Master en Energías Renovables y Medio Ambiente

Curso 2021/22

Proyecto Fin de Máster

Proyecto de integración de geotermia somera para la aplicación de frío industrial

Fecha: Octubre, 2022

Tutor: HÉCTOR CANO ESTEBAN

Autor: IGNACIO ROLÁN CALLEJAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN 11
1. INTRODUCCIÓN 15
1.1. Objetivos 15
1.2. Alcance 15
1.3. Justificación 16
1.4. Antecedentes 18
1.5. Marco normativo 19
2. METODOLOGÍA 21
2.1. Contexto 21
2.2. Caracterización del entorno 21
2.2.1. Emplazamiento 21
2.2.2. Climatología 23
2.2.3. Contexto geológico e hidrogeológico 25
a. Descripción de la geología 26
b. Hidrología e hidrogeología 28
c. Características geotécnicas 28
d. Propiedades térmicas del terreno 29
2.3. Análisis de cargas térmicas 30
2.4. Estudio comparativo de diferentes alternativas 31
2.5. Diseño de la captación de fuentes de energía 34
2.5.1. Dimensionamiento de la instalación geotérmica 35
2.5.1.1. Simulación del campo geotérmico 37
2.5.2. Dimensionado de la instalación aerotérmica 42
2.6. Demanda y generación de energía 45
3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 49
3.1. Diseño del campo de captación geotérmico 49
a. Selección del método de perforación 49
b. Equipos de perforación 51
c. Equipamiento de los sondeos 52
d. Interconexión sondeo-colector 55
e. Pruebas y puesta en marcha 57
3.2. Esquema de principio general y sistema de distribución 58
3.3. Control y funcionamiento del sistema 65
4. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD 67
5. CONCLUSIONES 73
6. BIBLIOGRAFÍA 75
ANEXO I. HOJAS DE CÁLCULO 77

ANEXO II. RESULTADOS SIMULACIONES 81
ANEXO III. FICHAS TÉCNICAS 101
ANEXO IV. PRESUPUESTO 133
ANEXO V. PLANOS 143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores climatológicos extremos absolutos en Valladolid [1] 24
Tabla 2. Características térmicas de las rocas en la ubicación de proyecto [8] 29
Tabla 3. Resumen de las demandas térmicas de las cámaras frigoríficas y las estancias de la nave. Fuente: Propietario 30
Tabla 4. Resumen resultados de las 4 simulaciones realizadas con EED. 33
Tabla 5. Características técnicas bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impulsión campo geotérmico 30/35 ºC). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L. 35
Tabla 6. Características técnicas bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impulsión campo geotérmico 20/25 ºC). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L. 36
Tabla 7. Condiciones de funcionamiento de la bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impolsión campo geotérmico 30/35 ºC). 36
Tabla 8. Condiciones de funcionamiento de la bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impolsión campo geotérmico 20/25 ºC). 36
Tabla 9. Datos de diseño para realizar las simulaciones en Earth Energy Designer (EED) 37
Tabla 10. Carga térmica por mes introducida en Earth Energy Designer (EED) para la simulación del campo de captación geotérmico. 38
Tabla 11. Pico de potencia por mes y duración introducida en Earth Energy Designer (EED) para la simulación del campo de captación geotérmico. 39
Tabla 12. Resultados de la simulación del sistema geotérmico con EED. 39
Tabla 13. Condiciones de funcionamiento de la bomba de calor agua-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R.42
Tabla 14. Características técnicas bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R (35ºC exteriores). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L. 43
Tabla 15. Características técnicas bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R (10ºC exteriores). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L. 43
Tabla 16. Características técnicas bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R (5ºC exteriores). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L. 44
Tabla 17. EER de los equipos de aerotermia según la temperatura exterior. 44
Tabla 18. Potencia pico aportada por el sistema geotérmico y aerotérmico cada mes. 47
Tabla 19. Características técnicas sonda geotérmica simple U tipo PE 100 RT PN16 SDR11 40 mm. 54

Tabla 20. Cálculo del volumen de fluido caloportador y glicol del campo de captación geotérmico..... 57
Tabla 21. Propiedades del propilenglicol. [16] 59
Tabla 22. Información toxicológica y ambiental..... 59
Tabla 23. Resumen unidades terminales y caudal necesario por cámara frigorífica. 63
Tabla 24. Grupos de bombeo y caudales de cada circuito hidráulico. 64
Tabla 25. Resumen presupuesto del proyecto. 67
Tabla 26. Datos para el estudio de rentabilidad 69
Tabla 27. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 1. 81
Tabla 28. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 1. 81
Tabla 29. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 1. 82
Tabla 30. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 1. 82
Tabla 31. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 1. 83
Tabla 32. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 1. 83
Tabla 33.Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 1. 84
Tabla 34.Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 1. 84
Tabla 35. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 2. 86
Tabla 36. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 2. 86
Tabla 37. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 2. 87
Tabla 38. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 2. 87
Tabla 39. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 2. 88
Tabla 40. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 2. 88
Tabla 41.Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 2. 89
Tabla 42.Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 2. 89
Tabla 43. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 3. 91
Tabla 44. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 3. 91
Tabla 45. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 3. 92
Tabla 46. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 3. 92

Tabla 47. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 3. 93
Tabla 48. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 3. 93
Tabla 49. Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 3. 94
Tabla 50. Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 3. 94
Tabla 51. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 4. 96
Tabla 52. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 4. 96
Tabla 53. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 4. 97
Tabla 54. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 4. 97
Tabla 55. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 4. 98
Tabla 56. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 4. 98
Tabla 57. Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 4. 99
Tabla 58. Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 4. 99

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 1. Gradiente geotérmico de temperaturas por estación del año [2]. 17
Figura 2. Fotografía de la sala técnica dl Proyecto Vivero Horcones [3]. 18
Figura 3. Imagen satélite de la ubicación del centro logístico de Huercasa. Fuente: Google Earth 22
Figura 4. Imagen satélite de la parcela. Fuente: Google Earth 22
Figura 5. Fotografía del centro logístico. Fuente: Google Maps 23
Figura 6. Valores climáticos de la provincia de Valladolid [6]. 24
Figura 7. Extracto del mapa geológico de España. Hoja Cuellar 401. 17-16 [2] 26
Figura 8. Ajuste lineal para el cálculo de la carga térmica en función de la temperatura. 31
Figura 9. Gráfica comparativa de las temperaturas del fluido caloportador en el año 50 de las 4 alternativas, obtenida con EED. 33
Figura 10. Figura de la bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B. Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L. 35
Figura 11. Evolución de la temperatura del fluido caloportador a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED. 40

Figura 12. Evolución de la temperatura del fluido caloportador en el año 50. Resultado simulación con EED. 41
Figura 13. Figura de la bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R. Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L. 42
Figura 14. Horas de repetición de cada temperatura al año. 45
Figura 15. Energía térmica demandada por mes. 45
Figura 16. Energía cubierta por geotermia y aerotermia por mes. 46
Figura 17. Método de perforación en función de la resistencia a compresión de las rocas y diámetro de perforación [10]. 49
Figura 18. Sistema de perforación con circulación directa de lodos [10]. 50
Figura 19. Imagen perforadora COMACCHIO MC900P 51
Figura 20. Dimensiones perforadora COMACCHIO MC900P. Fuente: comacchio.com [13]. 52
Figura 21. Imagen pie de sonda simple U PE100-RT, configuración esquemática de la sonda en el pozo. Fuente: ALB y EED 53
Figura 22. Esquema de elementos de una sonda geotérmica instalada. 55
Figura 23. Imagen de arqueta PESA-GEO® 1225 HE 180° 24 sondas [15]. 56
Figura 24. Imagen y dimensiones enfriadora INTARCON MKH-NH-2350. [17] 61
Figura 25. Imagen y dimensiones enfriadora INTARCON AKD-NH-3350.[18] 62
Figura 26. Gráfico porcentaje de costes del proyecto por capítulo. 68
Figura 27. Retorno de la inversión 70
Figura 28. Comparativa OPEX aerotermia vs. Hibridación geotermia y aerotermia. 71
Figura 29. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 1 en el año 50. Resultado simulación con EDD. 85
Figura 30. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 1 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED. 85
Figura 31. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 2 en el año 50. Resultado simulación con EDD. 90
Figura 32. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 2 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED. 90
Figura 33. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 3 en el año 50. Resultado simulación con EDD. 95
Figura 34. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 3 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED. 95

Figura 35. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 3 en el año 50. Resultado simulación con EDD. 100
Figura 36. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 2 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED..... 100

LISTADO DE ACRÓNIMOS

EED: Earth Energy Desing

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

IGME: Instituto Geológico y Minero de España

TRG: Test de Respuesta Geotérmica

EER: *Energy Efficiency Ratio* o Factor de Eficiencia Energética

SEPR: Factor de rendimiento energético estacional para enfriadoras de procesos industriales

GWP: *Global-Warming Potential* **o** Potencial de calentamiento global

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios

CNMC: Comisión nacional de los Mercados y la Competencia

OPEX: *Operational expenditures* o Coste de Operación

TIR: Tasa Interna de Retorno

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el análisis y diseño de un sistema de producción de frío positivo mediante la implementación de energía geotérmica, hibridado con un sistema aerotérmico para así asegurar la viabilidad tanto técnica como económica del sistema.

En el proyecto se ha desarrollado la descripción y el análisis del emplazamiento para poder caracterizar el recurso energético renovable disponible, así como el análisis de cargas térmicas y la energía que demanda la instalación. Con este estudio, se ha determinado las necesidades a satisfacer por la instalación, el tipo de terreno de la ubicación y sus características tanto geotécnicas como geotérmicas, para así poder definir de la forma más precisa posible el método de perforación óptimo y, apoyado con el software de cálculo de campos de captación vertical geotérmicos EED, se ha simulado y comparado cuatro alternativas de implantación de geotermia en el sistema, seleccionando como la opción óptima la integración de 884,4 kW de potencia instalada con tres bombas de calor geotérmicas asociadas a un campo de captación geotérmico de 128 perforaciones de 150 m de profundidad, hibridado con 615,2 kW de potencia instalada con dos bombas de calor aerotérmicas.

Una vez definido y dimensionado el sistema de producción energético, se ha realizado el diseño del campo de captación geotérmico y los elementos necesarios para su ejecución y funcionamiento, así como el esquema de principio de la instalación y la descripción del control y funcionamiento de éste. Para su correcta comprensión, también se han realizado una serie de planos y esquemas.

Con todo esto, se ha realizado la medición y el presupuesto de la instalación, con un posterior análisis económico donde se ha determinado la rentabilidad y amortización de la instalación comparada con un sistema convencional de simulares características, finalizando con una serie de conclusiones a las que se ha llegado realizando este proyecto, tanto del apartado técnico como económico en cuanto a la integración de la geotermia para este tipo de aplicaciones.

Proyecto de integración de geotermia somera para la aplicación de frío industrial

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

El objetivo general del proyecto es el estudio y diseño de la mejor alternativa para la implantación de geotermia somera para la aplicación de frío industrial, mediante la hibridación de las tecnologías de bomba de calor geotérmica y aerotérmica, y desarrollar una instalación para un caso real, estudiando su viabilidad tanto técnica como económica, y concluyendo si esta tecnología es la alternativa renovable para ello.

En resumen, los objetivos generales que incluirá el proyecto son los siguientes:

- Caracterizar el entorno mediante el análisis del emplazamiento, la climatología y la geología de la ubicación de la instalación.
- Analizar y calcular las demandas térmicas de la instalación a partir de los datos de las necesidades suministradas por el propietario.
- Diseñar un campo de captación geotérmico optimizado para las necesidades de la instalación mediante software especializado.
- Seleccionar los equipos necesarios para llevar a cabo la instalación, como pueden ser bombas de calor, sondas geotérmicas, equipos terminales, etc.
- Diseñar los elementos específicos de la instalación geotérmica, así como los pasos a seguir para su ejecución.
- Diseñar el método de control óptimo para la gestión de la instalación.
- Definir un presupuesto y realizar un estudio de amortización de la instalación.

1.2. Alcance

El alcance de este proyecto es el diseño, cálculo y dimensionado de una instalación geotérmica para dar servicio al centro logístico de una empresa de la industria alimentaria. En el proyecto, se partirá de la demanda térmica de frío positivo suministrada por la empresa, a partir de la cual se analizará qué tipo de instalación será necesaria para producir esa energía, analizando el recurso renovable disponible en la ubicación, cálculo de la demanda energética, dimensionado y selección de los equipos de producción, y cálculo y dimensionado del intercambiador geotérmico mediante los software especializado Earth Energy Desing (EED), que es un software de cálculo dinámico de pozos verticales de intercambio de calor desarrollado por el Departament of Building Physics de la Universidad de Lund en Suecia, donde se tiene en cuenta la influencia del intercambiador en el terreno dinámicamente.

Se realizarán los planos necesarios para la definición de las instalaciones diseñadas y se realizará un presupuesto y un análisis de rentabilidad de la instalación comparando los ahorros generados con una instalación convencional, y se desarrollarán una serie de conclusiones donde se expondrá la viabilidad de este tipo de sistemas renovables para la aplicación objeto.

1.3. Justificación

El proyecto nace del interés por parte del alumno de estudiar el desarrollo de una instalación geotérmica de baja entalpía en aplicaciones con alta demanda de potencia térmica. Este, al ser el sistema de generación térmico para aplicaciones de baja temperatura más eficiente en la actualidad, tiene sentido plantearlo como solución para grandes consumidores como la industria alimentaria, introduciendo una tecnología de carácter renovable que produce un ahorro energético importante, muy enmarcado en las iniciativas europeas debido a la incipiente necesidad de una transición energética para frenar el Cambio Climático y la crisis energética que se desarrolla en el mundo, la cual demanda una reducción del consumo y la transición hacia la producción con energías renovables.

En los últimos años se está produciendo una transición energética hacia sistemas de producción renovables y eficientes debido a estas problemáticas, aplicándose este cambio tanto a sistemas de generación de energía primaria, como la electricidad, como sistemas de generación de energía final, como puede ser generación de frío y calor para procesos o climatización, donde históricamente la principal fuente de energía para ello provenía de fuentes fósiles o de sistemas con bajos rendimientos.

En este sentido, la geotermia, en concreto la geotermia somera o de baja entalpía, es una fuente de energía térmica renovable que puede ayudar a reducir los consumos en términos de producción de calor y frío, con la consecuente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los sistemas de generación de electricidad al reducir el consumo eléctrico respecto a sistemas con enfriadoras convencionales, o la eliminación de emisiones locales de gases y partículas contaminantes de los sistemas con consumo directo de combustibles fósiles como puede ser el gas natural o el gasóleo, muy comunes como combustibles para la producción de agua caliente. Por tanto, este tipo de proyectos contribuyen a dos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 7 y 9, en concreto en los siguientes puntos:

7.2- De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas [1].

7.3- De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética [1].

9.4- De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas [1].

Los sistemas de geotermia de baja entalpía se basan en el intercambio de calor entre el foco que se quiere mantener con ciertas condiciones térmicas y el subsuelo, asociando este intercambio a una bomba de calor que es la que realiza el trabajo mediante un ciclo frigorífico. Estos sistemas se aprovechan sobre todo del balance térmico que se da en lo modos de operación entre época de refrigeración y de calefacción, o con aplicaciones para ambos fines simultáneamente, de manera de que el terreno permanezca a una temperatura constante y no pierda capacidad de disipación/captación de calor.

El ahorro energético se estima entre el 40% y el 60% de la energía primaria que se utiliza para climatización [2], según el sistema con el que se compare, siendo este el uso más común que se le da a este tipo de sistemas. Esto se debe a que, a partir de unos 10-15 m de profundidad, el terreno permanece a una temperatura estable similar a la temperatura media ambiente de la ubicación, lo que posibilita una menor demanda de energía por parte de la bomba de calor que en sistemas que utilizan el aire para el intercambio térmico, siendo su temperatura muy variable a lo largo del año y, por tanto, sus rendimientos.

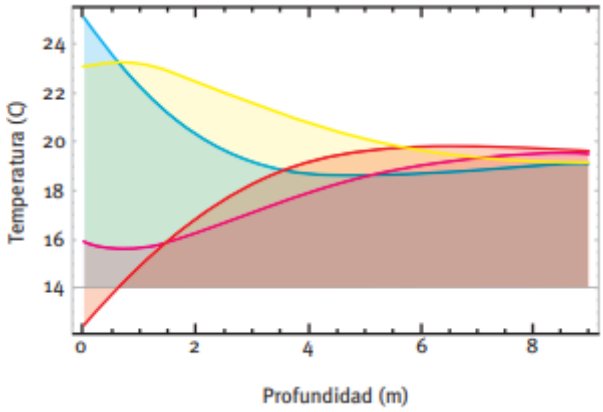


Figura 1. Gradiente geotérmico de temperaturas por estación del año [2].

La geotermia somera actúa en el rango de temperaturas más baja del terreno, por lo que no se requieren condiciones extraordinarias en él, siendo su disponibilidad como fuente de energía renovable y sostenible para su aprovechamiento térmico en casi cualquier circunstancia.

1.4. Antecedentes

En España la geotermia de baja entalpía está experimentando un gran crecimiento, sobre todo, como se ha comentado anteriormente, para sistemas de climatización de confort en edificación, impulsado por la Unión Europea con fondos de inversión como los *Next Generation* para incentivar la instalación de sistemas energéticos renovables y eficientes, en contrapartida a otros países como Suecia, Alemania, Suiza o Austria, en los que la bomba de calor geotérmica ha ido consolidándose desde los años 70.

En cuanto a su aplicación industrial de este sistema ha sido más tardía, aunque en la actualidad comienzan a aparecer ciertas aplicaciones donde aplicar geotermia de baja entalpía para refrigeración o calentamiento de procesos puede generar grandes ahorros energéticos. Por ejemplo, la industria forestal en Chile demanda calor para los viveros donde germinan las semillas, donde ya se ha realizado alguna instalación de este tipo con geotermia hibridada con colectores solares térmicos, como el caso del Proyecto Vivero Horcones, con la instalación de 700 kW en bombas de calor geotérmicas y 300 kW en colectores solares de apoyo . Con esto, consiguen generar agua a 40ºC, permitiendo mantener la temperatura del sustrato a 28ºC. Esto les permite incrementar un 20% la tasa de crecimiento de las plantas con ahorros energéticos alrededor del 75% respecto a sistemas tradicionales [3].

Figura 2. Fotografía de la sala técnica dl Proyecto Vivero Horcones [3].

En cuanto a refrigeración industrial, esta tecnología se está planteando en proyectos de generación de hidrógeno mediante electrolizadores, ya que estos dispositivos necesitan de disipación del calor generado en

la electrólisis del agua. En concreto, el Centro Nacional del Hidrógeno (CNH2) se ha realizado una instalación geotérmica hibridada con aerotermia para este fin, con seis perforaciones de 110 metros cada una para disipar el calor generado por los electrolizadores, acompañados de una bomba de calor geotérmica de 50 kW, de tal manera que el consumo de energía primaria se reduzca para este tipo de procesos [4].

Las industrias como las del proyecto (Comida, bebidas y tabaco), según el Balance Energético de España en el año 2020 [5], consumen 2.503,5 ktep de energía, representando el 13,3% de la energía final consumida por toda la industria española, siendo la mayor parte de este consumo de procedencia fósil (1.469,6 ktep). De esta, apenas 468,8 ktep (el 18,7%) proviene de fuentes renovables, y la mayor parte de esta energía, 453,0 ktep, proveniente de biomasa, solo capaz de aportar calor mediante su combustión. De estos datos también se destaca cómo la geotermia no aparece como sistema que aporte energía en este tipo de industria, por lo que cabe destacar el carácter innovador de este proyecto, estudiando los sistemas idóneos para su implantación como método de ahorro energético debido a los altos rendimientos que pueden llegar a alcanzar estos sistemas, con los consecuentes ahorros económicos para la actividad de este tipo de industrias.

Además, en las instalaciones convencionales para generación de frío industrial, los equipos que se utilizan son enfriadoras condensadas por aire con grandes consumos energéticos, a menudo alimentadas con gas natural, con el uso habitual del amoniaco como fluido caloportador. La problemática de este fluido es que en altas concentraciones es tóxico, por lo que las instalaciones deben estar preparadas para su uso con la suficiente seguridad, en cambio, con el uso de agua con anticongelante, no se deben tomar medidas especiales para su uso, ya que no está clasificado como sustancia peligrosa.

1.5. Marco normativo

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009.

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

Modificación de Ley 22/1973 por la Ley 54/1980, de 5 de noviembre.

Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el. **Reglamento General para el Régimen de la Minería** (BOE nº 295 de 11 de diciembre y BOE nº 296 de 12 de diciembre).

Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus instrucciones técnicas ITC 02.0.01, ITC 06.0.01 e ITC 06.0.06.

- **ITC 06.0.06** Aprovechamiento de Recursos Geotérmicos, del capítulo VI del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (BOE nº 242, de 9 de octubre de 1985 y corrección de errores en BOE nº 52, de 1 de marzo de 1986)
- **ITC 06.0.03** Ejecución de sondeos con torre del capítulo VI del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (BOE nº 242 de 09-10-1985)
- **ITC 02.0.01** Directores facultativos, del capítulo II del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (BOE nº 85 de 08-04-1988)

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

UNE 100715-1. Mayo 2014. Diseño y construcción de sistemas de intercambio geotérmico en circuito cerrado vertical para instalaciones tipo C, potencia térmica superior a 70 kW.

UNE-EN ISO 17628. Noviembre 2017. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos geotérmicos. Determinación de la conductividad térmica de suelos y rocas utilizando una sonda geotérmica instalada en un sondeo (ISO 17628:2015)

Resolución de 1 de abril de 2019, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se publican los modelos de impresos relativos al **trámite de aprobación del proyecto para la explotación de recursos geotérmicos de muy baja entalpía** (BOCM nº 91, de 17 de abril).

Real Decreto 150/1996, de 2 de febrero, de transposición de la Directiva 92/91/CEE, m**odificando el artículo 105 del Reglamento general de Normas Básicas de Seguridad Minera**. (BOE nº 59 de 8/3/1996)

Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el **sistema geodésico de referencia oficial en España** (BOE nº 207 de 29/8/2007).

2. METODOLOGÍA

2.1. Contexto

La actuación se realizará en el seno de una red de empresas que operan a lo largo de toda la cadena de valor en la elaboración de productos vegetales de 5ª Gama, caracterizándose estos productos como vegetales de fácil preparación y consumo, amplia vida útil, de alta calidad y seguridad alimentaria, participando desde el cultivo, pasando por el procesado industrial, hasta la distribución a los puntos de venta. Destacan como uno de los mayores productores europeos de maíz dulce en mazorca y de remolacha, procesando 90.000 Tm de materias primas a través de sus plantas en España, y otras 10.000 Tm en colaboración con sus aliados europeos. La compañía dedica más del 3% de su facturación anual para I+D+i.

En el grupo apuestan por la sostenibilidad y el uso racional de los recursos naturales, realizando cada año cuantiosas inversiones para modernizar sus procesos y hacerlos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente, apostando por tecnologías renovables y eficientes.

Actualmente se encuentran con el desarrollo de un nuevo centro logístico en la provincia de Valladolid, y por su compromiso con el medio ambiente se plantean que los sistemas de generación de frío positivo para el centro sean eficientes y de carácter renovable, de manera de que puedan disminuir la huella de carbono de sus procesos. Además, con la instalación de este centro, pretenden contribuir con el impulso de la España Vaciada generando empleo local en una de las comunidades autónomas más perjudicadas en este sentido, Castilla y León.

2.2. Caracterización del entorno

2.2.1. Emplazamiento

El centro logístico se ubica en el municipio de San Miguel del Arroyo, provincia de Valladolid, al suroeste de la población y colindante a la autovía A-601.

Figura 3. Imagen satélite de la ubicación del centro logístico de Huercasa. Fuente: Google Earth

Las coordenadas del emplazamiento son las siguientes:

EPSG: 4326, Latitud: 41,4365465 Longitud: -4,4811178 Altitud: 864,3993269

ETRS UTM huso 30N (25830), [439770.29, 4477526.14]

Este centro se ubica en una parcela de 119 317 m^2, con una superficie construida de 22 715 m^2 distribuidos entre oficinas y almacenes.

Figura 4. Imagen satélite de la parcela. Fuente: Google Earth

La nave de actuación consta de 3 plantas, distribuidas entre almacén, empaquetadoras y oficinas. El almacén está dividido en 7 cámaras frigoríficas, y estas junto con la zona de empaquetado y recepción y expedición de material cuentan con necesidades de temperaturas de entre 1ºC y 10ºC. Las cámaras frigoríficas tienen la altura libre al techo de las 3 plantas, 12 m, la zona de empaquetado de 2 plantas, 8 m. En la tercera planta se encuentran las oficinas, fuera de la actuación del proyecto.

