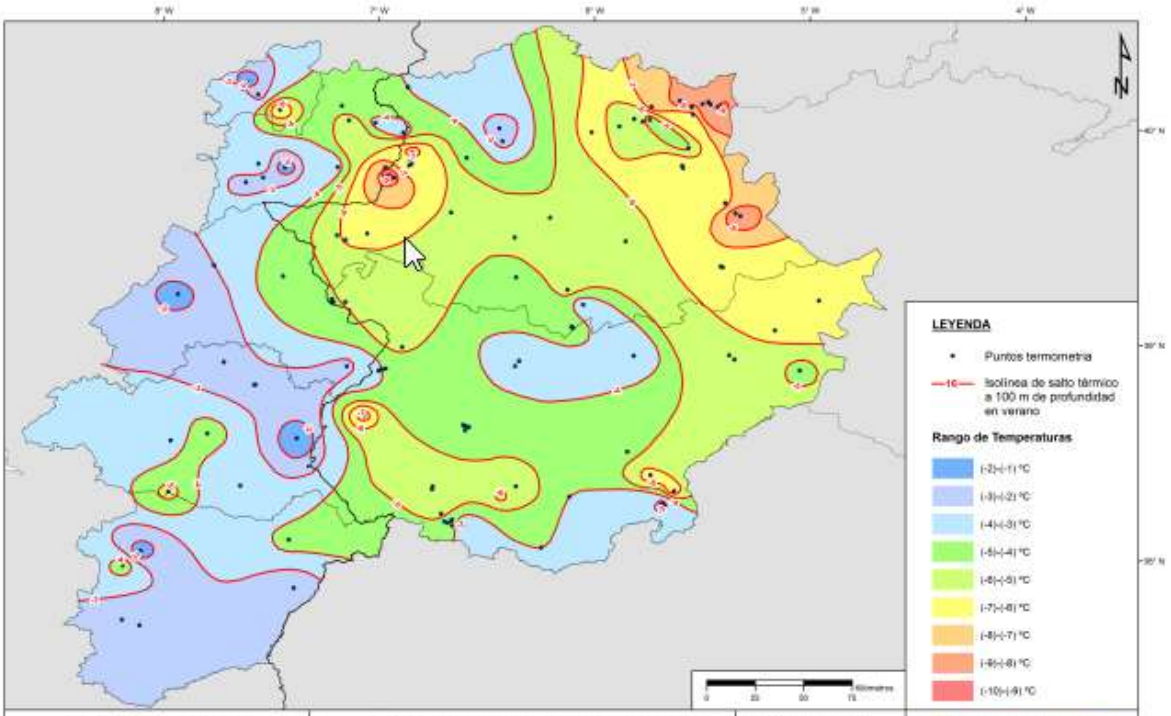


PLANO Nº 12 - MAPA DE TEMPERATURA A 500 m DE PROFUNDIDAD SEGÚN GRADIENTE MEDIO

Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013
Escala: 1:1.500.000
Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A



PLANO Nº 13 - MAPA DE SALTO TÉRMICO A 100 m DE PROFUNDIDAD EN VERANO

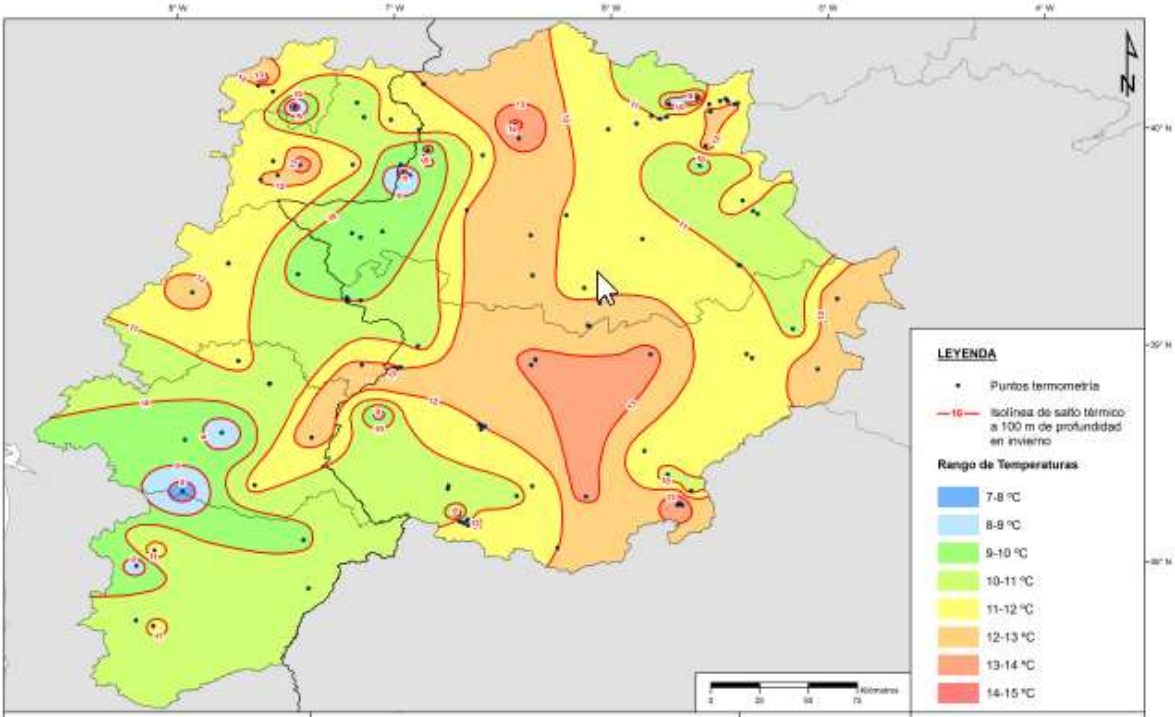
Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013

Escala: 1:1.500.000

Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A



PLANO Nº 14 - MAPA DE SALTO TÉRMICO A 100 m DE PROFUNDIDAD EN INVIERNO

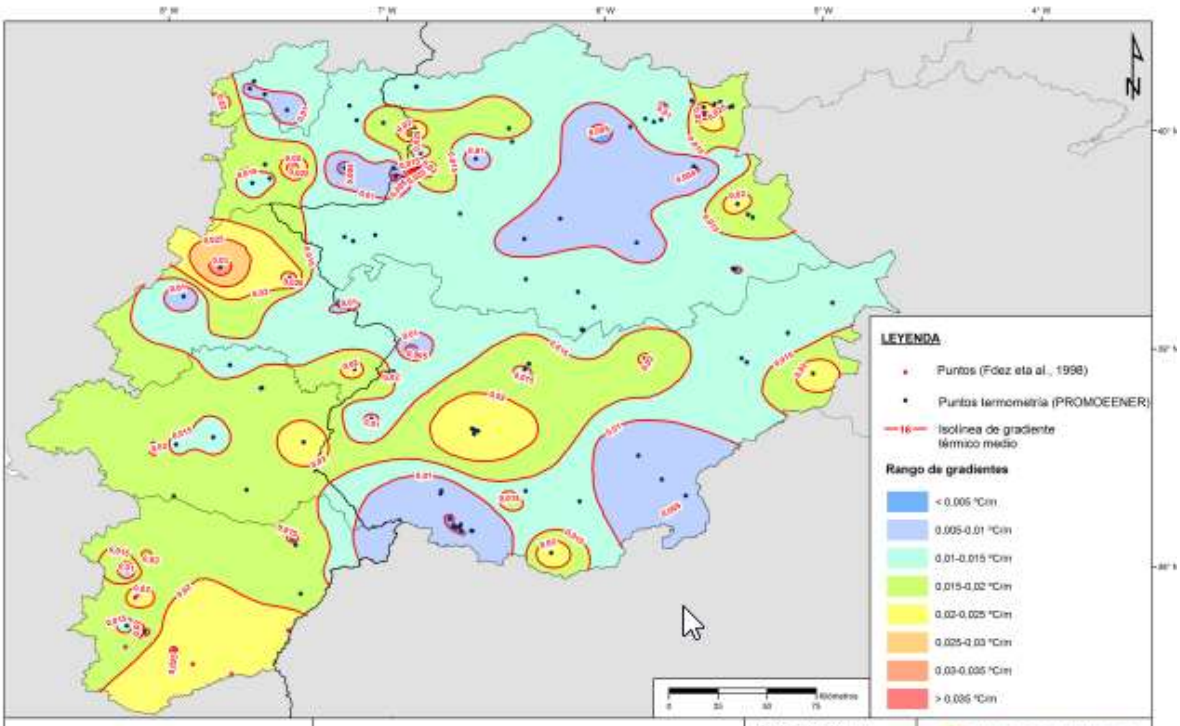
Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013

Escala: 1:1.500.000

Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A

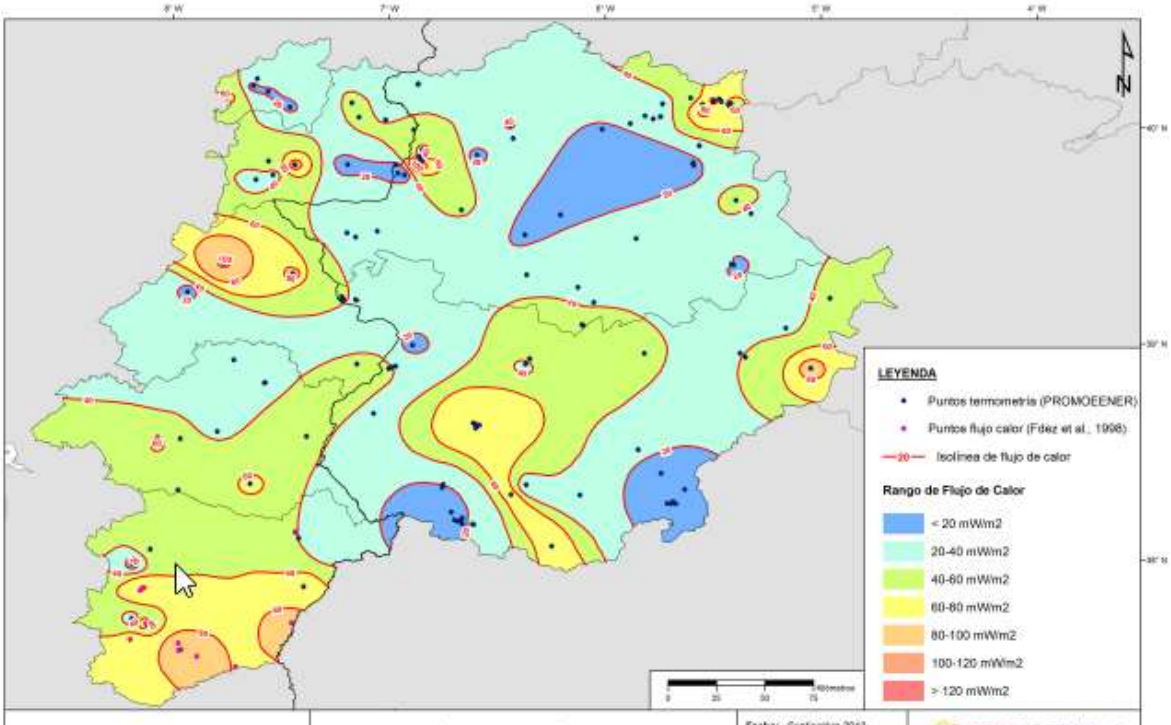


PLANO Nº 15 - MAPA DE GRADIENTE TÉRMICO MEDIO

Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013
Escala: 1:1.500.000
Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A

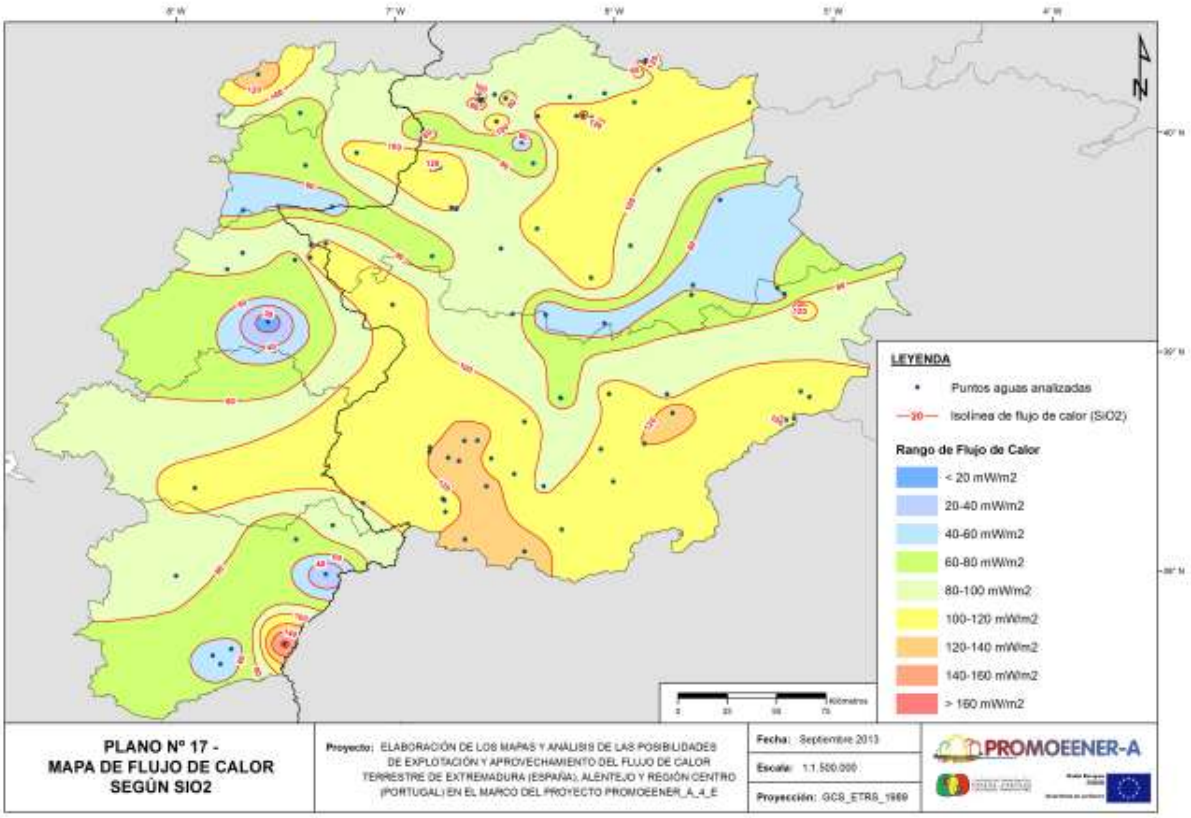


PLANO Nº 16 - MAPA DE FLUJO DE CALOR

Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013
Escala: 1:1.500.000
Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A



PLANO Nº 17 -
MAPA DE FLUJO DE CALOR
SEGÚN SIO2

Proyecto: ELABORACIÓN DE LOS MAPAS Y ANALISIS DE LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL FLUJO DE CALOR TERRESTRE DE EXTREMADURA (ESPAÑA), ALENTEJO Y REGIÓN CENTRO (PORTUGAL) EN EL MARCO DEL PROYECTO PROMOEENER_A_4_E

Fecha: Septiembre 2013

Escala: 1:1.500.000

Proyección: GCS_ETRS_1989

PROMOEENER-A

2013/2014

Catálogo general

Calidad de aire • Bienestar • Soluciones sostenibles

"Armonizando
& las necesidades del Hombre
y del Medioambiente

Tarifa actualizada
FEBRERO 2014

CIAT

"Armonizando
las necesidades del Hombre
& y del Medioambiente

Grupo internacional presente en más de 70 países.

Con más de 75 años de experiencia, el Grupo CIAT es líder europeo en diseño, fabricación y comercialización de equipos de climatización, refrigeración, tratamiento de aire e intercambio térmico. CIAT se ha convertido en un referente a nivel europeo en HVAC aportando innumerables avances en el sector de la climatización.

El Grupo CIAT está presente en más de 70 países, con 9 plantas de producción, una de ellas en España, y más de 2.200 empleados que trabajan conjuntamente para ofrecer asistencia y servicio técnico-comercial a nuestros clientes, que comprende asesoramiento previo, atención comercial y servicio posventa.

El confort, la calidad de aire y la eficiencia energética son los tres pilares sobre los que se sustenta la estrategia de Grupo. CIAT diseña y fabrica una amplia gama de equipos de climatización y tratamiento de aire con el fin de ofrecer soluciones globales adaptadas a las necesidades de cada mercado en los que somos especialistas.

CIAT

CIAT una empresa eco-responsable

El Grupo CIAT ha apostado al desarrollo sostenible en el eje de su estrategia industrial y comercial. Nuestra política de innovación tecnológica está basada en un diseño ecológico que protege el medio ambiente, optimiza los recursos naturales y aumenta el ahorro energético.

LOS 7 PILARES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN CIAT

NUESTROS CLIENTES

La experiencia acumulada a lo largo de 75 años de actividad nos permite proponer las soluciones que, a lo largo de su ciclo de vida, satisfagan las expectativas en materia de Desarrollo Sostenible de los propietarios, usuarios, diseñadores, instaladores y operadores.

NUESTROS EQUIPOS Y SISTEMAS

Nuestros equipos son diseñados y fabricados respetando las normas de eco-diseño, incorporando sistemáticamente aspectos medioambientales que logren minimizar el impacto de nuestras soluciones en el medio ambiente a lo largo de su vida útil.

NUESTROS SERVICIOS

La red de servicios CIAT pone a disposición de nuestros clientes una gama de contratos que apuestan por la sostenibilidad del rendimiento y el mantenimiento de soluciones de sistemas seguros durante el funcionamiento.

NUESTRAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN

Uno de los objetivos del Grupo CIAT ha sido convertirse en referencia en materia de seguridad, higiene y medio ambiente. La certificación ISO 14001 por la gestión ambiental en la planta de fabricación de Montilla y OHSAS 18001 que, junto a la ya implantada ISO 9001, completan el Sistema Integrado de Gestión del Medio Ambiente, Salud en el trabajo y Calidad. CIAT se ha convertido en ejemplo de Excelencia y de empresa socialmente responsable.

NUESTROS PROVEEDORES

Eco-comprometidos al igual que nosotros, nuestros proveedores comparten el enfoque de CIAT en propuesta de soluciones técnicas desarrolladas de una manera sostenible. Nuestros procesos de compra se realizan de la forma más eficiente posible.

NUESTRA VISIÓN, NUESTROS VALORES

El compromiso social del Grupo CIAT va más allá de cumplir la normativa vigente. La responsabilidad social interna desarrollada por CIAT permite fomentar la participación estratégica y valorar las opiniones de los empleados para formalizar los objetivos del Grupo.

NUESTROS COLABORADORES

Para CIAT, y especialmente para su Departamento de I+Dii, es muy importante consolidar las actividades de Investigación y Desarrollo en la formación especializada del sector arquitectónico y de la climatización. CIAT colabora con proyectos educativos y de formación mediante la participación en sesiones lectivas y cursos de postgrado organizados por diversas Universidades. CIAT también colabora en Jornadas Técnicas organizadas por Asociaciones Sectoriales y Colegios Profesionales.

CIAT

“Armonizando
& las necesidades del Hombre
y del Medioambiente

Expertos en mercados

La experiencia del Grupo CIAT, basada en la tecnología y capacidad de innovación, nos permite diseñar las soluciones más adecuadas, eficaces y acopladas a las necesidades de cada uno de nuestros clientes y de sus instalaciones.

OFICINAS

EXPERTOS EN CALIDAD DE AIRE Y VERSATILIDAD

Soluciones modulares y ecológicas que mejoran el confort de las instalaciones logrando unas condiciones de trabajo óptimas y un ambiente ideal y saludable para sus ocupantes.

COMERCIO

EXPERTOS EN CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AIRE DE SUPERFICIES COMERCIALES

CIAT diseña soluciones que se adaptan a las necesidades y exigencias específicas de cada espacio comercial. Unificamos la búsqueda de la potencia para las grandes superficies y la comodidad absoluta para los locales comerciales: personalizamos el confort de nuestros clientes y el de sus clientes.

HOTELES

EXPERTOS EN CONFORT, AHORRO Y SOLUCIONES SOSTENIBLES

CIAT ofrece la creación de "habitaciones verdes" que integran los equipamientos más innovadores y sostenibles. Con la recuperación de calor, la gestión centralizada y autónoma de la instalación y la producción de agua caliente, las soluciones CIAT merecen 5 estrellas.

Zara - C.C. Río Shopping
Valladolid

Mauritius Commercial Bank
Isla Mauricio

Aeropuerto de Valencia
Valencia

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

Hoy en día la renovación de equipos de climatización va muy ligada a dos factores claves como son la sustitución del refrigerante obsoleto R-22 y el aumento de eficiencia en las instalaciones. Segmentos como el sanitario, hotelero y comercial, que realizan un consumo energético muy elevado, apuestan por la renovación de sus instalaciones con equipos CIAT, soluciones eficientes y sostenibles que reducen el gasto energético.

OFICINAS · COMERCIO · HOTELES · SANITARIO · RESIDENCIAL · INDUSTRIAL

SANITARIO

EXPERTOS EN ALTA EFICIENCIA AMBIENTAL EN EL ENTORNO SANITARIO

CIAT, a día de hoy, posee un conocimiento y experiencia únicos en los servicios del entorno médico. Las innovaciones patentadas de CIAT y la elección de los sistemas de circuito de agua, garantizan un ambiente higiénico, confortable y sostenible económicamente.

RESIDENCIAL

EXPERTOS EN SU HOGAR

En las viviendas construidas, CIAT ofrece la simplicidad, la economía y el confort de bombas de calor de alta temperatura en sustitución de calderas. Para las construcciones nuevas, las soluciones aerotérmicas o geotérmicas se anticipan a los nuevos reglamentos europeos.

INDUSTRIAL

EXPERTOS EN SOLUCIONES QUE GARANTIZAN SUS PROCESOS INDUSTRIALES

Conocedores del mercado industrial atendemos sus especificaciones y colaboramos en el desarrollo de su proyecto estudiando su proceso e instalaciones para ofrecerle las soluciones que mejor se adapten a sus necesidades.

Hospital Dubrovnik
Croacia

Audiencia Provincial de Zaragoza
Zaragoza

Inmobiliaria del Sur
Sevilla

"Armonizando
las necesidades del Hombre
y del Medioambiente

CIAT en España

www.grupociat.es

DELEGACIÓN CENTRO Y CANARIAS centro@grupociat.es
Madrid. Tel.: 91 745 10 00

DELEGACIÓN ESTE este@grupociat.es
Albacete. Tel.: 967 522 445
Valencia. Tel.: 96 331 80 84

DELEGACIÓN NORESTE noreste@grupociat.es
L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). Tel.: 93 223 97 41
Palma de Mallorca. Tel.: 93 223 97 41

DELEGACIÓN NOROESTE noroeste@grupociat.es
A Coruña. Tel.: 981 160 410

DELEGACIÓN NORTE norte@grupociat.es
Zaragoza. Tel.: 976 203 237

DELEGACIÓN SUR sur@grupociat.es
Málaga. Tel.: 952 311 208
Sevilla. Tel.: 95 425 63 84

INTERNACIONAL
Sede social: 31350 Culoz - Francia
info@ciat.fr - www.ciat.com

CIAT

CIAT Servicio

GARANTÍA DE CALIDAD

Nuestra red de asistencia técnica propia, CIAT Servicio, está a su disposición en todo el territorio nacional para garantizarle un óptimo funcionamiento de sus equipos, el máximo rendimiento y una vida útil más duradera. Además, CIAT Servicio les ofrece formación, asistencia técnica, controles de mantenimiento y gestión de repuestos originales.

REPUESTOS CIAT

La calidad de los repuestos originales es crucial para la durabilidad y correcto funcionamiento de los equipos de climatización. CIAT Servicio pone a su disposición una amplia gama de repuestos, con más de 3.000 referencias disponibles en stock, garantizando la mayor rapidez y un soporte técnico especializado.

SIEMPRE CERCA

CIAT Servicio está presente en toda el territorio nacional con 5 delegaciones y 19 puntos de asistencia, garantizando un servicio rápido y eficaz.

DELEGACIÓN SAT CENTRO-CANARIAS satcentro@grupociat.es
Madrid. Tel.: 91 749 10 00

DELEGACIÓN SAT ESTE sateste@grupociat.es
Albacete. Tel.: 967 522 445
Valencia. Tel.: 96 331 80 84

DELEGACIÓN SAT NORESTE satnoreste@grupociat.es
L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). Tel.: 93 223 97 41

DELEGACIÓN NORTE-NOROESTE satnoroeste@grupociat.es
Zaragoza. Tel.: 976 203 237

DELEGACIÓN SAT SUR satsur@grupociat.es
Málaga. Tel.: 952 311 208
Sevilla. Tel.: 95 425 63 84

SAT INTERNACIONAL international.service@grupociat.es
Tel.: 967 652 311

CIAT
SERVICIO

HYSYS

Sistema de energía para calefacción, refrigeración y calidad de aire interior

Las ventajas del bucle de agua

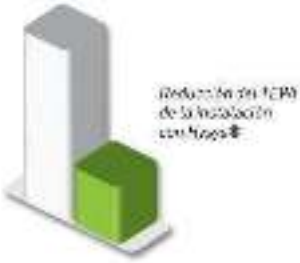
Utilizando el agua, el mejor fluido caloportador, Hysys® se perfila como una alternativa real a los sistemas de expansión directa aportando beneficios reales.

CONFORT

El agua asegura progresividad y precisión de confort para sus ocupantes.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

La homogeneidad y la estabilidad térmica del agua reducen el coste energético de transporte de calorías.



Reducción de TCO de la instalación con Hysys®

ECOLOGÍA

No hay paso de fluido refrigerante en las instalaciones, una mínima presencia en las bombas de calor en el exterior de las zonas de ocupación de los edificios (-70% con respecto al equipo de expansión directa).

SIMPLICIDAD

Durante su instalación, Hysys® no requiere la intervención de operarios especializados en refrigeración.

ALTAMENTE MODULAR

Hysys® se adapta más fácilmente a las configuraciones de los edificios y a los cambios en espacios y superficies.

COMPETITIVIDAD

Los equipos de solución de bucle de agua son más económicos y requieren de menos mantenimiento que los equipos de expansión directa.

CIAT

Ageo+ 122
Ageo Caleo 125
Air Access 230
Air Compact 228
AirDuo Compact 35
AirDuo Nexo 27
AirDuo 13
Aquaciat 2 149
Aquaciat Caleo 155
Aquaciat Grand Inverter 153
Aquaciat Power STD / HEE 157
Aqualis 2+ 118
Aqualis Caleo 120
BCP Air Master 99
BCP Aquair 93
BCP Junior 90
CIATCooler STD / HEE 130
Coadis Comfort 203
Coadis Line 207
Coadis Medical Comfort 205
Coadis Slim 201
Compatibilidades AirDuo 42
Conex. partidas R-407C 18
Conex. partidas R-410A 50
Coralis 250
Corevo 253
Cristopia 175
CTH 232
Dynaciat 165
Dynaciat Power 168
Ecociat 255
Espar 175
Floway 224
Free cooling agua 245
HA000 213
HCompact2 52
Hidropack 143
Hydrociat 170
Itex 245
KCH 220
KCN 196
Magister 180
Major 2 187
Major Line 190
M.A.S.T.A.R. 234
Nectis 75
Opera 237
Optima 251
Powerciat 161
Sericiat 257
Space Gas 70
Space 63
TA 254
TB 133
TEH 141
UTA Compact 198
UTA Standard 195
VCompact 55
Vextra / Vextra Power 242
XH 81
XV 94

REGULACIONES
µAir Connect 2 267
µChiller² 262
µConnect 261
Aeroconnect 267
Avant / Avant+ 108
Avant Pro 110
Connect / Connect 2 263
Easy Ciat Control 275
Electromecánica RTR-E 273
Geoclima 106
Geoclima Pro 107
MultiConnect 265
pCO5 268
PGD Touch 115
PlantVisorPRO 2 112
V200 274
V30 273
V3000 KNX 274
Wise Connect 2 265

Contenido

SOLUCIONES DE AIRE

Equipos autónomos
Aire-aire partidos
Aire-aire compactos
Roof-top
Agua-aire compactos

Tratamiento de aire para piscinas

Regulación y control aire

SOLUCIONES DE AGUA

Plantas Habitat
Aerotermia
Geotermia - Hidrotermia

Plantas
Aerotermia con ventilador centrífugo
Aerotermia con ventilador axial
Geotermia - Hidrotermia
Almacenamiento de energía

Tratamiento de aire de precisión

Unidades terminales
Unidades terminales fancoils
Unidades terminales conductos
Unidades terminales cassettes
Unidades terminales heliotermos

Unidades de tratamiento de aire

Intercambiadores / A.C.S.

Regulación y control agua
Regulaciones Plantas y Tratamiento de aire de precisión
Regulaciones Unidades terminales

Utilización del catálogo

Unidades utilizadas

DENOMINACIÓN	UNIDADES	SÍMBOLO
Potencia frigorífica	Vatio y Kilovatio	[W] y [kW]
Potencia calorífica	Vatio y Kilovatio	[W] y [kW]
Potencia absorbida	Vatio y Kilovatio	[W] y [kW]
Potencia deshumectación	Kilogramos/hora	[kg/h]
Caudal de aire	Metros cúbicos/hora	[m³/h]
Presión estática disponible lado el	Milímetros columna de agua y pascales	[mm.c.a.] y [Pa]
Caudal de agua	Litros/hora	[l/h]
Presión estática disponible lado al	Metros columna de agua	[m.c.a.]
Intensidad nominal	Amperio	[A]
Dimensiones	Milímetro	[mm]
Peso	Kilogramo	[kg]
Conexiones hidráulicas	Pulgada	[“]
Temperatura	Grado centígrado	[ºC]

Leyenda

- Sólo frío
- Sólo calor
- Bomba de calor
- Recuperación de calor
- Free cooling aire
- Calidad de aire interior
- Deshumectación
- Módulo hidráulico
- Agua caliente sanitaria
- Alta temperatura
- Módulo free cooling integrado
- Tecnología inverter
- Refrigerante R-407C
- Refrigerante R-410A
- Refrigerante R-134a

Ageo+

Equipos Habitat agua-agua

SERIE AGEO+

Equipos bomba de calor agua-agua reversibles con grupo hidráulico tanto en el circuito de captación como en el interior. Concebidos para instalación en interior.

COMPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS

- Construcción compacta con carrocería resistente a la corrosión en chapa de acero galvanizado lacada y panel frontal en plástico ABS. Amortiguadores entre chasis autoportante interior y carrocería exterior para evitar transmisión de vibraciones.

Circuitos exterior e interior

- Intercambiador de placas de acero inoxidable AISI 316L soldadas, aislado térmicamente. Perfil de las placas optimizado para un alto rendimiento.

Circuito frigorífico

- Compresor hermético tipo scroll. Motor refrigerado mediante los gases aspirados. Protección interna del motor mediante sonda en el bobinado. Aislamiento acústico mediante chasis autoportante interior.
- Válvula de inversión de ciclo de cuatro vías.
- Válvula de expansión termostática bidireccional.

Grupos hidráulicos (circuito captador y circuito interior)

- Bomba de circulación de velocidad variable clase energética A (modelos del 20 al 40) o bomba 3 velocidades (modelos del 50 al120).
- Vaso de expansión.
- Presostato diferencial.
- Desagüe.

Protecciones

- Presostato de alta presión.
- Protección antihielo en los intercambiadores.
- Sondas de salida y de retorno de agua en el intercambiador secundario.
- Sonda de salida de agua en el intercambiador primario.
- Sonda de freón primaria y secundaria.
- Sonda de temperatura exterior.
- Protección del circuito de mando remoto.
- Interruptor general de puerta.
- Límite de intensidad en el arranque de serie (salvo modelos 20H y 40HT).

REGULACIÓN

Regulación electrónica µCONNECT con pantalla integrada en el frontal de la unidad y un terminal para mando remoto.
Tarjeta adicional µCONNECT incluida.

OPCIONALES

Confort / Calefacción

- Módulo de calentamiento de bucle 5 kW (monofásico) o 9 kW (trifásico).
- Kit de apoyo eléctrico de 9 kW (monofásico / trifásico) integrado en el depósito de mezcla de 8 tubos.
- Kit de calentamiento de piscina (sonda + válvula de 3 vías incluidas).

ACS

- Depósito para producción de ACS SANI 300L (válvula de 3 vías incluida).

Instalación

- Kit de filtros de agua (obligatorio).
- Kit de conexiones flexibles, longitud: 500 mm (obligatorio).
- Kit de válvulas de seguridad manométricas (obligatorio).
- Depósitos de mezcla de 4 tubos 80 l ó 150 l.
- Depósitos de mezcla de 8 tubos 200 l ó 400 l.
- Kit de llenado.
- Intercambiador de piscina ITEX POOL.
- Módulo hidráulico DUO (potencia de suelo radiante < 11 kW).
- Sonda higrométrica para suelo radiante.
- Termostato limitador para suelo radiante (60 ºC).

RANGO DE POTENCIAS Y LISTA DE PRECIOS

BOMBA DE CALOR R-410A			
Modelo	Potencia frigorífica (kW)	Potencia calorífica (kW)	Precio (€)
Ageo+ 20H	5,9	7,4	6.006
Ageo+ 30H	7,6	9,4	6.735
Ageo+ 40H	9,2	11,5	6.959
Ageo+ 50H	12,2	15,3	7.802
Ageo+ 40HT	9,1	11,3	7.037
Ageo+ 50HT	12,8	16,1	7.324
Ageo+ 65HT	15,9	19,8	7.502
Ageo+ 80HT	19,7	24,5	8.152
Ageo+ 100HT	24,9	30,9	9.644
Ageo+ 120HT	29,1	36,3	10.791

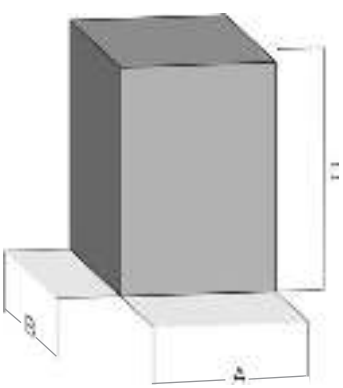
Potencia frigorífica calculada según norma EN14511, para agua fría a 12/7ºC y agua caliente 30/35ºC.
Potencia calorífica calculada según norma EN14511, para agua caliente a 30/35ºC y agua fría 10/7ºC.
NOTA: Lista de precios de opcionales a consultar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo	Nº circuitos / compresores / etapas	Circuito interior		Circuito exterior		Potencia absorbida		Intensidad máxima absorbida	
		Caudal nominal (m^3/h)	Conexiones hidráulicas E/S	Caudal nominal (m^3/h) (1)	Conexiones hidráulicas E/S	Frío (kW)	Calor (kW)	230 V / I ph (A)	400 V / III ph (A)
Ageo+ 20H	1 / 1 / 1	1,3	G1"	1,2	G1"	1,4	1,5	12,7	-
Ageo+ 30H	1 / 1 / 1	1,6	G1"	1,6	G1"	1,9	1,9	14,6	-
Ageo+ 40H	1 / 1 / 1	1,9	G1"	2,0	G1"	2,3	2,3	18,4	-
Ageo+ 50H	1 / 1 / 1	2,7	G1 1/4"	2,6	G1 1/4"	3,0	3,0	26,0	-
Ageo+ 40HT	1 / 1 / 1	1,9	G1 1/4"	2,0	G1 1/4"	2,2	2,2	-	7,9
Ageo+ 50HT	1 / 1 / 1	2,7	G1 1/4"	2,6	G1 1/4"	3,3	3,2	-	11,3
Ageo+ 65HT	1 / 1 / 1	3,3	G1 1/4"	3,3	G1 1/4"	3,9	3,9	-	13,4
Ageo+ 80HT	1 / 1 / 1	4,0	G1 1/4"	4,0	G1 1/4"	4,7	4,7	-	16,3
Ageo+ 100HT	1 / 1 / 1	5,1	G1 1/2"	5,1	G1 1/2"	5,7	5,7	-	20,5
Ageo+ 120HT	1 / 1 / 1	6,0	G1 1/2"	6,0	G1 1/2"	7,1	7,1	-	23,1

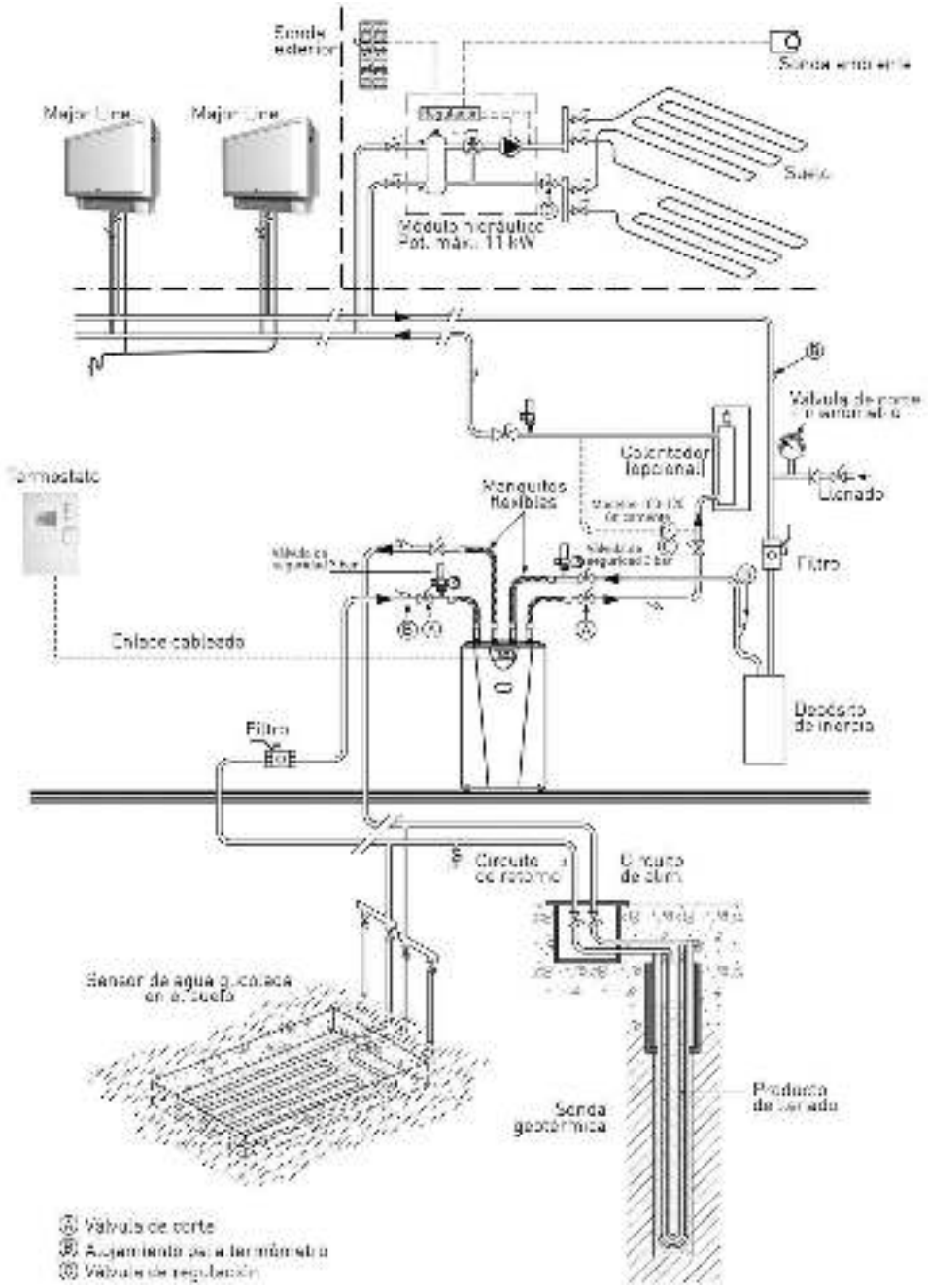
Potencia total absorbida calculada según norma EN14511 en condiciones nominales.
(1) Régimen modo calor capa freática, interior 40/45ºC, exterior 10/6ºC.

DIMENSIONES



Modelo	Dimensiones (mm)			Peso
	A	B	C	(kg)
Ageo+ 20	650	695	1.230	134
Ageo+ 30	650	695	1.230	146
Ageo+ 40	650	695	1.230	150
Ageo+ 50	650	695	1.230	160
Ageo+ 65	650	695	1.230	165
Ageo+ 80	650	695	1.230	169
Ageo+ 100	650	695	1.230	190
Ageo+ 120	650	695	1.230	202

ESQUEMA DE PRINCIPIO DE INSTALACIÓN CON CAPTADOR ENTERRADO



Ageo Caleo

Equipos Habitat agua-agua

SERIE AGEO CALEO

Equipos bomba de calor de alta temperatura (65ºC) agua-agua no reversibles para funcionamiento sólo calor, adaptados a instalaciones con radiadores, con grupo hidráulico tanto en el circuito de captación como en el interior. Concebidos para instalación en interior.

COMPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS

- Equipo compacto, con estructura anticorrosión de chapa galvanizada lacada y panel frontal de ABS. La estructura autoportante interior va separada de la estructura por amortiguadores de vibraciones.

Circuitos exterior e interior

- Intercambiador de placas de acero inoxidable soldadas, aislado térmicamente. Perfil de las placas optimizado para un alto rendimiento.

Circuito frigorífico

- Compresor hermético tipo scroll. Motor refrigerado mediante los gases aspirados. Protección interna del motor mediante sonda en el bobinado. Aislamiento acústico mediante chasis autoportante interior.
- Válvula de expansión termostática bidireccional.

Grupos hidráulicos (circuito captador y circuito interior)

- Bomba de circulación multivelocidad con válvulas de corte.
- Vaso de expansión.
- Presostato diferencial en el circuito exterior.
- Desagüe.

Protecciones

- Presostato de alta presión.
- Protección antihielo en el intercambiador exterior.
- Sonda de salida de agua caliente.
- Protección del circuito de mando remoto.
- Interruptor general de puerta.

REGULACIÓN

Regulación electrónica µCONNECT con pantalla integrada en el frontal de la unidad y un terminal para mando remoto.

OPCIONALES

Confort / Calefacción

- Módulo de calentamiento de bucle 5 kW (monofásico) o 9 kW (trifásico).
- Kit de apoyo eléctrico de 9 kW (monofásico / trifásico) integrado en el depósito de mezcla de 8 tubos.
- Kit de calentamiento de piscina (sonda + válvula de 3 vías incluidas).

ACS

- Depósito para producción de ACS SANI 300L (válvula de 3 vías incluida).

Instalación

- Kit de filtros de agua (obligatorio).
- Kit de conexiones flexibles, longitud: 500 mm (obligatorio).
- Kit de válvulas de seguridad manométricas.
- Depósitos de mezcla de 4 tubos 150 l.
- Depósitos de mezcla de 8 tubos 200 l ó 400 l.
- Kit de llenado.
- Intercambiador de piscina ITEX POOL.

Acústica

- Aislamiento fónico del compresor.

Cuadro eléctrico

- Arranque del compresor (estándar modelo 50H, opcional modelos del 50HT al 80HT).

Regulación

- Tarjeta adicional µCONNECT.

Ageo Caleo
Equipos Habitat agua-agua

RANGO DE POTENCIAS Y LISTA DE PRECIOS

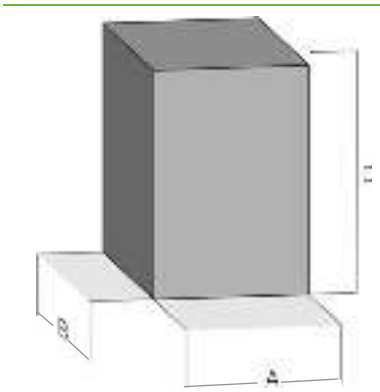
SÓLO CALOR R-410A		
Modelo	Potencia calorífica (kW)	Precio (€)
Ageo Caleo 50H	16,6	7.847
Ageo Caleo 50HT	17,4	7.364
Ageo Caleo 65HT	20,6	7.560
Ageo Caleo 80HT	25,2	8.198

Potencia calorífica para agua caliente a 25/45ºC y agua en el evaporador de 10/5ºC.
NOTA: Lista de precios de opcionales a consultar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo	Nº circuitos / compresores / etapas	Circuito interior		Circuito exterior		Potencia absorbida	Intensidad máxima absorbida	
		Caudal nominal (m^3/h)	Conexiones hidráulicas E/S	Caudal nominal (m^3/h) (1)	Conexiones hidráulicas E/S	Calor (kW)	230 V / I ph (A)	400 V / III ph (A)
Ageo Caleo 50H	1 / 1 / 1	0,65	1 1/4"	2,72	1 1/4"	3,2	28,7	-
Ageo Caleo 50HT	1 / 1 / 1	0,65	1 1/4"	2,72	1 1/4"	3,5	-	11,9
Ageo Caleo 65HT	1 / 1 / 1	0,82	1 1/4"	3,34	1 1/4"	4,1	-	13,7
Ageo Caleo 80HT	1 / 1 / 1	1,02	1 1/4"	4,00	1 1/4"	5,0	-	16,8

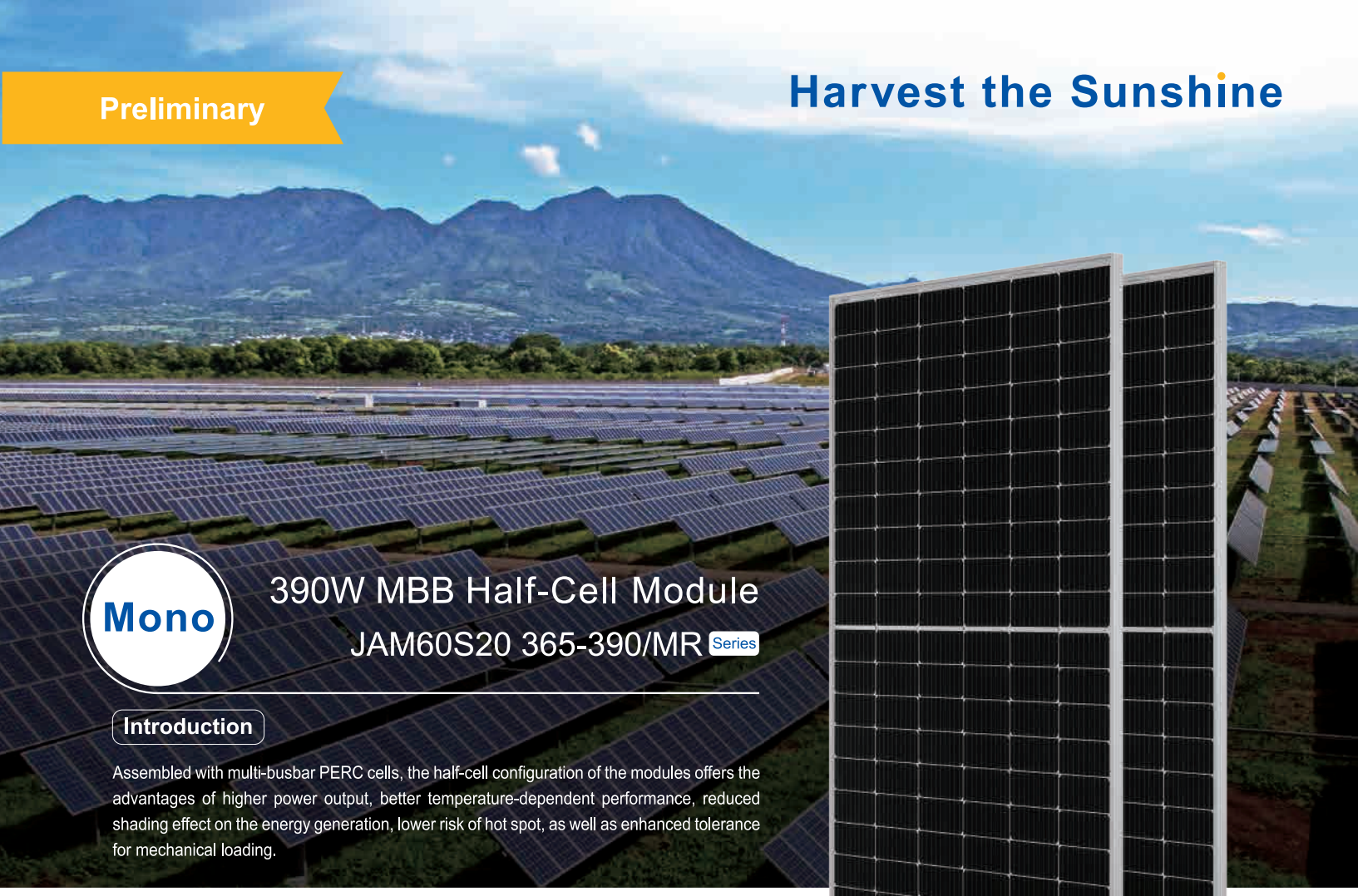
DIMENSIONES



Modelo	Dimensiones (mm)			Peso
	A	B	C	(kg)
Ageo Caleo 50H	650	695	1.230	151
Ageo Caleo 50HT	650	695	1.230	151
Ageo Caleo 65HT	650	695	1.230	161
Ageo Caleo 80HT	650	695	1.230	165

Preliminary

Harvest the Sunshine



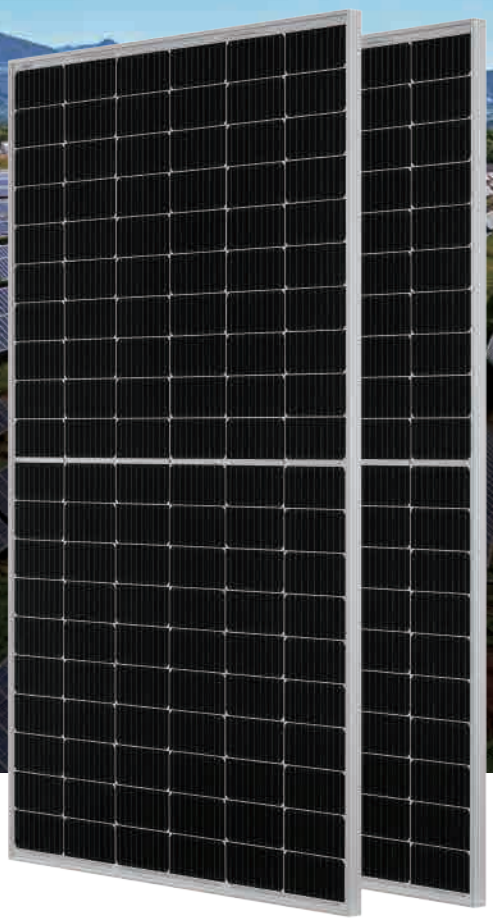
Mono

390W MBB Half-Cell Module

JAM60S20 365-390/MR Series

Introduction

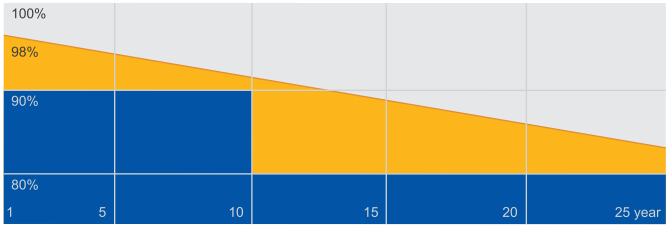
Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



- Higher output power
- Lower LCOE
- Less shading and lower resistive loss
- Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



JA Linear Power Warranty Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730,UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval

JA SOLAR

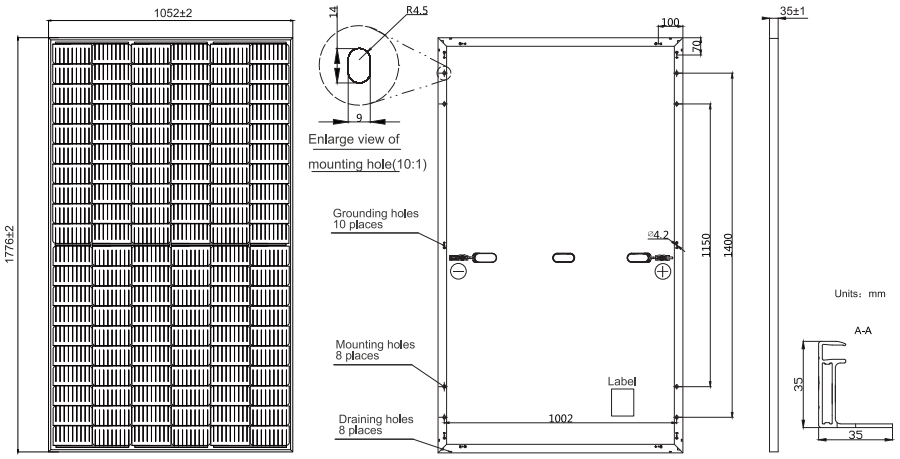
www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.

JA SOLAR

JAM60S20 365-390/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	20.7kg±3%
Dimensions	1776±2mm×1052±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm² (IEC) ,12 AWG(UL)
No. of cells	120(6×20)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1000mm(+)/1000mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet 744pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S20 -365/MR	JAM60S20 -370/MR	JAM60S20 -375/MR	JAM60S20 -380/MR	JAM60S20 -385/MR	JAM60S20 -390/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	365	370	375	380	385	390
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	41.13	41.30	41.45	41.62	41.78	41.94
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	33.96	34.23	34.50	34.77	35.04	35.33
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.30	11.35	11.41	11.47	11.53	11.58
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.75	10.81	10.87	10.93	10.99	11.04
Module Efficiency [%]	19.5	19.8	20.1	20.3	20.6	20.9
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α_Isc)	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β_Voc)	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ_Pmp)	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

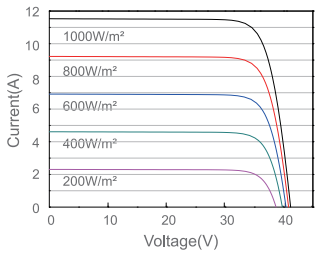
TYPE	JAM60S20 -365/MR	JAM60S20 -370/MR	JAM60S20 -375/MR	JAM60S20 -380/MR	JAM60S20 -385/MR	JAM60S20 -390/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	276	280	284	287	291	295
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	38.41	38.65	38.89	39.14	39.38	39.63
Max Power Voltage(Vmp) [V]	32.05	32.30	32.55	32.72	32.96	33.20
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.15	9.20	9.25	9.30	9.35	9.40
Max Power Current(Imp) [A]	8.61	8.66	8.71	8.78	8.83	8.88
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

OPERATING CONDITIONS

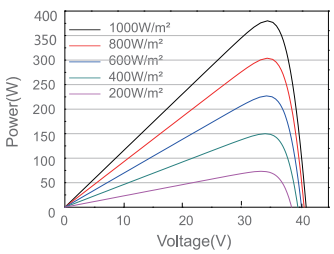
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front	5400Pa (112 lb/ft²)
Maximum Static Load,Back	2400Pa (50 lb/ft²)
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

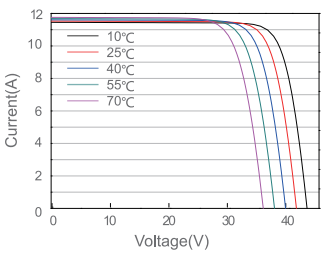
Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Power-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Edificios

Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización 14

Guía técnica

Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica

ahorra energía

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO
IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Edificios

Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización 14

Guía técnica

Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica

ahorra energía

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO
IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

ÍNDICE

1 Introducción 5

2 Objeto y campo de aplicación de la guía 7

3 Los sistemas de bomba de calor geotérmica como herramienta de ahorro energético 9

4 Fundamentos térmicos del terreno 11

4.1 Evolución de la temperatura con la profundidad 11
4.2 Propiedades térmicas del terreno 13

5 Diseño del intercambiador de calor enterrado 15

5.1 Procedimiento de diseño de un intercambiador enterrado 15

6 Ejecución de la instalación 27

6.1 Perforación 27
6.2 Ejecución y relleno de zanja 28
6.3 Pruebas de presión y purgado en el intercambiador 31
6.4 Montaje de colectores 32
6.5 Sala de máquinas 34

7 Puesta en marcha de los equipos 35

7.1 Limpieza y purga del sistema 35

8 Mantenimiento de la instalación 39

Apéndice I: Cálculo de la resistencia térmica de los intercambiadores (Rs) . . . 41

Apéndice II: Términos y definiciones 45

Apéndice III: Símbolos y unidades 46

Apéndice IV: Normas y documentos para consulta 47

4 Fundamentos térmicos del terreno

4.1 Evolución de la temperatura con la profundidad

La energía aportada por la radiación solar, precipitaciones y otros efectos atmosféricos es transferida diariamente a y desde la superficie de la tierra produciéndose un equilibrio térmico. Como consecuencia de este equilibrio, la temperatura de la tierra a ciertas profundidades (aproximadamente 10 metros) se mantiene constante y se aproxima a la temperatura media anual del aire ambiente en esa determinada zona (Figura 4.1.). En las profundidades comprendidas entre la superficie y estos 10 metros, la temperatura de la tierra variará dependiendo de la profundidad y de las características del tipo de suelo: conductividad, difusividad, calor específico, etc. (Figura 4.3).

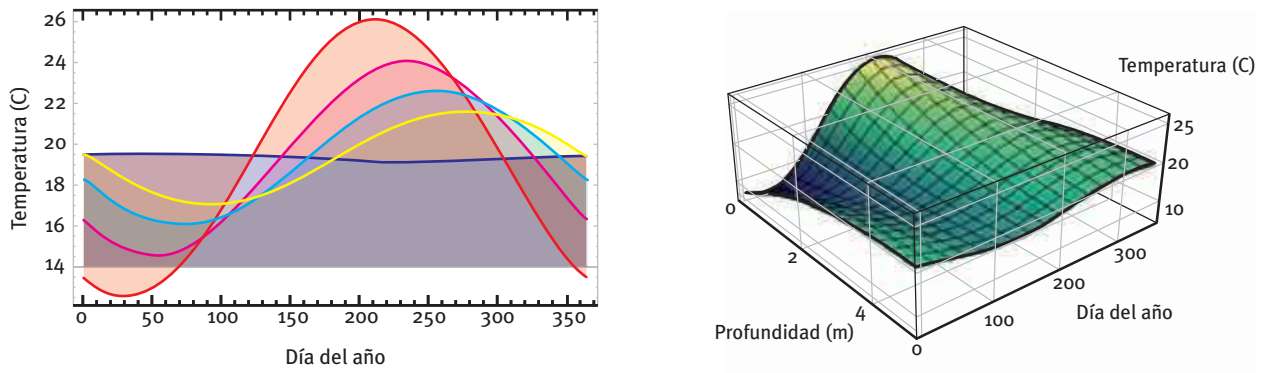


Figura 4.1: Variación de la temperatura de la Tierra en función de la profundidad a lo largo de un año

La figura muestra a la izquierda la evolución estacional de las temperaturas a lo largo de un año para un punto situado a diferentes profundidades bajo la superficie. Las temperaturas y difusividades son típicas de Valencia. Se observa que, a medida que se incrementa la profundidad, la amplitud de las oscilaciones térmicas decrece y sus máximos y mínimos se van desfasando. La curva de color rojo corresponde a la oscilación natural (inmediatamente bajo la superficie), en magenta, azul claro, amarillo y azul oscuro se representan sucesivamente las evoluciones de temperatura a 1 m, 2 m, 3 m y 10 m respectivamente. A la derecha podemos ver el mismo proceso en una representación tridimensional que permite obtener una idea global de la variación en profundidad.

Como se puede observar en la figura anterior, a medida que aumentamos la profundidad en el terreno, la evolución de la temperatura se va amortiguando hasta permanecer constante. También se aprecia como en verano e invierno, debido a la propia inercia del terreno, las temperaturas máximas y mínimas del suelo se retrasan en torno a cuatro semanas comparadas a las temperaturas superficiales del suelo.

El gradiente geotérmico se define como la variación de temperatura con la profundidad, estando determinado en unidades de °C/km. Con respecto a dicho gradiente y exceptuando zonas concretas con actividad magmática, pueden diferenciarse tres profundidades típicas.