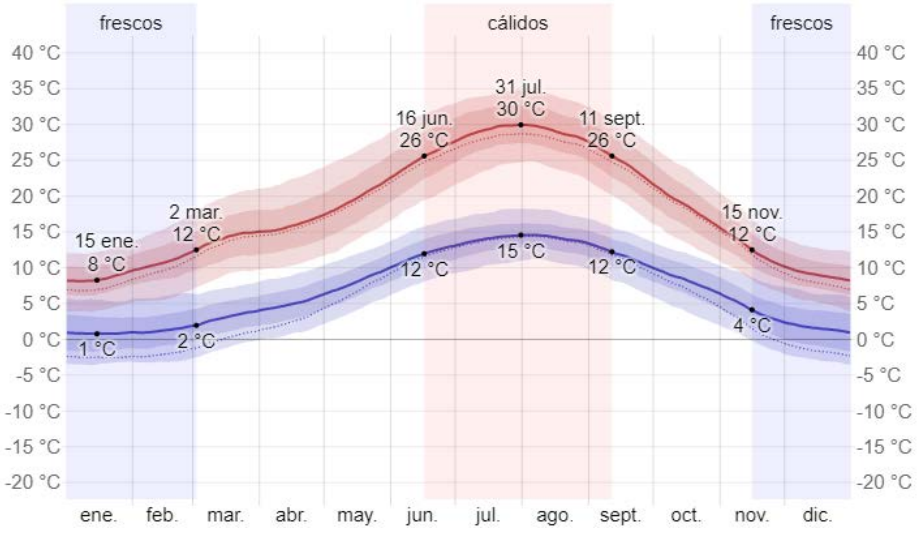
Figura 5. Fotografía del centro logístico. Fuente: Google Maps

Como se ha comentado, en este tipo de industrias la energía térmica predomínate se cubre mediante sistemas alimentados con combustibles fósiles y sistemas frigoríficos de baja eficiencia y con fluidos de trabajo peligrosos para las personas, por lo que este tipo de instalaciones deben ir acompañadas de sistemas de detección de fugas para evitar posibles intoxicaciones, por lo que para esta instalación se prevé la utilización de fluidos inocuos para el ser humano y no contaminantes.

En esta nave se estiman unas 5.600 Tm de alimentos almacenados, con una rotación de aproximadamente 500 Tm.

2.2.2. Climatología

El clima en la provincia de Valladolid muestra valores típicos del clima mediterráneo continental, con veranos cortos, calurosos y secos, con temperaturas promedio máximas que rondan los 26°C, siendo el mes más caluroso julio con temperaturas máximas promedio de 29°C y mínimas promedio de 14°C, e inviernos muy fríos y lluviosos, con temperaturas promedio máximas de 12°C, siendo el mes más frío enero, con temperaturas mínimas promedio de 1°C y máximas promedio de 9°C. La temperatura media a lo largo de todo el año es de 12°C.



	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Tª Máxima (ºC)	9	11	14	16	20	25	29	29	25	18	12	9
Tª Media (ºC)	4	6	9	10	14	19	22	22	18	13	8	5
Tª Mínima (ºC)	1	1	3	5	8	12	14	14	12	8	4	2

Figura 6. Valores climáticos de la provincia de Valladolid [6].

En cuanto a las condiciones climáticas en la ubicación de la instalación utilizadas para los cálculos, se presentan los valores extremos de la ubicación:

Tabla 1. Valores climatológicos extremos absolutos en Valladolid [1]

Variable	Anual
Máx. núm. de días de lluvia en el mes	26 (nov. 2019)
Máx. núm. de días de nieve en el mes	9 (ene. 2009)
Máx. núm. de días de tormenta en el mes	11 (jul. 1987)
Prec. máx. en un día (l/m2)	56,3 (01 sept. 1999)
Prec. mensual más alta (l/m2)	166,7 (nov. 1984)
Prec. mensual más baja (l/m2)	0,0 (ago. 2018)
Racha máx. viento: velocidad y dirección (km/h)	Vel 128, Dir 260 (25 feb. 1989 12:30)
Tem. máx. absoluta (ºC)	40,2 (19 jul. 1995)
Tem. media de las máx. más alta (ºC)	33,8 (jul. 2020)
Tem. media de las mín. más baja (ºC)	-3,8 (dic. 2001)
Tem. media más alta (ºC)	25,1 (ago. 2003)
Tem. media más baja (ºC)	1,3 (dic. 2001)
Tem. mín. absoluta (ºC)	-11,5 (14 feb. 1983)

2.2.3. Contexto geológico e hidrogeológico

La geología de la zona de San Miguel del Arroyo en la que se encuentra la edificación objeto del proyecto corresponde a la hoja 401 (Madrid) del MAGNA 50 (Escala 1:50000) perteneciente al Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Dicha hoja se encuentra situada en la zona central de la Península Ibérica, concretamente en la submeseta septentrional y hacia el sur del centro geográfico de la Cuenca del Duero.

La cuenca del Duero es una amplia depresión terciaria rellena de materiales depositados en régimen continental y recubiertos en parte por sedimentos cuaternarios, encontrándose la hoja del área de estudio en el sector centro-meridional de la citada Cuenca [7]. La hoja completa se presenta en el Plano 1 del ANEXO V.

a. Descripción de la geología

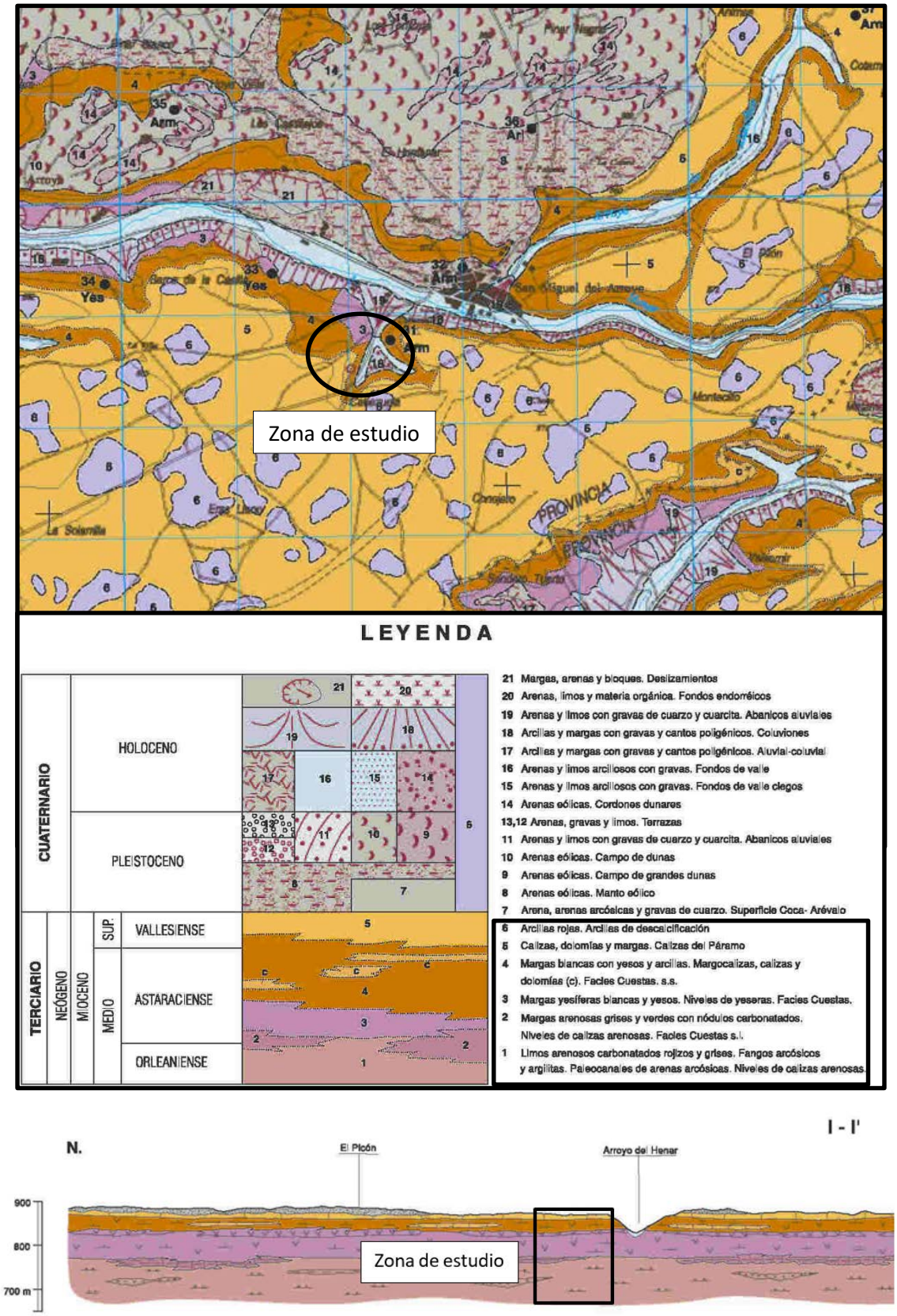


Figura 7. Extracto del mapa geológico de España. Hoja Cuellar 401. 17-16 [2]

Las formaciones más antiguas que afloran en la ubicación son **Calizas, dolomías y margas (5). Astaraciense superior-Vallesiense inferior,** representando el fin del ciclo sedimentario de la "Facies Cuestas" en el sector centro-sur de la Cuenca del Duero. Se encuentra por lo general muy karstificadas, con desarrollo de amplias dolinas de bordes indefinidos. Son calizas microcristalinas de tipo wackestone a mudstone con gasterópodos (Bithynia, Hidrobia, Radix, Planorbis, etc), ostrácodos, charáceas y lamelibranquios [7].

Continuando en profundidad, aparecen **Margas blancas con yesos y arcillas (4). Calizas, margocalizas y dolomías (c). Astaraciense-Vallesiense.** Litológicamente se compone de margas calcáreas blancas y grises, dentro de las que ocasionalmente aparecen pasadas de arcillas, a veces carbonosas, limos, yesos e intercalaciones de margo-calizas, calizas y dolomías, todas ellas distribuidas de forma irregular, aunque con un cierto control sedimentario. Las margas blancas, que por lo general tienen un contenido variable tanto de limos como de carbonatos, aparecen en paquetes masivos que pueden llegar a alcanzar varios metros de espesor. Dentro de esta litología existen niveles centimétricos, que adquieren tonalidades oscuras, de base plana y techo ondulado y que tienen la particularidad de contener una abundante riqueza fosilífera. Se aprecian estructuras sedimentarias de naturaleza tractiva como estratificación ondulada debida a ripples en su mayoría de oleaje [7].

El siguiente estrato corresponde con **Margas yesíferas blancas y yesos. Niveles de yeseras (3). Astaraciense.** Aflora casi siempre asociada a la parte baja de las "cuestas" morfológicas que constituyen las laderas de los "páramos" en la zona central de la Hoja, estando recubiertos en su mayor parte por el manto eólico, así como por formas coluvionares y conos de deyección. Dominan los fangos salinos con gran contenido en yeso diagenético de coloraciones grises, blanquecinas y verdosas. Aproximadamente a techo del conjunto existe un continuado "nivel de yeseras" que ha sido objeto de explotación en multitud de puntos de la Hoja. Las secuencias observadas corresponden a ciclos formados en lagos salinos y constan de un tramo inferior de fango salino, al que siguen fangos con yeso diagenético muy abundante, para culminar con niveles de costras dolomíticas. Se trata pues, de una secuencia de salinidad creciente y representa la progresiva evaporación de la charca, que puede llegar a terminar en la desecación total [7].

Por último, aparece **Limos arenosos carbonatados rojizos y grises, fangos arcósicos y argilitas. Paleocanales de arenas arcósicas. Niveles de calizas arenosas (1). Orleaniense superior-Astaraciense.** Litológicamente se encuentra constituida por limos arenosos y carbonatados de colores rojizos y grises, fangos arcósicos y argilitas, entre las que se intercalan canales de arenas arcósicas de tamaño fino a grueso, dispuestas en secuencias granodecrecientes, que terminan en finos niveles de calizas arenosas de origen palustre y lacustre, las cuales se acuñan en pocos metros y, que por lo general son erosionadas por las secuencias superiores. El espesor de las secuencias oscila entre 2 y 4 m, siendo el total de la serie en otras áreas de la Cuenca no superior

a los 80 m (50-80 m). Los fangos arcósicos, que por lo general son limolitas arenosas, tienden a estar edafizadas, sobre todo en la base de los canales, donde tienen aspecto de pseudogley [7].

b. Hidrología e hidrogeología

Hidrogeológicamente la Hoja de Cuellar se ubica íntegramente en el Sistema Acuífero Nº 8, incluyendo a su vez las regiones Centro o de Los Páramos y Sur de Los Arenales [7].

El Sistema Acuífero Nº 8, litológicamente se encuentra constituido por materiales de carácter detrítico (arcillas y limos arenosos con niveles lentejonares de arenas y gravas) y materiales de carácter evaporítico y químico (yesos y calizas) junto con la arenas eólicas de la región de Los Arenales, cuyo espesor en la zona no sobrepasa los 20 metros. Los depósitos detríticos más gruesos (arenas y gravas) constituyen los niveles acuíferos propiamente dichos, mientras que las arcillas y limos arenosos que las engloban se comportan hidráulicamente como un acuitardo [7].

En la región de los Páramos, los niveles de acuíferos se localizan a partir de los 200 metros de profundidad. También existen acuíferos de carácter superficial constituidos por las Calizas de Los Páramos. Estas calizas configuran una Unidad Hidrogeológica con entidad propia, es la Unidad del Páramo de Cuellar, parcialmente representada en el cuadrante NE de la Hoja [7].

En el Páramo de Cuellar la piezometría de la unidad oscila entre los 800 y 900 m.s.n.m [7].

c. Características geotécnicas

Agrupados los materiales presentes en la zona de estudio en el Área I de la Division en Áreas y Zonas, las características litológicas y geotécnicas son las siguientes:

- **Limos arenosos carbonatados rojizos y grises, fangos arcósicos y argilitas (1):** estos materiales cuentan con una granulometría fina. Es una zona con carácter semipermeable donde se efectua el drenaje por escorrentía. Son materiales de fácil excavabilidad excepto en zonas donde presenten areniscas y conglomerados cementados que será difícil su ripado. La capacidad de carga es media-baja.
- **Margas yesíferas blancas y yesos. Niveles de yeseras (3):** es una zona impermeable y su drenaje se realiza por escorrentía. La excavabilidad es buena y la mayoría de sus materiales son ripables. La capacidad de carga es media-alta
- **Margas blancas con yesos y arcillas (4). Calizas, margocalizas y dolomías (c):** estos materiales son permeables y se realiza el drenaje por fisuración y karstificación más escorrentía. Al ser rocas compactas presentan difícil excavabilidad y ripado casi nulo a excepción de los niveles arcillosos intercalados. La capacidad de carga es media-alta.

- **Calizas, dolomías y margas (5). Astaraciense superior-Vallesiense inferior:** al igual que la fromación (4), estos materiales son permeables y se realiza el drenaje por fisuración y karstificación más escorrentía. Igualmente son rocas compactas presentan difícil excavabilidad y ripado. La capacidad de carga es media-alta.

Estas características se tendrán en cuenta a la hora de seleccionar el método de perforación más conveniente.

d. Propiedades térmicas del terreno

Para la caracterización térmica del terreno se utilizarán los valores de la norma alemana VDI 4640, en concreto la Tabla 1 de la Parte 1 de la norma [8]. En la zona de estudio y siguiendo el orden de aparición según perforación aparecen las siguientes rocas con sus correspondientes características térmicas extraídas de la norma alemana:

Tabla 2. Características térmicas de las rocas en la ubicación de proyecto [8]

Tipo de roca	Densidad (10^3 kg/m^3)	Conductividad térmica (W/(m·K))		Capacidad térmica volumétrica (MJ/(m^3·K))
			Valor típico	
Caliza	2,6-2,7	2,5-4	2,8	2,1-2,4
Marga	2,5-2,6	1,5-3,5	2,1	2,2-2,3
Arcilla /limo, saturada de agua	n.a.	0,9-2,3	1,7	1,6-3,4

Con estos datos y cogiendo un valor conservador para la realización de la simulación del captador geotérmico, se utilizará una conductividad térmica de 2,0 W/(m·K) y capacidad térmica volumétrica de 2,3 MJ/(m^3·K)). Estos valores se corregirán con la realización de un Test de Respuesta Geotérmica (TRG) del terreno.

- **<u>Ensayo TRG:</u>**

La ejecución del ensayo TRG es habitual a partir de potencias mayores a 30 kW. De acuerdo a la directriz alemana VDI 4640 con carácter general el TRG permite garantizar y contrastar los parámetros teóricos conocidos, ya que a través de dicho TRG se realiza una medición de la conductividad térmica efectiva y de la resistencia térmica del sondeo, con objeto de optimizar el sistema y proceder al dimensionamiento del campo de sondas.

Las perforaciones se realizan mediante el mismo método de perforación que para los sondeos del campo geotérmico, para conseguir introducir la sonda geotérmica hasta la profundidad de la perforación objeto del TRG.

Una vez realizada la perforación, se introduce la sonda junto con el tubo de inyección y se realizan las pruebas de presión y circulación para comprobar su correcta instalación y estado. Una vez superadas las pruebas, se procede a la inyección del relleno termoconductor.

Para la realización del TRG se emplea un equipo móvil dotado de un programa específico de almacenamiento de datos. La medición de temperaturas se realiza durante el tiempo total empleado en el equipo de TRG con las sondas de temperatura colocadas en la impulsión y el retorno.

Los parámetros representativos de las perforaciones en cuanto a la transmisión de calor son la conductividad del terreno, la resistencia térmica y la difusividad. Los datos obtenidos en el TRG tendrán en cuenta todos los estratos atravesados y el agua presente en el subsuelo siendo por consiguiente el valor más exacto de la conductividad media del terreno que podemos utilizar. Además, permite conocer la temperatura natural del terreno en condiciones normales antes de la disipación de energía. Todo ello permite conocer el valor real de la potencia cedida y captada en cada perforación, que permite continuar con los estudios de simulación térmica a corto y largo plazo y el estudio de la producción térmica mediante bombas de calor.

2.3. Análisis de cargas térmicas

La potencia pico y temperatura demandada por cada una de las cámaras y recintos del almacén han sido aportados por la empresa y definidas en el ANEXO V, Plano 2, y vienen resumidas en la Tabla 3:

Tabla 3. Resumen de las demandas térmicas de las cámaras frigoríficas y las estancias de la nave. Fuente: Propietario

Servicios de Frío	Tª	Potencia demandada (kW)
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 1	1ºC	37,4
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 2	1ºC	37,4
Zona de paletizado	10ºC	63,3
Estanterías Dinámicas	1ºC	9,6
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación	1ºC	18,9
Cám. Prod. Frío Final Baja Rotación 1	1ºC	108,25
Cám. Prod. Frío Final Media Rotación	1ºC	109,45
Cám. Prod. Frío Final Baja Rotación 2	1ºC	109,6
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 3	1ºC	37,4
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 4	1ºC	37,4
Cám. Prod. Term. Media Rotación 1	1ºC	71,3
Cám. Prod. Term. Media Rotación 2	1ºC	71,3
Obrador 1	1ºC	44,3
Obrador 2	10ºC	44,3
Obrador 3	10ºC	44,3
Zona de expedición	10ºC	63,5
Zona de Recepción	10ºC	118,8
Total		**1.026,5 kW**
Simultaneidad estimada		**0,722**
Total		**741,13 kW**

En total, la demanda de potencia calorífica en pico, aplicando el 72,2% de simultaneidad, es de 741,13 kW. Este estudio de cargas he sido realizado para unas condiciones de temperatura media máxima del emplazamiento de 33,8 ºC de temperatura exterior.

Al ser una industria que opera durante todo el año y solo se necesita producción de frío, se considerará un perfil de energía térmica demandada mensual constante, con una duración del pico de producción de 8 horas, ya que, una vez alcanzada la temperatura de consigna, el sistema de producción no necesitará toda la potencia para mantener la temperatura en el rango requerido.

A partir de los datos aportados por la empresa, se van a realizar los cálculos para dimensionar la potencia y la demanda térmica del centro con el objetivo de diseñar una instalación térmica acorde con las necesidades del centro logístico anteriormente comentadas.

Para estimar la demanda de potencia según la temperatura exterior, se asumirá que esta es lineal, tomando como pico los 741,13 kW a los 33,8 ºC y 0 kW de demanda a la temperatura exterior igual a la mínima requerida en las cámaras, 0 ºC. Con esto, se obtiene la línea de regresión mostrada en la Figura 8 mediante la cual se calculará la potencia demandada a cualquier temperatura exterior.

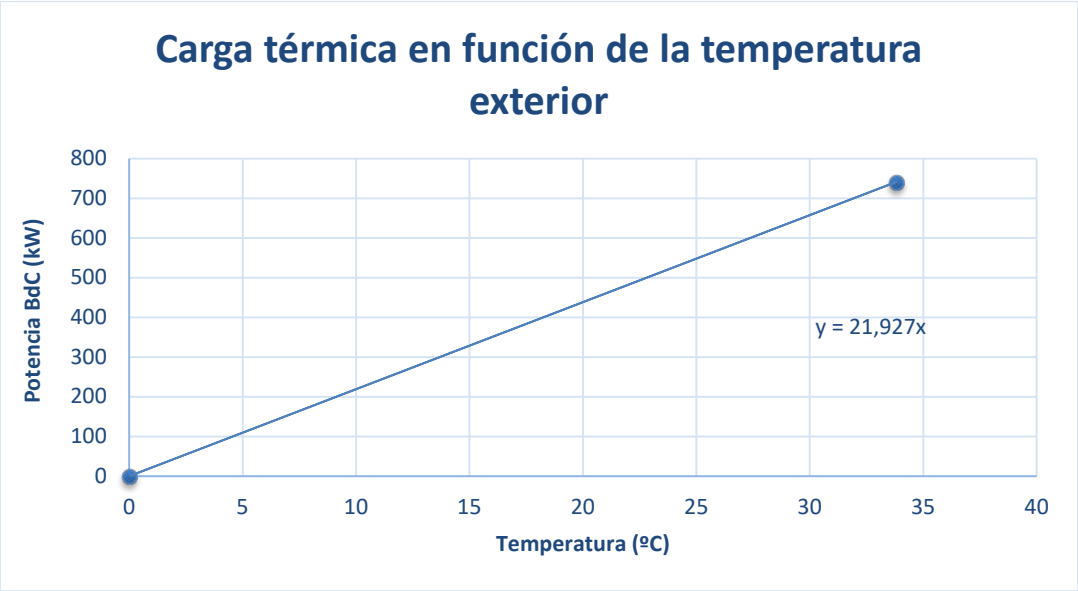


Figura 8. Ajuste lineal para el cálculo de la carga térmica en función de la temperatura.

2.4. Estudio comparativo de diferentes alternativas

Las principales alternativas al proyecto presentado son, la Alternativa 1 donde se simuló la instalación aportando el 100% de la potencia y energía demandada con geotermia, a través de cuatro bombas de calor agua-agua iguales que en el proyecto desarrollado, con un total de 1.179,2 kW instalados.

La Alternativa 2, se hibrida geotermia y aerotermia instalado un 60% de la potencia pico demandada (811,3 kW) con geotermia, de manera que esta funcione como base y los picos de potencia sean cubiertos mediante aerotermia, instalado dos bombas de calor agua-agua geotérmicas con un total de 589,6 kW y dos bombas de calor aire-agua con un total de 615,2 kW, teniendo 1.204,8 kW combinados.

La Alternativa 3, se hibrida geotermia y aerotermia instalando un 30% de la potencia pico demandada con geotermia de manera que esta funcione como base y los picos de potencia sean cubiertos mediante aerotermia, instalado una bomba de calor agua-agua geotérmica con un total de 294,8 kW y tres bombas de calor aire-agua con un total de 922,8 kW, teniendo 1.217,6 kW combinados.

Con el desarrollo de las tres primeras simulaciones, se encuentra con que a pesar de disminuir la potencia pico en la instalación geotérmica no se consigue que los valores de temperatura en el campo de captación geotérmico mejoren sino que al contrario, empeoran como puede observarse en la gráfica de la Figura 9, además de que la instalación pierde la capacidad de funcionar cubriendo los picos de potencia de la instalación.

Por ello, se plantea una última alternativa para intentar solventar el problema de la saturación del terreno sin perder capacidad de operación con la instalación geotérmica, la Alternativa 4, donde se pretende estudiar la hibridación aerotermia-geotermia pero teniendo en cuenta las mejores condiciones de funcionamiento de cada sistema, es decir, a bajas temperaturas ambiente el sistema con mejor rendimiento para la aplicación objeto será la aerotermia, mientras que en condiciones ambientales con mayor temperatura ambiente, a partir de los 20°C según cálculos, el sistema con mayor rendimiento será la geotermia. Para ello, se necesitará la instalación de tres bombas de calor agua-agua geotérmicas con un total de 884,4 kW, que cubrirán toda la potencia cuando la temperatura exterior sea superior a 20°C, y dos bombas de calor aerotérmicas con una potencia total de 615,2 kW, que cubrirán la potencia cuando la temperatura sea inferior a 20°C, dando una potencia combinada de 1.499,6 kW. Ésta es una aproximación teórica a cómo funcionará la instalación, ya que en la práctica será el sistema de control el que decidirá qué sistema es el que cubrirá la potencia demandada a través del análisis de las condiciones del sistema. Este sistema pretende optimizar energéticamente el desempeño de la instalación siendo capaz de funcionar en las condiciones más desfavorables solo con geotermia y a su vez reducir el número de perforaciones necesarias debido a los periodos de recuperación del terreno en los momentos en los que solo la aerotermia esté aportando la potencia necesaria, como en los meses de invierno. A nivel de simulación se tendrá que los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero no se utiliza el sistema geotérmico

En el ANEXO II se presentan los resultados de las simulaciones con EED de cada alternativa. A continuación, se presenta un resumen y la justificación a la alternativa seleccionada:

Tabla 4. Resumen resultados de las 4 simulaciones realizadas con EED.