Hasta una profundidad de unos 50 m, la temperatura del terreno está básicamente determinada por el intercambio térmico con la atmósfera y el sol, así como la presencia de aguas subterráneas, resultando ser sustancialmente constante. Por debajo de dicha profundidad y hasta profundidades de unos 100 m existe un gradiente geotérmico variable, al estar aún las temperaturas bajo la influencia de dichos fenómenos de intercambio superficial. Por debajo de dicha profundidad suele establecerse ya un gradiente geotérmico claro y la temperatura generalmente se incrementa con la profundidad, aunque dicho incremento puede ser muy variable según las condiciones tectónicas y propiedades térmicas del suelo. Con carácter general suele estimarse que el gradiente geotérmica a partir de dichas profundidades y en suelos estables tectónicamente o sedimentarios puede oscilar entre 15-30 °C/km.

Desde el punto de vista del diseño y dimensionado de intercambiadores geotérmicos para aplicaciones de muy baja entalpía, puede concluirse de lo anterior que el gradiente geotérmico es un factor a tener en cuenta únicamente en sistemas verticales cuya profundidad excediese los 100 m. Una dificultad considerable para ello reside en el hecho de que el gradiente geotérmico presenta, según zonas, una considerable heterogeneidad incluso sobre distancias horizontales pequeñas.

4.1.1 Métodos para calcular la evolución de temperatura del terreno

Suponiendo un suelo homogéneo con propiedades térmicas constantes, la temperatura a cualquier profundidad z puede calcularse a partir de la siguiente expresión[1]:

$$T(z,t) = T_m - A_s e^{-z\sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} \cos\left[\frac{2\pi}{365}\left(t - t_o - \frac{z}{2}\sqrt{\frac{365}{\pi\alpha}}\right)\right] \quad (1)$$

donde T(z,t) es la temperatura en °C del suelo en el tiempo t a una profundidad z, T_m es la temperatura media anual del suelo en °C (a una profundidad en donde no son perceptibles las variaciones de temperatura), A_s es la oscilación de la temperatura superficial en °C, t es el tiempo en días, t_o el desfase en días y α es la difusividad térmica del suelo en m^2/día.

La temperatura media del terreno (T_m) se puede asumir como constante hasta profundidades de 100 metros.

El valor de la oscilación anual (A_s) depende de la localización, del tipo de suelo y del contenido en agua.

El desfase en días (t_o) se refiere al desplazamiento de la temperatura superficial con la profundidad como se observa en la figura 4.1; un valor típico de este parámetro es 35 ± 10 días (análisis de Kusuda).

Los valores de la difusividad térmica del suelo (α) dependen del tipo de suelo y del contenido de agua.

Otras formas para determinar las temperaturas del suelo son:

1 El conocimiento de las condiciones de temperatura locales del suelo basadas en la experiencia o datos medidos.

2 Las gráficas de diseño (curva de embudo) como la mostrada en la figura 4.2 para la determinación de la temperatura máxima y mínima del suelo en función del tipo y profundidad del suelo.

3 Las tablas de diseño para determinar las temperaturas máximas y mínimas del suelo para distintos valores de oscilación anual del suelo (A_s).

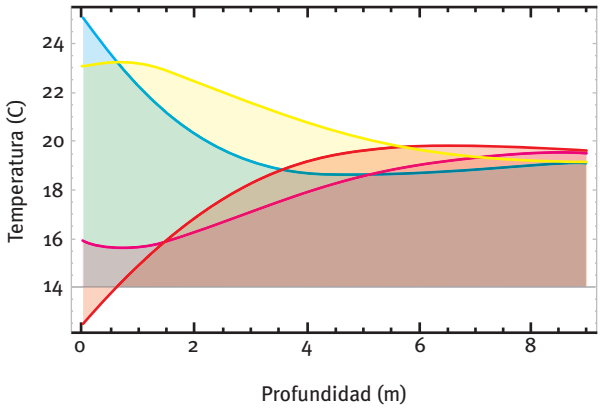


Figura 4.2: Evolución de la temperatura del suelo. Curva embudo

La figura muestra la evolución de la temperatura con la profundidad para diferentes días a lo largo del año. La curva roja corresponde a la distribución de temperaturas en el día 30 (finales de enero), las curvas magenta, azul claro y amarillo, respectivamente, a los días 90, 180 y 270.

(1) Kusuda T., Achenbach P.R. "Earth temperature and thermal diffusivity at selected stations in the United States". ASHRAE Transactions. 1965, vol. 71, p. 61-75

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

Tabla 4.1: Valores de conductividad y capacidad térmica para distintos tipos de materiales
Fuente: Paud, D. Getohermal energy and heat storage. 2002

5 Diseño del intercambiador de calor enterrado

En el diseño de los intercambiadores de calor enterrados intervienen múltiples factores que hacen factibles distintas variantes de diseño para un mismo sistema. De la habilidad del proyectista depende buscar aquella configuración que sea más adecuada a las características del proyecto a realizar y que permita obtener el máximo rendimiento de la instalación al menor coste posible.

Existen en el mercado varios programas comerciales de diseño de intercambiadores de calor enterrados. En esta guía se va a desarrollar la metodología de diseño de la Internacional Ground Source Heat Pump Association (IGSHPA), metodología válida para una primera aproximación al diseño de sistemas geotérmicos.

El método IGSHPA para el diseño de intercambiadores enterrados está basado en la teoría de la fuente de calor en forma de una línea infinita (*Kelvin Line Source Theory*) desarrollado por Ingersoll y Plass. Según esta teoría un intercambiador de calor que cede calor al suelo se comporta como una fuente de calor con un espesor pequeño y una longitud infinita, y por tanto sólo cede calor en el sentido radial.

Es un método de cálculo estático que asume que el sistema funciona durante un tiempo determinado a una carga constante y con el suelo a la temperatura más desfavorable, es decir, el mes de enero para calefacción y el mes de julio para refrigeración, y con una temperatura de agua fija. Durante los restantes meses, la temperatura del aire será más moderada, y por lo tanto la carga calorífica o frigorífica será menor. Además el suelo no estará tan frío (en inverno) o tan caliente (en verano), lo que hará que la temperatura del agua sea más moderada y el sistema funcionará con un mayor rendimiento.

5.1 Procedimiento de diseño de un intercambiador enterrado

5.1.1 Elección de la bomba de calor

Las especificaciones de la bomba de calor fijan varios parámetros de diseño del intercambiador de calor enterrado, ya que nos determinan el calor intercambiado con el suelo y el caudal circulante por el intercambiador de calor, además de fijar el rendimiento del sistema (Coefficient of Performance COP) de acuerdo con sus curvas características de potencia-temperatura.

El COP de una bomba de calor representa la relación entre la capacidad térmica de la misma (Q) y la potencia eléctrica consumida para suministrarla (W). Su definición para los modos de calefacción y refrigeración es la siguiente, así como la relación entre el calor absorbido o inyectado al terreno.

$$\mathrm{COP}_{\text{calefacción}} = \frac{Q_{\text{calefacción}}}{W_{\text{calefacción}}} \qquad (4)$$

$$Q_{\text{absorbido}} = Q_{\text{calefacción}} - W_{\text{calefacción}} \qquad (5)$$

$$\mathrm{COP}_{\text{refrigeración}} = \frac{Q_{\text{refrigeración}}}{W_{\text{refrigeración}}} \qquad (6)$$

$$Q_{\text{inyectado}} = Q_{\text{refrigeración}} + W_{\text{refrigeración}} \qquad (7)$$

La selección de la bomba de calor se realiza a partir de un cálculo de cargas térmicas de acuerdo a las exigencias de diseño y dimensionado especificadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas.

– “Slinky”

- En zanja horizontal

- En zanja vertical

- Según la trayectoria del fluido

– Serie

– Paralelo

A continuación se muestran unos esquemas de las configuraciones más usuales:

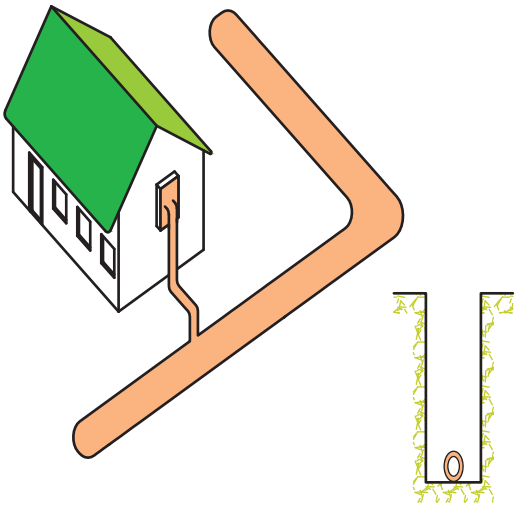


Figura 5.1: Tubería simple horizontal

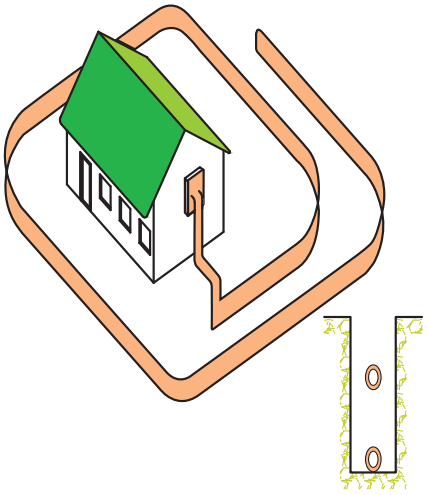


Figura 5.2: Tubería doble horizontal

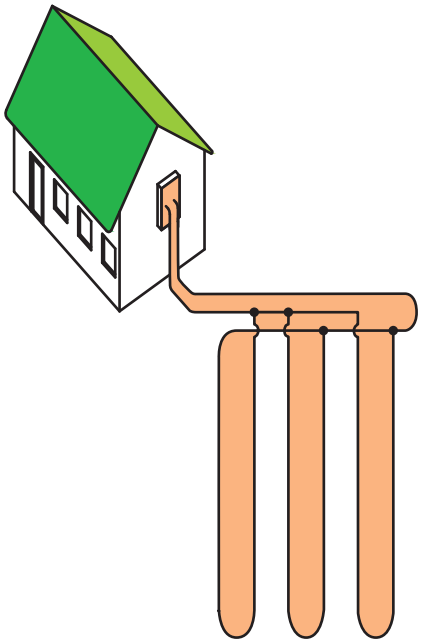


Figura 5.3: Sistema en paralelo vertical

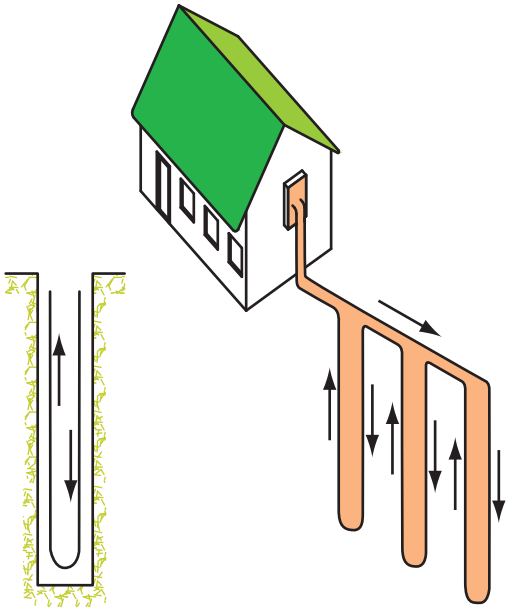


Figura 5.4: Sistema en serie vertical

Figura 5.5: Sistema de perforación vertical

La selección de un intercambiador de calor horizontal, vertical o "Slinky" dependerá de la superficie de terreno disponible, la potencia a disipar y los costes de instalación. Generalmente los sistemas horizontales se emplean para instalaciones de baja potencia (viviendas) con grandes superficies disponibles, mientras que los sistemas verticales permiten la ejecución de grandes instalaciones con una perfecta integración en la edificación y sin hipotecar grandes superficies de terreno. La configuración "Slinky" es una variante de la horizontal –consistente en disponer la tubería formando bucles o espiras– que se emplea para instalar la mayor longitud de intercambiador con la menor excavación posible.

Para diseñar cada tipología de intercambiador de calor enterrado habrá que tener en cuenta lo siguiente:

- Intercambiador horizontal
  - – Profundidad de zanja
  - – Nº de zanjas
  - – Espacio entre las sondas en cada zanja
- Intercambiador vertical
  - – Profundidad de cada perforación
  - – Nº de perforaciones
  - – Distancia entre perforaciones (se recomienda que esta distancia no sea menor a los 6 metros para evitar interferencias térmicas entre las perforaciones, distancia que deberá aumentarse cuando la conductividad del terreno sea elevada)
- Intercambiador "Slinky"
  - – Profundidad de zanja
  - – Nº de zanjas
  - – Diámetro y paso de las espiras

En las siguientes gráficas se muestran las distintas configuraciones según la trayectoria del fluido, en las instalaciones en serie hay solamente una trayectoria para el fluido, mientras que en un sistema en paralelo el fluido puede tomar dos o más trayectorias en alguna parte del circuito. El diseñado seleccionará un modo de circulación u otro teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes que se citan a continuación.

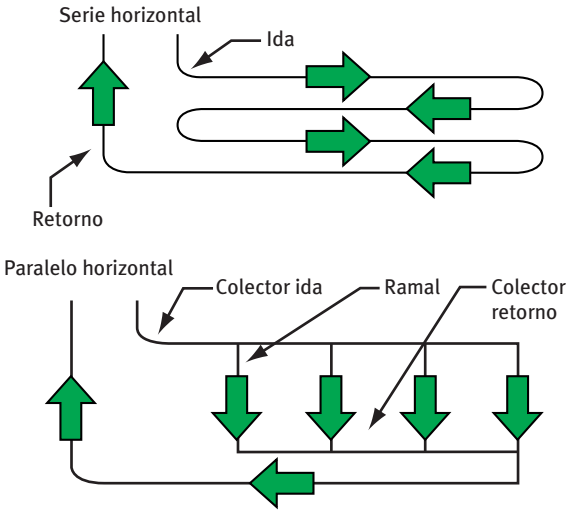


Figura 5.6: Flujo en serie/paralelo en configuración horizontal

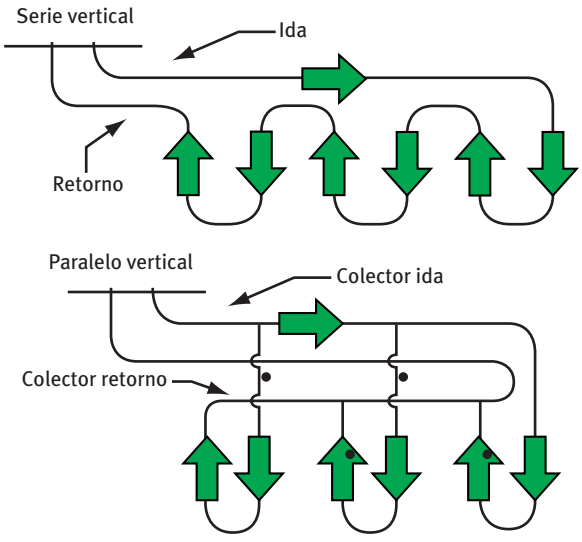


Figura 5.7: Flujo en serie/paralelo en configuración vertical

- Ventajas del sistema en serie
  - La trayectoria del fluido está perfectamente definida.
  - El aire atrapado puede ser eliminado con gran facilidad (purga).
  - Funcionamiento térmico más alto por metro lineal de tubo puesto que se requiere de un diámetro superior.
- Desventajas del sistema en serie
  - Se necesita un diámetro mayor para el tubo, lo que implica mayor cantidad de fluido y anticongelante (en su caso), es decir, aumenta el coste de la instalación.
  - Longitud limitada debido a la caída de presión del fluido.
- Ventajas del sistema en paralelo
  - Coste de instalación más bajo al disminuir los diámetros necesarios y la cantidad de fluido de intercambio.
- Desventajas del sistema en paralelo
  - Hay que tener un cuidado especial para eliminar el aire que pueda quedar atrapado.
  - Problemas para equilibrar el flujo en los distintos bucles.

5.1.4 Elección de los tubos

5.1.4.1 Elección de los materiales

El polietileno (PE) y polibutileno (PB) son los materiales más comunes en los intercambiadores de calor enterrados. Ambos son flexibles a la vez que resistentes y pueden unirse mediante fusión por calor para formar empalmes más fuertes que el tubo mismo.

En la tabla 5.2 se recogen las características de los tubos para distintas presiones de trabajo. El espesor de las paredes y consecuentemente la resistencia del tubo se define en términos de Schedule Rating (SCH) o Size Dimension Ratio (SDR).

5.1.4.2 Elección del diámetro

Para la selección del diámetro de las tuberías se debe llegar a un compromiso entre la caída de presión y el funcionamiento térmico, ya que éste:

1 Debe ser lo suficientemente grande para producir una pérdida de carga pequeña y así necesitar menor potencia de bombeo.

2 Debe ser lo suficientemente pequeño para asegurar altas velocidades y así garantizar turbulencia del fluido dentro del tubo, de manera que se favorezca el traspaso térmico entre el fluido que circula y la pared interior. Cuanto mayor sea la turbulencia mayor será el intercambio térmico. La condición que asegura la turbulencia es:

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \vartheta \cdot D} > 2.300 \qquad (8)$$

Donde Re es el número de Reynolds que caracteriza si un flujo es turbulento o laminar, Q el caudal (m^3/s), D el diámetro del tubo (m) y ϑ la viscosidad cinemática (m^2/s).

5.1.4.3 Estudio de temperaturas

Tanto el polietileno (PE) como el polibutileno (PB) se comportan adecuadamente a las temperaturas de trabajo del intercambiador de calor, fijadas por la bomba de calor, y que dependen del punto de trabajo de la bomba de calor seleccionada. Cuando la bomba de calor está en modo calefacción (produciendo en el condensador agua caliente para suministrar al edificio entre 45-55 °C), en el evaporador se produce agua fría a unos 5-15 °C, que es la que circula por las tuberías del intercambiador de calor enterrado. En refrigeración, cuando la bomba de calor produce frío en el evaporador, a una temperatura comprendida entre 7-12 °C, por las tuberías del intercambiador enterrado circulará el agua de intercambio de calor con el condensador a unos 25-35 °C.

6 Ejecución de la instalación

6.1 Perforación

En la ejecución de los intercambiadores de calor verticales, se deberán tener en cuenta una serie de aspectos que faciliten su puesta en obra y minimicen las interacciones con otros trabajos.

Previamente a la entrada de la maquinaria en obra se deben determinar:

- Accesos
- Replanteos
- Espacio para acopio de material
- Obra civil auxiliar (pista de trabajo, balsa de lodos,...)
- Necesidades de agua y energía
- Adecuada planificación en la gestión de lodos, detritus y agua extraída de la perforación

Se realizará el replanteo de las perforaciones quedando consignado los siguientes datos:

- Ubicación de las perforaciones (plano de planta)
- Sección y profundidad y previsión de acuíferos atravesados durante la perforación para una planificación adecuada del sistema de perforación
- Tipo de relleno

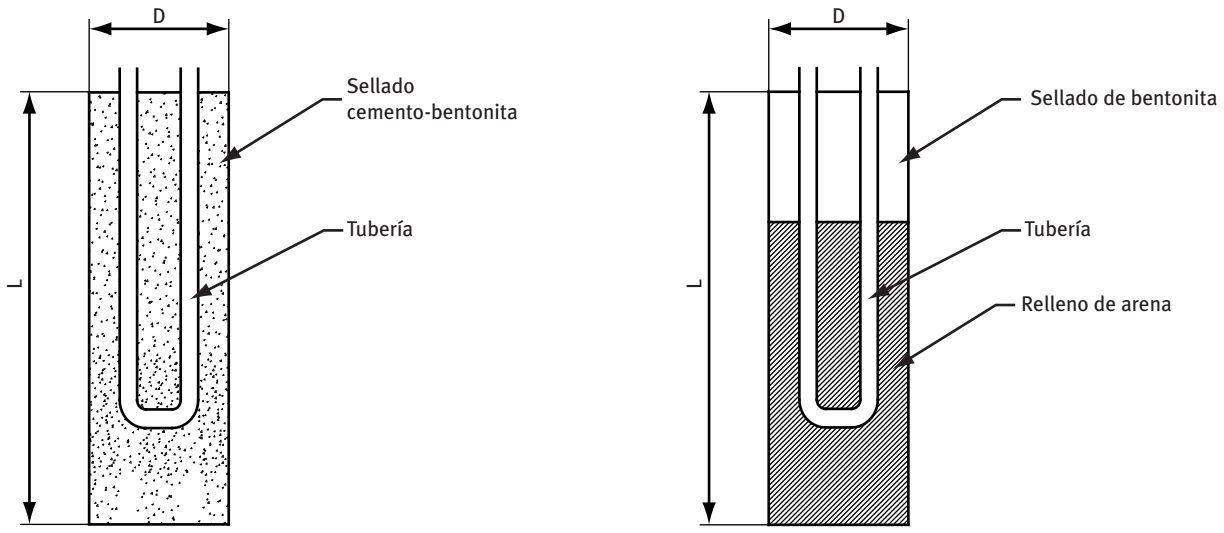


Figura 6.1: Ejemplos de secciones de intercambiador vertical

La perforación se realizará mediante la tecnología más adecuada para cada tipo de terreno (rotopercusión, perforación con lodos, sistemas de entubación simultánea, etc.) y principalmente con diámetros comprendidos entre los 110 y 165 mm. Únicamente en casos extremos de colapso del terreno o de existencia de coqueras se procederá al encamisado metálico, pudiéndose perforar en este caso con diámetros mayores a los expuestos anteriormente. Preferiblemente se encamisará simultáneamente a los trabajos de perforación y, si es posible, con tubería roscada con el objetivo de que se pueda recuperar al finalizar la obra. En el caso de que no se pueda recuperar la camisa, el perforador realizará los trabajos de adecuación de los pozos una vez introducidas las tuberías, cortando la tubería de encamisado sobrante. La longitud del encamisado metálico puede variar en cada perforación según las características del terreno.

En el caso de que fuera necesario introducir tubería metálica en los primeros metros de la perforación para estabilizar la primera capa vegetal del suelo y permitir el comienzo de los trabajos, la longitud de la tubería metálica será la menor posible. El objetivo es facilitar su extracción una vez realizada la zanja de los colectores y no dañar las sondas geotérmicas.

Es muy importante realizar una correcta evacuación del detritus, por lo que el perforador deberá prever los elementos necesarios: zanjas, balsas de lodos, bomba de achique, plásticos para cubrir elementos constructivos circundantes, etc.

Inmediatamente después de la retirada del varillaje se procederá a la introducción de las sondas geotérmicas en la perforación, ya rellenas de agua, con el objetivo de evitar colapsos. La introducción de las sondas se realizará por gravedad, bien manualmente o bien ayudándose de un desenrollador u otro dispositivo mecánico.

La manipulación de las tuberías se realizará con cuidado de no dañarlas, introduciendo la sonda por el centro de la perforación, sin que entre en contacto con la tubería metálica de encamisado o emboquillado.

Los extremos salientes de tubería permanecerán protegidos con los tapones que llevan de fábrica para evitar la introducción de cualquier partícula, hasta la realización de las pruebas de presión correspondientes.

El espacio existente entre las paredes de la perforación, ya sea terreno natural o camisa, y la sonda geotérmica debe ser rellenado para:

- Asegurar una buena transferencia de calor
- Aislar la perforación de flujos de agua

El relleno se puede realizar bien por gravedad con arena silícea o bien mediante inyección con un sistema adecuado, desde el fondo hasta la boca del sondeo, de cemento, bentonita o materiales termoconductivos específicos para este fin. La selección del tipo de relleno y de su modo de ejecución está determinada por las condiciones hidrogeológicas del sustrato. Si la permeabilidad del sustrato es baja podrán realizarse rellenos granulares siempre que el sellado alcance la máxima profundidad del nivel piezométrico, mientras que si el sustrato es permeable o se conoce de la existencia de acuíferos es necesario sellar la perforación para evitar afecciones hídricas.

6.2 Ejecución y relleno de zanja

En la ejecución de un intercambiador geotérmico es necesario la realización de zanjas para la instalación de:

- Ramales de conexión y cabecera de un campo de colectores verticales.
- Intercambiador de calor horizontal.
- Intercambiador de calor “Slinky”.

6.2.1 Zanjas de ramales de conexión en intercambiadores verticales

La ejecución de los trabajos tendrá las siguientes fases:

1 Retirada de la capa vegetal

2 Apertura de zanja de la anchura y profundidad establecida en la sección tipo correspondiente facilitada por el proyectista según las condiciones de cada proyecto.

   – En el caso de zanjas para colectores de ida y retorno de las perforaciones verticales, los trabajos se realizarán sin dañar las tuberías verticales instaladas y la camisa metálica de protección. Una vez finalizada la zanja, se procederá a cortar o eliminar la camisa de las perforaciones.

3 Limpieza del fondo de zanja y las paredes de zanja.

Para la ejecución de un buen relleno que asegure la correcta transmisión de calor y evitar daños en la tubería, es necesario refinar las paredes y el fondo de zanja, es decir, eliminar las rocas presentes en la parte inferior de la zanja para evitar cualquier

daño a las tuberías. Las tolerancias de defecto máximas admisibles serán:

– Salientes de roca o bolos + 3 cm

– Protuberancias locales - 5 cm

El signo negativo significa defecto en la excavación.

4 Lecho de arena según la sección tipo correspondiente.

5 Instalación de la tubería y alrededores de la zanja y realización de las pruebas correspondientes para detectar posibles errores, cortes, torceduras,...

6 Relleno de arena cubriendo la totalidad de la tubería según la sección tipo correspondiente. El relleno se realizará en varias pasadas del modo más uniforme posible, compactando, limpiando suciedad y bolos y allanando cada capa.

7 Señalización del trazado de la tubería mediante una cinta plástica.

8 Relleno con materiales procedentes de la excavación previamente seleccionados (sin cantos punzantes, con diámetros inferiores a 5 cm, etc.). El relleno se realizará a tongadas de espesor reducido para obtener un mayor grado de compactación, con el objetivo de aumentar la humedad del suelo y disminuir el contenido de aire. Un espesor adecuado de cada capa de relleno puede ser entre 25 y 30 cm.

En fase de diseño, se evitará en lo posible ubicar la instalación del intercambiador en la zona de afección de otros servicios enterrados.

Cuando esto no sea posible, se tomarán las siguientes precauciones:

- El cruce de otros servicios con tuberías del intercambiador siempre será superior, de forma que si se tuvieran que realizar trabajos de reparación de éstos, nunca quedará al descubierto la tubería de intercambiador enterrado. La distancia entre la generatriz superior de la tubería geotérmica y la generatriz inferior del otro servicio será superior a 40 cm. Es recomendable interponer entre ambos servicios elementos de protección como pueden ser placas de polipropileno, placas de fibrocemento o incluso, una losa de hormigón.
- En el paralelismo con otros servicios se mantendrá una distancia superior a 40 cm entre generatrices. Los casos de paralelismo nunca podrán darse en el interior de la configuración del intercambiador, es decir, nunca se podrá interponer una tubería de otro servicio entre los colectores de ida y retorno de la instalación geotérmica.

6.2.2 Zanjas de intercambiadores horizontales

La ejecución de la zanja de un intercambiador horizontal es más difícil de estandarizar porque existen múltiples configuraciones de tubería en función de la demanda energética a disipar y del terreno disponible. Por este motivo, para cada diseño se realizarán los planos de sección correspondiente. No obstante, se seguirán las siguientes recomendaciones:

- Si hay espacio suficiente, es más conveniente realizar el movimiento de tierras en su totalidad, como una gran piscina, que en zanjas. En estos casos, previo a la colocación de tuberías se colocarán elementos de sujeción que garanticen el correcto tendido de las tuberías.

Figura 6.2: Intercambiador horizontal de lazo simple

Figura 6.3: Detalle del intercambiador horizontal de lazo simple

- Se rellenará con arena fina los alrededores de las tuberías para facilitar la conducción de calor, y el resto con material de extracción con unas características adecuadas (sin cantos punzantes, con diámetros inferiores a 5 cm, etc.).

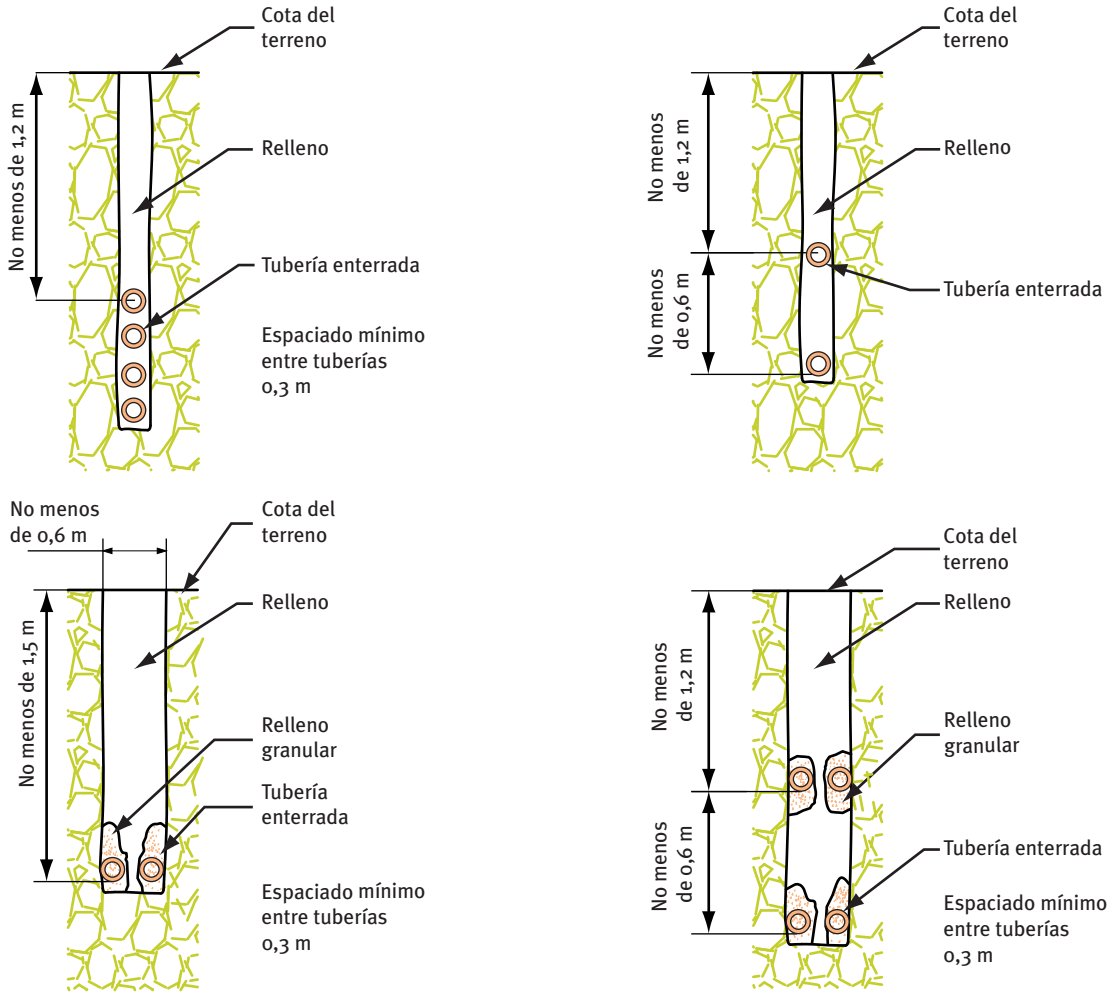


Figura 6.4: Ejemplos de configuraciones horizontales

- Nunca se hormigonará o pavimentará la superficie donde se instale el intercambiador horizontal, con el objetivo de asegurar un buen intercambio de calor.

Figura 6.5: Intercambiador horizontal en bucles de tipología "slinky horizontal"

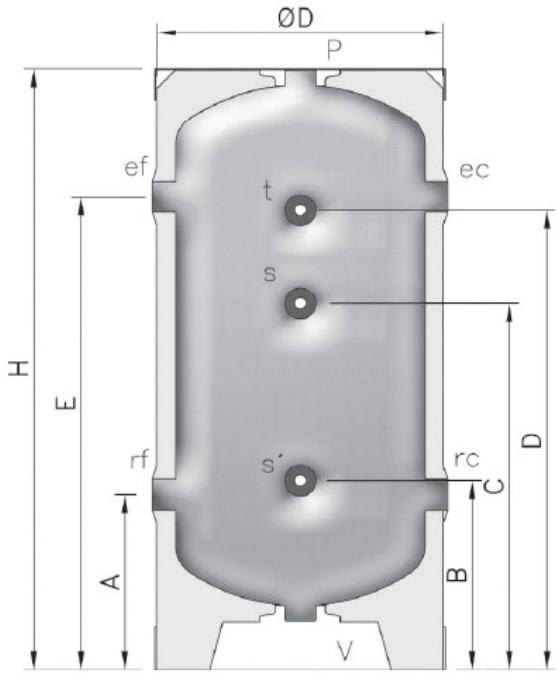
6.2.3 Zanjas de intercambiador Slinky

6.2.3.1 Slinky horizontal

- El ancho de zanja será, como mínimo, igual al diámetro de la espira más 35 cm, según el esquema adjunto en la figura 6.6, mientras que la profundidad dependerá de las condiciones de diseño.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DIMENSIONES DEL DEPÓSITO DE INERCIA MODELO ACR 200 LITROS

DIMENSIONES Y CONEXIONES



ef/ec: entradas
rf/rc: salidas
p: purga superior Ø 1" ¼ (½" ACR30 y 50)
v: vaciado Ø 1" ¼ (½" ACR30 y 50)
t: toma termómetro Ø ½"
s: toma termostato Ø ½" (no disponible en ACR30)
s´: toma auxiliar Ø ½"

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo	Clase Energética	Capacidad	Espesor Aislante	A	B	C	D	E	ØD	H	Conexiones		Peso vacio
	-	l	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ef/ec	rf/rc	Kg
· **ACR 30**	C	30	20	105	105	-	510	510	410	460	1"	1"	12
· **ACR 50**	C	50	20	145	145	330	415	415	410	560	1"	1"	14
· **ACR 100**	C	100	30	282	305	590	740	760	460	970	1 ¼"	1 ¼"	20
· **ACR 200**	B	200	50	350	370	660	810	835	650	1.090	1 ½"	1 ½"	42
· **ACR 300**	C	300	50	350	370	1.125	1.275	1.300	650	1.555	2"	2"	58
· **ACR 500**	C	500	50	385	460	1.390	1.540	1.615	700	1.915	3"	3"	97
· **ACR 750**	C	750	80	390	445	1.435	1.585	1.635	910	1.945	3"	3"	140
· **ACR 1000**	C	1.000	80	555	630	1.610	1.760	1.835	950	2.250	3"	3"	188
· **ACR 1500**	C	1.500	80	530	605	1.610	1.760	1.835	1.160	2.280	3"	3"	210

MASSENZA
DRILLING RIGS

since 1921

MI3

MADE IN ITALY

Carro Cingolato	Under-carriage	Chariot chenille	Fahrwerk	Oruga	Гусеничная ходовая часть	Standard	Optional
Larghezza	Width	Largeur	Gesamtbreite	Ancho	Ширина	1.000 mm – 3 ft 3"	1.550 mm – 3 ft 3"
Larghezza suole	Pad width	Largeur patins	Kettenbreite	Pad ancho	Ширина гусениц	230 mm – 9"	250 mm – 10"
Centrale Idraulica	**Power Pack**	**Centrale Hydraulique**	**Hydraulikaggregat**	**Central Hydráulica**	**Гидросистема**	**Hatz 4H50TI/TIC**	
Potenza motore	Engine power	Puissance moteur	Antriebsleistung	Potencia motor	Мощность двигателя	73,4 Hp (л.с.) 54 kW (кВт)	
Serbatoio olio	Oil tank	Réservoir huile	Oltank	Depósito de aceite	Масляный бак	115 l (литров) - 30 gal	
Serbatoio gasolio	Fuel tank	Réservoir diesel	Dieseltank	Depósito de Combustible	Топливный бак	45 l (литров) - 12 gal	
Antenna	**Mast**	**Mat**	**Bohrtum**	**Mastil**	**Мачта**	**Standard**	**Optional**
Forza di tiro	Pull up	Traction	Rückzugkraft	Tiro max.	Тяговое усилие	3.100 daN (кг) 6.970 lbf	4.000 daN (кг) 10.341 lbf
Forza di spinta	Pull down	Poussée	Vorschubkraft	Empuje max.	Толкающее усилие	3.100 daN (кг) 6.970 lbf	4.000 daN (кг) 10.341 lbf
Testa di rotazione	**Rotary head**	**Tête de rotation**	**Drehkopf**	**Cabeza de rotacion**	**Головка вращения**		
Coppia max.	Max. torque	Couple max.	Drehmoment max.	Par max.	Максимальный Момент	7.000 Nm (Нм) 5.162 lbf ft	
Giri max.	Max speed	Vitesse max.	Drehzahl max.	Velocidad max.	Максимальная Скорость	714 Rpm (об/мин)	
Morse	**Clamps**	**Mors**	**Klemm**	**Mordaza**	**Тиски**	**Standard**	**Optional**
Passaggio max.	Max. passagge	Passage max.	Max. passage	Paso max.	Максимальный диаметр прохода	175 mm - 7"	280 mm - 11"
Diametro min. di presa	Min. handing	Tige/diamètre min.	Durchmesser min.	Min. diámetro cierre	Минимальный диаметр зажима	50 mm - 2"	50 mm - 2"
Forza di chiusura	Clamping force	Force de serrage	Klemmkraft	Fuerza cierre	Усилие сжатия	17.700 Nm (Нм) 39.838 lbf ft	11.300 Nm (Нм) 25.496 lbf ft
Coppia di svitamento	Breaking torque	Couple de deserrage	Brechvorrichtung	Par desenroscado	Момент скручивания	13.830 Nm (Нм) 10.200 lbf ft	33.896 Nm (Нм) 25.000 lbf ft
Argano	**Winch**	**Treuil**	**Seilwinde**	**Cabrestante**	**Лебедка**	**Standard**	
Tiro max.	Max. pull	Force de levage	Max. zugkraft	Tiraje directo	Макс. тяговое усилие	1.000 daN (кг) 2.248 lbf	
Peso	**Weight**	**Poids**	**Gewight**	**Pesos**	**Macca**	**2.700 kg (кг) – 5.950 lbs**	

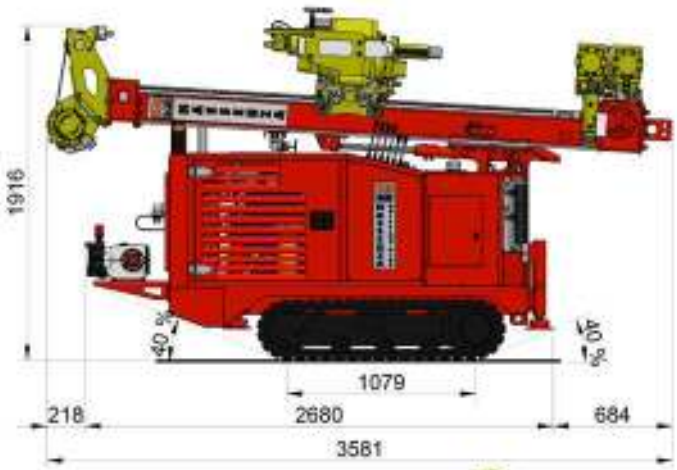
Testa di rotazione con martello a percussione
Rotary head with hydraulic hammer
Tête de rotation avec marteaux hydraulique
Drehkopf bei hydrauli hämmer
Cabeza de rotación con Martillo Hidráulico
Головка вращения с ударным молотом

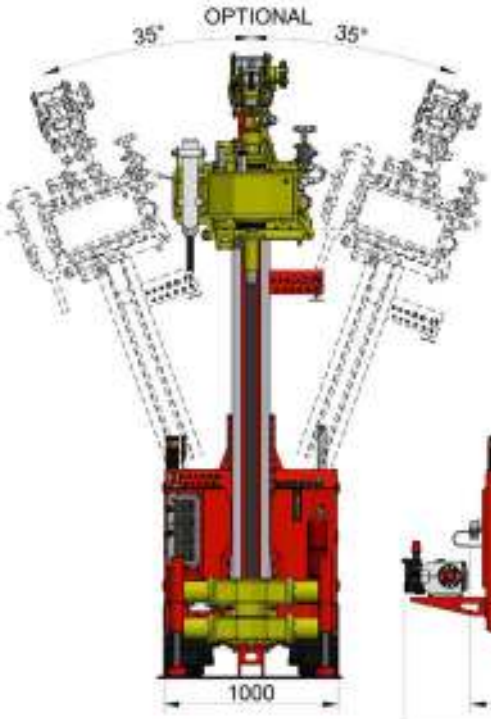
Penetrometro SPT
SPT penetrometer
Pénétromètre SPT
SPT penetrationsmesser
Penetrómetro SPT
Пенетрометр SPT

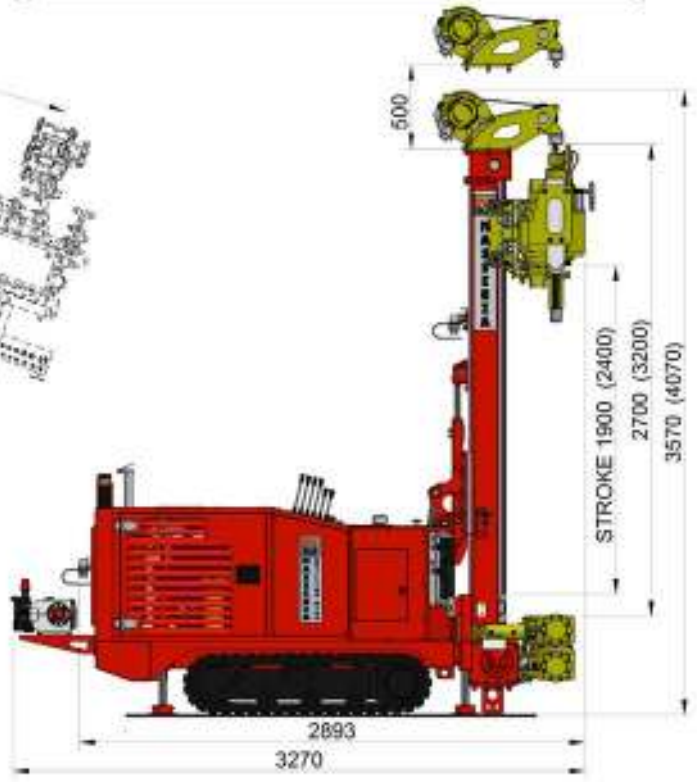
Radiocomando
Radio remote control
Télécommande
Mando a distancia
Fernbedienung
Пульт радиоуправления

Specifiche tecniche soggette a cambiamenti senza preavviso / Technical specifications are subject to changes without previous notice / Especificaciones tecnicas sujetas a cambio sin preaviso / Dimensions et caractéristiques sujettes à changement sans préavis / Technische Änderungen vorbehalten. Sonderanfrangen richten Sie bitte an unser technisches Büro / Технические характеристики могут быть изменены без предварительного уведомления

Prolunga antenna	Mast extension	Tour extension	Mastverlängerung	Extensione del mástil	Удлинитель мачты
Cilindro svitatore	Breakout cylinder	Piston dévisseur	Brechzylinder	Cilindro desroblonadora	Гидроцилиндр скручивания
Estrattore casing	Casing extractor	Extractor pour casing	Rohr ziehvorrichtung	Extractor Casing	Извлекатель обсадных труб
Pompa centrifuga	Centrifugal pump	Pompe centrifuge	Zentrifugalpumpe	Bomba centrifuga	Центробежный насос
Pompe acqua	Water pump	Pompe de l'eau	Wasserpumpe	Bomba de agua	Водяные насосы
Pompe schiumogeni	Foam pump	Pompe à mousse	Bohrschaumpumpe	Bomba de espuma	Пенные насосы
Pompa a vite	Screw pump	Pompe à vis	Schraubenpumpe	Bomba a tornillo	Винтовой насос
Lubrificatore di linea	Air line lubricator	Graisseur de ligne	Linienöler	Lubricador de línea	Автоподатчик смазки
Martello idraulico	Hydraulic hammer	Marteaux hydraulique	Hydraulikhammer	Martillo hidráulico	Гидравлический молот
Penetrometro SPT	SPT penetrometer	Pénétromètre SPT	SPT penetrationsmesser	Penetrómetro SPT	Пенетрометр SPT
Scatole aste	Drill pipes box	Conteneur tiges	Bohrrohrkasten	Caja barras	Контейнер для штанг







June 2018

since 1921

MASSENZA DRILLING RIGS

Via Emilia, 58/E/F - 43012 Parola (PR) Italy
Tel. +39 0521 825284 - Fax + 39 0521 825353
www.massenzarigs.it - info@massenzarigs.it

graficamalvisi.it

Especificaciones Generales

	Especificaciones				
Modelos	Caudal máx (l/min)	Presión máx (Bar)	Vol. Mezclador (l)	Vol. Agitador (l)	Operación
GERTEC IS-60-50-M	50	100	150	300	Manual
GERTEC IS-65-40-M	40	75	150	300	Manual
GERTEC IS-80-90-M	90	95	280	560	Manual
GERTEC IS-100-90-M	90	100	150	300	Manual
GERTEC IS-100-90-M*	90	100	280	560	Manual
GERTEC IS-140-170-M	170	100	280	560	Manual
GERTEC IS-120-200-M	200	100	280	560	Manual
GERTEC IS-140-170-A	170	100	280	560	Automática
GERTEC IS-120-200-A	200	100	280	560	Automática

MAGNA3 32-120 F 220 1x230V PN6/10

Bomba Grundfos 97924259

Gracias por su interés en nuestros productos. Por favor contáctenos para más información, o visite nuestro sitio web

https://www.lenntech.es/grundfos/MAGNA3/97924259/MAGNA3-32-120-F.html

info@lenntech.com
tel. +31 152 755 704
fax. +31 152 616 289

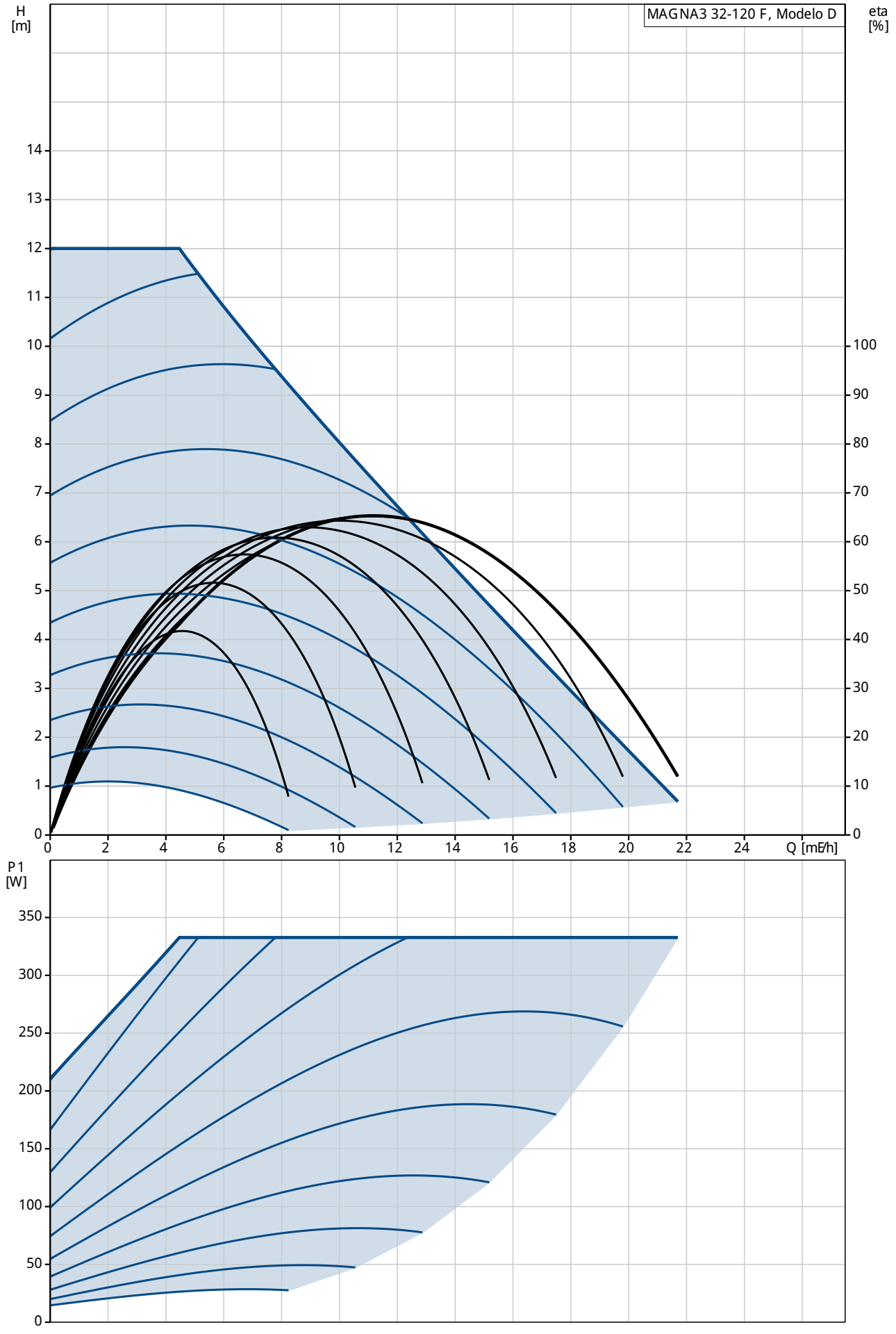
PosiciÆn	Contar	DescripciÆn
	1	MAGNA3 32-120 F CÆdigo: Bajo pedido MAGNA3 ¯ M®s que una bomba Con una eficiencia nunca vista, una gama muy amplia y funciones adicionales de comunicaciÆn que sustituyen a sistemas de componentes, la MAGNA3 es idÆnea para ingenieros y especificadores que buscan incrementar el rendmiento de los edificios. Esta excepcional bomba encaja tanto en aplicaiones de calefacciÆn como refrigeraciÆn, siendo la elecciÆn lÆgica para la mayor°a de los proyectos de edificaciÆn. MAGNA3 es de tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman una ßnica unidad sin cierre mec®nico y con solo dos juntas para el sellado. Los cojinetes est®n lubricados con el l°quido bombeado. La innovadora abrazadera con solo un tornillo permite una sustituciÆn sencilla del cabezal de la bomba. La bomba MAGNA3 no requiere mentenimiento y tiene un Coste del Ciclo Vital extremadamente bajo. La bomba se caracteriza por: ðcontrolador integrado en la caja de control ðpanel de control con una pantalla TFT en la caja de control ðcaja de control preparada para mÆdulos opcionales CIM ðsensor de presiÆn diferencial y de temperatura incorporado ðcuerpo de la bomba en fundiciÆn (dependiendo del modelo) ðrotor en composite reforzado con fibra de carbono ðbase del cojinete y recubrimiento del rotor en acero inoxidable ðcuerpo del estator en aleaciÆn de aluminio ðelectrÆnica refrigerada por aire La MAGNA3 es una bomba monof®sica. Funciones ðAUTOADAPT. ðFLOWADAPT y FLOWLIMIT (es m®s que una funciÆn de la bomba ya que reduce la necesidad de v®lvulas de estrangulamiento). ðControl de presiÆn proporcional. ðControl de presiÆn constante. ðControl de temperatura constante. ðCurva constante de trabajo. ðCurva de trabajo m®x. o m°n. ðFuncionamiento Nocturno Autom®tico. ðNo requiere protecciones externas del motor. ðCarcasas de aislamiento suministrada en las bombas simples para sistemas de calefacciÆn. ðAmplio rango de temperaturas donde la temperatura del l°quido y la temperatura ambiente son independientes la una de la otra. CommunicaciÆn La MAGNA3 permite la comuncaciÆn mediante los siguientes dispositivos: ðwireless Grundfos GO Remote ðcomunicacion fieldbus via mÆdulos CIM ðentradas digital ðsalidas de rel¶ ðentrada analÆgica (m®s de una funciÆn de bomba como medidor de energ°a) Motor y controlador electrÆnico

MAGNA3 incorporata un motor sºncrono de 4 polos de im®n permanente(motor PM). Este tipo de motor se caracteriza por una eficiencia superior que un motor convencional ®sincrono de jaula de ardilla.

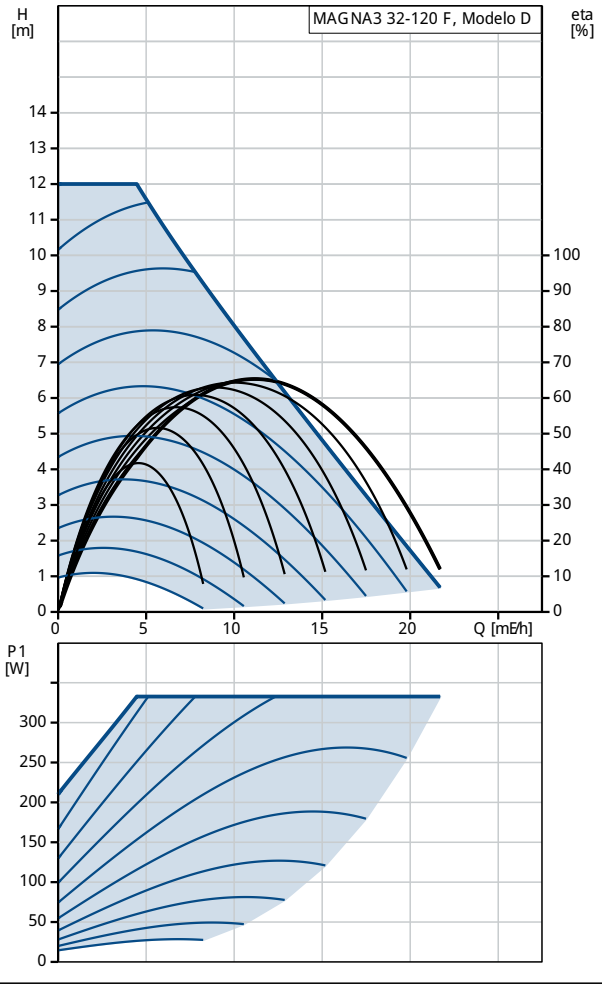
La velocidad de la bomba est®controlada mediante un convertidor de frecuencia integrada.
Un sensor de presiÆn diferencial y de temperatura se incorpora en la bomba.

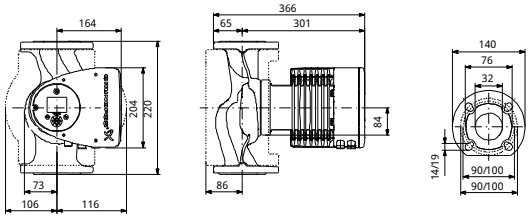
Lºquido:	
Lºquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del lºquido:	-10 .. 110 éC
Liquid temperature during operation:	60 éC
Densidad:	983.2 kg/mE
T¶cnico:	
Caudal nominal:	9.8 mE/h
Rated head:	7.9 m
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Materiales:	
Cuerpo hidr®ulico:	FundiciÆn EN-GJL-250 ASTM A48-250B
Impulsor:	PES 30 % FIBRA VIDRIO
InstalaciÆn:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 éC
PresiÆn de trabajo m®xima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Di®metro de conexiones:	DN 32
PresiÆn:	PN6/10
(@):	220 mm
Datos el¶ctricos:	
Potencia - P1:	15 .. 333 W
Frecuencia de alimentaciÆn:	50 Hz
TensiÆn nominal:	1 x 230 V
Consumo de corriente m®ximo:	0.18 .. 1.55 A
Grado de protecciÆn (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Otros:	
Energºa (IEE):	0.18
Peso neto:	15.3 kg
Peso bruto:	17.1 kg
Shipping volume:	0.04 m3
Danish VVS No.:	380951312
Swedish RSK No.:	5732486
Finnish:	LVI NO 4615145
Norwegian NRF no.:	9042657

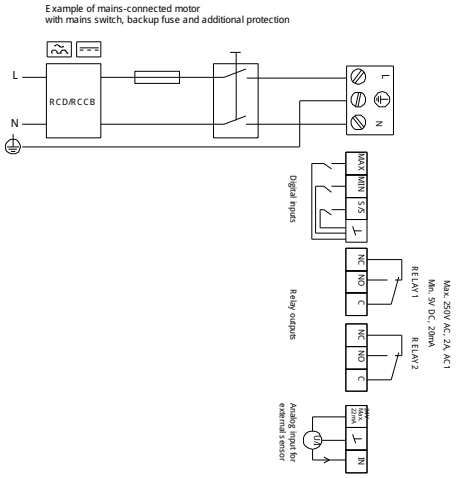
Bajo pedido MAGNA3 32-120 F 50 Hz



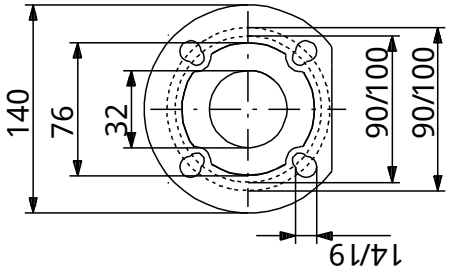
DescripciÆn	Valor
InformaciÆn general:	
Producto::	MAGNA3 32-120 F
CÆdigo::	Bajo pedido
NßmeroEAN::	Bajo pedido
T¶cnico:	
Caudal nominal:	9.8 mE/h
Rated head:	7.9 m
Altura m®xima:	120 dm
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Modelo:	D
Materiales:	
Cuerpo hidr®ulico:	FundiciÆn
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Impulsor:	PES 30 % FIBRA VIDRIO
InstalaciÆn:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 éC
PresiÆn de trabajo m®xima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Di®metro de conexiones:	DN 32
PresiÆn:	PN6/10
(@)	220 mm
L°quido:	
L°quido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del l°quido:	-10 .. 110 éC
Liquid temperature during operation:	60 éC
Densidad:	983.2 kg/mE
Datos el¶ctricos:	
Potencia - P1:	15 .. 333 W
Frecuencia de alimentaciÆn:	50 Hz
TensiÆn nominal:	1 x 230 V
Consumo de corriente m®ximo:	0.18 .. 1.55 A
Grado de protecciÆn (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Otros:	
Energ°a (IEE):	0.18
Peso neto:	15.3 kg
Peso bruto:	17.1 kg
Shipping volume:	0.04 m3
Danish VVS No.:	380951312
Swedish RSK No.:	5732486
Finnish:	LVI NO 4615145
Norwegian NRF no.:	9042657