	Número de pozos	Superficie (m^2)	Potencia geotérmica instalada (kW)	Energía anual (MWh)	Energía en pozos anual (MWh)
Alternativa 1	180	129000	1.179,2	2.478,750	-3.305,005
Alternativa 2	160	122000	589,6	2.432,090	-3.242,785
Alternativa 3	100	72900	294,8	1.841,530	-2.455,376
Alternativa 4	128	94500	884,4	1.142,370	-1.523,161

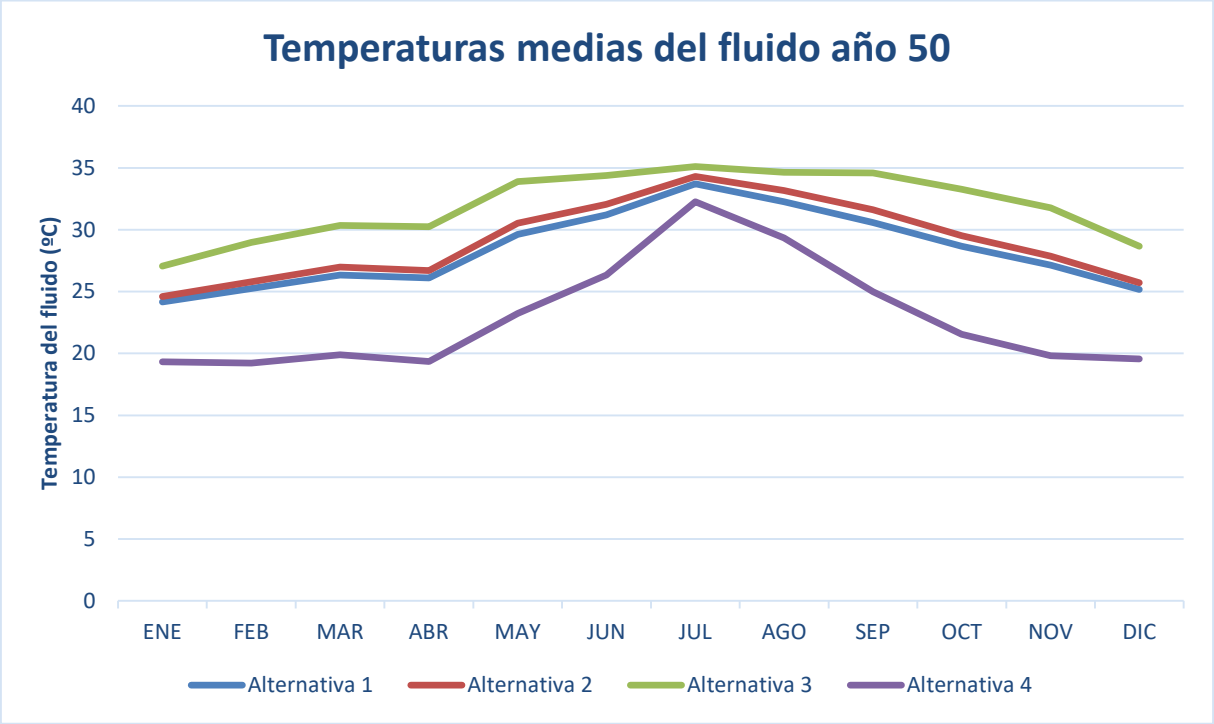


Figura 9. Gráfica comparativa de las temperaturas del fluido caloportador en el año 50 de las 4 alternativas, obtenida con EED.

Atendiendo al resumen de resultados presentados en la Tabla 4 y la Figura 9, se descartó las alternativas 1 y 2 por exceso de perforaciones, tanto para el apartado económico, que dispararía el coste de la instalación, como por superficie necesaria para su implantación. En cuanto a las Alternativas 3 y 4, a pesar de que la Alternativa 3 es capaz de cubrir una mayor cantidad de energía, como se describió anteriormente la instalación geotérmica no sería capaz de cubrir el pico de potencia de la instalación ya que solo es capaz dar 294,8 kW, mientras que la Alternativa 4 sí con los 884,4 kW instalados, a pesar de solo haber una diferencia de 28 pozos entre las dos opciones. Esto se debe, como se observa en la Figura 11 de los resultados de la simulación, a que la configuración de la Alternativa 4 es capaz de dejar descansar al terreno, obteniendo temperaturas del fluido caloportador menores, por lo que el desempeño de la instalación y su rendimiento serán mucho mejor.

Atendiendo a lo comentado, se optó por desarrollar la implantación de la Alternativa 4, que se desarrollará en los siguientes apartados de esta memoria.

2.5. Diseño de la captación de fuentes de energía

Una vez caracterizada la demanda de la instalación objeto se procede al diseño de la instalación de producción y distribución de frío industrial a través de la hibridación de sistemas de geotermia y aerotermia.

Para determinar la configuración técnico-económica óptima, se han realizado cuatro simulaciones con diferentes escenarios expuestos anteriormente, donde se ha seleccionado para desarrollar su diseño e instalación la Alternativa 4. Uno de los datos clave para definir el sistema será el rendimiento de los diferentes equipos de producción que se han tenido en cuenta para este proyecto, el EER (*Energy Efficiency Ratio* o Factor de Eficiencia Energética) en las condiciones de proyecto, que es el cociente entre la potencia térmica suministrada por el equipo dividido por la potencia consumida en unas condiciones de trabajo concretas. A pesar de ser un dato obsoleto por ser en unas condiciones muy limitadas y por el Reglamento 2015/1095, donde se establece que los niveles de eficiencia mínimos para enfriadoras con temperatura de salida del agua negativa en aplicaciones de procesos industriales deben ser medidos por el SEPR (factor de rendimiento energético estacional para enfriadoras de procesos industriales). Este factor no se ha podido obtener por parte del fabricante y por falta de datos para su cálculo, ya que engloba el desempeño energético total de la instalación y no solo las potencias producidas y consumidas por los equipos. Por ello, se ha optado por el cálculo de la eficiencia de la instalación a través del EER de los equipos en diferentes condiciones de trabajo mediante una interpolación, para así obtener un valor que se ajuste más a la realidad.

En el sistema diseñado, la demanda térmica de frío positivo se cubrirá mediante un sistema geotérmico de bomba de calor agua-agua hibridado con un sistema aerotérmico de apoyo con bombas de calor aire-agua. El diseño de la instalación geotérmica se realizará mediante la simulación con el software Earth Energy Designer (EED) en el que a partir de las características térmicas del terreno, las del fluido caloportador, las bombas de calor y los datos de demanda energética, realiza un cálculo dinámico de la fluctuación de la temperatura del terreno para determinar la configuración más óptima para el sistema.

El diseño del sistema aerotérmica se basará en el Cálculo Energético desarrollado en el ANEXO I cubriendo una determinada potencia.

El propio control del sistema será el que decidirá cuándo es más conveniente el uso de una tecnología u otra, a través de la medición de la temperatura tanto en el subsuelo como en el ambiente, siendo la menor temperatura entre los dos medios la que mejor rendimiento aporte al sistema de frío industrial, y teniendo en cuenta el mayor rendimiento de la geotermia en condiciones similares o en caso de saturación del terreno la entrada en funcionamiento de las bombas de calor aerotérmicas.

También se describirá el método de perforación más adecuado para la ubicación, así como el equipamiento necesario para los sondeos, la distribución horizontal del sistema y las pruebas necesarias para la puesta en marcha del sistema.

2.5.1. Dimensionamiento de la instalación geotérmica

Para el dimensionado y selección de los equipos de producción se partirá del análisis de cargas térmicas descrito con anterioridad y se seguirá un criterio de duplicación de equipos de tal manera de que, en caso de avería o mantenimiento de cualquiera de las máquinas, la producción de frío sea suficiente para mantener la instalación en correcto funcionamiento. También se sobredimensionará la potencia instalada para poder suplir la demanda del recinto en condiciones más extremas que las condiciones de diseño.

La potencia a cubrir por la instalación geotérmica según el Cálculo Energético desarrollado en el ANEXO I es de 811 kW.

La bomba de calor que se ha seleccionado para este sistema es la enfriadora agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B, los climatizadores KEYTER ACTEA ZM son equipos de refrigeración agua-agua para climatización y aplicaciones industriales. La ficha técnica se adjunta en el ANEXO III.

Figura 10. Figura de la bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B. Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L.

Cuenta con las siguientes características en las condiciones de proyecto:

Tabla 5. Características técnicas bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impulsión campo geotérmico 30/35 ºC). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L.

Compresor	Scroll 6 etapas de compresión. Arranque en cascada
Refrigerante (GWP)	R454B (466)
Potencia frigorífica	294,80 kW
Potencia eléctrica absorbida	113,30 kW
EER (EN 14511)	2,6
$I_{nominal}$	192,50 A
$I_{máxima}$	338,50 A
$I_{arranque}$	715,00 A

Tabla 6. Características técnicas bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impulsión campo geotérmico 20/25 ºC). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L.

Compresor	Scroll 6 etapas de compresión. Arranque en cascada
Refrigerante (GWP)	R454B (466)
Potencia frigorífica	316,17 kW
Potencia eléctrica absorbida	91,90 kW
EER (EN 14511)	3,4
$I_{nominal}$	156,00 A
$I_{máxima}$	338,50 A
$I_{arranque}$	715,00 A

Los parámetros de funcionamiento en modo refrigeración según condiciones de proyecto son las siguientes:

Tabla 7. Condiciones de funcionamiento de la bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impolsión campo geotérmico 30/35 ºC).

Condiciones lado interior		Condiciones lado exterior (campo geotérmico)	
Temperatura de salida (ºC)	-9	**Temperatura de entrada (ºC)**	30
Salto de temperatura (ºC)	5	**Salto de temperatura (ºC)**	5
Temperatura de retorno (ºC)	-4	**Temperatura de salida (ºC)**	35
Fluido caloportador	Agua + propilenglicol (35%)	**Fluido caloportador**	Agua + propilenglicol (25%)
Caudal de agua interior (m^3/h)	58,5	**Caudal de agua exterior (m^3/h)**	70,2

Tabla 8. Condiciones de funcionamiento de la bomba de calor agua-agua KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B (impolsión campo geotérmico 20/25 ºC).

Condiciones lado interior		Condiciones lado exterior (campo geotérmico)	
Temperatura de salida (ºC)	-9	**Temperatura de entrada (ºC)**	20
Salto de temperatura (ºC)	5	**Salto de temperatura (ºC)**	5
Temperatura de retorno (ºC)	-4	**Temperatura de salida (ºC)**	25
Fluido caloportador	Agua + propilenglicol (35%)	**Fluido caloportador**	Agua + propilenglicol (25%)
Caudal de agua interior (m^3/h)	62,3	**Caudal de agua exterior (m^3/h)**	71,5

Esta máquina será capaza de suministrar 294,8 kW térmicos con un EER del 2,6 en condiciones de temperatura de impulsión a pozos de 35ºC, con un consumo de 113,3 kW, mientras que, si se reduce la impulsión a los 25ºC, el EER es del 3,4, utilizando un valor medio del EER de 3,0 para la realización de las simulaciones. Estas

condiciones siguen un criterio conservador debido a que en los meses más fríos y sobre todo en los primeros años de funcionamiento la temperatura de impulsión a pozos rondará los 20-25ºC según la temperatura del subsuelo, obteniendo en esas condiciones unos rendimientos superiores al utilizado para las simulaciones, como se comentó anteriormente, pero a medida de que el terreno se vaya calentando con el uso de la instalación, se deberá aumentar la temperatura de impulsión para mantener la potencia de disipación necesaria, obteniendo valores de rendimiento más bajos.

Con estas características, se tendrán que instalar tres bombas de calor geotérmicas con una potencia total de 884,4 kW térmicos.

2.5.1.1. Simulación del campo geotérmico

Para dimensionar el sistema de captación geotérmico y realizar las simulaciones con Earth Energy Designer (EED) se recurre al análisis geológico e hidrogeológico teórico realizado, así como el análisis térmico y la climatología del emplazamiento. Cada pozo geotérmico tendrá instalado una sonda de simple-U de 40 mm de diámetro, siendo el diámetro del pozo de 152 mm en cabeza hasta dejar de ser necesario el encamisado, pasando a 127 mm, a nivel de simulación se considerará un diámetro de 135 mm. El relleno del pozo se realizará con mortero de alta conductividad y el fluido caloportador será una mezcla de propilenglicol y agua para evitar las congelaciones en caso de parada del sistema. A continuación, se presenta el resumen de los datos de diseño introducidos en el software:

Tabla 9. Datos de diseño para realizar las simulaciones en Earth Energy Designer (EED)

SUELO	
Conductividad térmica del suelo	2,000 W/(m·K)
Capacidad calórica del suelo	2,300 MJ/(m³·K)
Temperatura de la superficie del suelo	12,00 °C
Flujo de calor geotérmico	0,0600 W/m²
POZO	
Instalación pozo	U-Simple
Diámetro pozo	135,00 mm
Diámetro Tubería-U	40,000 mm
Grosor Tubería-U	3,700 mm
Conductividad térmica tubería-U	0,420 W/(m·K)
Espaciado entre las varas de tubería-U	65,000 mm
Conductividad térmica del llenado	2,100 W/(m·K)
FLUIDO CALOPORTADOR	
Tipo de fluido	Agua + Propilenglicol (25%)
Condcividad térmica	0,4800 W/(m·K)
Capacidad calorífica específica	3.795,000 J/(Kg·K)
Densidad	1.054,000 Kg/m³
Viscosidad	0,005200 Kg/(m·s)
Punto de congelación	-10,7 °C

Se toma la decisión de incluir propilenglicol en el fluido caloportador de campo de captación aunque por temperatura de operación no fuera necesario debido principalmente a dos factores; evitar que por fallo y parada de la instalación en periodos de bajas temperaturas se congele el sistema y provoque la rotura de las sondas y por las propiedades antibacterianas y antialgas del glicol, evitando problemas de podredumbre del agua que puedan dañar la instalación, como ya ha ocurrido en diversas instalaciones como la de Darke Landing en Canadá [9]. Además, este anticongelante tiene la ventaja de no ser tóxico ni contaminante.

Para hacer una aproximación energética a cómo funcionaría este sistema, se considerará que la instalación geotérmica funcionará con temperaturas superiores a los 20 ºC, donde dará toda la demanda. Por debajo de esos 20ºC será la aerotermia la que de toda la potencia. En la práctica, el control del sistema será el que por la temperatura del subsuelo y del ambiente decida qué tecnología es la que aportará más rendimiento, con la diferencia de tener suficiente potencia para dar el 100% de la demanda con geotermia, pero considerando que no va a estar siempre en funcionamiento, sino que en condiciones donde la aerotermia pueda tener mejores rendimientos esta dará toda la potencia pudiendo tener periodos de tiempo de recuperación del terreno saturado. El rendimiento utilizado para la simulación será de 3,0 como ya se comentó anteriormente.

A nivel de simulación, partiendo del Cálculo Energético del ANEXO I, se estima una carga energética base y una carga de potencia pico para los periodos con temperaturas superiores a 20 ºC.

La base energética a cubrir por el sistema energético es la siguiente:

Tabla 10. Carga térmica por mes introducida en Earth Energy Designer (EED) para la simulación del campo de captación geotérmico.

CARGA BASE		
Factor de rendimiento por estación (enfriamiento)	3	
Valores de energía mensual (MWh)		
Mes	Carga de frío	Carga de suelo
ENE	0,00	0,000
FEB	0,00	0,000
MAR	21,88	-29,177
ABR	5,90	-7,864
MAY	118,40	-157,873
JUN	200,41	-267,216
JUL	360,61	-480,815
AGO	260,95	-347,937
SEP	133,58	-178,105
OCT	40,63	-54,173
NOV	0,00	0,000
DIC	0,00	0,000
Total	1.142,37	-1.523,161

Para esta demanda energética, se estima la siguiente carga pico:

Tabla 11. Pico de potencia por mes y duración introducida en Earth Energy Designer (EED) para la simulación del campo de captación geotérmico.

CARGA PICO		
Picos de potencia mensual (kW)		
Mes	Pico de frío	Duración (h)
ENE	0	8
FEB	0	8
MAR	350,8	8
ABR	370,7	8
MAY	416,6	8
JUN	526,3	8
JUL	701,6	8
AGO	701,6	8
SEP	504,3	8
OCT	394,7	8
NOV	0	8
DIC	0	8

Con estos datos de partida, se realiza el cálculo optimizado del sistema en un periodo de 50 años, con una restricción de temperatura del fluido caloportador de -1ºC a 35ºC. En el caso objeto el valor limitante serán los 35ºC.

- **Simulación con EED y resultados:**

A continuación, se presentan los resultados más representativos de la simulación del:

Tabla 12. Resultados de la simulación del sistema geotérmico con EED.

Número de pozos	128
Profundidad del pozo	153,18 m
Espaciado entre pozos	30,00 m
Longitud total del pozo	19.606,54 m

La configuración seleccionada como resultado de la simulación a 50 años con la restricción de temperatura de 35ºC presenta 128 perforaciones de 153 m de profundidad y separadas entre ellas 30 m.

La simulación también genera resultados de la temperatura del fluido a lo largo de los 50 años y su perfil de variación a lo largo del año 50 de explotación, presentados en las Figuras 11 y 12. Estos valores representan la temperatura del fluido que circula por el interior de las sondas geotérmicas del campo de captación.

Con ello, se podrá valorar si existe saturación en el subsuelo y la viabilidad de la instalación.

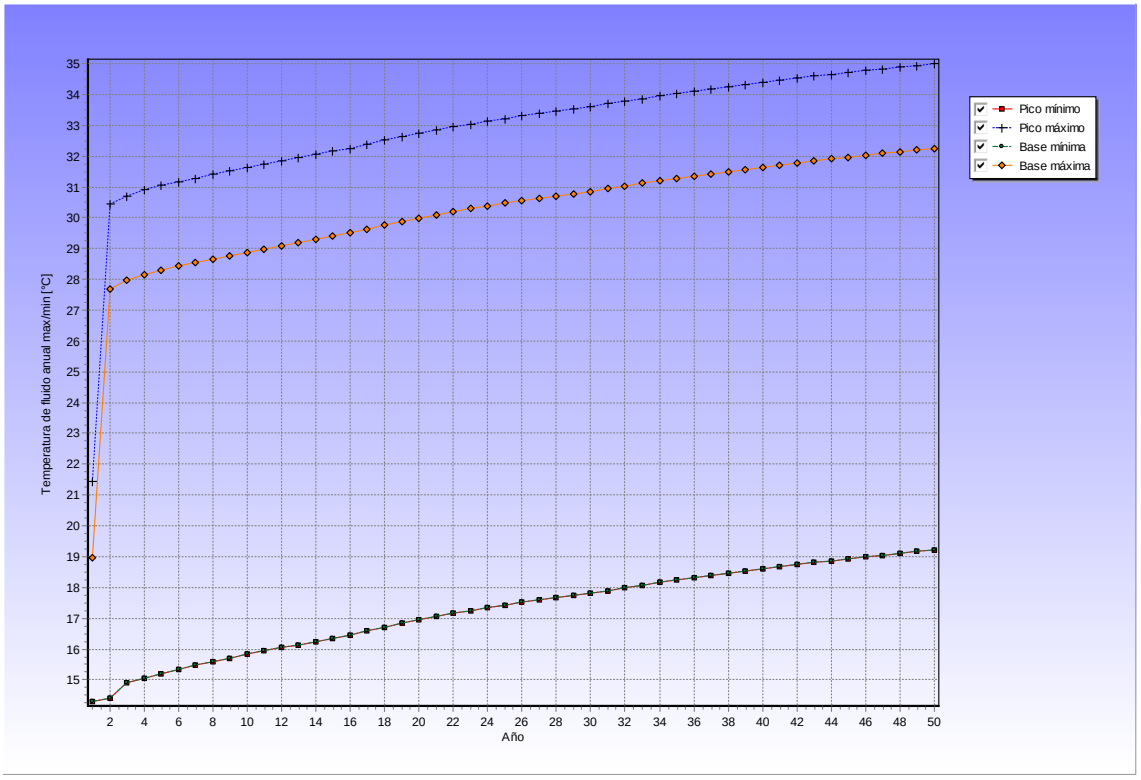


Figura 11. Evolución de la temperatura del fluido caloportador a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED.

En la Figura 11 se reflejan los valores de temperatura del fluido en el campo de captación geotérmico a lo largo de los 50 años de simulación, donde aparecen las siguientes curvas:

- Pico máximo: es la temperatura media máxima anual alcanzada por el fluido en el campo geotérmico, correspondiente a la inyección del calor extraído por el sistema en el terreno cuando se encuentra en modo refrigeración, obteniendo un pico máximo de 35ºC (temperatura máxima de restricción en la simulación) en el año 50.
- Base máxima: es la temperatura mínima anual alcanzada por el fluido en el campo geotérmico cuando el sistema se encuentra en modo refrigeración, obteniendo un máximo en el año 50 de 32ºC.
- Pico mínimo y base mínima: valores de temperatura con la instalación en modo calefacción, no son de interés en este estudio.

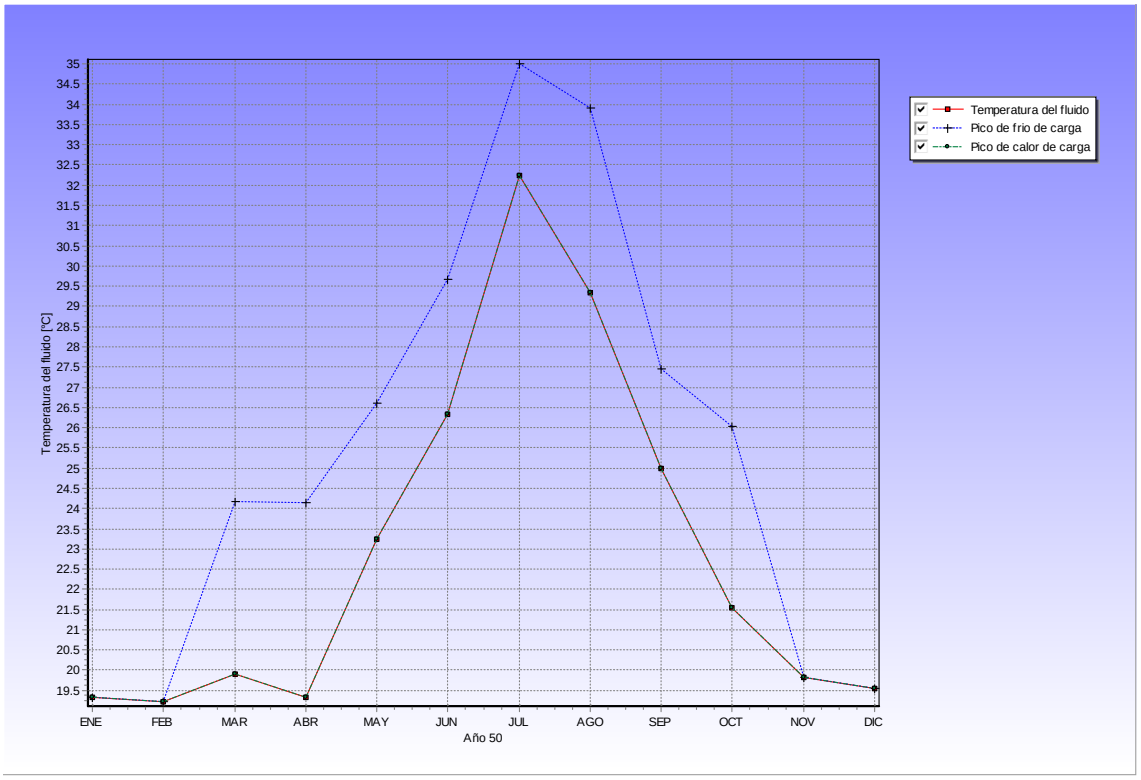


Figura 12. Evolución de la temperatura del fluido caloportador en el año 50. Resultado simulación con EED.

Los resultados de la simulación de las temperaturas del fluido en el año 50, representadas en la Figura 12, muestran como en los meses más calurosos y de más demanda de inyección en el campo geotérmico, mayor temperatura alcanza el fluido, con un pico de temperatura máxima de 35,0 ºC y temperatura media de 32,5 ºC en el mes de julio. Cabe destacar como al simular el uso de la aerotermia en los meses de invierno desconectando la geotermia, el terreno es capaz de volver a la misma temperatura que comenzó el año. De esta manera, se comprueba como en un mismo año con la configuración y el sistema de gestión seleccionado, el terreno es capaz de recuperarse.

Uno de los grandes inconvenientes de la aplicación de esta tecnología al frío industrial es la saturación del terreno al tener un uso intensivo de disipación de calor en él durante todo el año. En una instalación convencional de climatización no existe ese problema, ya que con el cambio de ciclo de refrigeración a calefacción ese calor que se ha estado inyectando durante el periodo de refrigeración es captado para el periodo de calefacción.

Con esta hibridación que se está planteando de utilizar solo la instalación geotérmica para los periodos donde la temperatura del subsuelo sea inferior a la del ambiente, se consigue que el terreno pueda recuperarse y evitar su saturación y el fallo de la instalación.