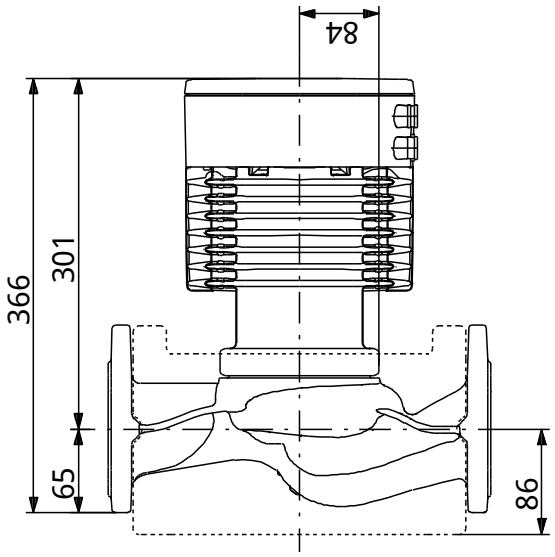


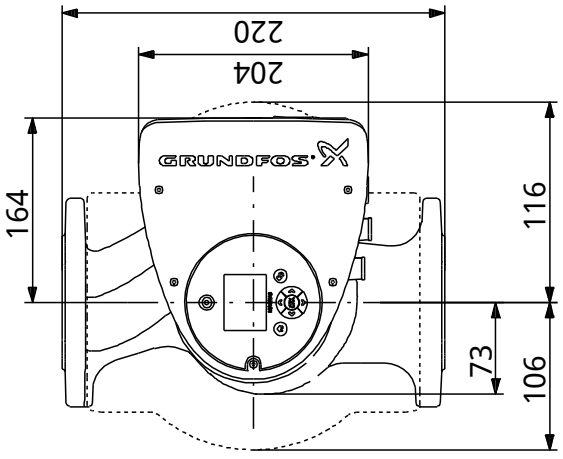




Bajo pedido MAGNA3 32-120 F 50 Hz

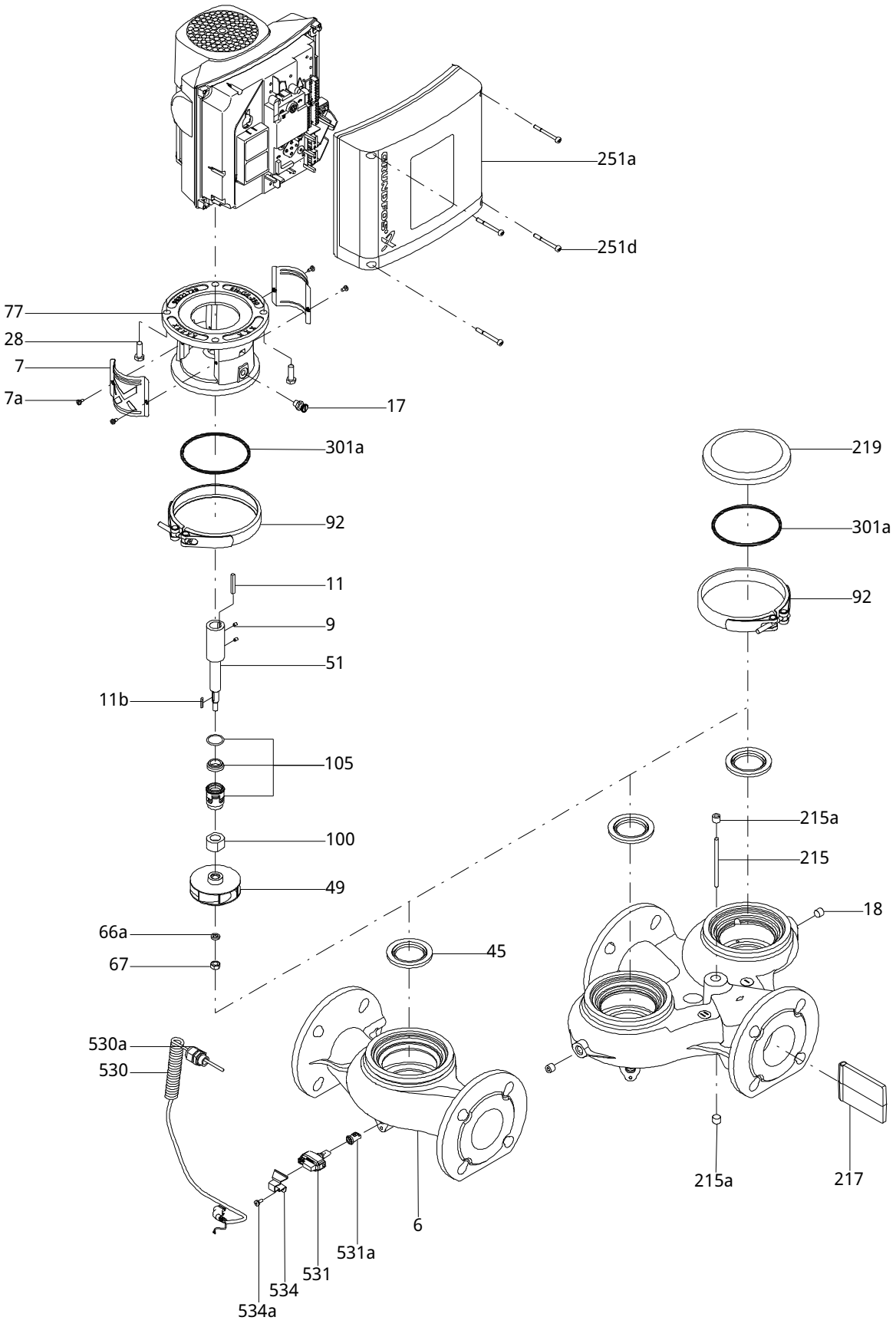




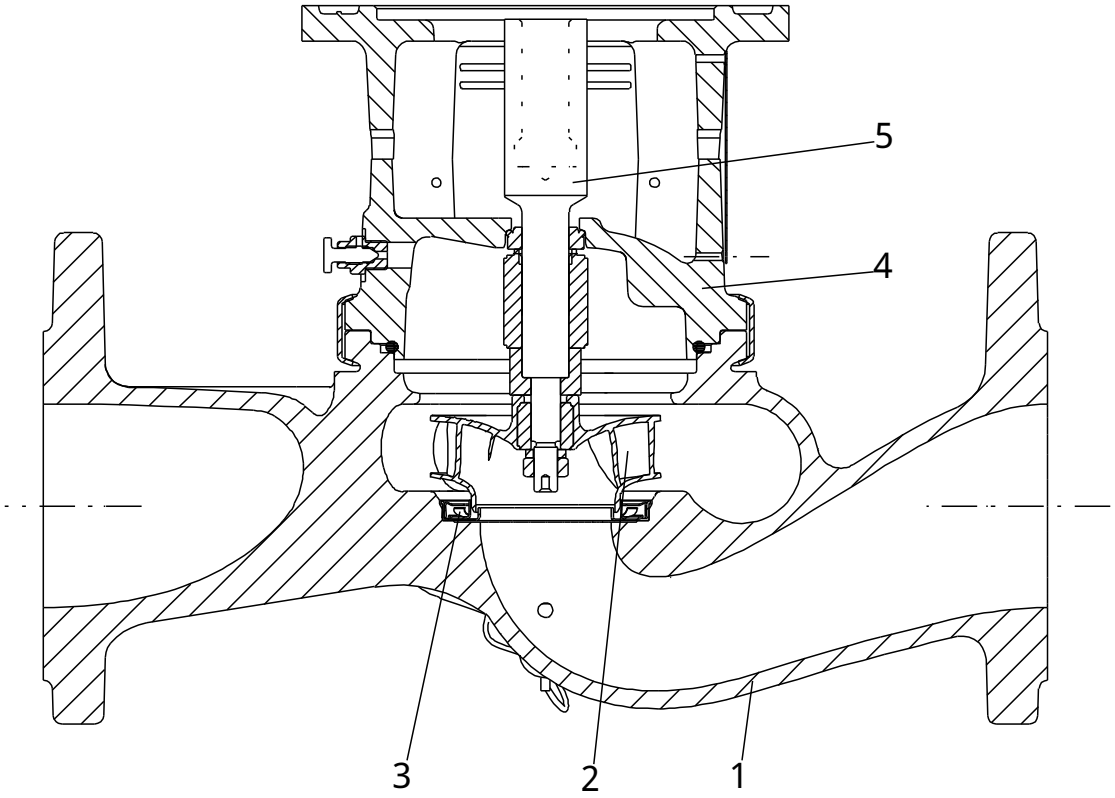


Nota: Todas las unidades est®n en [mm] a menos que se establezcan otras.

Vista detallada

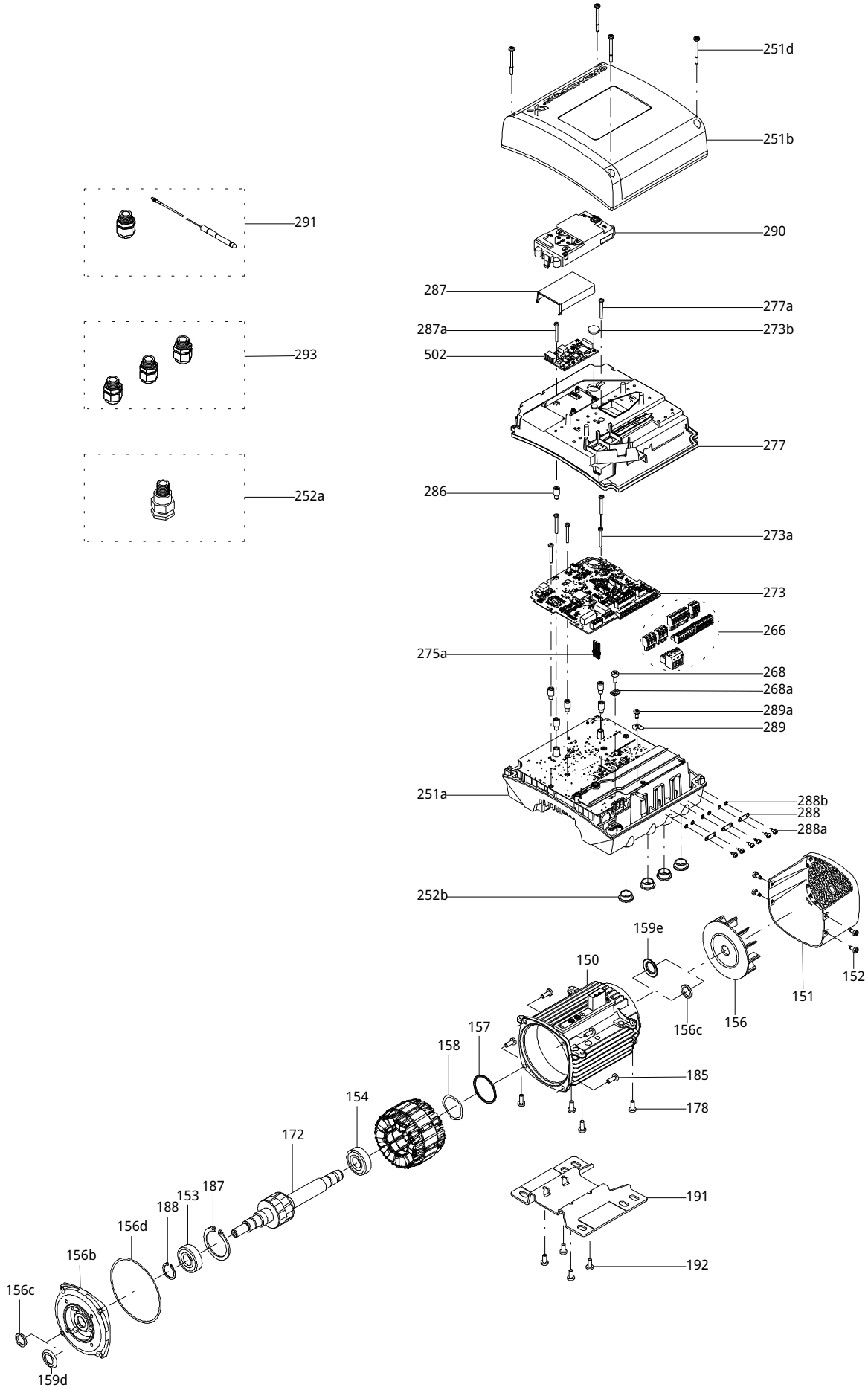


Plano seccionado (TM058200 for TPE2,TPE3)



TM058200

Vista detallada (TM057026 for MGE model H/I)



Lista de piezas MAGNA3 32-120 F, CÆdigo Bajo pedido
Valido desde 17.5.2012 (1220)

	Pos	Description	Annotation	Donn¶es de classification	R¶f¶rence	Quantit¶	Unit¶
-		Pump housing cpl.				1	pcs
	6	Carcasa de la bomba				1	
	45	Neck ring cpl.				1	
	92	Clamp cpl.				1	pcs
-	163	Caja de control				1	pcs
-		Caja de control				1	
		Caja				1	
		Socket head cap screw				12	
	166	Powerboard, Leaded				1	
	166c	Socket head cap screw				1	
	167	Tapa				1	
	167a	Pan head tapping screw				4	
	192	Pasta refrigerante				0	
-		Caja de control				1	
		Spacer				1	
	7a	Combi Slot Torx screw				1	
	159	Controlboard Leaded				1	
	159a	Cable w/plug				1	
	159b	Connector plug 3-pole				1	
	159b	Connector plug 3-pole				2	
	159b	Connector plug 4-pole				1	
	159c	Pan washer head screw				1	
	159d	Board				1	
	160	Spacer				1	
	163b	Compression spring				4	
	164	Tapa				1	
	164a	Screw DELTA PT				5	
	273b	Battery				1	
	501	Displayboard cpl.				1	
	163a	Pan head screw				2	pcs
	163d	Pan head screw				1	pcs
-	301	Cabezal				1	pcs
	301a	Junta tÆrica				1	
	301b	Protector				1	pcs
	450	Insulation				1	pcs
-	531	Sensor				1	pcs
	531a	Seal cap				1	
	534	Soporte				1	pcs
	534a	Pan head thread forming screw				1	pcs

Nota: La información acerca de la bomba Grundfos en este documento podría estar desactualizada.
La información podrá ser modificada sin previo aviso.
Por favor contáctese con nosotros para verificar que la información aquí proporcionada todavía es correcta y se encuentra actualizada.

Toda la información es Grundfos copyright, todos los derechos reservados.

info@lenntech.com
https://www.lenntech.es
tel. +31 152 755 704
fax. +31 152 616 289

TUBERÍAS DE POLIETILENO PARA PRESIÓN

TUYPER
GRUPO

PRESIÓN

PRESIÓN PE

1.- INTRODUCCIÓN 4

2.- FABRICACIÓN Y PRESENTACIÓN 6

3.- CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE 8

4.- GARANTÍAS 9

5.- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS 10

6.- PROGRAMA

- 6.1 DE TUBERÍAS 12
- 6.2 DE UNIONES 14

7.- CAMPOS DE APLICACIÓN 17

8.- MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO 18

9.- INSTRUCCIONES DE MONTAJE 19

- 9.1 OBRA CIVIL 19
- 9.2 PRUEBA DE PRESIÓN EN OBRA 20
- 9.3 PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN 21

10.- CÁLCULO HIDRÁULICO

- 10.1 POR IMPULSIÓN 22
- 10.2 POR GRAVEDAD 25

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidad	PE 40	PE 80	PE 100
Densidad	gr/cm³	> 0,93	0,93 a 0,95	> 0,95
Coeficiente de dilatación térmica lineal	mm/m °C	0,17	0,22	0,22
Conductividad térmica	Kcal/hm °C	0,35	0,36	0,37
Contenido en negro de carbono	%	2 - 2,5	2 - 2,5	2 - 2,5
Contenido en materias volátiles	mg/kg	< 350	< 350	< 350
Contenido en agua	mg/kg	< 300	< 300	< 300
Módulo de elasticidad a corto plazo	MPa	400-500	500-800	1000-1200
Módulo de elasticidad a largo plazo	MPa	130	150	160
Coeficiente de Poisson, υ		0,4	0,4	0,4
Constante dieléctrica		2,3	2,4	2,5
Rugosidad hidráulica	K(mm)	0,007	0,007	0,007
	n (Manning)	0,008	0,008	0,008
	C (H Will.)	150	150	150

Las tuberías de Polietileno son marcadas longitudinalmente y de manera indeleble, figurando los datos y caracteristicas técnicas según se adjunta en el esquema.

AENOR N-001/134 | TPP TUPLEN | UNE EN 12201 | PE100 | 400x23,7 | PN 10 BAR | SDR 17 | USO ALIMENTARIO | LOTE Nº 350106 T-1

- AENOR N-001/134: Marca Calidad AENOR
- TPP TUPLEN: Marca del fabricante
- UNE EN 12201: Norma
- PE100: Material
- 400x23,7: Diámetro x Espesor
- PN 10 BAR: Presión Nominal
- SDR 17
- USO ALIMENTARIO
- LOTE Nº 350106 T-1: Lote Fabricación

6. PERFILES

6.1 DE TUBERÍAS

GAMA PARA CONDUCCIONES DE AGUA A PRESIÓN Y SANEAMIENTO CON PRESIÓN

AENOR Producto Certificado

FABRICADAS SEGÚN NORMAS UNE- EN- 12201 (BANDA AZUL) y UNE-EN 13244 (BANDA MARRON)

	PE-100 espesor (mm)						PE-80 espesor (mm)			PE-40 espesor (mm)		
PRESIÓN [bar]	6	10	12,5	16	20	25	6	10	16	4	6	10
Ø exterior en mm 20	---	---	---	2,0	2,3	3,0	---	---	2,3	---	2,0	3,0
25	---	---	---	2,3	3,0	3,5	---	2,0	3,0	---	2,3	3,5
32	---	2,0	2,4	3,0	3,6	4,4	---	2,4	3,6	2,0	3,0	4,4
40	---	2,4	3,0	3,7	4,5	5,5	---	3,0	4,5	2,4	3,7	5,5
50	---	3,0	3,7	4,6	5,6	6,9	---	3,7	5,6	3,0	4,6	6,9
63	---	3,8	4,7	5,8	7,1	8,6	---	4,7	7,1	3,8	5,8	8,6
75	---	4,5	5,6	6,8	8,4	10,3	---	5,6	8,4	4,5	6,8	10,3
90	---	5,4	6,7	8,2	10,1	12,3	---	6,7	10,1	5,4	8,2	12,3
110	4,2	6,6	8,1	10,0	12,3	15,1	---	8,1	12,3	---	---	---
125	4,8	7,4	9,2	11,4	14,0	17,1	---	9,2	14,0	---	---	---
140	5,4	8,3	10,3	12,7	15,7	19,2	---	10,3	15,7	---	---	---
160	6,2	9,5	11,8	14,6	17,9	21,9	7,7	11,8	17,9	---	---	---
180	6,9	10,7	13,3	16,4	20,1	24,6	8,6	13,3	20,1	---	---	---
200	7,7	11,9	14,7	18,2	22,4	27,4	9,6	14,7	22,4	---	---	---
225	8,6	13,4	16,6	20,5	25,2	30,8	10,8	16,6	25,2	---	---	---
250	9,6	14,8	18,4	22,7	27,9	34,2	11,9	18,4	27,9	---	---	---
280	10,7	16,6	20,6	25,4	31,3	38,3	13,4	20,6	31,3	---	---	---
315	12,1	18,7	23,2	28,6	35,2	43,1	15,0	23,2	35,2	---	---	---
355	13,6	21,1	26,1	32,2	39,7	48,5	16,9	26,1	39,7	---	---	---
400	15,3	23,7	29,4	36,3	44,7	54,7	19,1	29,4	44,7	---	---	---
450	17,2	26,7	33,1	40,9	---	---	---	---	---	---	---	---
500	19,1	29,7	36,8	45,4	---	---	---	---	---	---	---	---
560	21,4	33,2	41,2	50,8	---	---	---	---	---	---	---	---
630	24,1	37,4	46,3	57,2	---	---	---	---	---	---	---	---
710	27,2	42,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
800	30,6	47,4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
900	34,4	53,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1000	38,2	59,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

GAMA PARA CONDUCCIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS

AENOR
Producto Certificado

FABRICADAS SEGÚN NORMAS UNE-EN 1555

Ø exterior en mm	PE-100 espesor (mm)		PE-80 espesor (mm)	
	SDR-11	SDR-17,6	SDR-11	SDR-17,6
63	5,8	--	5,8	--
90	8,2	--	8,2	--
110	10,0	6,3	10,0	6,3
160	14,6	9,1	14,6	9,1
180	16,4	10,3	16,4	10,3
200	18,2	11,4	18,2	11,4
250	22,7	14,2	22,7	14,2
280	25,4	15,9	25,4	15,9
315	--	17,9	28,6	17,9

ENERGROUT

Holcim

ENERGROUT LD 3.0

LECHADA DE ALTA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PARA APLICACIONES DE GEOTERMIA

ENERGROUT

Holcim

LD 3.0

DESCRIPCIÓN

Lechada pre-dosificada de muy alta conductividad térmica y reología favorable para su inyección. Especialmente diseñada para aplicaciones geotérmicas.

COMPOSICIÓN

Es una mezcla de a base de cemento sulforresistente, adiciones minerales, aditivos naturales y sintéticos para conferir las propiedades deseadas.

CARACTERÍSTICAS

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

PROPIEDADES

La lechada Energrout LD 3.0 permite una excelente aplicación en obra, con una gran facilidad de amasado y de bombeo, sin presentar disgregaciones ni sedimentación. Su densidad, reología y conductividad 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. El tiempo de amasado estará entre 4 y 7 minutos, según el tipo de máquina empleada.
3./ 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 TÉCNICOS

Agua de amasado por saco	15,85 litros
Dosificación por m³	650 litros de agua y 820 kg de LD 3.0
Densidad del mortero	1,47 TN/m³
Conductividad Térmica	3,0 W/mK
Fluidez cono de Marsh	45 seg
Tamaño máximo de partículas	0,5 mm
Presentación	56 sacos de 20 kg en palets (1.120 kg)
Tiempo de aplicación	60 a 90 min según temperaturas

Suministro

Nuestros productos están disponibles en varios formatos para adaptarse a sus necesidades de consumo, manutención y ahorro de espacio.

Formatos de producto

Sacos
De 25 kg. de papel doble lámina sobre palets de hasta 1.400 kg.

Big Bag
Hasta 1.500 kg. suministrado sobre palet para facilitar su transporte y manejo.

Granel
Silos de gravedad o presión de hasta 32 toneladas, provistos de amasadoras. Suministro en camiones cisterna.

Precauciones de uso

Evitar las nubes de polvo durante el uso y manipular en ambiente adecuadamente ventilado. No es recomendable apilar más de dos palets.

Protección individual y primeros auxilios

Evita el contacto con los ojos llevando gafas. En caso de contacto, lavar inmediatamente con agua limpia.

Evita la inhalación llevando mascarilla. En caso de inhalación, salga a un sitio aireado.

Evita el contacto prolongado con la piel llevando guantes. En caso de irritación, lavar con agua.

Para más información, consulte las fichas de datos de seguridad en www.holcim.es

Caducidad y almacenamiento

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.

Energrout Geotherm, S.L.

C/ Alfredo Marquerie, 49. 1F
28034 Madrid
Tel. 911 123 978
comercial@energrout.com

Holcim Morteros, S.A.
www.holcim.es

Fábrica de Madrid
C/ de las Forjas, 1
28052 Vicálvaro (Madrid)
Tel. 913 682 330
Fax 913 682 350

Fábrica de Valencia
C/ Riu Xuquer, s/n
46930 Quart de Poblet (Valencia)
Tel. 961 921 030
Fax 961 921 099

Fábrica de Alicante
C/ Partida Fontcalent, s/n
03113 Alicante
Tel. 965 112 330
Fax 965 112 767

Fábrica de Málaga
Paraje Maldonado, s/n
29110 Monda
Tel. 952 457 040
Fax 952 457 355

GNB INDUSTRIAL POWER

Classic EnerSol T

Technical data, Drawings

Technical characteristics and data

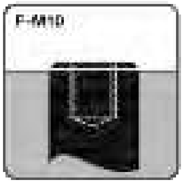
Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C_{100} 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height* (h) max. mm	Installed length (L) max. mm	Weight incl. acid approx. kg	Weight acid** approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
EnerSol T 370	NVTS020370WC0FA	2	376	83.0	198	445	93.0	17.3	5.10	0.70	2900	F-M10	1
EnerSol T 460	NVTS020460WC0FA	2	462	101	198	445	111	21.0	6.30	0.56	3625	F-M10	1
EnerSol T 550	NVTS020550WC0FA	2	542	119	198	445	129	24.7	7.50	0.46	4350	F-M10	1
EnerSol T 650	NVTS020650WC0FA	2	698	119	198	505	129	28.5	8.30	0.45	4600	F-M10	1
EnerSol T 760	NVTS020760WC0FA	2	779	137	198	505	147	31.0	10.0	0.39	5250	F-M10	1
EnerSol T 900	NVTS020900WC0FA	2	897	137	198	655	147	38.0	11.8	0.43	4830	F-M10	1
EnerSol T 1000	NVTS021000WC0FA	2	1023	155	198	655	165	43.1	12.6	0.30	5325	F-M10	1
EnerSol T 1100	NVTS021100WC0FA	2	1154	173	198	655	183	47.7	14.1	0.34	5891	F-M10	1
EnerSol T 1250	NVTS021250WC0FA	2	1282	191	198	655	201	52.8	15.6	0.30	5657	F-M10	1

* The above mentioned height can differ depending on the used vent(s)
** Acid density d_N = 1.24 kg/l

Type	C_1 1.75 V/C	C_3 1.80 V/C	[illegible] 1.80 V/C	C_{10} 1.80 V/C	C_{20} 1.80 V/C	[illegible] 1.80 V/C	[illegible] 1.85 V/C	C_{100} 1.85 V/C	C_{120} 1.85 V/C
EnerSol T 370	250	290	304	333	351	358	369	376	383
EnerSol T 460	327	350	367	415	437	452	444	462	479
EnerSol T 550	393	425	441	489	524	558	533	542	574
EnerSol T 650	492	527	562	625	656	668	647	698	719
EnerSol T 760	574	615	645	729	763	790	735	779	839
EnerSol T 900	654	714	742	840	854	853	838	897	963
EnerSol T 1000	755	808	848	960	1006	1058	990	1025	1104
EnerSol T 1100	850	910	954	1080	1134	1225	1117	1154	1242
EnerSol T 1250	944	1011	1060	1200	1250	1361	1241	1282	1380

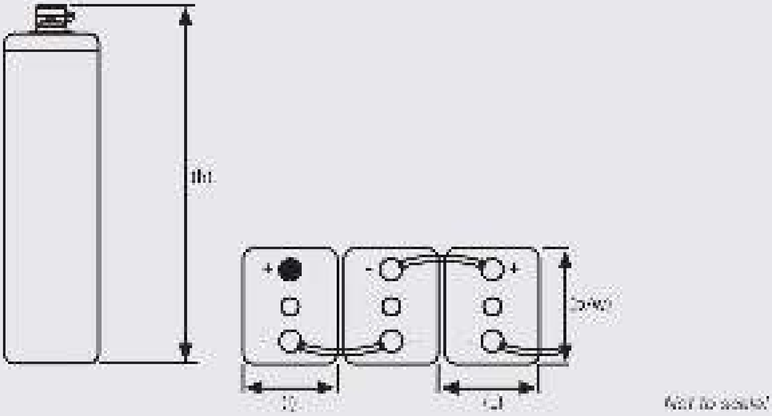
The capacities are given in Ah at 25 °C after 5 cycles

Terminal and torque



25 Nm

Drawings with terminal position

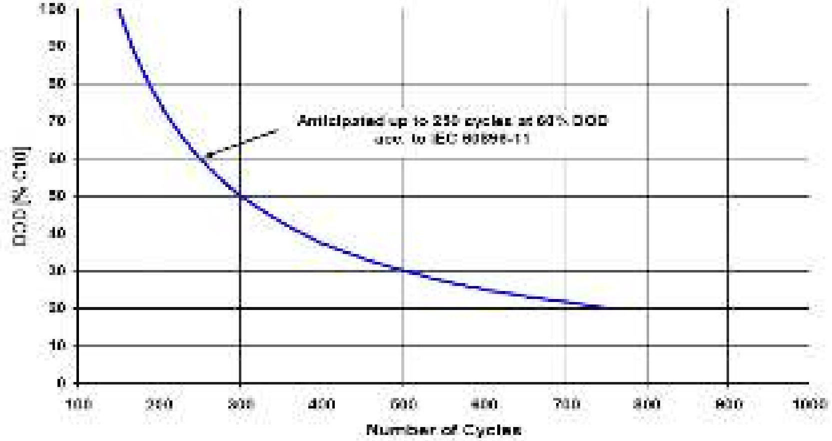


Classic

Classic™

Enersol

	Vida en ciclos: 250 ciclos según IEC 60896-11
	Placa Plana
	Bajo mantenimiento
	Reciclable



TIPO	VOLTS	C120 1,85VpC 25°C Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA			PESO Kg
EnerSol 250	12	256	515	276	242	63,0

Densidad 1,28Kg/l a 25°C

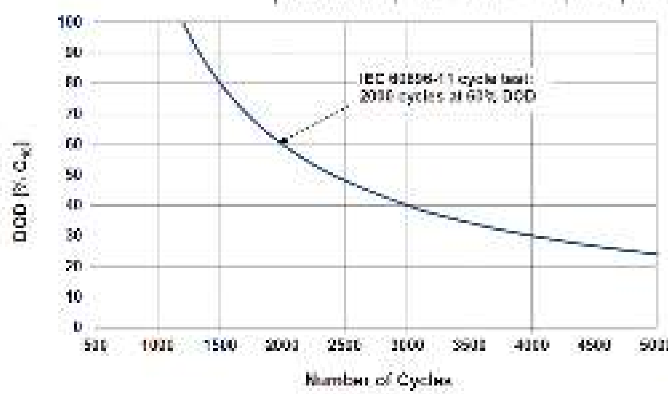
Aplicaciones

	Fotovoltaica

Enersol T

	Vida en ciclos: 2000 ciclos según IEC 60896-11
	Placa Tubular
	Bajo mantenimiento
	Reciclable

Tipo	C 1,75 V/C	C 1,80 V/C	C 1,80 V/C	C 1,80 V/C	C 1,80 V/C	C 1,82 V/C	C 1,85 V/C	C 1,85 V/C	C 1,85 V/C
EnerSol T 370	310	260	298	333	361	363	359	373	383
EnerSol T 460	332	360	387	416	437	460	444	453	470
EnerSol T 550	398	425	441	499	524	558	535	542	574
EnerSol T 650	402	527	562	625	636	668	647	668	710
EnerSol T 760	570	615	625	729	766	780	755	779	809
EnerSol T 880	754	714	752	898	854	933	888	887	955
EnerSol T 1000	755	805	848	960	1006	1065	933	1025	1104
EnerSol T 1130	850	910	954	1080	1134	1225	1117	1164	1242
EnerSol T 1250	944	1011	1060	1200	1266	1361	1241	1292	1380



TIPO	VOLTS	C120 1,85VpC 25°C Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA			PESO Kg
EnerSol T 370	2	376	83	199	445	17,2
EnerSol T 460	2	462	101	199	445	21,0
EnerSol T 550	2	542	119	199	445	24,7
EnerSol T 650	2	668	119	199	528	29,5
EnerSol T 760	2	779	137	199	528	31,0
EnerSol T 880	2	897	137	199	556	36,0
EnerSol T 1000	2	1025	155	199	556	43,1
EnerSol T 1130	2	1154	173	199	556	47,7
EnerSol T 1250	2	1282	191	199	556	52,8

Densidad 1,26Kg/l a 25°C

ANEJO Nº 9 SIMULACIONES

Tabla de contenido

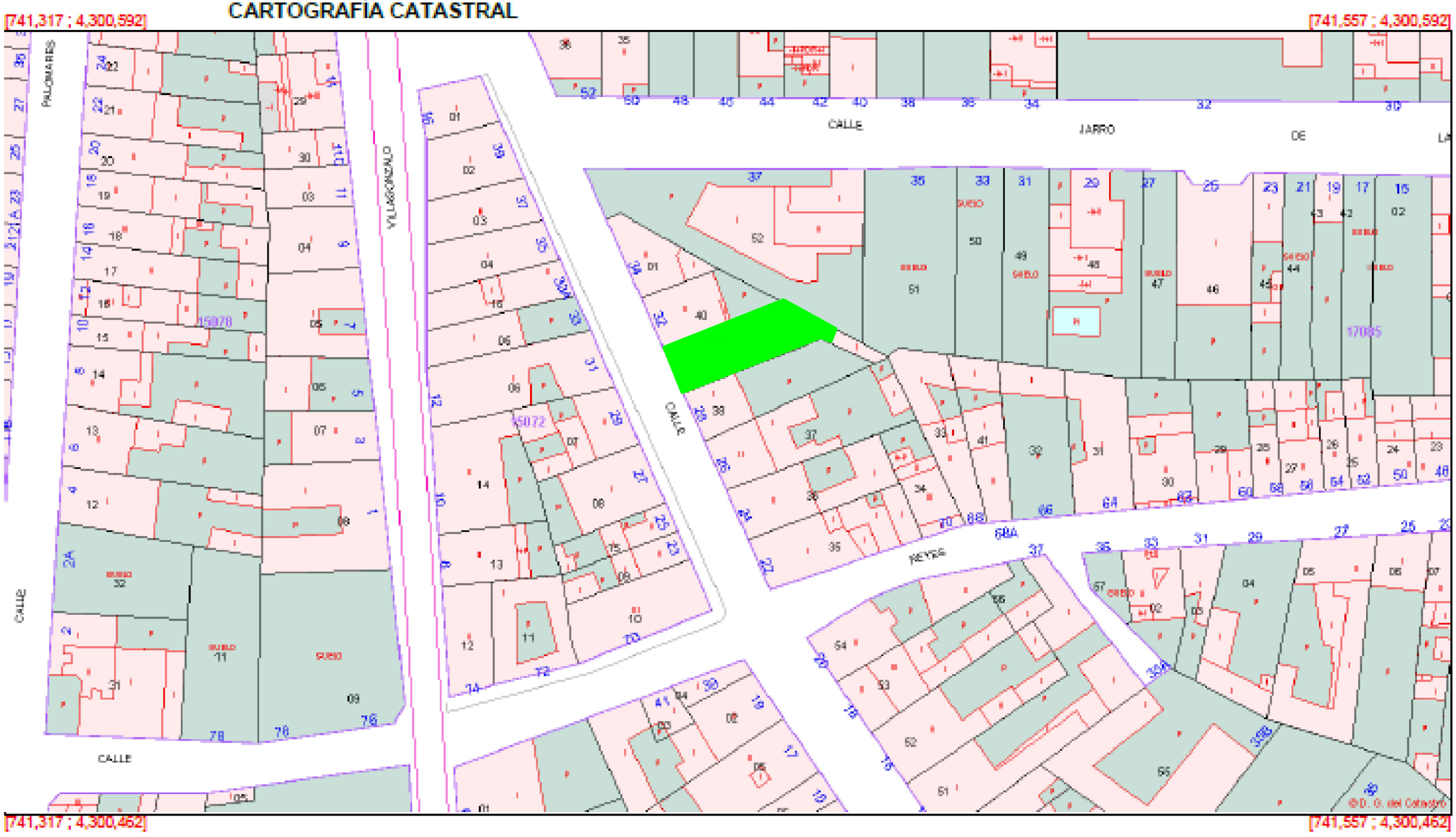
1. SIMULACIÓN 1- SIMU1.OUT
2.SIMULACIÓN 2- SIMU2.OUT
3.SIMULACIÓN 3- SIMU3-1.OUT
4. SIMULACIÓN 4- SIMU3-2-1.OUT
5. SIMULACIÓN 5- SIMU3-2-2.OUT
6. ARCHIVO PROGRAMA SIMULACIÓN - SIMUS_EED32_TFM

DOCUMENTO II.

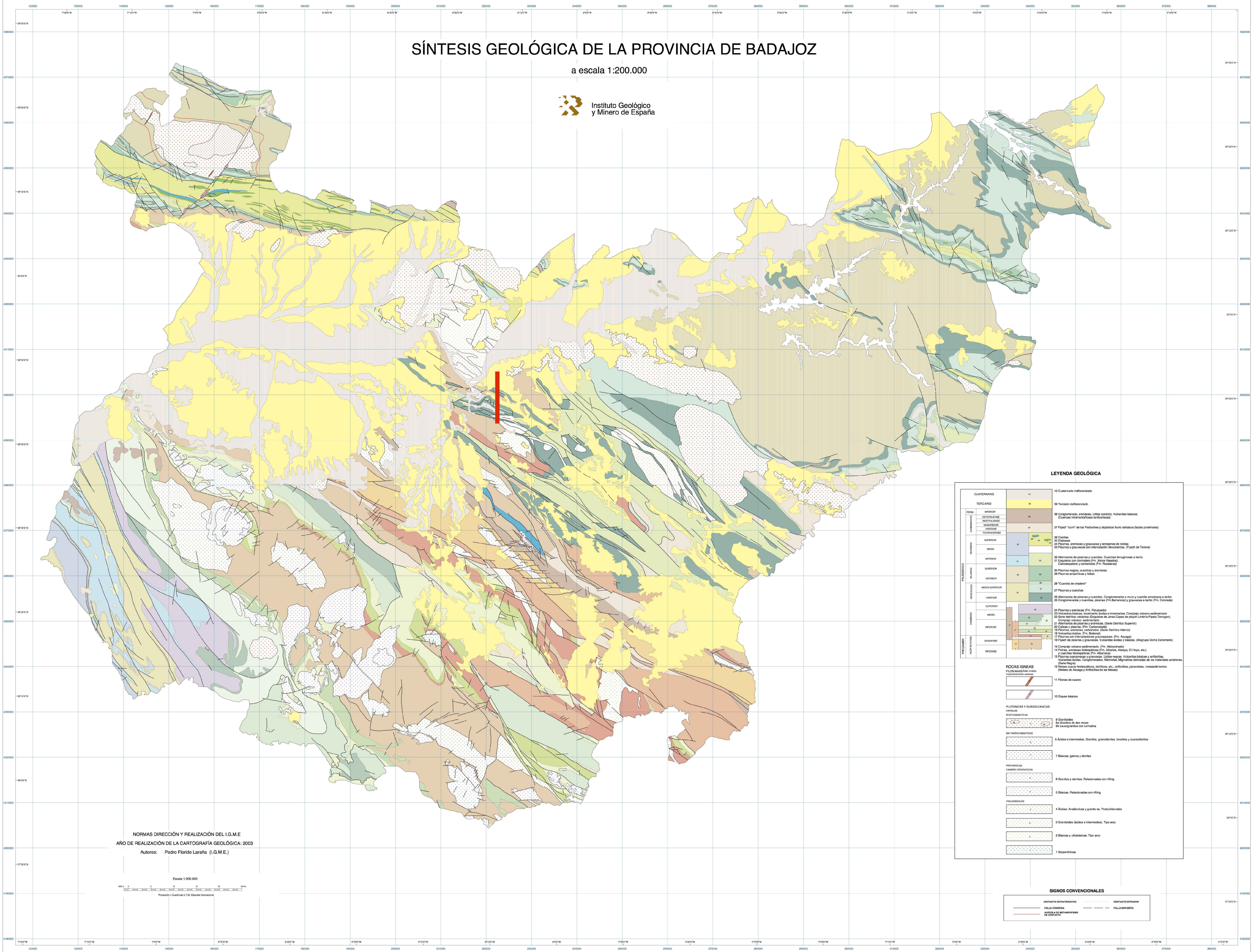
PLANOS

	Máster Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	Título del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeos geotérmicos	Escala: S/E	Designación del Plano: Ubicación	Ingeniera autora del proyecto: Irene García Cerro	Plano nº: 1	Fecha: Sept. 2022	Hoja: 1

CARTOGRAFÍA CATASTRAL



Máster Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	Título del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeos geotérmicos	Escala: 1/*	Designación del Plano: Emplazamiento	Ingeniera autora del proyecto: Irene García Cerro	Plano nº: 2	Fecha: Sept. 2022	Hoja: 1



Máster Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	Título del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeos geotérmicos	Escala: S/E	Designación del Plano: Mapa geológico de Badajoz	Ingeniera autora del proyecto: Irene García Cerro	Plano nº: 3	Fecha: Sept. 2022	Hoja: 1

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ALMENDRALEJO	803 / 11-32

LEYENDA

MATERIALES RECIENTES

CUATERNARIO: HOLOCENO (61, 62, 63); PLEISTOCENO (59, 60, 58, 57); TERCIARIO: PLIOCENO; MIOCENO (56, 54, 55, 52, 53)

63 Gravas, arenas y limos (depósitos aluviales actuales)
62 Cantos angulosos de cuarcitas y matriz arenosa (depósitos de piedemonte)
61 Arenas y arcillas, localmente con cantos (detríticos de vertiente y/o eluviales)
60 Arenas, gravas y cantos (terraza antigua del río Matachel)
59 Arcillas, arenas, gravas y cantos (2.ª terraza del Guadiana)
58 Arcillas rojas con cantos redondeados de cuarcitas (2.º nivel de raña)
57 Arcillas rojas con cantos redondeados de cuarcitas (1.er nivel de raña)
56 Carbonatos lacustres
55 Conglomerados y aglomerados de matriz arcillosa
54 Arcosas, areniscas y microconglomerados (facies Almendralejo)
53 Calizas detríticas (mud flow)
52 Conglomerados de cemento carbonatado (debris flow)

MATERIALES SIN ADSCRIPCION A NINGUN DOMINIO CONCRETO

CARBONIFERO INFERIOR
51 Pizarras y grauvacas con intercalaciones de calizas; conglomerados y rocas efusivas básicas y rocas epiclásticas

DOMINIO OBEJO - VALSEQUILLO PUEBLA DE LA REINA

UNIDAD DE ALANGE

DEVONIC.: INFERIOR-MEDIO (49, 50); INFERIOR (48). ORDOVICICO: ARENIG (47); TREMADOC (46, 45). CAMBR.: OVETIENSE (43, 44, 42). PRECAM. PROTER.: VENDIENSE (39, 40, 41); RIFEENSE MEDIO Y SUPERIOR (36, 37, 35, 38)

49 Esquistos sericíticos con pasadas de areniscas y de 50) calizas bioclásticas
48 Areniscas ferruginosas con intercalaciones de esquistos
47 Ortocuarcitas blancas (cuarcita armoricana)
46 Arcosas rosas y pizarras violáceas
45 Pizarras y areniscas violáceas
43 Pizarras grises con pasadas arenosas y 44) calizas estromatolíticas a techo
42 Arcosas
39 Metavolcanitas básicas intermedias con intercalaciones de 40) calizas y de 41) volcanitas ácidas (F. Malcocinado)
35 Esquistos y cuarzoesquistos biotíticos con 36) metavolcanitas ácidas 37) básicas y 38) cuarcitas negras (S. Tentudia y Montemolín)

UNIDAD DEL VALLE

DEV.: INFERIOR (34, 32, 33). ORDOVIC.: ARENIG (31); TREMADOC (30). PREC. PROT. RIFEE.: MEDIO Y SUPERIOR (29)

32 Pizarras grises y cuarcitas ferruginosas con intercalaciones de areniscas y de 33) calizas bioclásticas y 34) Conglomerados
31 Cuarcitas y pizarras (Cuarcita armoricana)
30 Arcosas con pasadas conglomeráticas de matriz arcósica
29 Pizarras y grauvacas con metamorfismo de contacto

UNIDAD DE PUEBLA DE LA REINA

DEVONICO (26, 25, 28, 27). ORDOVIC.: ARENIG (24); TREMADOC (23). PRECAMBR. PROTEROZOICO: VENDIENSE (20, 22, 21); RIFEENSE MEDIO Y SUPERIOR (17, 19, 18, 15, 16)

25 Pizarras grises con pasadas de 26) metavolcanitas) básicas 27) tobas y 28) metareniscas. Niveles gossanizados
24 Cuarcitas blancas con niveles pizarrosos bioturbados (Cuarcita armoricana)
23 Arcosas
20 Metavolcanitas-básicas intermedias facies granuda con niveles de 21) calizas y otras de 22) metavolcanitas ácidas (F. Malcocinado)
17 Pizarras y grauvacas con intercalaciones de 18) calizas y 19) tobas
15 Pizarras y grauvacas con intercalaciones de metavolcanitas ácidas y/o intermedias con niveles de 16) calizas hacia el techo

DOMINIO DE VALENCIA DE LAS TORRES - CERRO MURIANO

GRUPO CORDOBA - FUENTEOBEJUNA

PRECAM. PROTEROZ.: RIFEENSE INFERIOR - MEDIO (13, 14); INFERIOR - MEDIO (9, 10, 11, 12)

13 Esquistos y cuarzoesquistos biotíticos con pasadas de 14) cuarcitas negras (S. Montemolín)
10 Neises biotíticos y 11) cuarzofeldespáticos con intercalaciones de 12) anfibolitas (Neises de Azuaga)
9 Neises biotíticos y/o anfibólicos

GRUPO DE SIERRA ALBARRANA

PRECAMBRICO-ORDOVICICO (8, 7)

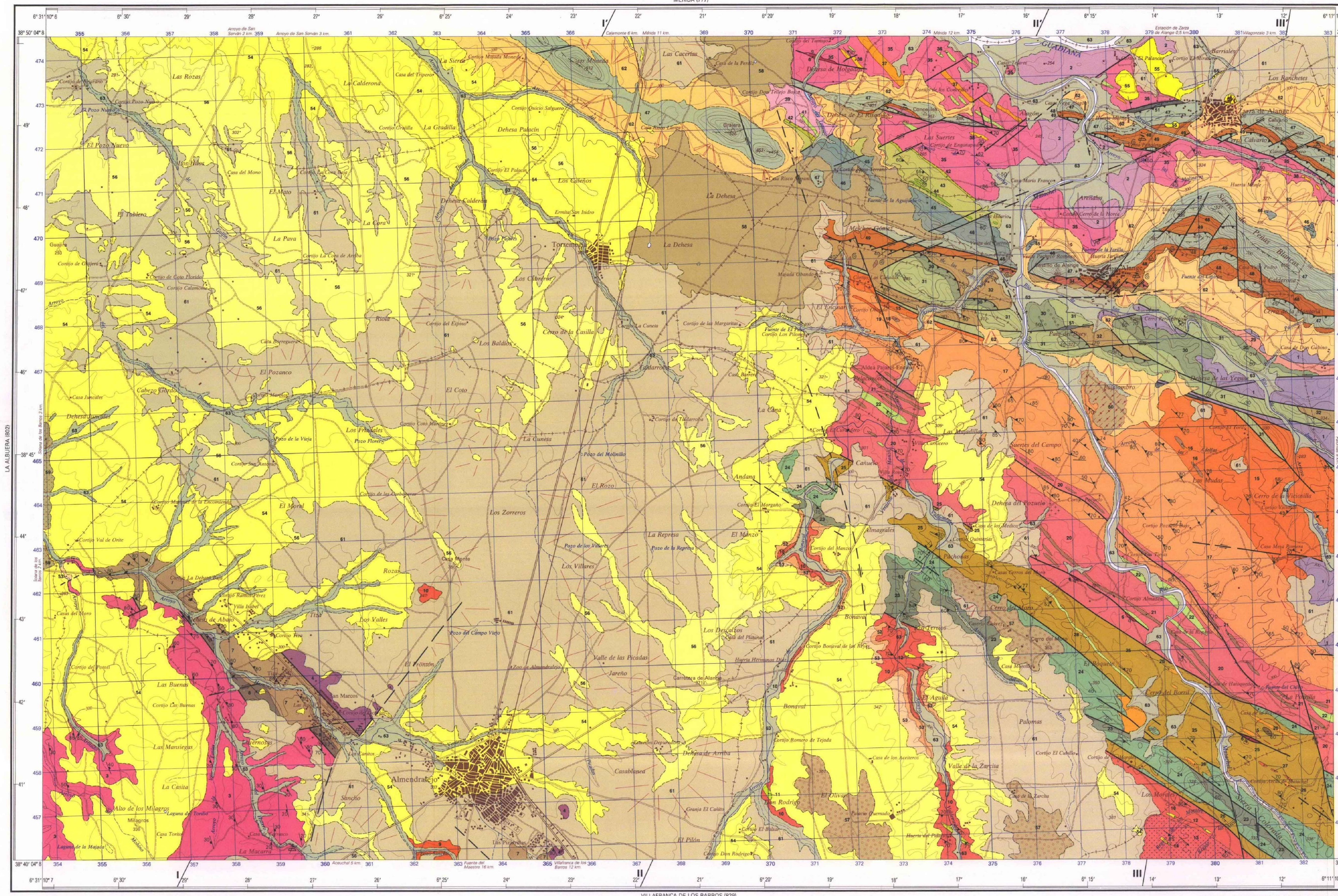
8 Cuarcitas tableadas de color claro
7 Micaesquistos moscovíticos (F. Albariza)

ROCAS IGNEAS

6 Dique de cuarzo
5 Granito
4 Ortoneis de Almendralejo
3 Ortoneis de Aceuchal
2 Gabros de Alange y Zarza de Alange
1 Granitoides tipo Palomas

SIGNOS CONVENCIONALES

Contacto normal o concordante	Traza de capas con indicación de buzamiento
Contacto anormal o discordante	Aureola de metamorfismo de contacto
Contacto anormal o discordante supuesto	Estratificación dirección y buzamiento
Contacto intrusivo	Estratificación subvertical
Borde de terraza escarpado	Esquistosidad más patente dirección y buzamiento
Falla.	Esquistosidad subvertical
Falla supuesta	Foliación cataclástica
Falla con indicación de bloque hundido	Lineación de intersección
Falla con indicación de movimiento	Mina inactiva
Cabalgamiento o manto	Cantera
Anticlinal o antiforma	Fósiles



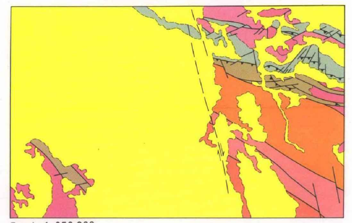
CENTRO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Base topográfica: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
Cartografía: carmagraf s.a.
Imprime: CONSULPRINT, S.L.
Depósito legal: M-40414-1988 NIPO: 232-88-005-7

Escala 1:50.000

Las altitudes se refieren al nivel medio del Mediterráneo en Alicante
Cuadrícula Lambert.—Equidistancia de las curvas de nivel, 20 metros
Proyección U.T.M.—Elipsoide Internacional

NORMAS, DIRECCION Y SUPERVISION DEL IGME
REALIZACION DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA, 1985
INGEMISA: Apalategui O., Jorquera A., Villalobos M.
DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL IGME: Quesada C., Amado Cueto L.

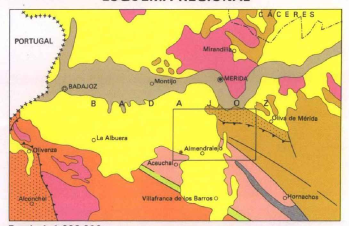
ESQUEMA TECTONICO



Escala 1:250.000

TERCIARIO Y/O CUATERNARIO: Gravas, arenas, limos y costras
ROCAS IGNEAS INDIFERENCIADAS: Gabros, dioritas, ortoneis
DOMINIO DE VALENCIA DE LAS TORRES-CERRO MURIANO: Grupo Sierra Albarrana; Grupo Córdoba-Fuenteobejuna
DOMINIO OBEJO-VALESEQUILLO-PUEBLA DE LA REINA. UNIDAD DE ALANJE: Paleozoico indiferenciado; Precámbrico indiferenciado
UNIDAD DEL VALLE: Precámbrico y paleozoico indiferenciado
UNIDAD DE PUEBLA DE LA REINA: Paleozoico indiferenciado; Precámbrico indiferenciado

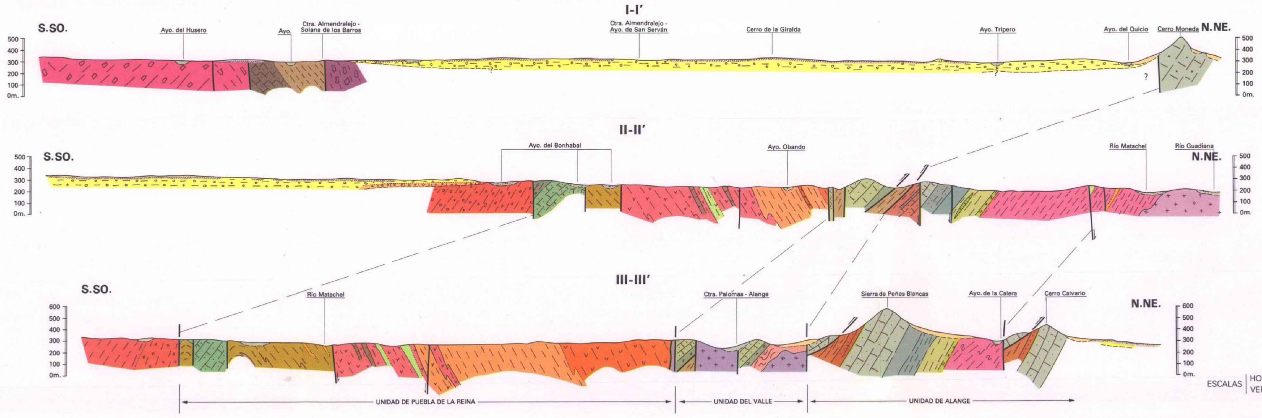
ESQUEMA REGIONAL



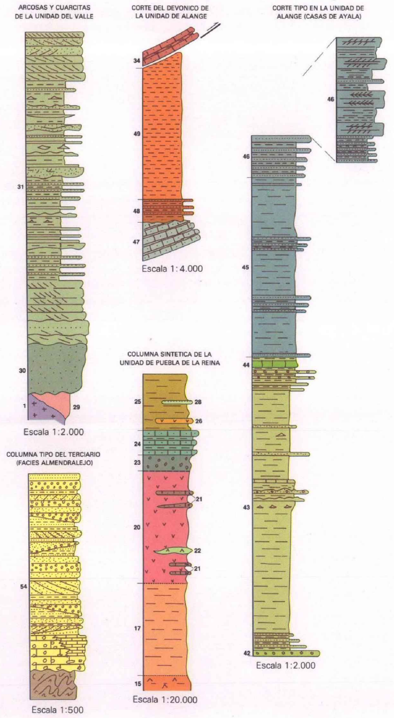
Escala 1:1.000.000

Cuaternario
Terciario
Rocas igneas indiferenciadas
Carbonífero
Dominio Obejo - Valsequillo - Puebla de la Reina a) Unidad Alange
Dominio de Valencia de las Torres-Cerro Muriano
Dominio de Sierra Albarrana
Dominio de Zafra - Alanís - Córdoba a) Unidad de Cumbres b) Otras unidades

CORTES GEOLOGICOS

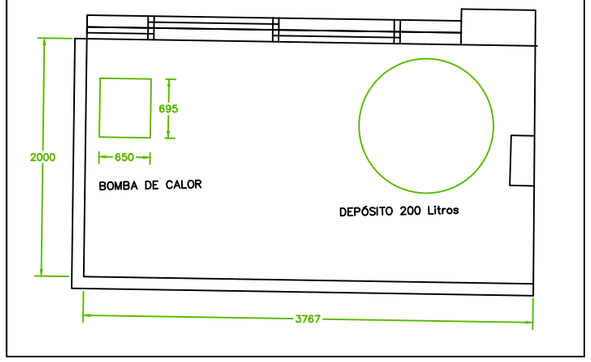


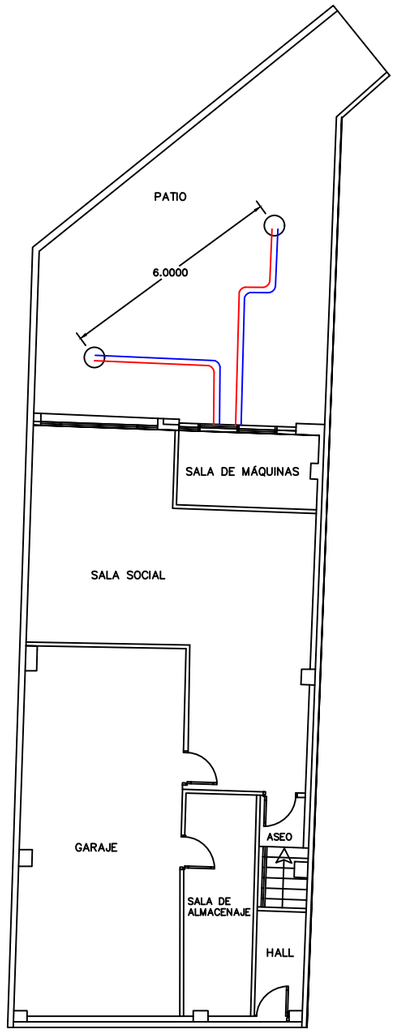
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS EN LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS



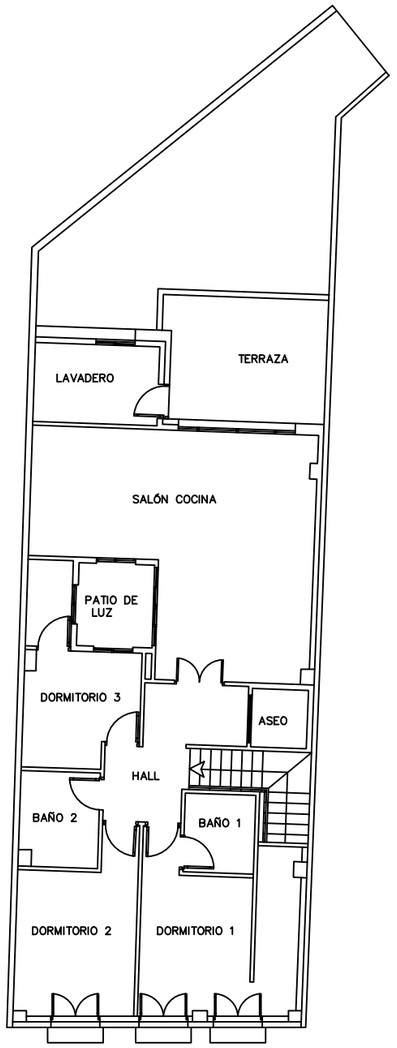
Máster Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	Título del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeos geotérmicos	Escala: S/E	Designación del Plano: Mapa geológico hoja Almendralejo	Ingeniera autora del proyecto: Irene García Cerro	Plano nº: 3	Fecha: Sept. 2022	Hoja: 2