2.5.2. Dimensionado de la instalación aerotérmica

Para el dimensionado y selección de los equipos de producción se partirá del análisis de cargas térmicas descrito con anterioridad.

La potencia a cubrir por la instalación geotérmica según el Análisis de cargas térmicas desarrollado en el Cálculo Energético del ANEXO I es de 416,6 kW.

El equipo seleccionado es la enfriadora aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R, los climatizadores KEYTER ACTEA ZM, los equipos de climatización KEYTER ATLANTIA WA/WM son equipos de refrigeración aire-agua para climatización y aplicaciones industriales. La ficha técnica se adjunta en el ANEXO III.

Figura 13. Figura de la bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R. Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L.

Los parámetros de funcionamiento en modo refrigeración según condiciones de proyecto son las siguientes:

Tabla 13. Condiciones de funcionamiento de la bomba de calor agua-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R.

Condiciones lado interior		Condiciones lado exterior	
Temperatura de salida (ºC)	-9	**Temperatura aire exterior (ºC)**	35
Salto de temperatura (ºC)	5		
Temperatura de retorno (ºC)	-4		
Fluido caloportador	Agua + propilenglicol (35%)		
Caudal de agua interior (m^3/h)	57,16	**Caudal de aire (m3/h)**	180.000

Estas máquinas al intercambiar energía con el medio ambiente, su desempeño depende de las condiciones que haya en el exterior, por ello se exponen a continuación las características técnicas de la máquina para diferentes escenarios:

Tabla 14. Características técnicas bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R (35ºC exteriores). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L.

Compresor	Scroll 8 etapas de compresión. Arranque en cascada. 8 compresores activos
Refrigerante (GWP)	R454B (466)
Potencia frigorífica	307,6 kW
Potencia eléctrica absorbida	183,4 kW
EER (EN 14511)	1,7
$I_{nominal}$	308,9 A
$I_{máxima}$	434,0 A
$I_{arranque}$	724,2 A

Con 35ºC exteriores la máquina proporciona 307,6 kW con los 8 compresores activos y los ventiladores exteriores EC al 100% de su capacidad total. En estas condiciones el equipo tiene un consumo de 183,4 kW, y un EER de 1,7.

Tabla 15. Características técnicas bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R (10ºC exteriores). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L.

Compresor	Scroll 8 etapas de compresión. Arranque en cascada. 6 compresores activos.
Refrigerante (GWP)	R454B (466)
Potencia frigorífica	306,3 kW
Potencia eléctrica absorbida	84,8 kW
EER (EN 14511)	3,6
$I_{nominal}$	194,3 A
$I_{máxima}$	434,0 A
$I_{arranque}$	724,2 A

Con 10ºC exteriores la máquina proporciona 306,3 kW con una parcialización del 75% (6 compresores activos, 2 parados) y los ventiladores exteriores EC modulando al 90% de su capacidad total. En estas condiciones el equipo tiene un consumo de 84,8kW, y un EER de 3,6.

Tabla 16. Características técnicas bomba de calor aire-agua KEYTER ATLANTIA KWM 4680 R (5ºC exteriores). Fuente: KEYTER TECHNOLOGIES S.L.

Compresor	Scroll 8 etapas de compresión. Arranque en cascada. 6 compresores activos.
Refrigerante (GWP)	R454B (466)
Potencia frigorífica	309,8 kW
Potencia eléctrica absorbida	79,6 kW
EER (EN 14511)	3,9
$I_{nominal}$	182,6 A
$I_{máxima}$	434,0 A
$I_{arranque}$	724,2 A

Con 5ºC exteriores la máquina proporciona 309,8 kW con una parcialización del 75% (6 compresores activos, 2 parados) y los ventiladores exteriores EC modulando al 75% de su capacidad total. En estas condiciones el equipo tiene un consumo de 79,6kW, y un EER de 3,9.

Los equipos de aerotermia estarán dimensionados por potencia para las condiciones más desfavorables (35ºC exteriores), trabajando a menor carga en condiciones más favorables donde darán aproximadamente la misma potencia térmica, pero con un menor consumo energético. Se considera que los equipos geotérmicos no varían su rendimiento a lo largo del año para simplificar el cálculo.

Para contemplar la variación de rendimiento de las máquinas de aerotermia para cada temperatura exterior y valorar cuándo es mejor su uso o el del sistema geotérmico, se tomarán los tres valores de rendimiento asociados a las tres temperaturas exteriores de funcionamiento facilitados por el fabricante, realizando un ajuste mediante el cual se calcularán los rendimientos y consumos para cada temperatura exterior. Como resultado, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 17. EER de los equipos de aerotermia según la temperatura exterior.

Tª exterior	EER
5	3,90
10	3,60
15	3,28
20	2,93
25	2,56
30	2,16
35	1,70

Se obtiene que, partiendo del rendimiento que tiene la máquina geotérmica de 2,6, la máquina aerotérmica cuenta con mejor rendimiento hasta aproximadamente los 20-25ºC.

Con estas características, se tendrán que instalar dos bombas de calor aerotérmicas con una potencia total de 615,2 kW térmicos.

2.6. Demanda y generación de energía

Para la obtención de la energía demandada se utiliza la temperatura horaria a lo largo de un año tipo, y con la repetición horaria de cada temperatura y su potencia asignada a partir del ajuste realizado en el apartado de Cálculo Energético del ANEXO I, se calcula la energía térmica necesaria para dar servicio.

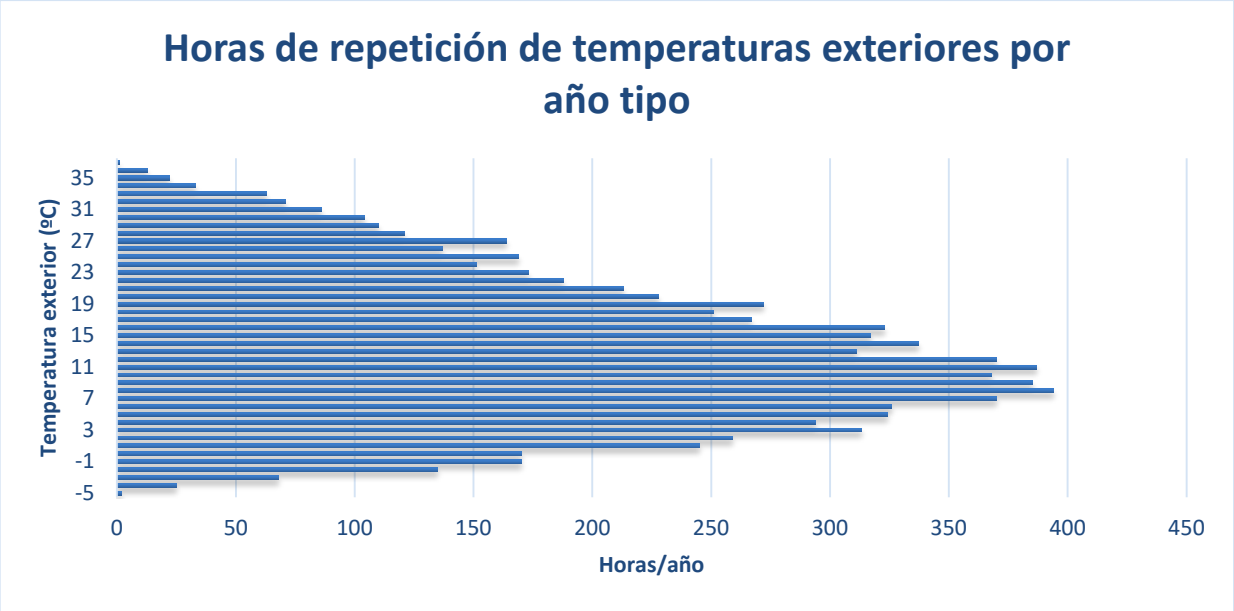


Figura 14. Horas de repetición de cada temperatura al año.

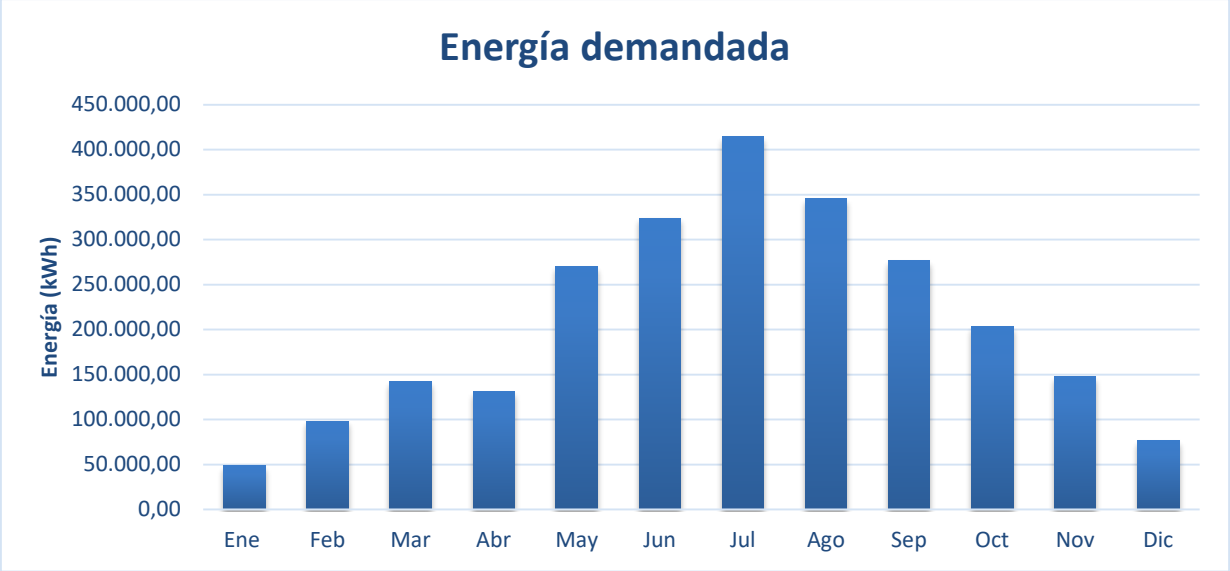


Figura 15. Energía térmica demandada por mes.

Estos resultados son conservadores ya que no tienen en cuenta la inercia propia del sistema, pero servirán para realizar una aproximación teórica para el análisis del sistema. Se obtiene que, al ser una instalación de frío industrial, a medida de que la temperatura exterior aumenta, la demanda de energía a disipar por el sistema y por tanto energía demandada aumenta.

Teniendo en cuenta la característica de diseño de utilizar la energía aerotérmica para temperaturas inferiores a 20 ºC y la geotermia para temperaturas superiores, se obtiene la siguiente cobertura de energía en cada mes, mostrada en la Figura 16.

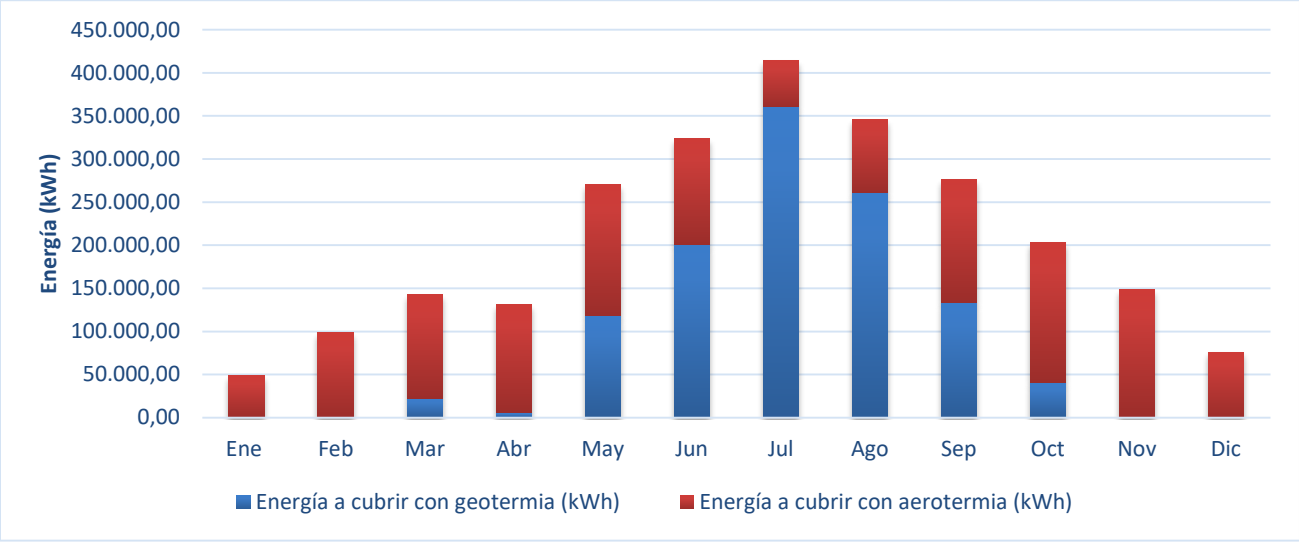


Figura 16. Energía cubierta por geotermia y aerotermia por mes.

Para cubrir esa demanda, las potencias pico aportadas por la instalación geotérmica y aerotérmica cada mes se resumen en la Tabla 18:

Tabla 18. Potencia pico aportada por el sistema geotérmico y aerotérmico cada mes.

	Geotermia	Aerotermia
Meses	**Potencia pico (kW)**	**Potencia pico (kW)**
Enero	-	263,12
Febrero	-	372,76
Marzo	504,32	438,54
Abril	482,39	438,54
Mayo	657,81	438,54
Junio	767,45	438,54
Julio	811,30	438,54
Agosto	754,52	438,54
Septiembre	635,88	438,54
Octubre	570,10	438,54
Noviembre	-	416,61
Diciembre	-	285,05

Estos valores de potencia pico aportada por cada sistema comprenden la potencia máxima de estos en cada mes del año. En la Figura 16 se puede observar cómo se distribuye la energía que aportan cada uno de ellos, viéndose como se estima que de octubre a abril la aerotermia será la que cubra la mayor parte de la energía debido a que el ambiente se encontrará a temperaturas inferiores que el terreno, obteniendo mayores rendimientos con este sistema, como ya se comentó en el apartado 2.5.2. Dimensionado de la instalación aerotérmica, obteniendo esa temperatura por debajo de los 20 ^{o}C.

Aplicando los rendimientos de cada instalación para la energía térmica que cada uno aporta al sistema, se calcula la energía eléctrica consumida por la instalación, obtenida en el Cálculo Energético del ANEXO I.

En total, se obtiene un consumo eléctrico de 781.863,77 kWh.

3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Diseño del campo de captación geotérmico

El campo de captación geotérmico consistirá en 128 perforaciones de 153 m de profundidad cada una, separadas entre ellas 30 m. La disposición de estas se realizará según Plano 3 del ANEXO V.

A continuación, se procede a describir las diferentes características de los sondeos y trabajos necesarios para la ejecución y puesta en marcha de la instalación geotérmica.

a. Selección del método de perforación

Para la selección del método de perforación, se tendrá en cuenta las características geotécnicas de las formaciones geológicas descritas en el apartado Características geotécnicas. En función del diámetro del sondeo geotérmico y de la resistencia a compresión simple de la roca, se pueden determinar los siguientes métodos de perforación:

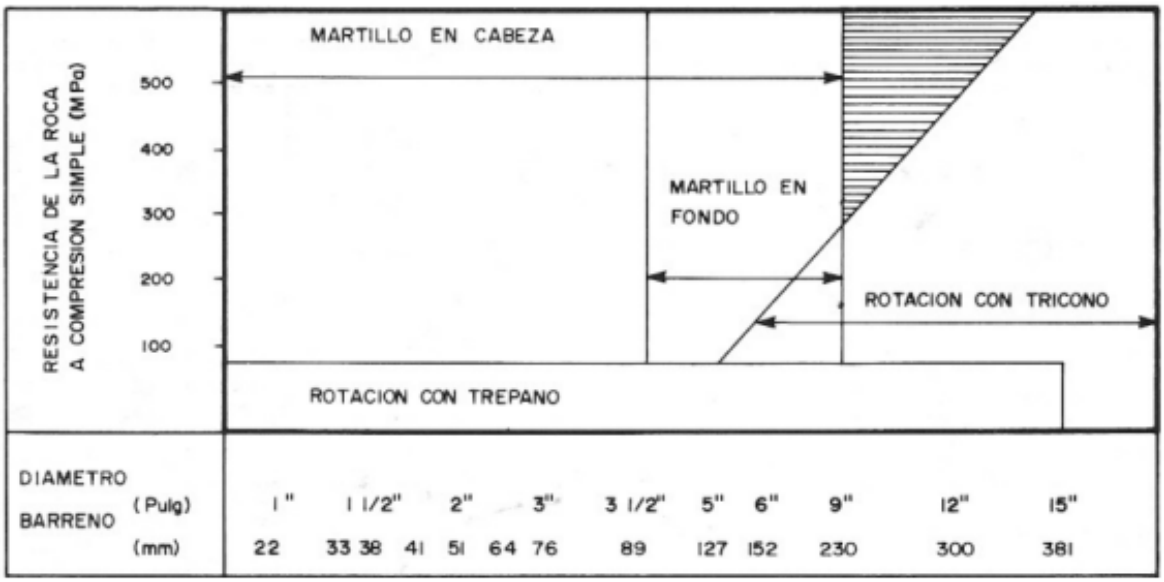


Figura 17. Método de perforación en función de la resistencia a compresión de las rocas y diámetro de perforación [10].

El diámetro que presentan los sondeos geotérmicos es de 152 mm en cabeza hasta el límite donde se realizará el encamisado, a partir de donde la perforación será con un diámetro de 127 mm. Como se describió anteriormente el terreno de la zona de estudio presenta una resistencia media-baja y buena excavabilidad y ripado. Con esto es preciso señalar que la rotopercusión se debe desechar puesto que está indicado para terrenos competentes y duros, mientras que el método de rotación es más adecuado, ya que está indicado para materiales blandos y poco competentes.

Dentro de la rotación, se realizará circulación directa del fluido de perforación. El sistema de circulación directa implica la entrada de un fluido por dentro de la sarta del varillaje para que llegue a la zona de perforación en el interior del sondeo. El objetivo de esta acción es limpiar dicha zona, refrigerar el útil de corte, y evacuar el detritus que se produce durante el proceso. Este detritus junto con el fluido forma un lodo, que es evacuado al exterior por el espacio anular existente entre el varillaje y la pared del pozo, y se acumula en balsas habilitadas para tal fin al lado del sondeo. Este lodo también sirve para sostener las paredes del sondeo y evitar su derrumbe, si el material perforado es inestable.

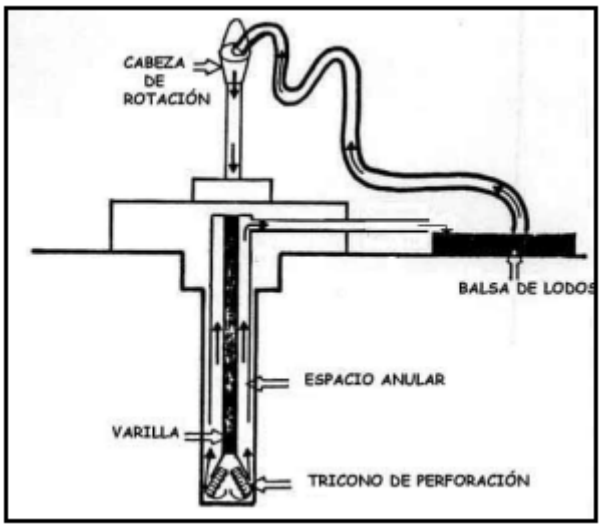


Figura 18. Sistema de perforación con circulación directa de lodos [10].

A pesar de esto, al no haber estudios geotécnicos disponibles al inicio de los trabajos de perforación, será la empresa perforadora con su experiencia, personal especializado y disponibilidad de equipos la que seleccione el mejor método de perforación para la ubicación del proyecto. Durante la perforación será imprescindible el control de los parámetros del suelo, con el control del detritus de perforación, la velocidad de avance de la perforadora, etc.

Para evitar el colapso de las paredes del pozo, se entubarán los primeros metros del sondeo mediante tubo de acero roscado sin soldadura, recuperable, según necesidades.

El detritus procedente de la perforación se retirará mediante camión a un vertedero autorizado.

La perforación deberá ser acondicionada antes de la introducción del intercambiador en el interior de esta e inyectada después de la instrumentación para evitar obstrucciones o colapsos en el sondeo.

Se evitarán potenciales erupciones en el pozo mediante equipo y materiales adecuados a tal fin. Se debe accionar a no menos de 10 metros del punto de sondeo un equipo para prevención de estas erupciones (ITC 06.0.06) [11].

Se evitará en la medida de lo posible daños en la formación geológica en la que esté englobada el recurso geotérmico, inyectando el sondeo con una mezcla geotérmica adecuada (ITC 06.0.06) [11].

La seguridad y la reglamentación vigente en cada caso deben ser las pautas que rijan el tratamiento y disposición del recurso geotérmico explotado y sus derivados, subproductos y residuos (ITC 06.0.06) [11].

b. Equipos de perforación

El equipo de perforación, a falta de comprobación de disponibilidad para las fechas de perforación, será la perforadora COMACCHIO MC900P. La ficha técnica se adjunta en el ANEXO III.

Figura 19. Imagen perforadora COMACCHIO MC900P

Este tipo de maquinaria tiene unas necesidades para su operación como la necesidad de una toma de fuerza trifásica y monofásica o en su defecto un generador eléctrico de suficiente potencia, un contenedor para crear la balsa para el fluido de perforación y para acumular el detritus de perforación, como se ha comentado anteriormente. También será necesario un equipo de bombeo para el fluido de perforación en caso de que la perforadora no cuente con ello.

Hay que tener en cuenta la habilitación de accesos suficientes para el acceso de la maquinaria, con inclinaciones no superiores a las recomendadas por el fabricante y contar con una superficie firme y estable para la ejecución de las perforaciones.

En la Figura 20 se representan las dimensiones de la perforadora:

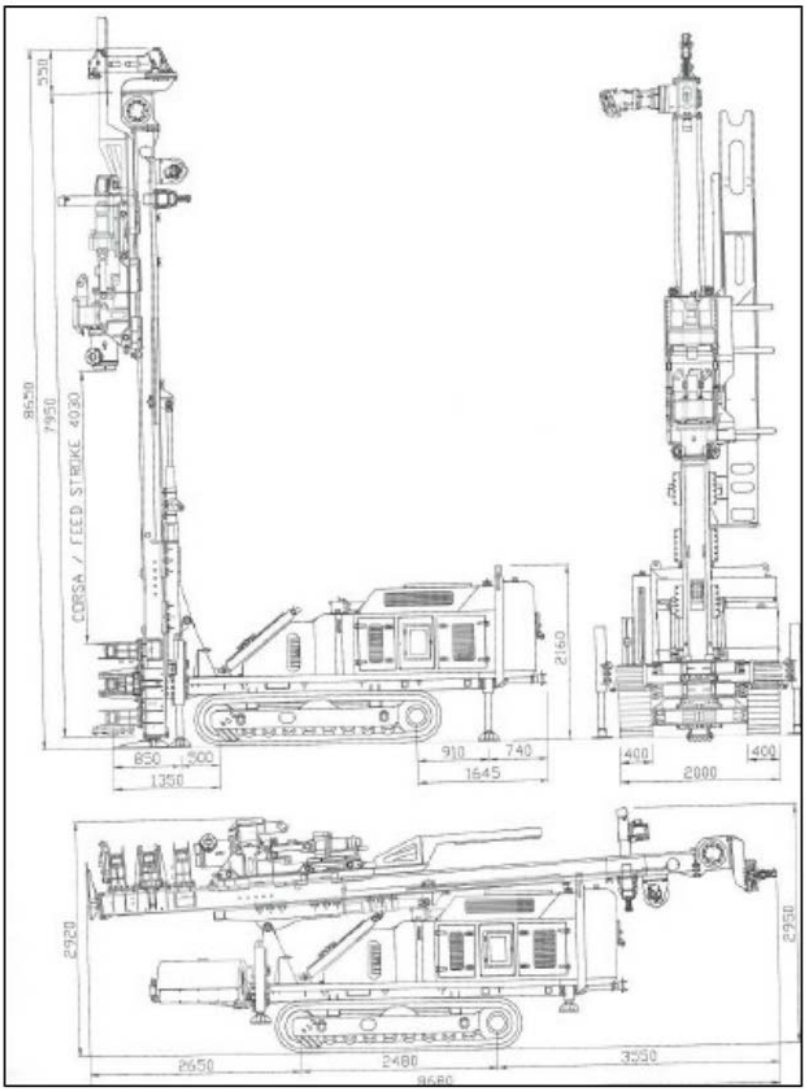


Figura 20. Dimensiones perforadora COMACCHIO MC900P. Fuente: comacchio.com [12]

c. Equipamiento de los sondeos

El relleno que se inyectará en el pozo será Energrout HD 2.1, o equivalente, y grava, que es un mortero especial para perforaciones geotérmicas, con una conductividad de 2,1 W/(m·K) en una dosificación de 1250 kg/m3 [13]. Se inyectará por un tubo específico que se introducirá con el resto de la sonda. Este tubo será de polietileno PE100, PN 10-16, SDR 9-11, DN 25.