DETALLE SALA DE MÁQUINAS



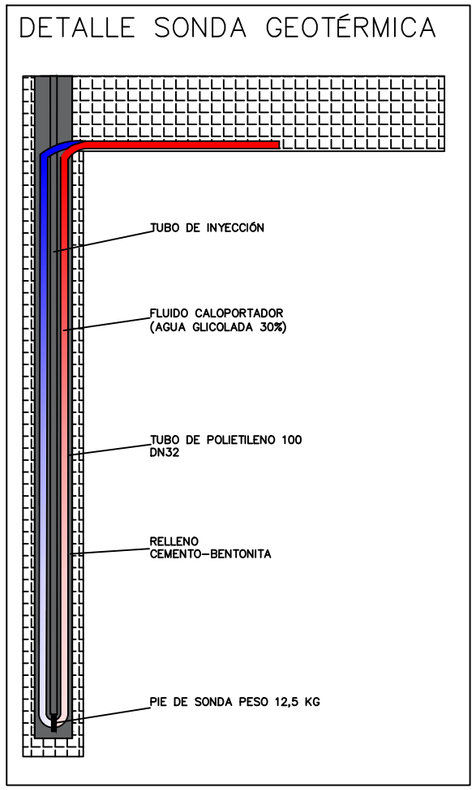


Planta baja

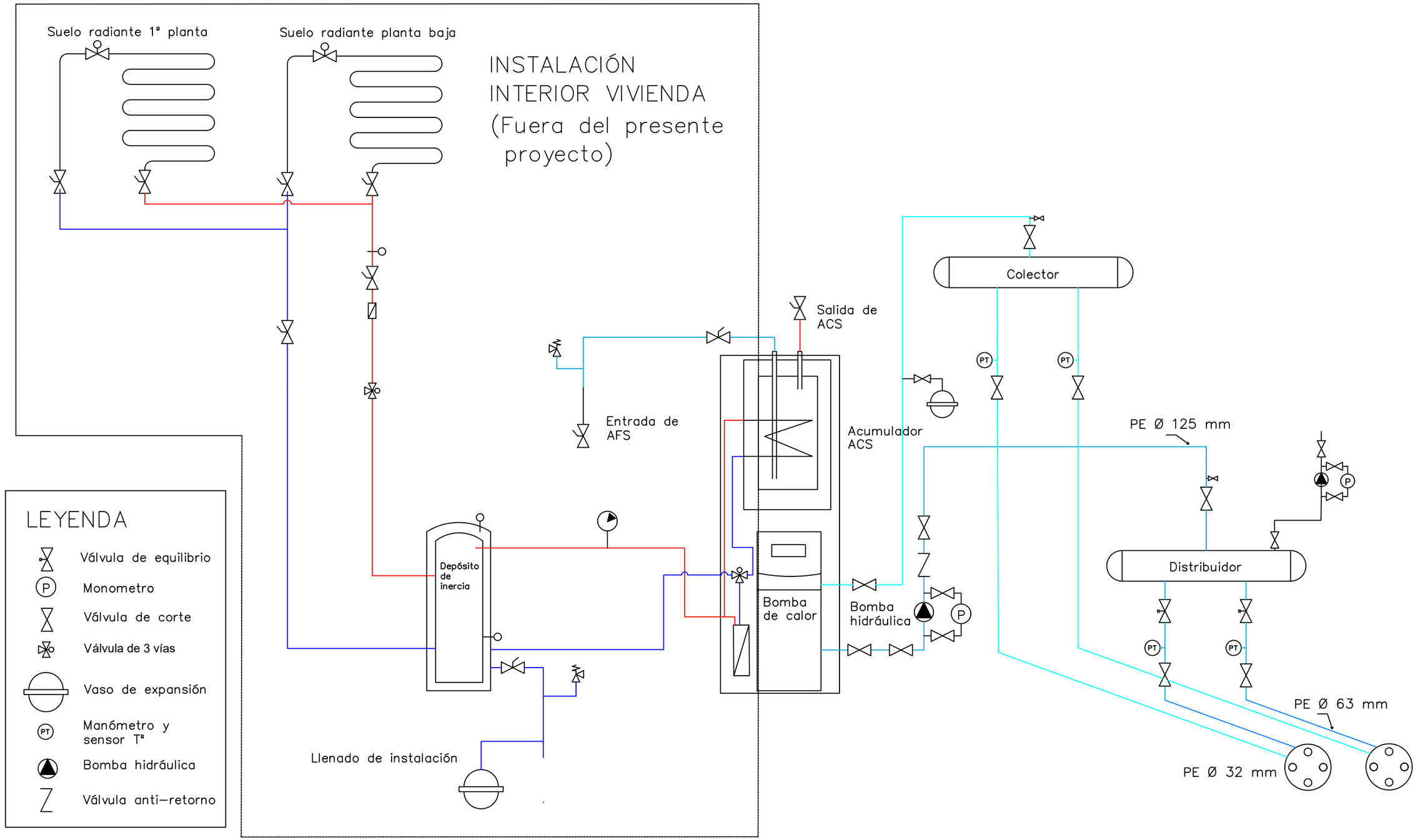


1ª Planta

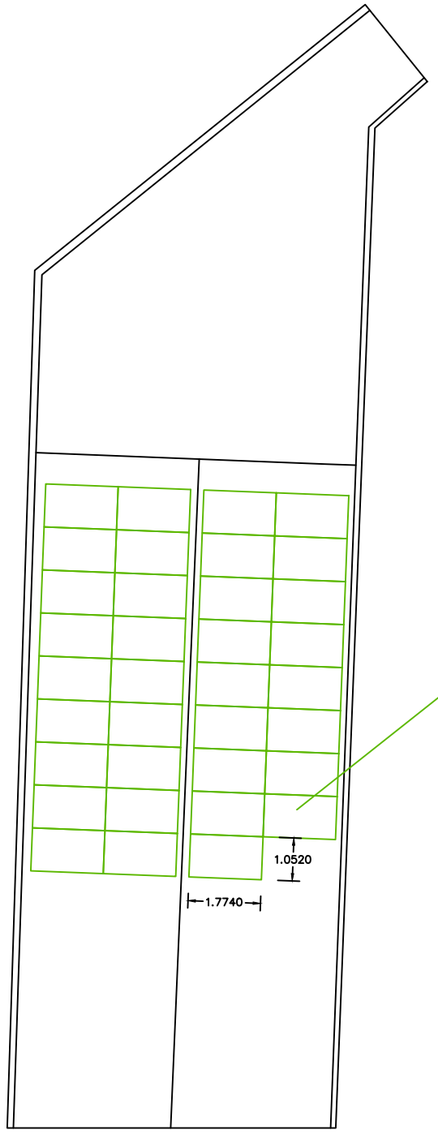
DETALLE SONDA GEOTÉRMICA



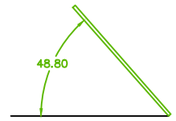
	Máster Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	Título del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeos geotérmicos	Escala: 1/150	Designación del Plano: Instalación geotérmica	Ingeniera autora del proyecto: Irene García Cerro	Plano nº: 4	Fecha: Sept. 2022	Hoja: 1



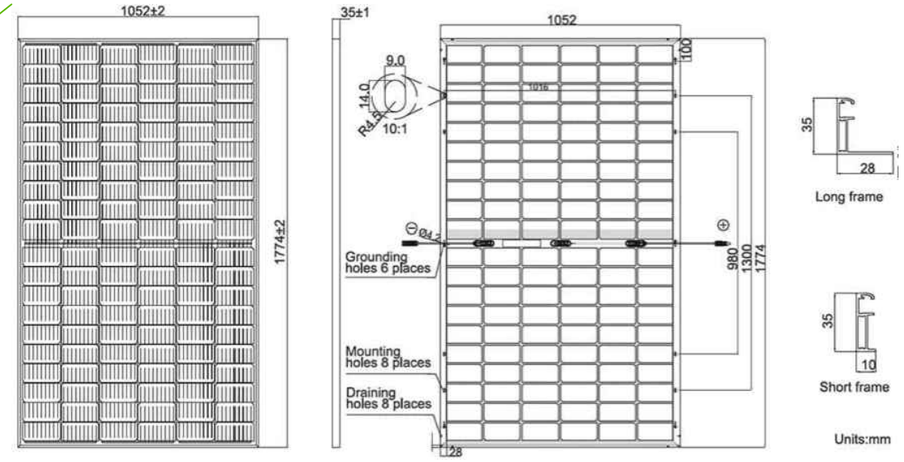
Máster Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	Título del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeos geotérmicos	Escala: 1/500	Designación del Plano: Esquema de principio inst.	Ingeniera autora del proyecto: Irene García Cerro	Plano nº: 5	Fecha: Sept. 2022	Hoja: 1



Detalle inclinación sobre rasante de las placas solares



E=1/75



Características geométricas panel fotovoltaico Ja Solar 380W Monocristalino Perc

	Máster Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	Título del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeos geotérmicos	Escala: 1/150	Designación del Plano: Instalación fotovoltaica	Ingeniera autora del proyecto: Irene García Cerro	Plano nº: 6	Fecha: Sept. 2022	Hoja: 1

DOCUMENTO III.

PLIEGO DE CONDICIONES

Tabla de contenido

1. DISPOSICIONES GENERALES 2
1.1 INTRODUCCIÓN 2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 2
1.3 CONTRATO DE OBRA 3
1.4 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO 3
2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES 3
3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA 4
4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA 7
5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL 8
6. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA 9
6.1 INSTALACIÓN DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO 9
6.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 13
7. GARANTÍAS 20
8. CONTRATO DE MANTENIMIENTO 22

Tabla 1.Rendimiento inversor de cargas resistivas 19

1. Disposiciones generales

1.1 Introducción

El Pliego de Condiciones desarrollado a continuación determina el modo en el que se debe ejecutar el proyecto. Para poder definirlo se tienen en cuenta las condiciones generales, facultativas, económicas, legales y técnicas. En cada una de ellas se explicaran estas condiciones, profundizando en las técnicas en las cuales se definen los aspectos específicos de la instalación geotérmicas, el suelo radiante y la instalación fotovoltaica. Se incluye también el sistema de distribución que forma parte de la instalación, en el cual se deberá de especificar las tuberías, bombas, valvulería, etc.

1.2 Descripción del proyecto

El proyecto tratado se realiza el diseño de una instalación geotérmica para conseguir la climatización mediante suelo radiante, así como la producción de agua caliente sanitaria en una vivienda de dos plantas situada en la localidad de La Zarza (Badajoz, Extremadura). Para conseguir una vivienda sin consumo de energía procedente de fuentes no renovables, se añade a la instalación paneles fotovoltaicos que alimenten tanto a la bomba del sistema geotérmico como para satisfacer las demandas de energía eléctrica de la vivienda.

La producción energética en el sistema geotérmico se lleva a cabo a través de una bomba de calor agua-agua, la cual gracias a la estabilidad térmica del subsuelo mediante la instalación de 2 sondas geotérmicas de 66,4 m de profundidad conectadas todas ellas en paralelo. Circula agua por ellas en circuito cerrado, intercambiando calor con el terreno y tras ello en la bomba de calor para calentar o refrigerar el agua del circuito del suelo radiante.

Los paneles fotovoltaicos, generan energía gracias a la activación los electrones que se localizan en el material mediante la radiación solar incidente, generando un diferencial de potencial. El movimiento de los electrones genera una corriente eléctrica que permitiendo alimentar a las cargas que necesiten energía eléctrica.

Para conseguir una correcta climatización se debe de instalar suelo radiante en todo el área de la vivienda. Esta consiste en una red de tuberías de polietileno reticulado (PEX) empotradas en la capa de mortero bajo el revestimiento del suelo de la vivienda. Debajo de la instalación se colocarán planchas de un material no conductor evitando el flujo de calor hacia el terreno.

El sistema trabajará en dos modos en función de las demandas de la vivienda en cada estación. En el modo de calefacción el agua que atraviesa la instalación bajo el suelo de la vivienda estará caliente, cediendo así el calor que porta el fluido hacia el suelo, calentando el ambiente de la vivienda. En el 2º modo, de refrigeración, el agua que circula estará fría absorbiendo el calor situado en la vivienda a través del suelo. En este

segundo modo será importante controlar la temperatura del suelo para evitar condensaciones.

El control de la temperatura del suelo radiante regulará la temperatura de la vivienda en función de las necesidades presente debido a la temperatura exterior, siguiendo al curva climática prefijada. En el sistema se priorizará la producción de ACS cuando el agua en el acumulador no alcance la temperatura de consumo desviando el agua hacia el serpentín del depósito ce ACS.

Previamente al diseño de las siguientes instalaciones se realiza la justificación del cumplimiento del apartado HE1: Limitación de la demanda energética del Código Técnico de la edificación.

1.3 Contrato de obra

Se recomienda que la contratación de la ejecución de la obra se realice en función de unidades de obra, en función de los documentos del Proyecto, y que el Director de obra ofrezca documentación necesaria para realizar el contrato.

1.4 Documentación del contrato

Integran el contrato de obra los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión y contradicción:

1. Condiciones fijadas en el mismo documento de contrato de empresa o arrendamiento de la obra, si existe.
2. El presente pliego de condiciones.
3. Resto de documentación: Memoria, planos, anejos y presupuesto.

Adicionalmente , en cada documento señalado prevalece lo escrito a lo mostrado gráficamente, y en los planos, las cotas a las medidas a escala. El contratista será responsable de comprobar las cotas antes del comienzo de la obra, detectando cualquier error en las mismas para dar solución.

2. Pliego de condiciones generales

El presente pliego de condiciones tiene por objeto regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra, al contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al ingeniero y a los laboratorios y entidades de control de calidad, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

Las dudas que se planteasen en la aplicación o interpretación del presente Pliego serán

aclaradas por el Ingeniero Director de la obra. El hecho de intervenir en la obra conlleva el conocimiento y aceptación del Pliego de Condiciones por parte de la Contrata y los gremios o subcontratas.

Cualquier variación que se pretendiere realizar sobre la obra proyectada deberá ser puesta previamente en conocimiento del Ingeniero Director, sin cuyo conocimiento no será ejecutada. En caso contrario, el Contratista ejecutante de dicha unidad de obra responderá de las consecuencias que ello originase. No será justificante ni eximente a estos efectos el hecho de que la indicación de variación proviniese del Propietario.

Por otro lado, el Contratista nombrará un Encargado General que deberá estar constantemente en obra mientras en ella trabajen obreros de su gremio. Su misión será atender y entender las órdenes de la Dirección Facultativa, conocer el presente Pliego de Condiciones y velar porque el trabajo se ejecute en correctas condiciones y según las buenas prácticas de la construcción.

Las órdenes e instrucciones de la Dirección Facultativa de la obra se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos la cota prevalece sobre la medida a escala.

3. Pliego de condiciones de índole facultativa

La ejecución de las instalaciones se realizará por empresas instaladoras autorizadas. Es obligación del contratista ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del Ingeniero Director, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto. Para ello asignará a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera. Deberá designar un jefe de obra que asumirá la representación técnica del Contratista en la obra y que por su titulación o experiencia tenga la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.

Asimismo, corresponde al Contratista elaborar el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del Estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.

El Contratista asegurará la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y componentes que se utilicen, rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero, los suministros que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

Es obligación de la Contrata ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los

Documentos del Proyecto, siempre que sin separarse de su espíritu y recta interpretación lo disponga el Ingeniero Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas a través del Ingeniero Director a la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero Director no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

El Contratista no podrá recusar al Ingeniero Director o personal encargado por éste de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado anteriormente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

Obligatoriamente y por escrito deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al Ingeniero Director, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y valoradas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean reinstaladas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata.

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada. Obligatoriamente y antes de proceder a su empleo o acopio, el Contratista deberá presentar al Ingeniero

Director una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán de cuenta de la contrata.

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Contratista se atendrá en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras, y en segundo lugar a las reglas y normas de la buena práctica.

En la instalación terminada, bien sobre la instalación en su conjunto o bien sobre sus diferentes partes, deben realizarse las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por el director de la instalación, las previstas en la IT 2 del vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y las exigidas por la normativa vigente. Todas las pruebas se realizarán en presencia del director de la instalación, quien debe dar su conformidad, tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos. Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas, pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

Una vez finalizada la instalación, realizadas las pruebas de puesta en servicio de la instalación que se especifican en la IT 2, con resultados satisfactorios, se procederá a la recepción provisional de la instalación, con la intervención de la Propiedad, el Contratista, el Ingeniero Director y demás técnicos intervinientes en la obra. Practicado un detenido reconocimiento de la instalación se extenderá un acta firmado por todos ellos. Seguidamente, el instalador autorizado y el Ingeniero Director suscribirán el certificado de la instalación.

Tras ser registrado el certificado de la instalación por el órgano competente de la Comunidad Autónoma podrá realizarse la puesta en servicio de la instalación.

Transcurrido el plazo de garantía, en ausencia de averías o defectos de funcionamiento durante el mismo, o habiendo sido éstos conveniente subsanados, la recepción provisional adquirirá carácter de definitiva sin la realización de nuevas pruebas salvo que por parte de la Propiedad haya cursado aviso en contra antes de finalizar el periodo de garantía establecido.

4. Pliego de condiciones de índole económica

Todos los agentes que intervienen en el proceso de instalación tiene derecho a recibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas. La propiedad, el contratista y en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la instalación. La propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la instalación, tales como salarios, suministros, subcontratos etc.

Si la Propiedad, con la conformidad del Ingeniero Director accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

Cuando la Propiedad por medio del Ingeniero Director decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista, el precio deberá resolverse contradictoriamente entre el Ingeniero Director y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos.

Si el Contratista, antes de la firma del contrato no hubiese hecho reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la realización de las obras.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Ingeniero Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero Director ordene,

también por escrito, la ampliación de las contratadas.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los elementos asegurados.

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

5. Pliego de condiciones de índole legal

El Contratista con carácter general estará obligado a ejecutar esmeradamente todas las obras que se le confían, así como a cumplir rigurosamente todas las condiciones estipuladas en este Pliego o en el Contrato, al igual que cuantas órdenes se le den verbalmente o por escrito por el Ingeniero Director de las obras.

De la calidad y buena ejecución de las obras contratadas, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio que pudieran costarle, ni por las erradas maniobras que cometiera durante la instalación, siendo a su cuenta y riesgo sin que pueda servir de excusa la inspección que de ellas haya podido haber hecho el Ingeniero Director de la Obra.

El Contratista estará obligado a cumplir rigurosamente lo dispuesto en la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, así como el RD 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

El Contratista deberá tener siempre en obra un número de operarios proporcional a la extensión y clase de los trabajos a juicio de la Dirección Técnica. Éstos serán de aptitud reconocida y experimentados en su oficio. Si se produjera la rescisión del contrato, ésta se regirá por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de Contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes. Serán causas suficientes de rescisión: la muerte o incapacitación del Contratista; la quiebra del Contratista; alteraciones del contrato por causas como la modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales a juicio del Ingeniero Director y siempre que la variación del presupuesto sea como mínimo ±25% de su importe, variaciones en las unidades de obra en ±40% o la suspensión de la obra comenzada; el incumplimiento de las condiciones de contrato cuando implique descuido o mala fe con perjuicio de los intereses de las obras; o el abandono de la obra sin causa justificada.

6. Pliego de condiciones de índole técnica

Las instalaciones de calefacción, climatización y ACS de los edificios deben cumplir las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad recogidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el R.D. 1027/2007 de 20 de julio, en las fases de diseño y dimensionado, montaje, mantenimiento y uso e inspección.

Los acumuladores, intercambiadores, tuberías etc. cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de Equipos a Presión, aprobado por el R.D. 2060/2008, vigente desde el 5 de agosto de 2009.

Las instalaciones solares fotovoltaicas deberán de atenerse a la normativa dispuesta en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado en el R.D. 842/2002, vigente desde el 2 de agosto.

6.1 Instalación de intercambio geotérmico

No existe normativa específica para esta tecnología en España, ya que se trata de una tecnología reciente no utilizada con regularidad. Por lo que se podrá conseguir válida las recomendaciones de la directriz alemana VDI 4640-parte 2 junto a publicaciones y normas americanas desarrolladas por ASHRAE e IGSHPA Todas ellas aprobadas previamente por la Dirección Técnica del proyecto.
El intercambiado geotérmico con el que se trabaja en este proyecto es vertical en un circuito cerrado, formado por dos sondas geotérmicas conectadas en paralelo.

Perforaciones

Las perforaciones geotérmicas se realizarán en el lugar indicado en el plano correspondiente, respetando una distancia mínima de 2 metros respecto a la fachada del edificio, con objeto de no comprometer la estabilidad del mismo, y de 6 metros entre perforaciones para evitar interferencias entre las sondas.

El terreno donde se realizarán las perforaciones deberá estar horizontal y libre de obstáculos, debiéndose comprobar que ninguna conducción de suministro pasa a menos de 70 cm de las mismas.

El sistema empleado para la perforación será el de. El equipo de perforación trabajará con aire comprimido procedente de un compresor, por lo que se deberá prever en el terreno próximo a las perforaciones una superficie horizontal suficiente para albergar dicho compresor.

Se ejecutarán dos perforaciones de diámetro aproximado139,7 mm y 66,4 m de profundidad. Se emboquillarán los primeros metros de perforación mediante tubo de acero, PVC o PE, de diámetro aproximado 190 mm, que sobresaldrá como mínimo 30 cm del nivel del suelo.

El fluido de perforación normal será el aire o el agua. En caso de ser necesario para el buen desarrollo de los trabajos de perforación, y previa aprobación de la Dirección Técnica, se utilizarán espumantes o lodos inocuos para el medio ambiente y biodegradables.

Sondas geotérmicas

Se instalarán sondas geotérmicas dobles de polietileno de alta densidad (HDPE) PE100 SDR 11 Φ32x2,9 mm. Las sondas se suministrarán en bobinas de 70 m de longitud con la U inferior (pie de sonda) soldada y probada de fábrica.

Con el fin de facilitar la introducción de la sonda se podrá lastrar fijando una pesa en el pie de sonda. Además para evitar un desplazamiento por ascensión debido a la existencia de agua en el pozo, se recomienda llenar la sonda de agua.

Antes de desenrollar la sonda se comprobará si las bobinas presentan desperfectos. En el momento de introducir las sondas se irán intercalando separadores entre las cuatro tuberías (dos de ida y dos de retorno) cada 5 m con objeto de mantener la distancia entre ellas.

Relleno de las perforaciones

Con objeto de asegurar el contacto entre las sondas y el terreno y favorecer el intercambio de calor se rellenará el volumen anular del pozo mediante un mortero **EnerGrout LD 3.0** de alta conductividad térmica presentando inocuidad respecto al medio en el que se inyecta. La inyección del relleno se utilizará una planta de inyección sencilla, de modelo IS-60-50-M de GERTEC con un caudal de relleno máximo de 50l/min.
En caso de encontrar aguas freáticas se realizará una cementación mediante lechada de cemento o bentonita desde el nivel freático hasta la superficie para evitar la contaminación del acuífero. El tipo de lechada a emplear será determinado por la Dirección Técnica.

Tuberías de enlace

La unión de las sondas geotérmicas con las tuberías de enlace, de PE SDR 11 Φ32x3,7 mm, se efectuará mediante soldadura por termofusión, empleando los accesorios de conexión en Y 32-32-40 de PE.

Estas tuberías discurrirán enterradas, tal y como se muestra en el plano a una profundidad de 1,2 metros, hasta los colectores de distribución del terreno, ubicados en la sala de instalaciones. Tanto en la realización de la zanja como en el manejo e instalación de las tuberías de polietileno se cumplirán las

especificaciones de la norma UNE 53394:2006 *Código de instalación y manejo de tubos de polietileno (PE) para conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas*.

Prueba de presión

Tras la introducción de la sonda y previamente al relleno de la perforación se recomienda realizar una prueba de flujo y otra de presión. En la prueba de flujo se limpia la sonda de suciedad y partículas que hayan podido entrar durante el proceso de entubación, además de purgar las bolsas de aire que pudieran formarse, favoreciendo el intercambio térmico deseado. Para un correcto purgado del circuito se deberá mantener una velocidad del agua como mínimo de 1 cm/s durante al menos 15 minutos. La prueba de presión se realizará obligatoriamente con agua, descartándose el aire por razones de seguridad.

Después del relleno de los pozos se llevan a cabo las pruebas finales a una presión mínima de 6 bar durante 60 minutos. En este tiempo la presión no deberá caer más de 0,2 bar. Una vez soldadas las tuberías de conexión con las sondas se realizará la prueba de presión de todo el circuito aplicando 1,5 veces la presión de servicio durante 30 minutos, comprobando que no se producen fugas.

Tuberías y accesorios

En primer lugar se replanteará el recorrido de las tuberías, coordinándolas con el resto de instalaciones que pudieran tener cruces, paralelismos y encuentros.

Al marcar los tendidos de la instalación, se tendrá en cuenta la separación mínima de 25 cm entre los tubos de la instalación de calefacción y tuberías vecinas. Se deberá evitar la proximidad con cualquier conducto eléctrico.

Antes de su instalación las tuberías deberán reconocerse y limpiarse para eliminar los cuerpos extraños.

Las conexiones roscadas o embridadas irán selladas con cinta o junta de estanqueidad de manera que los tubos no produzcan esfuerzos en las conexiones con los equipos.

Se montarán y fijarán las tuberías ya sean vistas o empotradas en rozas que posteriormente se rellenarán con pasta de yeso. Cada vez que se interrumpa el montaje se taparán los extremos abiertos. Las tuberías se ejecutarán siguiendo líneas paralelas y a escuadra con elementos estructurales y con tres ejes perpendiculares entre sí, buscando un aspecto limpio y ordenado.

Se colocarán de forma que dejen un espacio mínimo de 4 cm para la posterior

colocación del aislamiento térmico y de forma que permitan manipularse y sustituirse sin desmontar el resto.

Las uniones cambios de dirección y salidas se podrán hacer mediante accesorios soldados o roscados, asegurando la estanquidad de las uniones mediante pintura de las roscas o empleando estopas, pastas o cintas. Si no se especifica las reducciones de diámetro serán excéntricas y se colocarán enrasadas con las generatrices de los tubos a unir.

Una vez terminada la ejecución, las redes de tuberías deben ser limpiadas internamente para eliminar los residuos procedentes del montaje. La limpieza podrá realizarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario con agua o con una solución acuosa de un producto detergente.

Para las redes de tuberías de agua sanitaria no está permitida la utilización de productos detergentes.

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. Posteriormente se vaciará completamente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación. Se comprobará que el pH del agua el circuito es superior a 7.5, de lo contrario se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario.

A continuación se realizará una prueba preliminar de estanqueidad a baja presión para detectar fallos de continuidad de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica. Se empleará generalmente agua a la presión de llenado. La prueba preliminar tendrá la duración suficiente para verificar la estanquidad de todas las uniones.

Posteriormente se llevará a cabo la prueba de resistencia mecánica. De este modo se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba, que será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar. Para el circuito de agua caliente sanitaria será equivalente a dos veces dicha presión con un mínimo de 6 bar. Por último, para el circuito primario de la instalación de energía solar la presión de prueba será una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar. Los equipos aparatos y accesorios que no soporten esa presión quedarán excluidos de la prueba.

La prueba de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para verificar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o

averiada con material nuevo.

Una vez reparadas las anomalías se volverá a empezar desde la prueba preliminar. Se repetirá tantas veces como sea necesario hasta que la red sea estanca.

6.2 Instalación fotovoltaica

Generadores fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, o UNE-EN 62108 para módulos de concentración, así como la especificación UNE-EN 61730-1 y 2 sobre seguridad en módulos FV, Este requisito se justificará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente emitido por algún laboratorio acreditado.

El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la Memoria justificación de su utilización.

- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP65.
- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del ± 5% de los correspondientes valores nominales de catálogo.
- Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células, o burbujas en el encapsulaste. 5.2.4 Cuando las tensiones nominales en continua sean superiores a 48V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.

En aquellos casos en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa del I.D.A.E. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

Estructura de soporte

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos y se incluirán todos los accesorios que se precisen.

La estructura de soporte y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante.

La estructura soporte de los módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la misma.

La tornillería empleada deberá ser de acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea 12 galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando los de sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos, y la propia estructura, no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustarán a las exigencias del Código Técnico de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la Norma MV 102 para garantizar todas sus características mecánicas y de

composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las Normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras, para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

Acumuladores de plomo acido

Se recomienda que los acumuladores sean de plomo-ácido, preferentemente estacionarias y de placa tubular. No se permitirá el uso de baterías de arranque. Para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del

acumulador (en Ah) no excederá en 25 veces la corriente (en A) de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador elegido sea superior a este valor (por existir el apoyo de un generador eólico, cargador de baterías, grupo electrógeno, etc.), se justificará adecuadamente.

La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no excederá el 80% en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no superará el 60%.

Se protegerá, especialmente frente a sobrecargas, a las baterías con electrolito gelificado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

La capacidad inicial del acumulador será superior al 90% de la capacidad nominal. En cualquier caso, deberán seguirse las recomendaciones del fabricante para aquellas baterías que requieran una carga inicial.

La autodescarga del acumulador a 20°C no excederá el 6% de su capacidad nominal por mes.

La vida del acumulador, definida como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50% a 20°C.

El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En

cualquier caso, deberá asegurarse lo siguiente:

- El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido.
- Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

Cada batería, o vaso, deberá estar etiquetado, al menos, con la siguiente información:

- Tensión nominal (V).
- Polaridad de los terminales.
- Capacidad nominal (Ah).
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.

Reguladores de carga

Las baterías se protegerán contra sobrecargas y sobredescargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga, aunque dichas funciones podrán incorporarse en otros equipos siempre que se asegure una protección equivalente. Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida. La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1%.
- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de –4 mV/°C a –5 mV/°C por vaso, y estar en el intervalo de ± 1% del valor especificado.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros, como, por ejemplo, el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección equivalente del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas. Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos en la línea de consumo. El regulador de

carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de:

- Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en condiciones estándar de medida (CEM).
- Corriente en la línea de consumo: un 25% superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión

accidental del acumulador, con el generador operando en las CEM y con cualquier carga. En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5V para 12V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1kW, y del 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1kW, incluyendo 14 los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de consumo y corriente en la línea generador-acumulador igual a la corriente máxima especificada para el regulador. Si las caídas de tensión son superiores, por ejemplo, si el regulador incorpora un diodo de bloqueo, se justificará el motivo en la Memoria de Solicitud.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5V para 12V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1kW, y del 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de generador y corriente en la línea acumulador-consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3% del consumo diario de energía.

Las tensiones de reconexión de sobrecarga y sobredescarga serán distintas de las de desconexión, o bien estarán temporizadas, para evitar oscilaciones

desconexión-reconexión.

El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V).
- Corriente máxima (A).
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.
- Polaridad de terminales y conexiones.

Inversores

Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija (valor eficaz de la tensión y frecuencia de salida fija). Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.

Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de éstas.

Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas, de acuerdo con lo especificado. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes, en cualquier condición de operación:

$$V_{NOM} \pm 5\%, \text{ siendo } V_{NOM} = 220\ V_{RMS} \text{ o } 230\ V_{RMS}$$
$$50 H_Z \pm 2\%$$

El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el

margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque (TV, motores, etc.), sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.

Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación. Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2% de la potencia nominal de salida.

Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5% del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de ―stand-by‖ para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío (sin carga).

En la tabla siguiente se especifica el rendimiento del inversor con cargas resistivas cuyo valor será superior a los límites especificados en la misma.

Tabla 1.Rendimiento inversor de cargas resistivas

Onda senoidal (*)	$P_{NOM} \leq 500\ VA$	> 85%	> 75%
	$P_{NOM} > 500\ VA$	> 90%	> 85%
Onda no senoidal		> 9 %	> 85%

(*)Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5% cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20% hasta el 100% de la potencia nominal.

Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:

- Potencia nominal (VA).
- Tensión nominal de entrada (V).
- Tensión (VRMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida.
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.

- Polaridad y terminales

Cableado, protecciones y puesta a tierra.

Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente. Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1,5% a la tensión nominal continua del sistema. Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para Cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables. Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo con la normativa vigente. Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie.

Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.

El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.

La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

7. Garantías

Ámbito general de la garantía:

- Sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de

un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

- La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

Plazos:

- El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de tres años, para todos los materiales utilizados y el montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía será de ocho años.
- Si hubiera de interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

Condiciones económicas:

- La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra.
- Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

- Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

Anulación de la garantía:

- La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Lugar y tiempo de la prestación:

- Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.
- El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.
- Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.
- El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

8. Contrato de mantenimiento

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo), al menos, de tres años.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual. El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá las labores de mantenimiento de todos los elementos de la instalación aconsejados por los diferentes fabricantes.

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil.

DOCUMENTO IV.