El relleno se ejecutará una vez que se haya introducido el 100% de la sonda o colector térmico y se hayan realizado las pruebas de presión oportunas.

El volumen de escombro generado en un pozo, teniendo en cuenta un diámetro de perforación de 152/127 mm, una longitud de perforación de 153 m y una profundidad de encamisado estimada de 35 m, es:

$$Vol.detritus = \left[\left(\frac{\pi}{4} d_{sondeo\ encamisado}{}^{2} \cdot prof.sondeo\ encamisado\right) + \left(\frac{\pi}{4} d_{sondeo\ \sin camisa}{}^{2} \cdot prof.sondeo \sin camisa\right)\right] = \left[\left(\frac{\pi}{4}(0{,}152\ m)^2 \cdot 35\ m\right) + \left(\frac{\pi}{4}(0{,}127m)^2 \cdot 118\ m\right)\right] = 2{,}13\ m^3 \quad [1]$$

Por tanto, al ser 128 pozos, el volumen total será de 272,64 m^3.

Las sondas a introducir será de polietileno simple U tipo PE 100 RT PN16 SDR11 40 mm resistente a la temperatura (+70ºC) debido a las condiciones del fluido caloportador que trabajará contra pozos (impulsión a 35ºC) ya que no se descarta el tener que impulsar a más temperatura en caso de que la temperatura del terreno se vea incrementa respecto a la considerada en proyecto, así como todo el pequeño material como codos, manguitos, etc. necesarios para el circuito hidráulico del lado geotérmico. La sonda estará provista tanto de peso como de separadores para su correcta instalación.

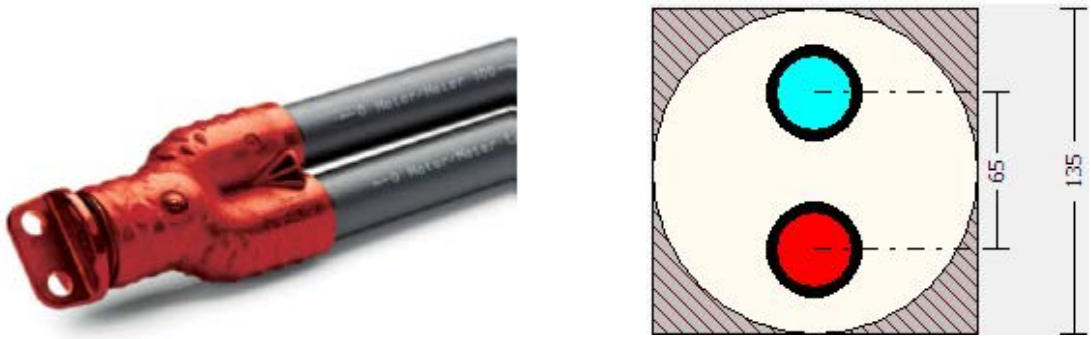


Figura 21. Imagen pie de sonda simple U PE100-RT, configuración esquemática de la sonda en el pozo. Fuente: ALB y EED

Las características técnicas de las sondas son las siguientes:

Tabla 19. Características técnicas sonda geotérmica simple U tipo PE 100 RT PN16 SDR11 40 mm.

Propiedades	Norma	PE-100 RT
Densidad	ISO 1183	0,94 g/cm^3
Presión de trabajo	-	PN16 (16 bar)
Diámetro exterior x espesor	-	40 x 3,7
Longitud	-	160 m
Relación de diámetros	-	SDR11
Radio mínimo de curvatura a 20°C	-	20 x dn
Módulo de elasticidad	ISO 527 1/2	850 MPa
Resistencia a la tracción	ISO 527 1/2	22 MPa
Alargamiento a la rotura	ISO 527 1/2	8%
Temperatura máxima	EN 638	≥760%
Temperatura mínima	ISO 179	Sin rotura
Conductividad térmica	DIN 52612	0,41 W/m·K
Rugosidad	Prandtl-Colebrook	0,01 mm

La instalación de la sonda y los elementos auxiliares y su ubicación en la instalación se muestran en la Figura 22. La unión entre todos los elementos se hará mediante electrofusión. Destacar de estos elementos el peso metálico para facilitar la introducción de la sonda, mangitos electrosoldables para la unión de la sonda con la tubería horizontal y los separadores de tubos para mantener la ida y el retorno de la sonda a la distancia óptima mostrada en la Figura 21.

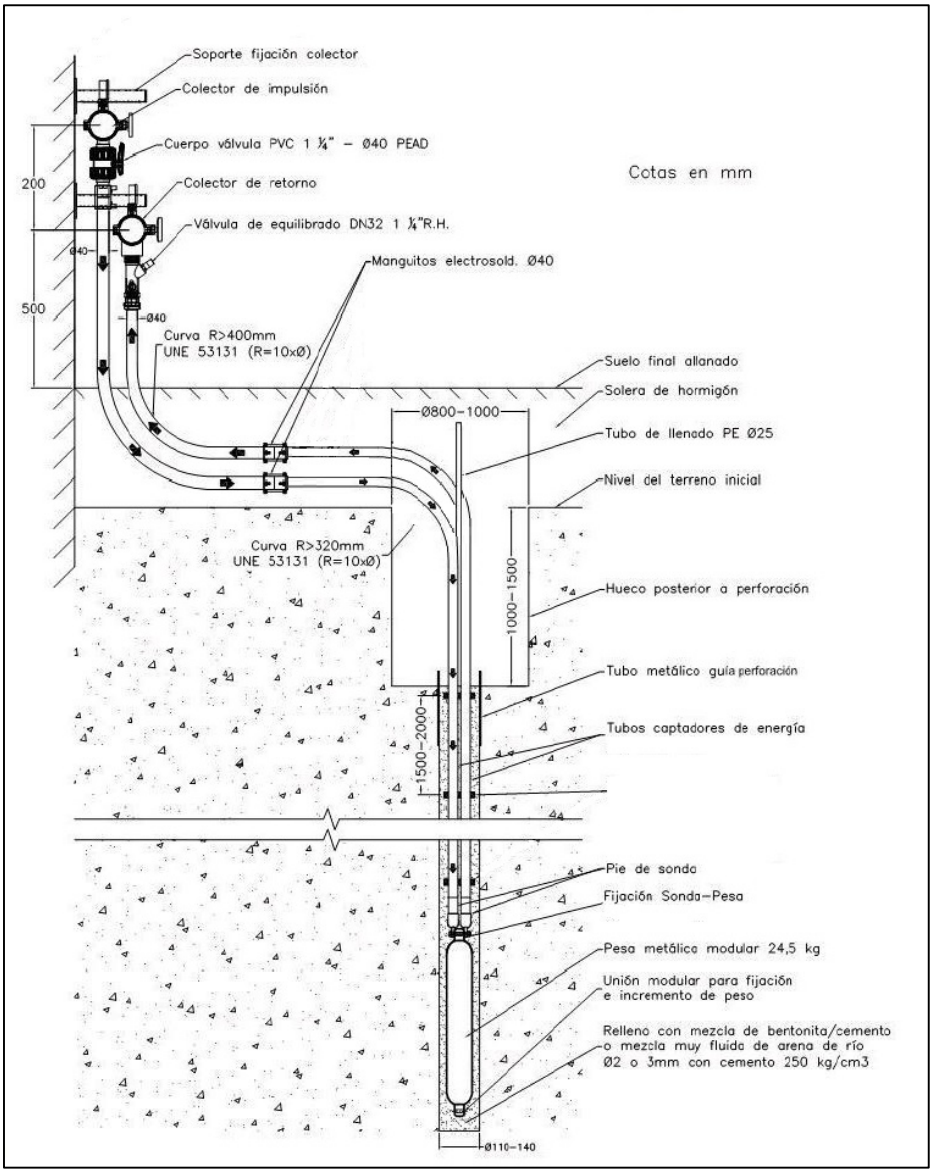


Figura 22. Esquema de elementos de una sonda geotérmica instalada.

d. Interconexión sondeo-colector

Para la ejecución de las zanjas por las que discurrirán los tramos horizontales, se realizará una primera retirada de la capa vegetal, siguiendo con la apertura de la zanja con una anchura de 150 mm. Los tubos del tramo horizontal se colocarán sobre un lecho de arena de arena y se cubrirán por completo, señalizando sobre esta su ubicación y terminando de rellenar la zanja con terreno de excavación. En el Plano 3 del ANEXO V se detalla la configuración de la zanjas del tramo horizontal, así como por donde discurrirán.

Desde las cabezas de los pozos se realizará la instalación de la canalización horizontal de los 128 pozos en tuberías de PE 100 RT PN16 SDR11 40 mm al igual que las sondas, hasta 2 arquetas colectoras para 24 sondas, 2 arquetas colectoras para 26 sondas y una arqueta colectora para 28 sondas, marca PESA WELL, modelo de arqueta PESA-GEO® 1225 HU – D 40. La unión entre arquetas y colectores con los tubos se hará mediante electrofusión.

Figura 23. Imagen de arqueta PESA-GEO® 1225 HE 180° 24 sondas [14].

Se tratan de arquetas premontadas enterrables, lo que ahorrará tiempo de ejecución, con conexión a sondas de 40 mm de diámetro de impulsión y retorno, de 140 mm de diámetro de colector y salida a bomba de calor de 110 mm de diámetro, incorporando toda la valvulería y caudalímetros necesarios.

A partir de las arquetas, el fluido se distribuirá mediante tuberías PE 100 RT PN16 SDR11 110 mm hasta el colector de sala técnica, marca PESA WELL, PE 100 RT PN16 SDR11, fabricado con 5 entradas DN 110, cuerpo DN 300, conectado con un colector de distribución a bombas de calor de 3 salidas DN 200, incorporando toda la valvulería y caudalímetros necesarios.

Según medición en Plano 3 del ANEXO V, resultan las siguientes longitudes de sondas y tramo horizontal:

- Sonda simple-U PE 100 RT PN16 SDR11 40 mm: 19.986 m medidos
- Tramo horizontal PE 100 RT PN16 SDR11 40 mm: 51.040 m medidos
- Tramo horizontal PE 100 RT PN16 SDR11 110 mm: 987 m medidos
- Tramo sala técnica PE 100 RT PN16 SDR11 200 mm: 30 m

A continuación, se calcula el volumen de fluido caloportador necesario:

Tabla 20. Cálculo del volumen de fluido caloportador y glicol del campo de captación geotérmico.

	Diámetro exterior (m)	Diámetro interior (m)	Sección (m^2)	Tubos	Longitud (m)	Volumen fluido (m^3)	Volumen (L)	Volumen glicol (L)
Sondas	0,040	0,036	0,0010	2	19986	41,5	41512,64	10378,16
Horizontal 40 mm	0,040	0,036	0,0010	1	51040	53,0	53007,24	13251,81
Horizontal 110 mm	0,110	0,100	0,0079	1	987	7,8	7751,88	1937,97
Horizontal 200 mm	0,200	0,182	0,0260	1	30	0,8	778,91	194,73
					TOTAL	103,1	103050,67	25762,67

SDR: 11
Glicol: 25%

Para el campo de captación se necesitará un total de 25.762,67 litros de propilenglicol.

e. Pruebas y puesta en marcha

Las pruebas a realizar para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación, según la norma UNE 100715-1:2014 son las siguientes:

- Una vez introducidas las sondas en las perforaciones, se debe realizar un enjuagado del intercambiador con agua limpia para eliminar posibles partículas de suciedad en su interior.
- Se debe realizar una prueba de caudal para comprobar que no hay ningún tipo de obstrucción en su interior, a caudal constante y midiendo la pérdida de carga en el circuito y comprobando con el caudal teórico. No debe superarse una desviación de ±15% del valor teórico.
- Antes de introducir el relleno, se debe realizar una prueba de presión sometiendo al intercambiador a 6 bar durante 30 min comprobando que la presión no disminuye en más de 1 bar. Si esto sucediera, se debe volver a izar la sonda y reemplazar por otra.
- Una vez cementado el sondeo se debe realizar una prueba de presión según la Norma UNE-EN 805.
- Las tuberías y uniones realizadas deben someterse a una prueba hidráulica antes del cierre de las zanjas. Esta prueba debe realizarse transcurrido como mínimo 2 h desde la última soldadura efectuada.
    - Prueba preliminar: circulación a baja presión (1,5-2 bar). Para detección de defectos de continuidad y verificación de la estanqueidad de uniones. Se debe asegurar una velocidad mínima de 0,6 m/s con el fin de expulsar el posible aire atrapado.
    - Prueba de estanqueidad: presurización del circuito hasta 1,5 x Presión de servicio. No menos de 4 bar, normalmente 6 bar. Inspección visual de la red para detección de cualquier anomalía.

Duración no menor a 30 min. En caso de descensos de presión superiores al 15%, revisar, reparar y rehacer el circuito y repetir el ensayo.

- Comprobación de los caudales del circuito y pérdidas de carga corresponden a las especificaciones de diseño.
- Llenado de la instalación: el llenado debe realizarse con la mezcla del fluido caloportador (agua + propilenglicol) ya hecha en el exterior. El llenado del intercambiador se debe realizar sondeo a sondeo, y realizar una recirculación durante el tiempo necesario. A continuación se procede al llenado del resto de elementos del circuito, recirculando durante el tiempo preciso, hasta que todo el circuito quede perfectamente homogeneizado. Se debe comprobar el grado de protección anti hielo durante todo el llenado.
- Se debe efectuar una comprobación en el circuito frigorífico de la bomba de calor cuando esta se encuentre en funcionamiento y a plena carga, verificando las presiones de alta y baja del sistema así como las temperaturas en cada una de las partes principales del ciclo. Se debe verificar que las lecturas de temperatura y los saltos térmicos se encentren dentro de los valores permitidos por el fabricante.

3.2. Esquema de principio general y sistema de distribución

El sistema de producción de frío industrial consta de tres bombas de calor agua-agua que trabajarán contra el intercambiador geotérmico y dos bombas de calor aire-agua. Con la hibridación del sistema geotérmico junto con las enfriadoras se conseguirá asegurar las temperaturas necesarias con la mayor eficiencia energética, permitiendo un “sistema redundante de seguridad de funcionamiento”. De esta manera, los equipos son parcialmente redundantes, de forma que ante fallo o avería de uno de ellos, la instalación no queda parada, siempre permanecerá en funcionamiento con una potencia frigorífica mínima del 80% del total.

Esta solución permite un elevado ahorro económico frente a la inversión, teniendo en cuenta la versatilidad de un único sistema, redundante y tres rangos de funcionamiento de temperaturas.

Las necesidades de frío en la instalación son de 1 ^{o}C y 10 ^{o}C, para lo que se necesitará una impulsión de -9 ^{o}C y 0 ^{o}C según los equipos terminales seleccionados.

En el circuito primario de producción se utilizará como fluido caloportador agua mezclada con un 35% de propilenglicol para poder trabajar en las condiciones necesarias de proyecto. Las propiedades del propilenglicol son las siguientes:

Tabla 21. Propiedades del propilenglicol. [15]

Formula	C3H8O2
Peso molecular	76,10 g/mol
Nº CE	200:338:0
Aspecto	Líquido
Color	Incoloro
Olor	Característico
pH	6-8 (100 g/L H2O, 20ºC)
Punto de ebullición	188ºC
Punto de ignición	371ºC
Punto de fusión	-59ºC
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log P(o/w): -0,92
Presión de vapor (20ºC)	0,11 hPa

Tabla 22. Información toxicológica y ambiental

Toxicidad	aguda
DL50 (oral, rata)	19.400-36.000 mg/kg
DL50 (dermal, conejo)	20.800 mg/kg
Toxicidad	de subaguda a crónica
Actividad carcinogénica	No cancerígeno en experimentos con animales
Actividad mutagénica	No mutágeno en experimento con animales
Actividad teratógena	No teratógeno en experimento con animales
Información adicional	
Tras contacto con la piel	Leves irritaciones

Toxicidad peces	P.promelas CL50:54.900 mg/l, Onchorhynchus mykiss
CL50	51.600 mg/l/96h
Toxicidad de dafnia	Daphnia magna CE50: 34.400 mg/l/48h
Toxicidad para las bacterias	Photobacterium phosphoreum CE50: 26.800 mg/l/30 min
Toxicidad para las algas	Selenastrum capricornutum Cl50: 19.000 mg/l/96 h
Movilidad	log P(o/w): -0,92
Potencial de bioacumulación	Poco probable (log P (o/w) < 1)
Clasificación CE: Este producto no está incluido en el índice de sustancias peligrosas, por lo que ha sido clasificado siguiendo el anexo VI de la directiva 2001/59/CE.	

La producción se hará a -9 ºC con un salto de 5 ºC, retornando a -4 ºC. El circuito primario trabajará contra dos depósitos de inercia de 2.500 litros, siguiendo con el criterio de 6-7 litros de acumulación por kW instalado, y un intercambiador de calor de placas, conectado a un segundo depósito de inercia que acumulará agua a 0 ºC. En el circuito secundario comprenderá desde los depósitos hasta los equipos terminales. En el circuito que dará servicio a las cámaras a 1 ºC, siendo su impulsión a -9 ºC, se seguirá con la mezcla del 35% de propilenglicol, mientras que para las cámaras a 10 ºC con impulsión a 0 ºC, se utilizará un 25% de mezcla de propilenglicol.

Los tanto los equipos de bombeo como los depósitos de inercia serán redundantes para asegurar el funcionamiento de la instalación ante fallos o mantenimiento.

El esquema de principio de la instalación se presenta en el Plano 4 del ANEXO V. A continuación, se procede a la descripción de los elementos que lo conforman.

Los elementos del circuito primario son los siguientes:

- A la entrada y salida de las bombas de calor se colocarán los siguientes dispositivos de control y medida: conexión antivibratoria, termómetro, manómetro, interruptor de flujo, sonda de datos, válvula de mariposa, separador de microburbujas y contador de energía.
- 5 grupos de bombeo redundantes en retorno de los equipos de producción (B1, B2, B3, B4, y B5) recirculando el fluido de retorno e impulsión a los depósitos de inercia DI-1 y DI-2.
- Desde los depósitos DI-1 y DI-2 se distribuirá mediante una válvula de tres vías hacia el colector de distribución de -9ºC y hacia el intercambiador de calor de placas del circuito del circuito de 0ºC. La impulsión al intercambiador se realizará median el grupo de bombeo B6.
- Todos los grupos de bombeo irán equipados con la instrumentación de control y medida pertinente.

Los elementos del circuito secundario son los siguientes:

- Se realizará la impulsión hacia los circuitos de distribución de -9ºC mediante 3 grupos de bombeo (B7, B8 y B9). A la salida de estos se colocará un termostato.
- Se realizará la impulsión hacia los circuitos de distribución de 0ºC mediante 2 grupos de bombeo (B10 y B11). A la salida de estos se colocará un termostato.

Los elementos del circuito secundario son los siguientes:

- 3 grupos de bombeo al retorno de cada equipo de producción grupos de bombeo redundantes en retorno de los equipos de producción (B12, B13 y B14) recirculando el fluido de retorno e impulsión a al campo de captación geotérmico.

Para los equipos terminales se han seleccionado 2 tipos unidades enfriadoras de tipo cúbico industrial marca INTARCON diseñados para trabajar con agua glicolada. La primera es el modelo MKH-NH-2350 con las siguientes características[16]:

- Alimentación 400V-III-50Hz.
- Desescarche por resistencias eléctricas imbricadas en batería y en bandeja de condensados:
- 15x1000 W.
- Potencia frigorífica (T cámara: 10 °C, 85% HR, T entrada/salida PG 25%: 0/5 °C): 50400 W.
- Potencia frigorífica (T cámara: 1 °C, 85% HR, T entrada/salida PG 35%: -9/-4 °C): 32400 W.
- Paso de aleta: 5 mm.
- Caudal de aire: 18300 m3/h.
- Caudal de agua: 6,7 m3/h.
- Potencia absorbida por los ventiladores: 1950 W.
- Conexiones hidráulicas para roscar: 2 1/2''.
- Dimensiones (largo x ancho x alto): 2680x602x940 mm.
- Peso: 214 kg.
- Cuadro de control y potencia en armario de chapa de acero galvanizado pintado en blanco con llave, equipado con microprocesador electrónico con display digital, con protección diferencial general y protección magnetotérmica de resistencias y ventiladores. Potencia de desescarche de hasta 15 kW.
-

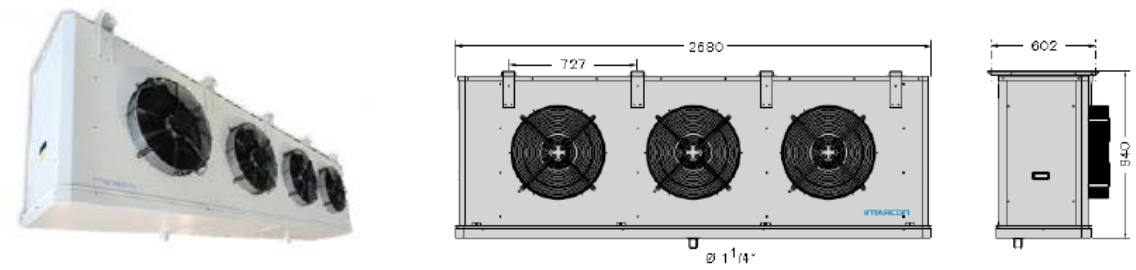


Figura 24. Imagen y dimensiones enfriadora INTARCON MKH-NH-2350. [16]

La segunda es el modelo AKD-NH-3350 con las siguientes características [17]:

- Alimentación 400V-III-50Hz.
- Desescarche por aire.
- Potencia frigorífica (T cámara: 10 °C, 85% HR, T entrada/salida PG 25%: 0/5 °C): 34700 W.
- Potencia frigorífica (T cámara: 1 °C, 85% HR, T entrada/salida PG 35%: -9/-4 °C): 22100 W.
- Paso de aleta: 4 mm.
- Caudal de aire: 13500 m3/h.
- Caudal de agua: 6,6 m3/h.
- Potencia absorbida por los ventiladores: 760 W.

- Conexiones hidráulicas para roscar: 2''.
- Dimensiones (largo x ancho x alto): 2465x1250x550mm.
- Peso: 260 kg.
- Cuadro de control y potencia en armario de chapa de acero galvanizado pintado en blanco con llave, equipado con microprocesador electrónico con display digital, con protección diferencial general y protección magnetotérmica de resistencias y ventiladores. Potencia de desescarche de hasta 18,75 kW.

Figura 25. Imagen y dimensiones enfriadora INTARCON AKD-NH-3350.[17]

A continuación, se muestra en la Tabla 23 las unidades necesarias por cada estancia refrigerada dentro de la nave y los caudales:

Tabla 23. Resumen unidades terminales y caudal necesario por cámara frigorífica.

Servicios de Frío	Tª	Potencia demandada (kW)	Unidad	Nº unidades	Potencia instalada (kW)	Caudal (m3/h)
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 1	1ºC	37,4	AKD-NH-3350	2	44,2	13,2
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 2	1ºC	37,4	AKD-NH-3350	2	44,2	13,2
Zona de paletizado	10ºC	63,3	AKD-NH-3350	2	69,4	13,2
Estanterías Dinámicas	1ºC	9,6	AKD-NH-3350	1	22,1	6,6
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación	1ºC	18,9	AKD-NH-3350	1	22,1	6,6
Cám. Prod. Frío Final Baja Rotación 1	1ºC	108,25	MKH-NH-2350	4	129,6	26,8
Cám. Prod. Frío Final Media Rotación	1ºC	109,45	MKH-NH-2350	4	129,6	26,8
Cám. Prod. Frío Final Baja Rotación 2	1ºC	109,6	MKH-NH-2350	4	129,6	26,8
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 3	1ºC	37,4	AKD-NH-3350	2	44,2	13,2
Cám. Prod. Frío Oblig. Alta Rotación 4	1ºC	37,4	AKD-NH-3350	2	44,2	13,2
Cám. Prod. Term. Media Rotación 1	1ºC	71,3	MKH-NH-2350	3	97,2	20,1
Cám. Prod. Term. Media Rotación 2	1ºC	71,3	MKH-NH-2350	3	97,2	20,1
Obrador 1	1ºC	44,3	MKH-NH-2350	2	64,8	13,4
Obrador 2	10ºC	44,3	MKH-NH-2350	1	50,4	6,7
Obrador 3	10ºC	44,3	MKH-NH-2350	1	50,4	6,7
Zona de expedición	10ºC	63,5	AKD-NH-3350	2	69,4	13,2
Zona de Recepción	10ºC	118,8	AKD-NH-3350	4	138,8	26,4

A partir de estos caudales se obtienen los caudales necesarios en los grupos de bombeo de distribución y la potencia necesaria en el intercambiador de placas para el circuito de 0/5ºC. El cálculo de la potencia del intercambiador de placas se desarrolla a continuación:

$$P = \dot{m} \cdot Cp \cdot \Delta T = (\rho \cdot Q) \cdot Cp \cdot \Delta T$$
$$= \left(1.052 \frac{kg}{m^3} \cdot 66{,}2 \frac{m^3}{h}\right) \cdot 3.795 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 5\ K \cdot \frac{1}{3600} \frac{h}{s} \cdot \frac{1}{1.000} \frac{kJ}{J} = 367\ kW \qquad [2]$$

Donde,

P: potencia de intercambiador (kW)

$\dot{m}$: caudal másico (kg/h)

Cp: calor específico (J/kg·K)

ΔT: diferencia de temperatura (K)

ρ: densidad fluido caloportador (kg/m^3)

Q: caudal volumétrico (m^3/h)

El intercambiador de placas a instalar debe tener una potencia de intercambio de 367 kW con caudales en primario y secundario que ronden los 66-67 m^3/h, valor de caudal obtenido a partir del programa de cálculo del fabricante SEDICAL, adjuntado el resultado en el ANEXO III.

Los caudales necesarios para cada circuito del sistema se reflejan en la Tabla 24:

Tabla 24. Grupos de bombeo y caudales de cada circuito hidráulico.

Bomba	Descripción	Tª Max. Fluido (ºC)	Tª Min. Fluido (ºC)	Q nominal (m3/h)
B1	Circuito BC-GEO1 a depósitos de inercia	-4	-9	62,30
B2	Circuito BC-GEO2 a depósitos de inercia	-4	-9	62,30
B3	Circuito BC-GEO3 a depósitos de inercia	-4	-9	62,30
B4	Circuito BC-AERO1 a depósitos de inercia	-4	-9	57,16
B5	Circuito BC-AERO2 a depósitos de inercia	-4	-9	57,16
B6	Circuito producción a intercambiador de placas	-4	-9	65,81
B7	Circuito de distribución a equipos terminales -9ºC	-4	-9	49,13
B8	Circuito de distribución a equipos terminales -9ºC	-4	-9	49,13
B9	Circuito de distribución a equipos terminales -9ºC	-4	-9	49,13
B10	Circuito de distribución a equipos terminales 0ºC	5	0	33,10
B11	Circuito de distribución a equipos terminales 0ºC	5	0	33,10
B12	Circuito pozos geotermia BC-GEO1	35	20	71,50
B13	Circuito pozos geotermia BC-GEO2	35	20	71,50
B14	Circuito pozos geotermia BC-GEO3	35	20	71,50

3.3. Control y funcionamiento del sistema

El sistema de control, a través de la medición de las temperaturas en cámaras, exterior, del terreno y de los depósitos de inercia, será el que decida qué tipo de sistema arrancar para producción y bombeo desde dichos depósitos.

Dependiendo de la carga de potencia necesaria, los equipos de producción arrancarán en cascada con las diferentes etapas de compresión de las máquinas, 6 para las bombas de calor geotérmicas y 8 para las bombas de calor aerotérmicas, lo que correspondería con una potencia disponible por compresor en la bomba de calor agua-agua de 49,13 kW y de 38,45 kW para la bomba de calor aire-agua en condiciones de 35ºC exteriores, por lo que la instalación de producción cuenta con un rango de potencia de 38,45 kW a los 1.499,54 kW nominales. Esta modularidad ayudará con la eficiencia de la instalación, ya que se podrá adaptar a la necesidad de potencia en cada momento aportando la mínima necesaria y, por tanto, con el menor consumo posible.

Los equipos de producción trabajarán siempre de cara a los depósitos de inercia, manteniendo siempre estos a las temperaturas de consigna de -9ºC y 0ºC. A partir de estos, las bombas de circulación serán las que actúen para cubrir la demanda de frío cuando sea solicitada en cada uno de los circuitos de distribución.

La conexión del circuito secundario de distribución de frío se conectará a los circuitos de cada local en paralelo, de tal manera que se pueda cerrar los circuitos que no demanden frío para evitar pérdidas por la circulación del fluido por sus unidades terminales, así como facilitar el mantenimiento de estos.

4. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

El presupuesto total de la instalación de producción híbrida de frío industrial para el centro logístico comprende únicamente la ejecución del campo de captación geotérmico y la instalación de la sala de producción, así como su tramitación y legalización según las tarifas RITE y puesta en marcha.

El presupuesto se divide en tres capítulos: por un lado, la ejecución del campo de captación geotérmico, incluyendo perforación, equipamiento de sondeos y tramo horizontal, transporte de material y maquinaria de perforación, ensayo TRT y dirección facultativa por parte de un ingeniero de minas colegiado; la ejecución de la sala técnica, incluyendo las bombas de calor, depósitos de inercia y la instalación incluyendo equipos de bombeo y pequeño material; y por último, la legalización y puesta en marcha de la instalación. A continuación se muestra el coste total de cada capítulo del presupuesto. El presupuesto detallado se adjunta en el ANEXO IV.

Tabla 25. Resumen presupuesto del proyecto.

CÓDIGO	CAPÍTULO	COSTE
001	Perforaciones	859.056,84 €
002	Sala técnica y sistema de distribución	961.978,64 €
003	Puesta en marcha y legalización	10.844,72 €
TOTAL		**1.831.880,20 €**

El presupuesto total del proyecto asciende a 1.831.880,20 €. Como se puede apreciar en la Figura 26, más de la mitad del coste del proyecto pertenece al campo de captación geotérmico (56%), siendo esto uno de los principales inconvenientes de las instalaciones geotérmicas comparado con otras alternativas como la aerotermia. Con la hibridación de ambas tecnologías se consigue reducir la parte más costosa de la geotermia.

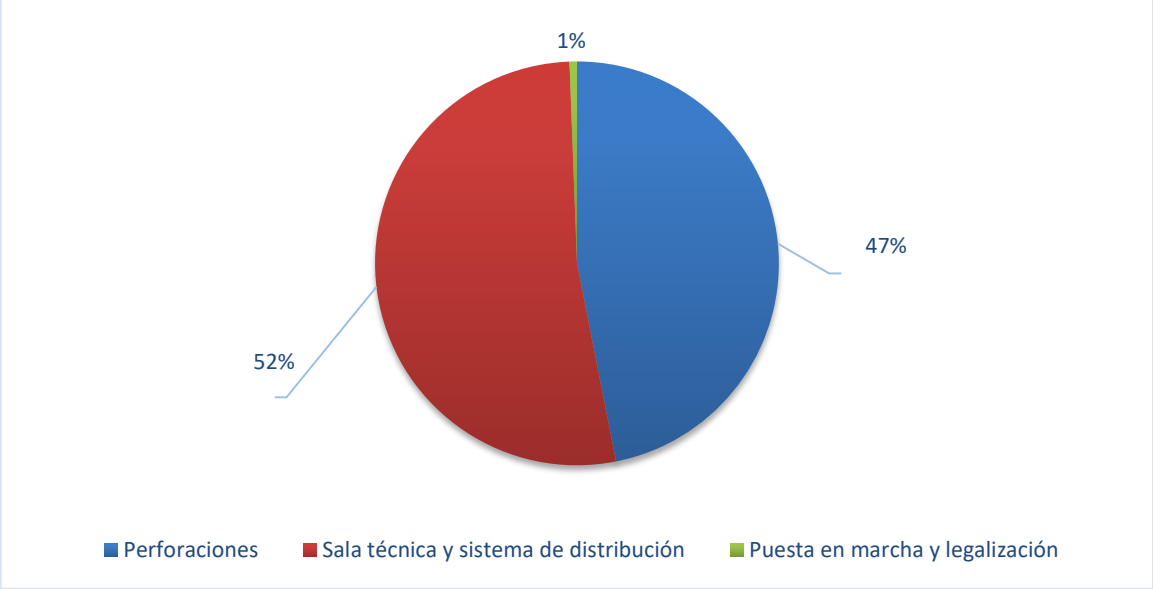


Figura 26. Gráfico porcentaje de costes del proyecto por capítulo.

Debido a los elevados costes de la implantación de sistemas térmicos renovables en la industria, en el marco del *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*, se emite el Real Decreto 1124/2021, de 21 de diciembre, se aprueba la concesión de ayudas para la ejecución de los programas de incentivos para la implantación de instalaciones de energías renovables térmicas. Estas ayudas provienen del *Fondo de Recuperación Next Generation.*

En concreto, para una instalación de geotermia para una empresa grande, estas ayudas podrían llegar a un coste subvencionable máximo del 35% de la instalación, 552.174,77 €, mejorando considerablemente la opción de implementar una instalación con mayor eficiencia energética que instalaciones con enfriadoras convencionales, así como el ahorro en emisiones de CO_2 que esto implica. El mix energético español emite 0,25 kg CO_2/kWh, publicado por la CNMC en fecha 16 de abril de 2021 [18].

Teniendo un coste de aproximadamente 86 € por tonelada de CO_2 emitida, la instalación de geotermia también no supone un ahorro respecto a una convencional por el menor consumo energético y, por ende, menores emisiones asociadas.

Para analizar la rentabilidad del proyecto presentado, se comparará con la alternativa convencional de la instalación de enfriadoras aire-agua para cubrir por completo la demanda. En el Cálculo Energético del ANEXO I se desarrolla el consumo energético de la instalación con solo aerotermia, aplicando los rendimientos de las bombas de calor utilizadas para la hibridación, resultando en un consumo de 865.243,90 kWh, frente a los 781.863,77 kWh del sistema híbrido.

Para este estudio, se ha partido de los datos presentados en la Tabla 26.

Tabla 26. Datos para el estudio de rentabilidad

	GEOTERMIA + AEROTERMIA	AEROTERMIA
Inversión inicial		
Coste Bomba de calor (€)	391.066,88	466.851,20
Coste Campo de Captación Geotérmico (€)	859.056,84	0,00
Coste de Instalación (€)	327.518,48	327.518,48
Años de reposición (BdC Geotermia/aerotermia)	20	10
TOTAL (€)	1.577.642,20	794.369,68
Coste de electricidad		
Precio (€/kWh)	0,22187	
Incremento anual (%)	2	
Datos de la instalación		
Consumo anual (kWh/año)	781.863,77	865.243,90
Coste energético (€/año)	173.472,11	191.971,66
Coste anual mantenimiento (€/año)	20.000,00	30.000,00
Incremento anual mantenimiento (%)	3	3
Coste máximo subvencionable geotermia (%)	35,00%	35,00%
Coste subvencionable (€)	552.174,77	278.029,39
Emisiones de CO2 asociadas (ton/año)	195,47	216,31
Coste asociado a emisiones CO2 (€/ton)	86,00	86,00
Coste CO2 (€/año)	16.810,07	18.602,74

Destacar de estos datos el coste de una instalación homóloga con solo aerotermia costaría la mitad que la instalación hibridada, a pesar del mayor coste de las máquinas, debido al campo de captación geotérmico, aunque este puede considerarse como una obra civil asociada al emplazamiento, debido a su durabilidad, pudiendo considerarse capital inmovilizado de la edificación, creando un valor añadido.

Se ha considerado un precio de electricidad el precio final medio anual de la demanda nacional del sistema eléctrico español para el año 2022 de 221,87 €/MWh [19] (valor obtenido con los valores medios disponibles de enero a mayo), con un incremento anual del 2%.

Se estima un coste de mantenimiento del sistema hibrido geotermia-aerotermia de 20.000 € y para el sistema solo aerotermia de 30.000 €. Esta diferencia de coste se debe principalmente al mayor mantenimiento que requieren las bombas de calor aire-agua al estar expuestas a intemperie, sustitución de piezas de desgaste como ventiladores, etc. Se estima un incremento anual del 3% del coste del mantenimiento y un periodo de sustitución de las bombas de calor geotérmicas de 20 años y de las bombas de calor aerotérmicas de 10 años.

Se ha aplicado para ambas instalaciones la ayuda del *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia* del 355% de la inversión total de la instalación, así como el coste asociado a las emisiones de CO_2 del consumo eléctrico de cada instalación.

El cálculo del Análisis de Rentabilidad se adjunta en el ANEXO I. Los resultados obtenidos en él son los presentados en la Figura 27:

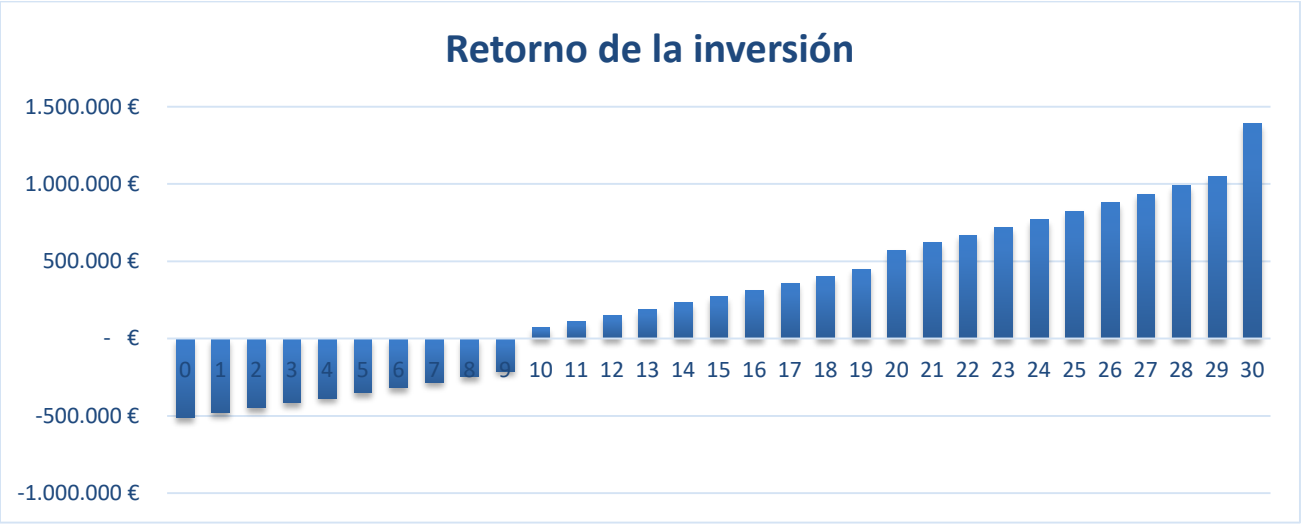


Figura 27. Retorno de la inversión

Como se comentó anteriormente, este estudio se basa en la comparativa con un sistema convencional de frío industrial mediante enfriadoras aire-agua. En la comparativa, se obtiene que con la instalación del sistema híbrido de proyecto, la inversión retorna positiva en el año 10. Esto se debe principalmente a tres factores: el primero y más determinante, el ahorro energético y emisiones de CO_2, obteniéndose un ahorro conjunto de 20.292,22 € en el primer año de operación; el coste de mantenimiento inferior en el caso de sistemas geotérmicos, estimando un ahorro anual en el primer año de 10.000€; y la sustitución de las máquinas aerotérmicas en el año 10, necesitando un desembolso de aproximadamente 466.851 € en el caso de la instalación convencional y 186.740 € en el caso de la instalación híbrida, siendo estos precios actuales, por lo que se espera que con el aumento de precios estos valores en el futuro sean superiores. En la Figura 28 se representa el OPEX de ambas instalaciones en el año uno de operación.

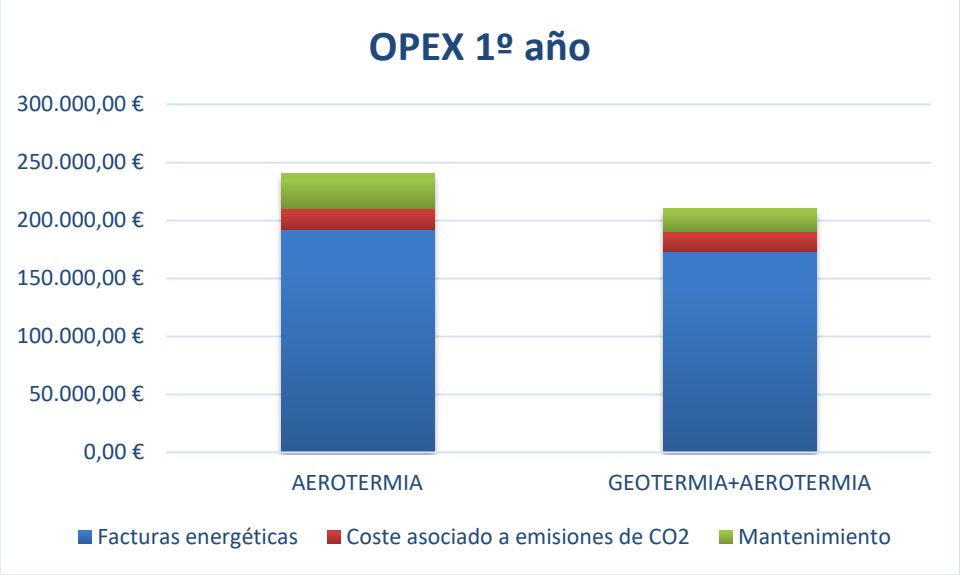


Figura 28. Comparativa OPEX aerotermia vs. Hibridación geotermia y aerotermia.

El siguiente punto de inflexión viene dado con la sustitución de las máquinas geotérmicas y aerotérmicas en el año 20 y 10 respectivamente, aunque el ahorro acumulado es capaz de amortiguar estas nuevas inversiones por lo que la inversión sigue quedando en positivo.

Con esto, la TIR obtenida es del 9,5% calculada en el Análisis de Rentabilidad del ANEXO I, pudiendo considerar rentable la inversión, aunque para algunos inversores puede ser poco atractivo para su desarrollo, ya que la inversión no se recupera hasta el año 10 de su instalación, siendo un valor habitual para instalaciones de energías renovables de en torno a 5 años. También hay que tener en cuenta la vida útil de la instalación geotérmica, estimada alrededor de los 100 años, y la incipiente necesidad del ahorro energético y la implementación de energías renovables en el sector industrial, puede ser aliciente suficiente para su implementación.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se han llegado desarrollando este trabajo en base a los cálculos realizados, las simulaciones y los resultados económicos obtenidos se presentan a continuación:

- El desarrollo de instalaciones intensivas con un alto número de horas de producción con sistemas geotérmicos sin balance térmico en el campo de captación geotérmico desembocan en la saturación térmica del terreno, por lo que para su viabilidad técnica es necesario un gran espaciado de las sondas geotérmicas para mitigar esta saturación lo máximo posible. En el caso concreto de este proyecto una solución para esta problemática habría sido el aprovechamiento del calor residual para otro tipo de procesos, bien aprovechados en el emplazamiento objeto del proyecto u otra instalación adyacente.

- Al ser la necesidad de la instalación de frío, lo ideal es realizar perforaciones lo menos profundas posibles (entre 50-100 m), de manera que el propio gradiente geotérmico no influya negativamente en el desempeño del campo de captación geotérmico. En el caso concreto del proyecto, debido a la gran cantidad de superficie de intercambio necesaria para la instalación, se tomó la decisión de profundizar más, de tal manera de que no influyera negativamente en el apartado económico y de superficie afectada al necesitar un mayor número de perforaciones.

- El cálculo de la energía demandada y consumida por la instalación se encuentra sobredimensionada al ser un cálculo teórico desarrollado a partir de la repetición horaria de cada temperatura y la potencia que se demanda, por lo que, en el caso de una instalación real, el consumo podrá ser menor al calculado en este proyecto. Esto se debe a la inercia que tendría la instalación, por lo que la potencia necesaria para mantener las condiciones deseadas dentro del centro logístico siempre será menor a las calculadas, además de la propia regulación de las bombas de calor por la tecnología invertir.

- La solución ideal para este tipo de sistemas donde la geotermia tiene limitaciones en espacio para perforar, económicas o de saturación de terreno es la hibridación con otras tecnologías como la aerotermia como apoyo. La hibridación con aerotermia ayuda a reducir las perforaciones necesarias tanto por reducir la potencia geotérmica pico como por tener la posibilidad de dejar descansar al terreno y recuperar las condiciones óptimas de operación para no perder rendimiento en el sistema. A cambio, la instalación será más compleja, se necesitará de un mantenimiento más exhaustivo asociado a las bombas de calor aerotérmicas y se consumirá más energía asociada al menor rendimiento en condiciones ambientales extremas de las bombas de calor aerotérmicas, los sistemas

de desescarchado en época invernal, el mayor número de equipos auxiliares que consumen energía, como equipos de bombeo, etc.

- Además del apartado económico, para este caso concreto de aportación de frío durante todo el año habrá épocas donde las condiciones ambientales sean más favorables que en el terreno, sobre todo en época invernal donde, como se ha demostrado en el proyecto, las bombas de calor aerotérmicas pueden tener rendimientos superiores a las geotérmicas, por lo que en términos de eficiencia, estos sistemas consumirán menos energía que los sistemas geotérmicos, haciendo que una instalación hibrida sea capaz de consumir menos energía que una instalación solo geotermia o solo aerotermia, aprovechando las épocas donde cada sistema es más eficiente.

- Económicamente, el principal incentivo para la instalación de este tipo de sistemas es el ahorro energético respecto a instalaciones convencionales, aunque su amortización ronda los 10 años. Para este tipo de aplicaciones donde el rendimiento energético no es muy superior debido a saturación del terreno y los buenos rendimientos que alcanza la aerotermia en época invernal, para algunos inversores puede no ser suficiente, ya que normalmente se estiman periodos de retorno de 5 años para considerar una buena inversión, pero hay que tener en cuenta que el capital del campo de captación geotérmico es inmovilizado y con una vida útil estimada de 100 años, por lo que se podría considerar un elemento más del edificio, revalorizándolo, y la incipiente necesidad de ahorro energético y la implementación de energías renovables en el sector industrial, puede ser aliciente suficiente para su implementación. También hay que tener en cuenta las políticas que se están aplicando en la Unión Europea en materia de eficiencia energética, por lo que invertir en este tipo de tecnologías ahora tiene la ventaja de cuantiosas ayudas subvencionadas por la Unión, así como ventajas fiscales y la incertidumbre generada en los precios de la energía por la crisis energética que se está viviendo, donde apostar por obtener el mínimo consumo energético posible siempre es un valor seguro.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] «Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible». https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/ (accedido oct. 11, 2022).

[2] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), «Guía técnica de diseño de sistemas intercambio geotérmico de circuito cerrado».

[3] «Sistema de calefacción de Invernaderos para Plantas Madres del Proyecto Vivero Horcones - GEOTER | Geotermia en Madrid, energía geotérmica España». https://geoter.es/sistema-de-calefaccion-de-invernaderos-para-plantas-madres-del-proyecto-vivero-horcones (accedido oct. 11, 2022).

[4] «Enfriamiento geotérmico de sistemas de hidrólisis para producción de hidrógeno y pilas de combustible - GEOTER | Geotermia en Madrid, energía geotérmica España». https://geoter.es/enfriamiento-geotermico (accedido oct. 11, 2022).

[5] «Balance-Energetico-Espana-1990_2020_es».

[6] «El clima en Valladolid, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark». https://es.weatherspark.com/y/35791/Clima-promedio-en-Valladolid-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o (accedido oct. 03, 2022).

[7] Instituto Geológico y Minero de España y J. L. Muñoz del Real, *Cuéllar mapa geológico de España E. 1:50.000*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria, 2007.

[8] Grundlagen, «Thermische Nutzung des Untergrundes Thermal use of the underground Fundamentals, approvals, environmental aspects VDI 4640 Blatt 1 / Part 1 VDI-Gesellschaft Energietechnik Fachausschuss Regenerative Energien (FA-RE) VDI-RICHTLINIEN», 2000.

[9] L. Mesquita, D. Mcclenahan, J. Thornton, J. Carriere, y B. Wong, «Drake Landing Solar Community: 10 Years of Operation», 2017, doi: 10.18086/swc.2017.06.09.

[10] Instituto Geológico y Minero de España, «Manual de perforación y voladura de rocas», 1994.

[11] T. y Comercio. España. Ministerio de Industria, *Reglamento general de normas básicas de seguridad minera e I.T.C : separata 5ª 06-09 del SIM*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Centro de Publicaciones, 2009.

[12] «Crawler Mounted Drill Rigs | COMACCHIO». https://www.comacchio.com/en/products/geotechnics-and-exploration/geotechnics/crawler-mounted-drill-rigs/geo-900-864959694.html (accedido sep. 07, 2022).

[13] «Energrout HD 2.1 Mortero de inyección de alta conductividad térmica para aplicaciones de Geotermia». [En línea]. Available: www.holcim.es

[14] PESA-WELL, «Arqueta PESA-GEO 2000H Conexiones a sondas D40».

[15] TYFO, «TYFOCOR ® L-eco ® Información Técnica».

[16] «Calculadora frigorífica evap».

[17] INTARCON, «Ficha técnica enfriadora INTARCON AKD-NH-3350».

[18] «Factores de conversión para el cálculo de consumos y emisiones de CO2».

[19] «Precio final anual de la demanda nacional | OMIE». https://www.omie.es/es/market-results/annual/average-final-prices/spanish-demand?scope=annual&year=2022 (accedido oct. 09, 2022).