PRESUPUESTO

Tabla de contenido

1. CUADRO DE PRECIOS **2**
1.1 INSTALACIÓN DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO 2
1.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 6
2. PRESUPUESTOS DE INSTALACIÓN **6**
2.1 PRESUPUESTO INSTALACIÓN INTERCAMBIO GEOTÉRMICO 6
2.2 ELEMENTOS SALA TÉCNICA 9
2.3 PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 10
3. RESUMEN DE PRESUPUESTO **11**
4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA **12**

1. Cuadro de precios

1.1 Instalación de intercambio geotérmico

1.1.1 Sistema de intercambio geotérmico

Perforaciones

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Puesta en obra, montaje, desmontaje y retirada de equipo de perforación en la obra.	
			2.625,00
2	m	Perforación vertical rotativa, diámetro <140 mm en terrenos competentes y profundidades de 0 a 90 m, incluso obturación y conducción mediante mangote de detritus y caudales aflorantes a una distancia de 10 m.	
			64,39
3	m	Tubería de revestimiento perforación (150 mm de diámetro de perforación) con revestimiento de acero R Ø 140 X 4 mm.	
			10,68
4	m	Inserción de tubería doble de PE 100 PN 16 en la perforación realizada.	
			1,13
5	m	Cementación de sondeo con mortero de cemento bentonita, de abajo a arriba, con formulación 1:3 para sellado de los 10 últimos metros de perforación.	
			31,69
6	m	Suministro y puesta en obra del intercambiador de PE 100 PN16 de 4 x ø 32 mm SDR11 de longitud 90 m, incluso pieza de conexión en Y, codos de retorno y manguitos de electrofusión de DN 32, rigidizador, protección y lastre, probadas hidráulicamente en fábrica a 21 bar y certificadas el 100% de las unidades. Envíos de 4 unidades para evitar deterioro de las sondas por acopio en obra.	
			680,88
7	m	Separación de ripios por sondeo perforado, contenedor de desbaste o balsa de decantación de ripios, bombeos intermedios y bombeo a colector de saneamiento en punto definido por la propiedad. Aprovechamiento en obra si existe la posibilidad y transporte de sobrante a vertedero autorizado, incluso canon de vertido. Incluido traslado a vertedero material sobrante y tratamiento del detrito.	
			365,7

Conducciones horizontales y distribución

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Tubería polietileno alta densidad PN16 ø 63 x 3,7 mm SDR11, para conducciones del circuito de intercambio geotérmico entre sondeos y colector de distribución en sala técnica, incluso suministro e instalación en zanja de tubería y protecciones del tendido, espaciadores, cinta señalizadora con hilo de cobre y marcado identificativo de extremos de circuito, incluso accesorios soldados.	
			9,3
2	ud	Excavación de zanja, cama de arena, relleno con material excavación y compactación de material de la zanja.	
			32,5
3	m	Conexionado del circuito a colector de distribución en cuarto mecánico, incluso suministro y montaje de colectores de impulsión y retorno PE 100 ø125 mm, válvulas de seccionamiento en cada ramal con portasondas en retorno, válvulas de equilibrado hidráulico en circuitos, purgadores, válvulas de seguridad, soportes y p.p. de accesorios de electro fusión.	
			3125

Pruebas, control de calidad y llenado

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Control y medición de la profundidad de cada sondeo y prueba hidráulica según pliego de condiciones. Incluido: medición de profundidad de instalación de sondas Control de rellenos y sellado Pruebas hidráulicas en obra en cada uno de los sondeos: Prueba de estanqueidad Prueba de circulación Verificación de pérdida de carga y caudal de cada sondeo	
			170,5
2	ud	Llenado de la instalación, purgado, limpieza y pruebas hidráulicas en obra una vez conexionados todos los sondeos y antes del tapado de zanjas: Prueba de estanqueidad y de circulación por cada circuito y del conjunto completo.	
			215
3	ud	Llenado con mezcla de agua con anticongelante a base Monoethylenglycole , con calidad alimentaria, para evitar la congelación del fluido caloportador. Incluso suministro transporte de bidones de anticongelante en garrafas de 25 l.	
			1.651,00

1.1.2 Sala técnica

Generación de calor

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Bomba de calor marca GIANT modelo Ageo+ 40 H de ciclo irreversible y refrigerante R410A. Potencia térmica nominal 9,2-11,5 kW, consumo de potencia eléctrica 2,3 kW y un COP de 3 (frío) y 4(calor). Bomba de calor con compresor hermético tipo scroll Totalmente instalada y en funcionamiento. suministro e instalación de 1 unidad y conexionado con circuitos hidráulicos de tierra y de demanda, con p.p de válvulas de corte, seguridad, filtros, antovibratorios y demás accesorios. Incluida regulación completa de la instalación.	
			12.357,00
2	ud	Circuito de reversibilidad de la bomba de calor externo compuesto por cuatro válvulas de tres vías DN 50 de tipo todo/nada, conexionado con circuitos de alimentación de la bomba de calor, con p.p. de tubería de cobre de 54,1 y accesorios.	
			2.300,50

Circuito hidráulico e inercia

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Suministro e instalación de circuito hidráulico de conexionado de la bomba de calor geotérmica con un depósito de inercia de 2000 litros de acumulación, con p.p de tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior aislada térmicamente según normativa, filtro, llaves de corte, válvula antirretorno, bomba de secundario, intercambiador de placas, desaireador, manguitos antivibratorios, sistemas de llenado y vaciado. Totalmente instalado y en servicio.	
			3.375,00
2	ud	Suministro e instalación de Depósito de inercia, marca Ibaiondo de 200 litros de capacidad conectado al sistema de generación de las dos bombas de calor, con válvula de seguridad tarada a 3 bar y válvulas de corte. Totalmente instalado.	
			1528,3
3	ud	Suministro e instalación de vaso de expansión cerrado para circuito de climatización de 30 litros de capacidad con membrana recambiable.	
			140,3
4	Ud	Bomba circulación de rotor húmedo, modelo MAGNA 3 32-120F con variador de frecuencia para la impulsión del agua de climatizacíon, con bridas de conexión, válvulas de corte, manómetros antirretorno. Totalmente instalada.	
			420,69

Sistema de producción de ACS

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Suministro e instalación de circuito hidráulico de conexionado de la bomba de calor geotérmica con un depósito ACS de 300 litros de acumulación, con p.p de tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior aislada térmicamente según normativa, filtro, llaves de corte, válvula antirretorno, manguitos antivibratorios, sistemas de llenado y vaciado. Totalmente instalado y en servicio.	
			2.475,00
2	ud	Válvula de tres vías todo o nada con servomotor a tres puntos y 240 V DN 50 de alimentación para habilitar el circuito de serpentín del depósito de ACS en función de la regulación del sistema.	
			290,39
3	Ud	Suministro e instalación de depósito de acumulación de ACS 100 l con resistencia eléctrica de 6 kW para el tratamiento antilegionela, conectado en serie con depósito de ACS principal mediante tubería de cobre de 54 mm de diámetro, asilada térmicamente, con p.p. de valvulería y accesorios.	
			850,7

1.2 Instalación fotovoltaica

1.2.1 Elementos principales

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Panel fotovoltaico Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc	
			197,29
2	ud	Estructura reforzada de acero	
			23,60
3	ud	Inversor victrom phoenix 3000V-24V	
			1.104,07
4	ud	Reguladores de carga de tipo MPPT	
			264,65

1.2.2 Instalación eléctrica

Código	Ud	Resumen	PrPres
1	ud	Cableado necesario para realizar tanto la conexión de los paneles fotovoltaicos como de la isntalación de la vivienda, cableado de alterna, continua, conexiones con baterías, inversores, reguladores todo ello instalado y preaprado para la puesta en marcha	
			287,23
2	ud	Mano obra instalación eléctrica para la generación de energía por paneles fotovoltaicos	
			1.980,00

2. Presupuestos de instalación

2.1 Presupuesto instalación intercambio geotérmico

Perforaciones

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Puesta en obra, montaje, desmontaje y retirada de equipo de perforación en la obra.			
			1	2625	2625,00
2	m	Perforación vertical rotativa, diámetro <140 mm en terrenos competentes y profundidades de 0 a 90 m, incluso obturación y conducción mediante mangote de detritus y caudales aflorantes a una distancia de 10 m.			
			133	64,39	8563,87
3	m	Tubería de revestimiento perforación (150 mm de diámetro de perforación) con revestimiento de acero R Ø 140 X 4 mm.			
			133	10,68	1420,44
4	m	Inserción de tubería doble de PE 100 PN 16 en la perforación realizada.			
			133	1,13	150,29
5	m	Cementación de sondeo con mortero de cemento bentonita, de abajo a arriba, con formulación 1:3 para sellado de los 10 últimos metros de perforación.			
			20	31,69	633,8
6	m	Suministro y puesta en obra del intercambiador de PE 100 PN16 de 4 x ø 32 mm SDR11 de longitud 67 m, incluso pieza de conexión en Y, codos de retorno y manguitos de electrofusión de DN 32, rigidizador, protección y lastre, probadas hidráulicamente en fábrica a 21 bar y certificadas el 100% de las unidades. Envíos de 2 unidades para evitar deterioro de las sondas por acopio en obra.			
			2	680,88	1361,76
7	m	Separación de ripios por sondeo perforado, contenedor de desbaste o balsa de decantación de ripios, bombeos intermedios y bombeo a colector de saneamiento en punto definido por la propiedad. Aprovechamiento en obra si existe la posibilidad y transporte de sobrante a vertedero autorizado, incluso canon de vertido. Incluido traslado a vertedero material sobrante y tratamiento del detrito.			
			1	365,7	365,7
TOTAL PERFORACIONES					**15120,86**

Conducciones horizontales y distribución

Código	Ud	Resumen	Can Pres	PrPres	TotPres
1	ud	Tubería polietileno alta densidad PN16 ø 63 x 3,7 mm SDR11, para conducciones del circuito de intercambio geotérmico entre sondeos y colector de distribución en sala técnica, incluso suministro e instalación en zanja de tubería y protecciones del tendido, espaciadores, cinta señalizadora con hilo de cobre y marcado identificativo de extremos de circuito, incluso accesorios soldados			
			50	9,3	465
2	ud	Excavación de zanja, cama de arena, relleno con material excavación y compactación de material de la zanja.			
			20	32,5	650
3	m	Conexionado del circuito a colector de distribución en cuarto mecánico, incluso suministro y montaje de colectores de impulsión y retorno PE 100 ø125 mm, válvulas de seccionamiento en cada ramal con portasondas en retorno, válvulas de equilibrado hidráulico en circuitos, purgadores, válvulas de seguridad, soportes y p.p. de accesorios de electro fusión.			
			1	3125	3125
TOTAL CONDUCCIONES HORIZONTALES Y DISTRIBUCIÓN					**4240**

Pruebas, control de calidad y llenado

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Control y medición de la profundidad de cada sondeo y prueba - medición de profundidad de instalación de sondas - control de rellenos y sellado Pruebas hidráulicas en obra en cada uno de los sondeos: - prueba de estanqueidad - prueba de circulación - verificación de pérdida de carga y caudal de cada sondeo			
			2	170,5	341
2	ud	Llenado de la instalación, purgado, limpieza y pruebas hidráulicas en obra una vez conexionados todos los sondeos y antes del			
			2	215	430
3	ud	Llenado con mezcla de agua con anticongelante a base propilengicol en un porcentaje de 20%, con calidad alimentaria, para evitar la congelación del fluido caloportador. Incluso suministro transporte de bidones de anticongelante en garrafas de 25 l.			
			1	1.651,00	1.651,00
TOTAL PRUEBAS, CONTROL DE CALIDAD Y LLENADO					**2.422,00**

2.2 Elementos sala técnica

Generación de calor

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Bomba de calor marca GIANT modelo Ageo+ 40 H de ciclo irreversible y refrigerante R410A. Potencia térmica nominal 9,2-11,5 kW, consumo de potencia eléctrica 2,3 kW y un COP de 3 (frío) y 4(calor). Bomba de calor con compresor hermético tipo scroll Totalmente instalada y en funcionamiento. suministro e instalación de 1 unidad y conexionado con circuitos hidráulicos de tierra y de demanda, con p.p de válvulas de corte, seguridad, filtros, antovibratorios y demás accesorios. Incluida regulación completa de la instalación.			
			1	12.357,00	12.357,00
2	ud	Circuito de reversibilidad de la bomba de calor externo compuesto por cuatro válvulas de tres vías DN 50 de tipo todo/nada, conexionado con circuitos de alimentación de la bomba de calor, con p.p. de tubería de cobre de 54,1 y accesorios.			
			1	2.300,50	2.300,50
TOTAL GENERACION DE CALOR					14.657,50

Circuito hidráulico y de inercia

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Suministro e instalación de circuito hidráulico de conexionado de la bomba de calor geotérmica con un depósito de inercia de 2000			
			1	3.375,00	3.375,00
2	ud	Suministro e instalación de Depósito de inercia, marca Lapesa de 2000 litros de capacidad conectado al sistema de generación de			
			1	1.528,30	1.528,30
3	ud	Suministro e instalación de vaso de expansión cerrado para circuito de climatización de 50 litros de capacidad con membrana			
			1	140,3	140,3
4	Ud	Bomba circulación de rotor húmedo, modelo MAGNA 3 32-120F con variador de frecuencia			
			1	2475	2475
TOTAL CIRCUITO HIDRAULICO Y DE INERCIA					**7.518,60**

Sistema de producción de ACS

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Suministro e instalación de circuito hidráulico de conexionado de la bomba de calor geotérmica con un depósito ACS de 300 litros			
			1	3.435,00	3.435,00
2	ud	Válvula de tres vías todo o nada con servomotor a tres puntos y 240 V DN 50 de alimentación para habilitar el circuito de			
			1	390,39	290,39
3	Ud	Suministro e instalación de depósito de acumulación de ACS 100 l con resistencia eléctrica de 6 kW para el tratamiento			
			1	850,7	850,7
TOTAL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS					**4.576,09**

2.3 Presupuesto instalación fotovoltaica

Elementos principales

1	ud	Panel fotovoltaico Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc			
			37	197,29	7.299,73
Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Estructura reforzada de acero			
			37	23,60	873,20
Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Inversor victrom phoenix 3000V-24V			
			1	1.104,07	1.104,07
Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Reguladores de carga de tipo MPPT			
			1	264,65	264,65
TOTAL ELEMENTOS PRINCIPALES INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					**9.541,65**

Instalación eléctrica

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Cableado necesario para realizar tanto la conexión de los paneles fotovoltaicos como de la isntalación de la vivienda, cableado de alterna, continua, conexiones con baterías, inversores, reguladores todo ello instalado y preaprado para la puesta en marcha			
			1	287,23	287,23
Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	TotPres
1	ud	Mano obra instalación eléctrica para la generación de energía por paneles fotovoltaicos			
			1	1.980,00	1.980,00
TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA					**2.267,23**

3. RESUMEN DE PRESUPUESTO

Total Instalación del sistema de intercambio geotérmico	21.782,86 €
Total sala técnica	26.752,19 €
Total instalación geotérmica	**48.535,05 €**
Total elementos principales sistema fotovoltaico	9.541,65 €
Total instalación eléctrica sistema fotovoltaico	2.267,23 €
Total instalación fotovoltaica	**11.808,88 €**
Implementación del sistema de seguridad y salud	3.200,16 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	**63.544,09 €**

4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Se obtiene incrementando el presupuesto de ejecución material con los porcentajes establecidos por los diferentes conceptos:

Ejecución material	**63.544,09 €**
Gastos generales y tasas (13%)	**8.260,73 €**
Beneficio industrial (6%)	**3.812,65 €**
TOTAL PARCIAL	**75.617,47 €**
IVA (21 % s/ total)	**15.879,67 €**
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	**91.497,14 €**

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de: **NOVENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS (91.497,14€)**

DOCUMENTO V.

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Tabla de contenido

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL EBSS 2
2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL EBSS 3
3. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DEL EBSS 4
4. OBJETIVO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD 6
5. FASES DE OBRA 6
5.1 ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LAS FASES DE OBRA 7
5.2 ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN MEDIOS AUXILIARES Y MAQUINARIA 11
5.3 INSTALACIONES SANITARIAS 11
6. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN 12

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL EBSS

El objetivo del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se trata de analizar la problemática de Seguridad y Salud específica en el presente proyecto "Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeo geotérmicos", y basándose en la misma determinar los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que se deban de utilizar o cuya utilización pueda preverse.

Se evaluarán en este documento técnico los riesgos laborales previsibles, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos valorando su eficacia; asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo.

Con todo ello se pretende marcar las directrices que la empresa constructora debe seguir para redactar el Plan de Seguridad y Salud en función de sus medios de producción y su sistema de ejecución de la obra, dando así cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, de Obras de Construcción, sin perjuicio de realizar las modificaciones pertinentes en función de cambios del proyecto, o de algún sistema constructivo de los previstos en este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Se debe de evaluar los riesgos representa determinar el grado de peligrosidad de cuanto sea susceptible de originar lesiones o patologías derivadas del trabajo, y ello en relación con los niveles de seguridad e higiene o prevención en general, que pueden estar fijados por normativas especificas o, en su defecto, que estén reconocidas por la técnica o por la comunidad científica en el campo concreto de la seguridad y salud en el trabajo.

La acción preventiva de evaluar los riesgos que no se puedan evitar viene dictada en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995, de 9 de noviembre) y se desarrolla en su artículo 16 en la forma en que el empresario deberá planificar la acción preventiva en la empresa a partir de una evaluación inicial de riesgos de la seguridad y salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellas, están expuestas a riesgos especiales.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL EBSS

Nombre del proyecto: Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeo geotérmicos

Promotor: I&J promotores

Director del Proyecto:

Autor del Proyecto: Irene García Cerro

Autor de Estudio Básico de Seguridad y Salud: Irene García Cerro

Número de trabajadores previstos: 7 trabajadores

Presupuesto de Ejecución por Contrata (IVA Incluido): NOVENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS (91.497,14€)

Plazo de ejecución de obras: 12 días.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DEL EBSS

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre para las Obras de Construcción, regula las condiciones en su artículo 4 la obligatoriedad de elaborar un estudio de Seguridad y Salud o un Estudio Básico de Seguridad y Salud en función de una serie de supuestos que enumeramos a continuación.

1. Que el Presupuesto de Ejecución por Contrata (IVA. incluido) sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).
2. Que la duración estimada de las obras sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
3. Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de trabajadores en la obra, sea superior a 500.
4. En obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En caso de no cumplirse ninguno de los supuestos enumerados, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

En la obra de referencia de este estudio los datos que justifican la elaboración de un estudio básico son los siguientes:

1. El Presupuesto de Ejecución por Contrata (IVA. inc.) es de 91.497,14€ por debajo de la cantidad prevista en el supuesto no 1.
2. La duración estimada de los trabajos es de 0,25 meses, no empleándose en ningún momento más de 20 trabajadores simultáneamente, no cumpliéndose el supuesto no 2.
3. El volumen de mano de obra estimada para un máximo de 5 trabajadores que hay previsto que trabajen en la obra, supone que, en el peor de los casos se estima una cantidad inferior a los 500 previstos en el supuesto no 3.

Cálculo del Volumen de mano de obra estimado:

$$\sum T_i x\, D_i > 500$$

Siendo,

i = período de tiempo durante el cual el número de trabajadores permanece constante.

T_i =Nº de trabajadores para cada periodo i.

D_i =Nº de días de trabajo para cada periodo i.

4 trabajadores x 2 jornadas= 8 < 500

4. Las obras a ejecutar corresponden a la realización de diversos sondeos e instalaciones dentro y fuera del edificio, no respondiendo a ninguna de las actividades indicadas en el supuesto no 4.

Por todo lo expuesto anteriormente, se justifica que el proyecto de referencia deberá de ir acompañado por un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

4. OBJETIVO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Son objetivos del Estudio Básico de Seguridad y Salud:

- Conocer el proyecto a construir y en coordinación con su autor, definir la tecnología adecuada para la realización técnica y económica de la obra, con el fin de poder analizar y conocer en consecuencia, los posibles riesgos de seguridad y salud en el trabajo.
- Analizar todas las unidades de obra contenidas en el proyecto a construir, en función de sus factores: formal y de ubicación, coherentemente con la tecnología y métodos viables de construcción a poner en práctica.
- Definir todos los riesgos, humanamente detectables, que pueden aparecer a lo largo de la realización de los trabajos.
- Diseñar las líneas preventivas a poner en práctica, como consecuencia de la tecnología que se prevé se va a utilizar, es decir: la protección colectiva y equipos de protección individual, a implantar durante todo el proceso constructivo.
- Servir de base para la elaboración del Plan de Seguridad y Salud que analizará, estudiará, desarrollará y completará las previsiones contenidas en él, en función de su sistema de ejecución.
- Definir las actuaciones a seguir en caso de que fracase esta intención técnico preventiva y se produzca el accidente; de tal forma, que la asistencia al accidentado sea la adecuada a su caso concreto y aplicada con la máxima celeridad y atención posibles.
- Diseñar una línea normativa para prevenir los accidentes y por medio de ella, llegar a definir y a aplicar en la obra los métodos correctos de trabajo.
- Diseñar la metodología necesaria para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los trabajos previsibles de reparación, conservación y mantenimiento.

5. FASES DE OBRA

Las obras recogidas en el proyecto de "Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía en una vivienda mediante sondeo geotérmicos" van encaminadas a la ejecución de un sistema de sondeos de suficiente profundidad como para abastecer a la vivienda del proyecto, de la cantidad de energía necesaria para compensar los saltos térmicos existente en el edificio, de cara a conseguir una temperatura de confort fijada según la estación del año en la que nos encontremos. Así mismo, se procederá a la instalación fotovoltaica requerida para satisfacer tanto la demanda eléctrica de la bomba de calor que forma el sistema geotérmico como la de las cargas eléctricas existentes en la vivienda. La zona donde se ubica el proyecto es dentro de la parcela 39, en la localidad de La Zarza. La parcela, en la que se ejecutará el proyecto, con fachada en la calle olivares con coordenadas Longitud:38º41'14" N y latitud 6º13'9'' O. Las parcelas con las que limita tanto a los laterales de la facha como en la zona trasera de la vivienda son zonas de residencia habitual. La parcela en la actualidad se encuentra edificada y habitada. La vivienda tiene único acceso por la fachada con orientación suroeste.

Los trabajos se ejecutarán en las siguientes fases:

1. Cerramiento, adecuación e implantación de las instalaciones de higiene y bienestar.

2. Desbroce, demolición y retirada de escombros.

3. Excavación del rebaje, homogeneización y compactación de la zona de trabajo.

4. Replanteo de sondeos.

5. Descarga, colocación de la maquinaria y ejecución de sondeos.

6. Excavación de zanjas, instalación de tuberías y compactación posterior.

7. Instalación de tuberías y equipos de intercambio de calor.

8. Instalación de paneles fotovoltaicos

5.1 Análisis y prevención de riesgos laborales en las fases de obra

A continuación, se expondrán en primer lugar: los procedimientos y equipos técnicos a utilizar, tras ello, la deducción de riesgos en estos trabajos, las medidas preventivas adecuadas, indicación de las protecciones colectivas necesarias y las protecciones personales exigidas para los trabajadores.

Durante la fase de implantación se procederá al vallado, señalización de la zona de trabajo, incluida la zona de acopios, y montaje de las instalaciones de higiene y bienestar, utilizándose para estas labores un camión pluma para la carga y descarga de materiales.

Durante el desbroce y retirada de escombros, rebaje del terreno y compactación hasta la cota de replanteo, las labores se ejecutarán con una excavadora mixta y con un rodillo compactador. Se utilizará un dúmper de tamaño pequeño para el traslado de materiales a contenedor, ubicado en una zona de carga dispuesta con antelación.

Para la ejecución de los sondeos, la maquinaria se bajará directamente sobre la plataforma preparada con antelación, mediante el sistema de desplazamiento por orugas del que está dotada. Los elementos auxiliares de operación se bajarán mediante pluma, directamente a la zona de acopio y/u operación.

Para la ejecución de arquetas y canalización, dada la poca profundidad de las tuberías en el tramo paralelo a la superficie, no será necesario ningún tipo de entibación. Tanto para la excavación como para el relleno, se utilizará una excavadora mixta y con un rodillo compactador. Se conformará una capa de protección mediante vertido de hormigón, que se realizará directamente desde el camión hormigonera, empleando la canaleta del camión dispuesta a tal efecto.

Las labores de pavimentación se realizarán con herramientas tradicionales, poniendo especial cuidado en el reparto de material para poner en obra. Los vertidos de hormigón en la base se harán mediante la propia canaleta del camión hormigonera.

Por último, en las labores implantación del sistema de instalación fotovoltaica, se utilizarán los medios habituales de instalación eléctrica, tenidos en cuenta de manera más concreta en los siguientes epígrafes.

5.1.1 Riesgos detectables

Analizados los procedimientos y equipos a utilizar en los distintos trabajos de esta urbanización, se deducen los siguientes riesgos:

- Caídas a distinto nivel durante la ejecución de las zanjas.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos suspendidos en las maniobras de carga y descarga de

materiales.

- Atropellos, colisiones y vuelcos durante el desplazamiento de las maquinas a emplear en los distintos trabajos.
- Golpes con objetos o útiles de trabajo en todo el proceso de la obra.
- Generación de polvo o excesivos gases tóxicos.
- Proyección de partículas en algunos de los trabajos.
- Explosiones e incendios.
- Exposición a contactos eléctricos directos.
- Exposición a contactos eléctricos indirectos.
- Esguinces, salpicaduras, cortes y pinchazos, a lo largo de toda la obra.
- Atrapamientos con maquinaria.
- Contactos con el hormigón.
- Ruidos, vibraciones y sobreesfuerzos.
- Sobreesfuerzos físicos puntuales

5.1.2 Medidas preventivas en la organización del trabajo

Partiendo de una organización de la obra donde se divulgue el P.S.S. de la obra entre los trabajadores, en cumplimiento de la legislación de P.R.L., complementado con su implantación durante la ejecución de los trabajos, se exigirá el cumplimiento de las siguientes medidas:

- Normativa de prevención dirigida y entregada a los operarios de las máquinas y herramientas para su aplicación en todo su funcionamiento.
- Cuidar del cumplimiento de la normativa vigente en él:
  . Manejo de máquinas y herramientas.
  . Movimiento de materiales y cargas.
  . Utilización de los medios auxiliares.
- Mantener los medios auxiliares y las herramientas en buen estado de conservación.
- Disposición y ordenamiento del tráfico de vehículos y de aceras y pasos para los trabajadores.
- Señalización de la obra en su generalidad y de acuerdo con la normativa vigente.
- Protección de huecos en general para evitar caídas de objetos.
- Asegurar la entrada y salida de materiales de forma organizada y coordinada con los trabajos de realización de obra.
- Orden y limpieza en toda la obra.
- Delimitación de las zonas de trabajo y cercado si es necesaria la prevención.

- En excavaciones, vallado de la excavación y colocación de pasarelas de paso sobre zanjas.

En el caso de la ejecución de los sondeos, se dispondrá un responsable de la seguridad de los trabajos, y el personal encargado de realizar los sondeos, deberá acreditar una formación en materia de PRL actualizada.

5.1.3 Protecciones colectivas

Las protecciones colectivas previstas son:

- Señales varias en la obra de indicación de peligro.
- Señales normalizadas para el tránsito de vehículos.
- Valla de obra delimitando y protegiendo el centro de trabajo.
- Señalización con cordón de balizamiento en los márgenes de la excavación.
- Mallazo para protección en huecos horizontales.
- Se comprobará que todas las máquinas y herramientas disponen de sus protecciones colectivas de acuerdo con la normativa vigente.

Finalmente, el plan puede adoptar mayores protecciones colectivas; en primer lugar, todas aquellas que resulten según la normativa vigente y que aquí no estén relacionadas; y, en segundo lugar, aquellas que considere el autor del plan incluso incidiendo en los medios auxiliares de ejecución de obra para una buena construcción o que pueden ser estos mismos.

Todo ello armonizado con las posibilidades y formación de los trabajadores en la prevención de riesgos.

5.1.4 Protecciones personales

El equipo de protección individual (EPI) de acuerdo con las normas UNE:

- Ropa de trabajo.
- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Traje impermeable.
- Mascarillas antipolvo con filtro mecánico.
- Cinturón antivibratorio.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma.
- Guantes aislantes de la electricidad de baja tensión y de alta tensión

- Botas de goma.
- Muñequeras antivibratorias.
- Protectores auditivos.
- Gafas de seguridad.
- EPI de protección caídas en altura: dispositivo de prensión del cuerpo conectado a un punto de anclaje mediante un sistema de conexión.

5.2 Análisis y prevención de riesgos en medios auxiliares y maquinaria

5.2.1 Medios auxiliares

Los medios auxiliares previstos en la realización de esta obra son:

- Escaleras de mano.
- Otros medios sencillos de uso corriente.

5.2.2 Maquinaria y herramientas

La maquinaria prevista a utilizar en esta obra es la siguiente:

- Retroexcavadora mixta.
- Compactadora.
- Dúmper.
- Máquina de sondeos.
- Camión-pluma.
- Camión hormigonera.
- Camión volquete.

La previsión de utilización de herramientas es:

- Sierra circular.
- Vibrador.
- Rotaflex.
- Compactador manual.
- Martillos picadores.
- Herramientas manuales diversas.
- Soldador

5.3 Instalaciones sanitarias

Previamente a su instalación se procederá a la preparación de una base que sirva de asiento a las instalaciones de higiene y bienestar.

No será necesario disponer de vestuarios y aseos, ya que al tratarse de una vivienda serán utilizados los dispuestos en la planta baja de la misma. Del mismo modo la zona próxima al área de ejecución dispondrá de un lugar habilitado para el descanso de los trabajadores.

Se deberá disponer un botiquín fijo de obra estará situado en una zona accesible, disponiendo de señalización exterior para su identificación.

Se dispondrá de un cartel claramente visible, en el que se indiquen todos los teléfonos de urgencia de los centros hospitalarios más próximos, médicos, ambulancias, bomberos, etc.

Se dispondrá de un botiquín portátil con los medios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidentes.

Cada botiquín contendrá como mínimo, agua oxigenada, alcohol de 96º, tintura de yodo, mercurocromo, amoniaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos, torniquete, bolsas de goma para agua y hielo, guantes esterilizados, jeringuilla, hervidor, agujas para inyectables y termómetro clínico.

Se revisarán mensualmente y se repondrá inmediatamente lo usado.

Es muy conveniente disponer en la obra, en sitio bien visto y cercano a un teléfono, de una lista con los teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc. para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

Este listado deberá ubicarse al menos en las oficinas de la obra y en los vestuarios del personal.

6. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre. Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las

disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo.

- Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. Norma 8.3-IC "Señalización de Obras".
- Ley 8/1980, de 1 de marzo, del Estatuto de los Trabajadores.
- Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1495/1986 de 26 de mayo por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.