ANEXO I. HOJAS DE CÁLCULO

- Cálculo energético

Temperatura (ºC)	Frecuencia (h)												Pot. Instalada (kW)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	Potencia demandad (kW)
-5												2	2	0
-4		4			1							20	25	0
-3		30	5	5	1							27	68	0
-2		54	21	11	4					1		44	135	0
-1		106	21	11	5					5	1	21	170	0
0		77	22	21	12					3	4	31	170	0
1		73	31	30	27					10	22	52	245	21,927
2		61	36	43	35					8	18	58	259	43,854
3		54	41	57	48					9	15	89	313	65,781
4		60	56	49	51					8	22	48	294	87,708
5		48	53	47	64	1				14	52	45	324	109,635
6		42	44	43	50	6				32	44	65	326	131,562
7		39	55	42	49	8			9	46	70	52	370	153,489
8		44	63	43	49	24	3		10	48	64	46	394	175,416
9		29	42	39	41	36	9	1	23	57	61	47	385	197,343
10		14	43	40	49	36	15	2	39	52	47	31	368	219,27
11		5	33	32	51	52	22	6	36	52	68	30	387	241,197
12	4		25	38	36	53	21	14	46	50	53	30	370	263,124
13			22	18	31	41	27	17	44	48	57	6	311	285,051
14			30	25	23	60	34	23	45	49	44		337	306,978
15			20	28	21	52	41	10	29	47	39	30	317	328,905
16			8	21	24	52	52	18	32	59	41	16	323	350,832
17			1	18	12	34	52	28	46	35	29	12	267	372,759
18				17	12	38	48	36	31	33	28	8	251	394,686
19				20	11	26	45	44	41	42	31	12	272	416,613
20				23	6	27	30	47	34	42	19		228	438,54
21				14	5	30	31	48	40	26	19		213	460,467
22				9	2	28	22	41	30	38	18		188	482,394
23				2		17	25	33	44	43	9		173	504,321
24						27	28	33	29	27	7		151	526,248
25						22	25	37	37	39	9		169	548,175
26						20	27	30	40	17	3		137	570,102
27						22	31	36	49	26			164	592,029
28						20	24	34	41	2			121	613,956
29						9	30	39	30	2			110	635,883
30						3	32	47	22				104	657,81
31							19	42	25				86	679,737
32							8	44	19				71	701,664
33							7	40	16				63	723,591
34							4	25	4				33	745,518
35							8	14					22	767,445
36								13					13	789,372
37								1					1	811,299

Alternativa 1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Energía térmica (kWh)	48.634,09	98.452,23	142.591,28	130.991,90	270.184,49	323.774,08	41.420,30	345.854,57	276.674,89	202.780,90	148.204,59	76.196,33	2.478.759,64
%	0,020	0,040	0,058	0,053	0,109	0,131	0,167	0,140	0,112	0,082	0,060	0,031	
Alternativa 4	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Energía a cubrir con geotermia (kWh)	0,00	0,00	21.883,15	5.898,36	118.405,80	200.412,78	360.611,44	260.953,23	133.579,28	40.630,73	0,00	0,00	1.142.374,77
Energía a cubrir con aerotermia (kWh)	48.634,09	98.452,23	120.708,14	125.093,54	151.778,69	123.361,30	53.808,86	84.901,34	143.095,60	162.150,17	148.204,59	76.196,33	1.336.384,87
Alternativa 2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Energía a cubrir con geotermia base 60% (kWh)	48.634,09	98.452,23	142.591,28	130.991,90	250.209,00	236.197,64	209.008,16	242.249,50	274.175,21	202.780,90	148.204,59	76.196,33	2.059.690,82
Energía a cubrir con aerotermia (kWh)	0,00	0,00	0,00	0,00	19.975,50	87.576,44	205.412,14	103.605,08	2.499,68	0,00	0,00	0,00	419.068,82
Alternativa 3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Energía a cubrir con geotermia base 30% (kWh)	48.634,09	88.694,72	82.379,74	95.974,48	77.928,56	34.556,95	1.227,91	17.673,16	63.369,03	100.162,54	120.094,18	76.196,33	806.891,67
Energía a cubrir con aerotermia (kWh)	0,00	9.757,52	60.211,54	35.017,42	192.255,94	289.217,13	413.192,39	328.181,41	213.305,86	102.618,36	28.110,41	0,00	1.671.867,97

Energía térmica (kWh)	% carga geotermia	% carga aerotermia	Rendimiento	Potencia Elec. (kW)	Consumo Electrico (kWh)	Rendimiento geotermia	Consumo electrico geotermia (kWh)	Rendimiento Aerotermia	Consumo electrico aerotermia (kWh)
0,00	0%	0%	3,94	0,00	0,00	3,00	0,00	4,42	0,00
0,00	0%	0%	3,93	0,00	0,00	3,00	0,00	4,37	0,00
0,00	0%	0%	3,91	0,00	0,00	3,00	0,00	4,32	0,00
0,00	0%	0%	3,89	0,00	0,00	3,00	0,00	4,28	0,00
0,00	0%	0%	3,87	0,00	0,00	3,00	0,00	4,22	0,00
0,00	0%	0%	3,85	0,00	0,00	3,00	0,00	4,17	0,00
5.372,12	0%	4%	3,82	5,74	1.405,72	3,00	1.790,71	4,12	1.303,66
11.358,19	0%	7%	3,79	11,56	2.993,49	3,00	3.786,06	4,07	2.792,56
20.589,45	0%	11%	3,76	17,47	5.468,94	3,00	6.863,15	4,01	5.130,94
25.786,15	0%	14%	3,73	23,49	6.907,44	3,00	8.595,38	3,96	6.516,10
35.521,74	0%	18%	3,70	29,64	9.602,55	3,00	11.840,58	3,90	9.106,27
42.889,21	0%	21%	3,66	35,92	11.708,45	3,00	14.296,40	3,84	11.159,48
56.790,93	0%	25%	3,62	42,34	15.667,33	3,00	18.930,31	3,78	15.005,00
69.113,90	0%	29%	3,58	48,94	19.282,40	3,00	23.037,97	3,73	18.552,57
75.977,06	0%	32%	3,54	55,72	21.452,75	3,00	25.325,69	3,66	20.731,57
80.691,36	0%	36%	3,50	62,71	23.076,43	3,00	26.897,12	3,60	22.393,74
93.343,24	0%	39%	3,45	69,92	27.059,15	3,00	31.114,41	3,54	26.362,19
97.355,88	0%	43%	3,40	77,38	28.631,56	3,00	32.451,96	3,48	27.997,55
88.650,86	0%	46%	3,35	85,12	26.472,43	3,00	29.550,29	3,41	25.975,99
103.451,59	0%	50%	3,30	93,16	31.395,58	3,00	34.483,86	3,35	30.905,98
104.262,89	0%	53%	3,24	101,54	32.187,85	3,00	34.754,30	3,28	31.779,71
113.318,74	0%	57%	3,18	110,29	35.622,50	3,00	37.772,91	3,21	35.265,53
99.526,65	0%	61%	3,12	119,44	31.891,39	3,00	33.175,55	3,14	31.648,01
99.066,19	0%	64%	3,06	129,05	32.392,57	3,00	33.022,06	3,08	32.213,50
113.318,74	0%	68%	2,99	139,17	37.853,67	3,00	37.772,91	3,00	37.712,57
99.987,12	0%	71%	3,00	146,18	33.329,04	3,00	33.329,04	2,93	34.086,91
98.079,47	52%	0%	3,00	153,49	32.693,16	3,00	32.693,16	2,86	34.283,93
90.690,07	55%	0%	3,00	160,80	30.230,02	3,00	30.230,02	2,79	32.536,89
87.247,53	57%	0%	3,00	168,11	29.082,51	3,00	29.082,51	2,71	32.161,43
79.463,45	60%	0%	3,00	175,42	26.487,82	3,00	26.487,82	2,64	30.130,61
92.641,58	62%	0%	3,00	182,73	30.880,53	3,00	30.880,53	2,56	36.176,81
78.103,97	64%	0%	3,00	190,03	26.034,66	3,00	26.034,66	2,48	31.451,69
97.092,76	67%	0%	3,00	197,34	32.364,25	3,00	32.364,25	2,40	40.374,57
74.288,68	69%	0%	3,00	204,65	24.762,89	3,00	24.762,89	2,33	31.948,00
69.947,13	72%	0%	3,00	211,96	23.315,71	3,00	23.315,71	2,24	31.159,63
68.412,24	74%	0%	3,00	219,27	22.804,08	3,00	22.804,08	2,16	31.624,02
58.457,38	77%	0%	3,00	226,58	19.485,79	3,00	19.485,79	2,08	28.093,71
49.818,14	79%	0%	3,00	233,89	16.606,05	3,00	16.606,05	2,00	24.942,74
45.586,23	82%	0%	3,00	241,20	15.195,41	3,00	15.195,41	1,91	23.832,20
24.602,09	84%	0%	3,00	248,51	8.200,70	3,00	8.200,70	1,83	13.463,63
16.883,79	87%	0%	3,00	255,82	5.627,93	3,00	5.627,93	1,74	9.698,87
10.261,84	89%	0%	3,00	263,12	3.420,61	3,00	3.420,61	1,65	6.206,88
811,30	92%	0%	3,00	270,43	270,43	3,00	270,43	1,56	518,47
2.478.759,64					781.863,77		826.253,21		865.243,90

- Análisis de rentabilidad

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
AEROTERMIA																
Coste aerotermia	516.340 €	240.574 €	245.686 €	250.909 €	256.245 €	261.698 €	267.269 €	272.963 €	278.780 €	284.725 €	757.650 €	297.007 €	303.350 €	309.832 €	316.456 €	323.226 €
Inversión instalaciones	794.370 €															
Subvención	- 278.029 €															
Reposición instalación		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	466.851 €	- €	- €	- €	- €	- €
Facturas energéticas		191.972 €	195.811 €	199.727 €	203.722 €	207.796 €	211.952 €	216.191 €	220.515 €	224.925 €	229.424 €	234.012 €	238.693 €	243.466 €	248.336 €	253.303 €
Coste asociado a emisiones de CO2		18.603 €	18.975 €	19.354 €	19.741 €	20.136 €	20.539 €	20.950 €	21.369 €	21.796 €	22.232 €	22.677 €	23.130 €	23.593 €	24.065 €	24.546 €
Mantenimiento		30.000 €	30.900 €	31.827 €	32.782 €	33.765 €	34.778 €	35.822 €	36.896 €	38.003 €	39.143 €	40.317 €	41.527 €	42.773 €	44.056 €	45.378 €
GEOTERMIA+AEROTERMIA																
Coste Geotermia	1.025.467 €	210.282 €	214.688 €	219.188 €	223.784 €	228.478 €	233.272 €	238.170 €	243.172 €	248.281 €	440.241 €	258.831 €	264.277 €	269.839 €	275.521 €	281.325 €
Inversión instalaciones	1.577.642 €															
Subvención	- 552.175 €															
Reposición instalación		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	186.740 €	- €	- €	- €	- €	- €
Facturas energéticas		173.472 €	176.942 €	180.480 €	184.090 €	187.772 €	191.527 €	195.358 €	199.265 €	203.250 €	207.315 €	211.462 €	215.691 €	220.005 €	224.405 €	228.893 €
Coste asociado a emisiones de CO2		16.810 €	17.146 €	17.489 €	17.839 €	18.196 €	18.560 €	18.931 €	19.309 €	19.696 €	20.090 €	20.491 €	20.901 €	21.319 €	21.746 €	22.181 €
Mantenimiento		20.000 €	20.600 €	21.218 €	21.855 €	22.510 €	23.185 €	23.881 €	24.597 €	25.335 €	26.095 €	26.878 €	27.685 €	28.515 €	29.371 €	30.252 €
Ahorro (anual)	- 509.127 €	30.292 €	30.998 €	31.721 €	32.462 €	33.220 €	33.997 €	34.793 €	35.608 €	36.443 €	317.410 €	38.175 €	39.073 €	39.993 €	40.935 €	41.901 €
Ahorro acumulado	- 509.127 €	- 478.835 €	- 447.837 €	- 416.116 €	- 383.654 €	- 350.434 €	- 316.437 €	- 281.644 €	- 246.036 €	- 209.593 €	107.817 €	145.992 €	185.065 €	225.058 €	265.994 €	307.895 €
Flujo de caja diferencial (anual)	- 509.127 €	30.292 €	30.998 €	31.721 €	32.462 €	33.220 €	33.997 €	34.793 €	35.608 €	36.443 €	317.410 €	38.175 €	39.073 €	39.993 €	40.935 €	41.901 €
Retorno de la inversión	- 509.127 €	- 478.835 €	- 447.837 €	- 416.116 €	- 383.654 €	- 350.434 €	- 316.437 €	- 281.644 €	- 246.036 €	- 209.593 €	71.373 €	109.549 €	148.622 €	188.615 €	229.550 €	271.451 €

TIR flujo de caja diferenci	**9,5%**
Valor residual	859.057

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
330.144 €	337.215 €	344.440 €	351.825 €	826.224 €	367.086 €	374.969 €	383.027 €	391.262 €	399.680 €	408.283 €	417.077 €	426.065 €	435.253 €	911.496 €
- €	- €	- €	- €	466.851 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	466.851 €
258.369 €	263.536 €	268.807 €	274.183 €	279.666 €	285.260 €	290.965 €	296.784 €	302.720 €	308.774 €	314.950 €	321.249 €	327.674 €	334.227 €	340.912 €
25.037 €	25.538 €	26.048 €	26.569 €	27.101 €	27.643 €	28.196 €	28.759 €	29.335 €	29.921 €	30.520 €	31.130 €	31.753 €	32.388 €	33.036 €
46.739 €	48.141 €	49.585 €	51.073 €	52.605 €	54.183 €	55.809 €	57.483 €	59.208 €	60.984 €	62.813 €	64.698 €	66.639 €	68.638 €	70.697 €
287.254 €	293.311 €	299.498 €	305.818 €	703.342 €	318.872 €	325.610 €	332.494 €	339.528 €	346.713 €	354.054 €	361.553 €	369.216 €	377.044 €	571.783 €
- €	- €	- €	- €	391.067 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	186.740 €
233.471 €	238.140 €	242.903 €	247.761 €	252.716 €	257.770 €	262.926 €	268.184 €	273.548 €	279.019 €	284.599 €	290.291 €	296.097 €	302.019 €	308.060 €
22.624 €	23.077 €	23.538 €	24.009 €	24.489 €	24.979 €	25.478 €	25.988 €	26.508 €	27.038 €	27.579 €	28.130 €	28.693 €	29.267 €	29.852 €
31.159 €	32.094 €	33.057 €	34.049 €	35.070 €	36.122 €	37.206 €	38.322 €	39.472 €	40.656 €	41.876 €	43.132 €	44.426 €	45.759 €	47.131 €
42.890 €	43.904 €	44.942 €	46.007 €	122.881 €	48.214 €	49.359 €	50.532 €	51.735 €	52.967 €	54.229 €	55.523 €	56.849 €	58.209 €	339.712 €
350.785 €	394.689 €	439.631 €	485.638 €	608.519 €	656.734 €	706.093 €	756.625 €	808.360 €	861.327 €	915.556 €	971.079 €	1.027.929 €	1.086.137 €	1.425.849 €
42.890 €	43.904 €	44.942 €	46.007 €	122.881 €	48.214 €	49.359 €	50.532 €	51.735 €	52.967 €	54.229 €	55.523 €	56.849 €	58.209 €	339.712 €
314.342 €	358.246 €	403.188 €	449.195 €	572.076 €	620.290 €	669.649 €	720.182 €	771.917 €	824.883 €	879.113 €	934.636 €	991.485 €	1.049.694 €	1.389.406 €

ANEXO II. RESULTADOS SIMULACIONES

- ALTERNATIVA 1:

Tabla 27. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 1.

DATOS RÁPIDOS OBTENIDOS	
Coste	-
Número de pozos	180
Profundidad del pozo	152,75 m
Longitud total del pozo	27.495,10 m

Tabla 28. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 1.

DATOS DE DISEÑO	
SUELO	
Conductividad térmica del suelo	2,000 W/(m·K)
Capacidad calórica del suelo	2,300 MJ/(m³·K)
Temperatura de la superficie del suelo	12,00 °C
Flujo de calor geotérmico	0,0600 W/m²
POZO	
Condiguración	600 ("180 : 10 x 18, rectangle")
Profundidad del pozo	152,75 m
Espaciado entre pozos	29,00 m
Instalación pozo	U-Simple
Diámetro pozo	135,00 mm
Diámetro Tubería-U	40,000 mm
Grosor Tubería-U	3,700 mm
Conductividad térmica tubería-U	0,420 W/(m·K)
Espaciado entre las varas de tubería-U	65,000 mm
Conductividad térmica del llenado	2,100 W/(m·K)
FLUIDO CALOPORTADOR	
Conductividad térmica	0,4800 W/(m·K)
Capacidad calorífica específica	3.795,000 J/(Kg·K)
Densidad	1.054,000 Kg/m³
Viscosidad	0,005200 Kg/(m·s)
Punto de congelación	-10,7 °C
Tasa de flujo por pozo	0,433 l/s

Tabla 29. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 1.

CARGA BASE		
Factor de rendimiento por estación (enfriamiento)	3	
Valores de energía mensual [MWh]		
Mes	Carga de frío	Carga de suelo
ENE	48,63	-64,845
FEB	98,45	-131,269
MAR	142,59	-190,121
ABR	130,99	-174,655
MAY	270,18	-360,245
JUN	323,77	-431,699
JUL	414,42	-552,56
AGO	345,85	-461,139
SEP	276,67	-368,899
OCT	202,78	-270,373
NOV	148,2	-197,605
DIC	76,2	-101,595
Total	2478,75	-3305,005

Tabla 30. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 1.

CARGA PICO		
Picos de potencia mensual [kW]		
Mes	Pico de frío	Duración [h]
ENE	131,50	8
FEB	153,50	8
MAR	350,83	8
ABR	370,70	8
MAY	416,60	8
JUN	526,30	8
JUL	701,60	8
AGO	701,60	8
SEP	504,30	8
OCT	394,70	8
NOV	285,00	8
DIC	153,50	8
Número de años de simulación	50	
Primer mes de operación	SEP	

Tabla 31. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 1.

VALORES CALCULADOS	
Longitud total del pozo	27495,10
RESISTENCIAS TÉRMICAS	
Resistencia térmica interior del pozo	0,3616 (m·K)/W
Número de Reynolds	3424
Resistencia térmica fluido/tubería	0,0124 (m·K)/W
Resistencia Térmica tubería/llenado	0,0775 (m·K)/W
Resistencia de contacto tubería/llenado	0,0000 (m·K)/W
Resistencia térmica fluido/suelo del pozo	0,0929 (m·K)/W
Resistencia térmica efectiva del pozo	0,1006 (m·K)/W

Tabla 32. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 1.

TASA DE ESTRACCIÓN DE CALOR ESPECÍFICO [W/m]			
Mes	Carga base	Pico de calor	Carga de suelo
ENE	-3,23	0	-6,38
FEB	-6,54	0	-7,44
MAR	-9,47	0	-17,01
ABR	-8,7	0	-17,98
MAY	-17,95	0	-20,2
JUN	-21,51	0	-25,52
JUL	-27,53	0	-34,02
AGO	-22,97	0	-34,02
SEP	-18,38	0	-24,46
OCT	-13,47	0	-19,14
NOV	-9,85	0	-13,82
DIC	-5,06	0	-7,44

Tabla 33.Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 1.

CARGA BASE: TEMPERATURAS MEDIAS DEL FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,29	16,13	17,35	18,38	24,17
FEB	14,29	17,31	18,43	19,47	25,25
MAR	14,29	18,48	19,53	20,57	26,34
ABR	14,29	18,29	19,3	20,33	26,1
MAY	14,29	21,86	22,83	23,85	29,61
JUN	14,29	23,51	24,44	25,44	31,2
JUL	14,29	26,08	26,96	27,96	33,7
AGO	14,29	24,71	25,54	26,53	32,26
SEP	21,28	23,07	23,87	24,86	30,58
OCT	19,92	21,18	21,95	22,95	28,66
NOV	18,7	19,69	20,44	21,44	27,15
DIC	16,91	17,73	18,47	19,47	25,17
CARGA BASE: AÑO 50					
Temperatura de fluido mínima media	24,17	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	33,7	al final de JUL			

Tabla 34.Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 1.

CARGA PICO DE FRIO: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,29	16,76	17,98	19,01	24,80
FEB	14,29	17,49	18,61	19,65	25,43
MAR	14,29	19,98	21,04	22,07	27,85
ABR	14,29	20,15	21,16	22,18	27,95
MAY	14,29	22,31	23,28	24,30	30,06
JUN	14,29	24,31	25,24	26,25	32,00
JUL	14,29	27,38	28,26	29,26	35,00
AGO	14,29	26,92	27,75	28,74	34,47
SEP	22,50	24,29	25,08	26,08	31,80
OCT	21,05	22,32	23,09	24,09	29,80
NOV	19,49	20,49	21,24	22,24	27,94
DIC	17,39	18,21	18,95	19,95	25,65
CARGA PICO DE FRIO: AÑO 50					
Temperatura de fluido mínima media	24,8	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	35	al final de JUL			

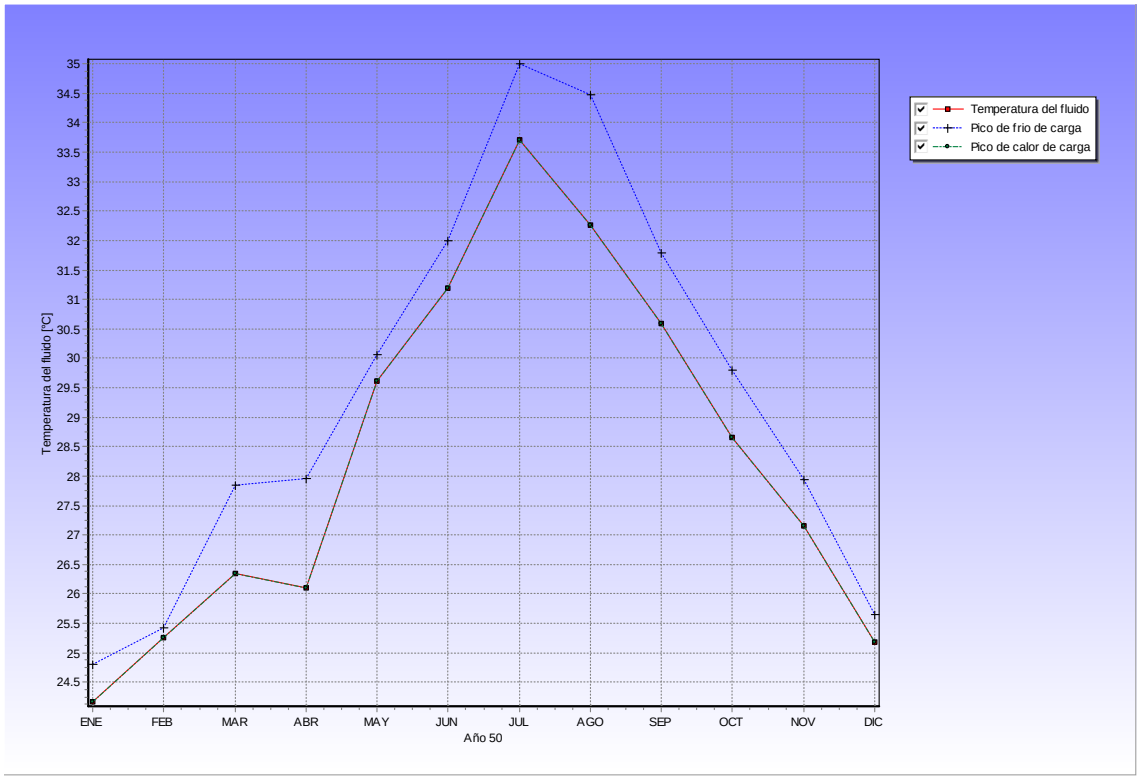


Figura 29. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 1 en el año 50. Resultado simulación con EDD.

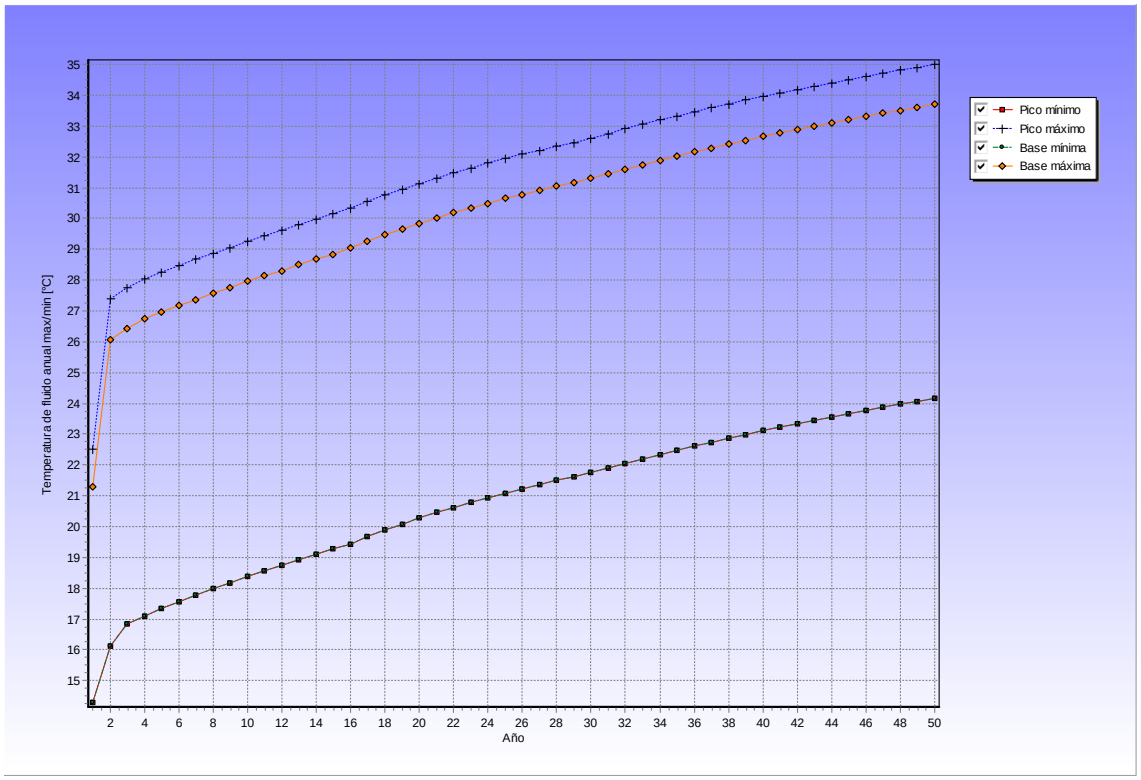


Figura 30. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 1 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED.

- ALTERNATIVA 2:

Tabla 35. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 2.

DATOS RÁPIDOS	
Coste	-
Número de pozos	160
Profundidad del pozo	156,92 m
Longitud total del pozo	25.106,49 m

Tabla 36. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 2.

DATOS DE DISEÑO	
SUELO	
Conductividad térmica del suelo	2,000 W/(m·K)
Capacidad calórica del suelo	2,300 MJ/(m³·K)
Temperatura de la superficie del suelo	12,00 °C
Flujo de calor geotérmico	0,0600 W/m²
POZO	
Configuración	598 ("160 : 10 x 16, rectangle")
Profundidad del pozo	156,92 m
Espaciado entre pozos	30,00 m
Instalación pozo	U-Simple
Diámetro pozo	135,00 mm
Diámetro Tubería-U	40,000 mm
Grosor Tubería-U	3,700 mm
Conductividad térmica tubería-U	0,420 W/(m·K)
Espaciado entre las varas de tubería-U	65,000 mm
Conductividad térmica del llenado	2,100 W/(m·K)
FLUIDO CALOPORTADOR	
Condcividad térmica	0,4800 W/(m·K)
Capacidad calorífica específica	3.795,000 J/(Kg·K)
Densidad	1.054,000 Kg/m³
Viscosidad	0,005200 Kg/(m·s)
Punto de congelación	-10,7 °C
Tasa de flujo por pozo	0,450 l/s

Tabla 37. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 2.

CARGA BASE		
Factor de rendimiento por estación (enfriamiento)		3
Valores de energía mensual [MWh]		
Mes	Carga de frio	Carga de suelo
ENE	48,63	-64.845
FEB	98,45	-131.269
MAR	142,59	-190.121
ABR	130,99	-174.655
MAY	269,31	-359.075
JUN	314,98	-419.967
JUL	387,45	-516.601
AGO	335,95	-447.929
SEP	276,56	-368.749
OCT	202,78	-270.373
NOV	148,2	-197.605
DIC	76,2	-101.595
Total	2432,09	-3.242.785

Tabla 38. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 2.

CARGA PICO		
Picos de potencia mensual [kW]		
Mes	Pico de frío	Duración [h]
ENE	131,5	8
FEB	153,5	8
MAR	350,83	8
ABR	370,7	8
MAY	416,6	8
JUN	526,3	8
JUL	596,8	8
AGO	596,8	8
SEP	504,3	8
OCT	394,7	8
NOV	285	8
DIC	153,5	8
Número de años de simulación	50	
Primer mes de operación	SEP	

Tabla 39. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 2.

VALORES CALCULADOS	
Longitud total del pozo	25106,49 m
RESISTENCUAS TÉRMICAS	
Resistencia térmica interior del pozo	0,3608 (m·K)/W
Número de Reynolds	3556
Resistencia térmica fluido/tubería	0,0121 (m·K)/W
Resistencia Térmica tubería/llenado	0,0775 (m·K)/W
Resistencia de contacto tubería/llenado	0,0000 (m·K)/W
Resistencia térmica fluido/suelo del pozo	0,0927 (m·K)/W
Resistencia térmica efectiva del pozo	0,0998 (m·K)/W

Tabla 40. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 2.

TASA DE ESTRACCIÓN DE CALOR ESPECÍFICO [W/m]			
Mes	Carga base	Pico de calor	Carga de suelo
ENE	-3,54	0	-6,98
FEB	-7,16	0	-8,15
MAR	-10,37	0	-18,63
ABR	-9,53	0	-19,69
MAY	-19,59	0	-22,12
JUN	-22,91	0	-27,95
JUL	-28,19	0	-31,69
AGO	-24,44	0	-31,69
SEP	-20,12	0	-26,78
OCT	-14,75	0	-20,96
NOV	-10,78	0	-15,14
DIC	-5,54	0	-8,15

Tabla 41.Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 2.

CARGA BASE: TEMPERATURAS MEDIAS DEL FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,35	16,37	17,66	18,67	24,61
FEB	14,35	17,66	18,84	19,86	25,79
MAR	14,35	18,93	20,04	21,07	26,98
ABR	14,35	18,73	19,78	20,81	26,71
MAY	14,35	22,61	23,61	24,65	30,53
JUN	14,35	24,2	25,16	26,2	32,06
JUL	14,35	26,49	27,41	28,45	34,3
AGO	14,35	25,41	26,29	27,31	33,16
SEP	22	23,91	24,75	25,76	31,61
OCT	20,51	21,87	22,68	23,68	29,53
NOV	19,18	20,24	21,03	22,03	27,87
DIC	17,22	18,1	18,87	19,86	25,71
CARGA PICO DE CALOR: AÑO 50					
Temperatura de fluido mínima media	24,61	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	34,3	al final de JUL			

Tabla 42.Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 2.

CARGA PICO DE FRIO: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,35	17,05	18,34	19,36	25,3
FEB	14,35	17,85	19,04	20,06	25,99
MAR	14,35	20,58	21,69	22,72	28,63
ABR	14,35	20,76	21,81	22,84	28,74
MAY	14,35	23,12	24,12	25,16	31,04
JUN	14,35	25,2	26,16	27,2	33,07
JUL	14,35	27,19	28,11	29,15	35
AGO	14,35	26,86	27,74	28,76	34,61
SEP	23,33	25,24	26,08	27,09	32,94
OCT	21,75	23,11	23,92	24,92	30,77
NOV	20,05	21,11	21,9	22,9	28,74
DIC	17,74	18,62	19,39	20,38	26,23
CARGA PICO DE CALOR: AÑO 50					
Temperatura de fluido mínima media	25,3	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	35	al final de JUL			

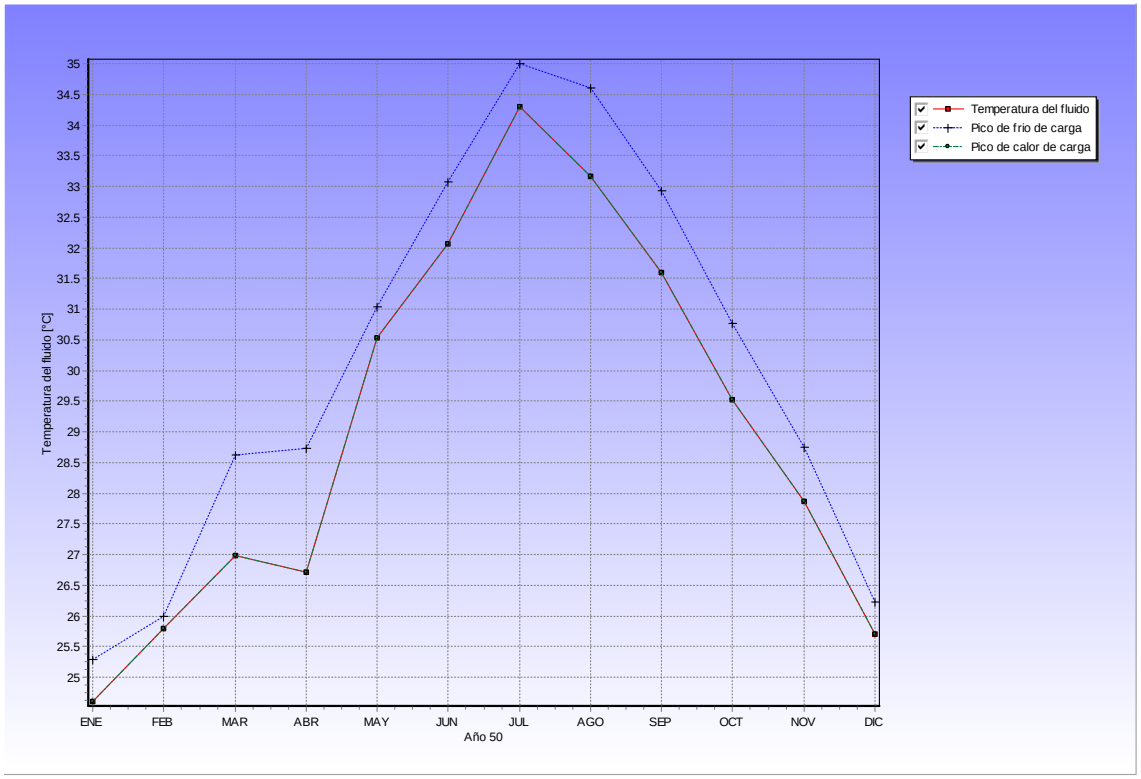


Figura 31. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 2 en el año 50. Resultado simulación con EDD.

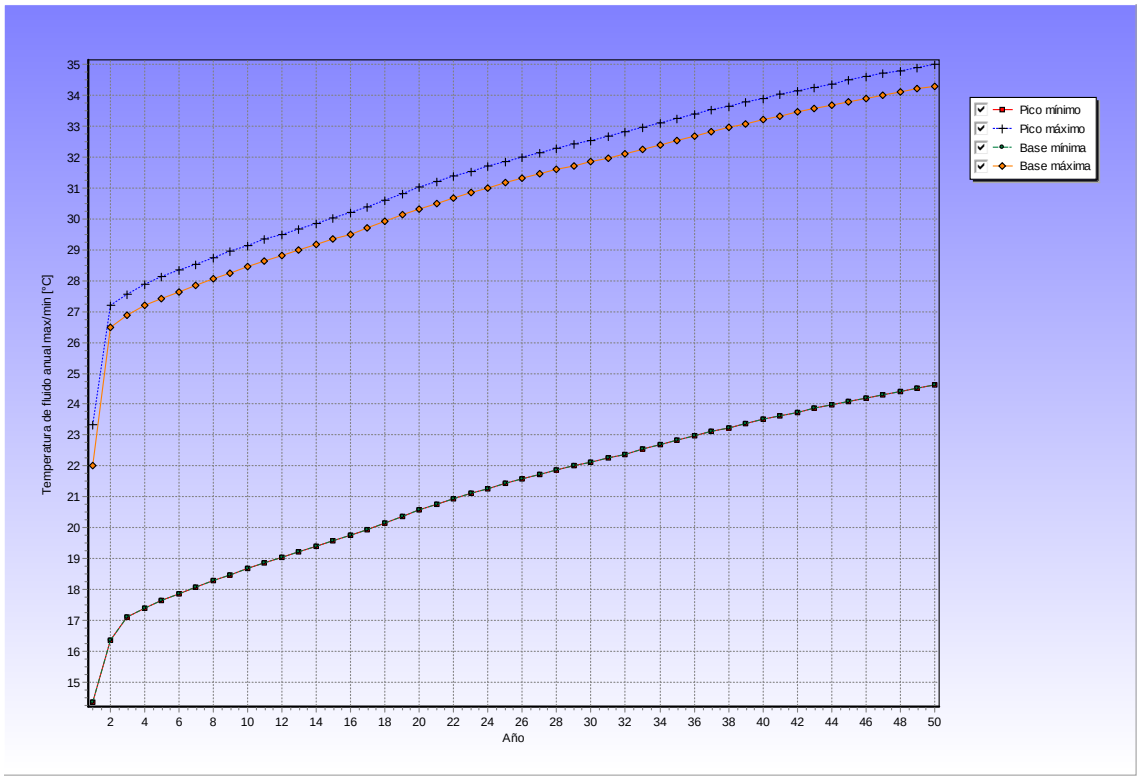


Figura 32. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 2 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED.

- ALTERNATIVA 3:

Tabla 43. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 3.

DATOS RÁPIDOS	
Coste	-
Número de pozos	100
Profundidad del pozo	156,5

Tabla 44. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 3.

DATOS DE DISEÑO	
SUELO	
Conductividad térmica del suelo	2,000 W/(m·K)
Capacidad calórica del suelo	2,300 MJ/(m³·K)
Temperatura de la superficie del suelo	12,00 °C
Flujo de calor geotérmico	0,0600 W/m²
POZO	
Condiguración	592 ("100 : 10 x 10, rectangle")
Profundidad del pozo	156,50 m
Espaciado entre pozos	30 m
Instalación pozo	U-Simple
Diámetro pozo	135,00 mm
Diámetro Tubería-U	40,000 mm
Grosor Tubería-U	3,700 mm
Conductividad térmica tubería-U	0,420 W/(m·K)
Espaciado entre las varas de tubería-U	65,000 mm
Conductividad térmica del llenado	2,100 W/(m·K)
FLUIDO CALOPORTADOR	
Condcividad térmica	0,4800 W/(m·K)
Capacidad calorífica específica	3.795,000 J/(Kg·K)
Densidad	1.054,000 Kg/m³
Viscosidad	0,005200 Kg/(m·s)
Punto de congelación	-10,7 °C
Tasa de flujo por pozo	0,400 l/s

Tabla 45. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 3.

CARGA BASE		
Factor de rendimiento por estación (enfriamiento)		3
Valores de energía mensual [MWh]		
Mes	Carga de frío	Carga de suelo
ENE	48,630	-64,845
FEB	97,090	-129,453
MAR	127,520	-170,029
ABR	123,530	-164,704
MAY	204,830	-273,107
JUN	210,020	-280,029
JUL	222,010	-296,012
AGO	208,150	-277,537
SEP	205,620	-274,157
OCT	174,940	-233,252
NOV	142,990	-190,655
DIC	76,200	-101,595
Total	1841,53	-2.455,376

Tabla 46. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 3.

CARGA PICO		
Picos de potencia mensual [kW]		
Mes	Pico de frío	Duración [h]
ENE	131,5	8
FEB	153,5	8
MAR	298,4	8
ABR	298,4	8
MAY	298,4	8
JUN	298,4	8
JUL	298,4	8
AGO	298,4	8
SEP	298,4	8
OCT	298,4	8
NOV	285	8
DIC	153,5	8
Número de años de simulación	50	
Primer mes de operación	SEP	

Tabla 47. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 3.

VALORES CALCULADOS		
Longitud total del pozo	15650,26	m
RESISTENCUAS TÉRMICAS		
Resistencia térmica interior del pozo	0,3633	(m·K)/W
Número de Reynolds	3161	
Resistencia térmica fluido/tubería	0,0132 (m·K)/W	(m·K)/W
Resistencia Térmica tubería/llenado	0,0775 (m·K)/W	(m·K)/W
Resistencia de contacto tubería/llenado	0 (m·K)/W	(m·K)/W
Resistencia térmica fluido/suelo del pozo	0,0934	(m·K)/W
Resistencia térmica efectiva del pozo	0,1022	(m·K)/W

Tabla 48. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 3.

TASA DE ESTRACCIÓN DE CALOR ESPECÍFICO [W/m]			
Mes	Carga base	Pico de calor	Carga de suelo
ENE	-5,68	0	-11,2
FEB	-11,33	0	-13,08
MAR	-14,88	0	-25,42
ABR	-14,42	0	-25,42
MAY	-23,9	0	-25,42
JUN	-24,51	0	-25,42
JUL	-25,91	0	-25,42
AGO	-24,29	0	-25,42
SEP	-24	0	-25,42
OCT	-20,42	0	-25,42
NOV	-16,69	0	-24,28
DIC	-8,89	0	-13,08

Tabla 49. Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 3.

CARGA BASE: TEMPERATURAS MEDIAS DEL FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,35	17,47	18,98	20,2	27,06
FEB	14,35	19,52	20,91	22,14	28,98
MAR	14,35	20,98	22,28	23,51	30,34
ABR	14,35	20,96	22,19	23,43	30,24
MAY	14,35	24,68	25,86	27,1	33,89
JUN	14,35	25,25	26,37	27,61	34,39
JUL	14,35	26,01	27,09	28,32	35,1
AGO	14,35	25,61	26,64	27,86	34,63
SEP	23,53	25,61	26,61	27,81	34,58
OCT	22,81	24,32	25,29	26,49	33,26
NOV	21,67	22,87	23,82	25,01	31,77
DIC	18,8	19,8	20,73	21,92	28,67
CARGA BASE: AÑO 50					
Temperatura de fluido mínima media	27,06	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	35,1	al final de JUL			

Tabla 50. Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 3.

CARGA PICO DE FRIO: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,35	18,59	20,1	21,32	28,18
FEB	14,35	19,87	21,27	22,49	29,34
MAR	14,35	23,11	24,41	25,65	32,47
ABR	14,35	23,18	24,42	25,65	32,47
MAY	14,35	24,99	26,16	27,4	34,2
JUN	14,35	25,43	26,56	27,79	34,58
JUL	14,35	25,92	27	28,22	35
AGO	14,35	25,83	26,87	28,09	34,86
SEP	23,82	25,9	26,9	28,1	34,87
OCT	23,83	25,34	26,31	27,5	34,27
NOV	23,21	24,41	25,35	26,55	33,31
DIC	19,65	20,65	21,57	22,76	29,52
CARGA PICO DE FRIO: AÑO 50					
Temperatura de fluido mínima media	28,18	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	35	al final de JUL			

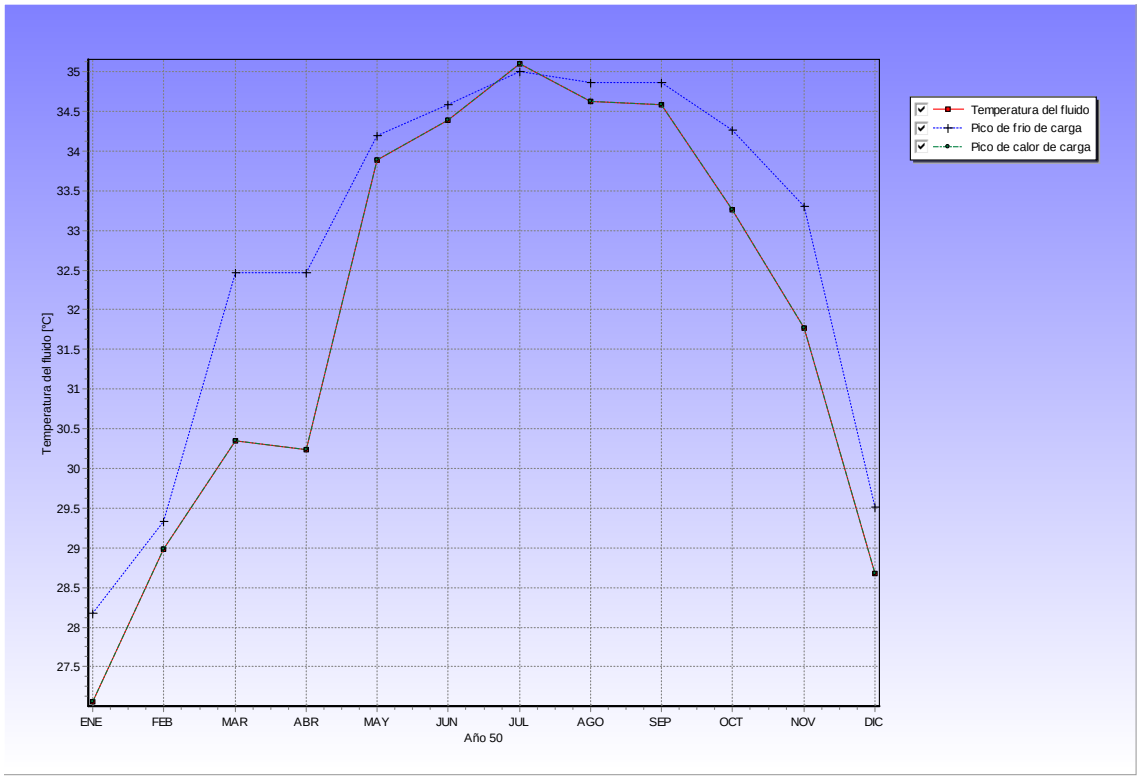


Figura 33. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 3 en el año 50. Resultado simulación con EDD.

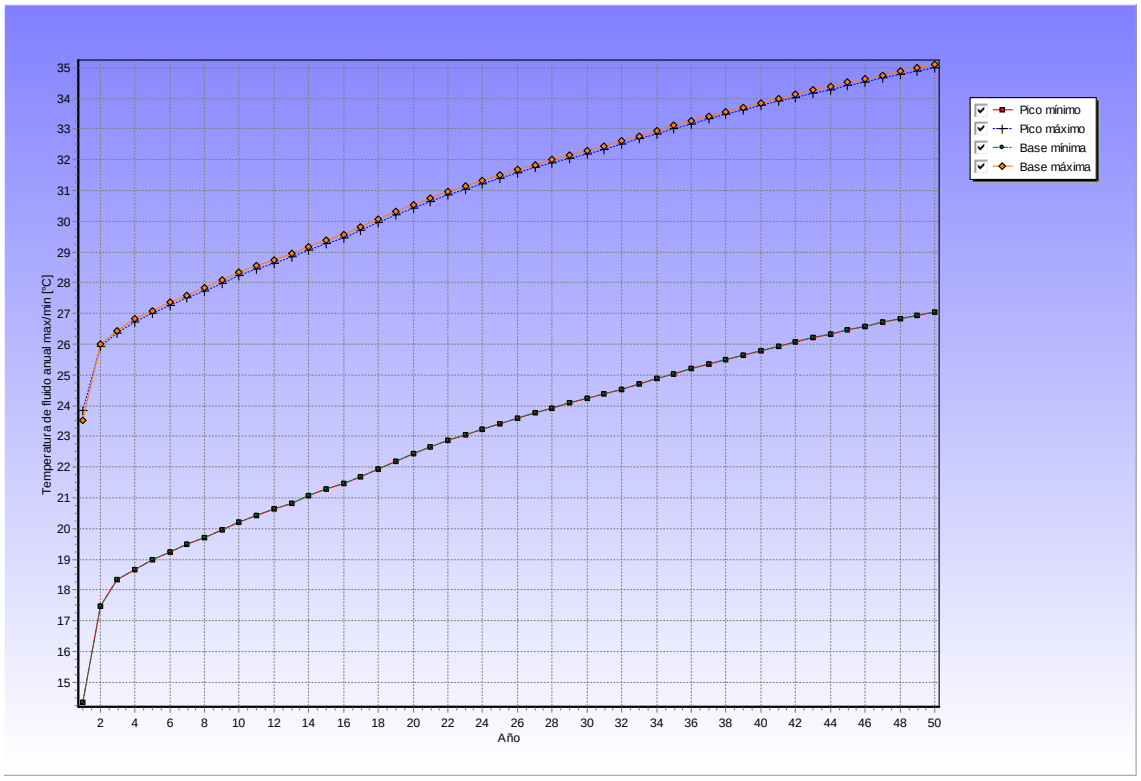


Figura 34. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 3 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED.

- ALTERNATIVA 4:

Tabla 51. Resultados rápidos obtenidos en la simulación con EED. Alternativa 4.

DATOS RÁPIDOS	
Coste	-
Número de pozos	128
Profundidad del pozo	153,18 m
Longitud total del pozo	19606,54 m

Tabla 52. Datos de diseño introducidos en EED sobre tipo de suelo, sondas y fluido caloportador. Alternativa 4.

DATOS DE DISEÑO	
SUELO	
Conductividad térmica del suelo	2,000 W/(m·K)
Capacidad calórica del suelo	2,300 MJ/(m³·K)
Temperatura de la superficie del suelo	12,00 °C
Flujo de calor geotérmico	0,0600 W/m²
POZO	
Condiguración	520 ("128 : 8 x 16, rectangle")
Profundidad del pozo	153,18 m
Espaciado entre pozos	30,00 m
Instalación pozo	U-Simple
Diámetro pozo	135,00 mm
Diámetro Tubería-U	40,000 mm
Grosor Tubería-U	3,700 mm
Conductividad térmica tubería-U	0,420 W/(m·K)
Espaciado entre las varas de tubería-U	65,000 mm
Conductividad térmica del llenado	2,100 W/(m·K)
FLUIDO CALOPORTADOR	
Condcividad térmica	0,4800 W/(m·K)
Capacidad calorífica específica	3.795,000 J/(Kg·K)
Densidad	1.054,000 Kg/m³
Viscosidad	0,005200 Kg/(m·s)
Punto de congelación	-10,7 °C
Tasa de flujo por pozo	0,609 l/s

Tabla 53. Datos introducidos en EED sobre la carga base de frío de la instalación. Alternativa 4.

CARGA BASE		
Factor de rendimiento por estación (enfriamiento)		3
Valores de energía mensual [MWh]		
Mes	Carga de frío	Carga de suelo
ENE	0,00	0,000
FEB	0,00	0,000
MAR	21,88	-29,177
ABR	5,90	-7,864
MAY	118,40	-157,873
JUN	200,41	-267,216
JUL	360,61	-480,815
AGO	260,95	-347,937
SEP	133,58	-178,105
OCT	40,63	-54,173
NOV	0,00	0,000
DIC	0,00	0,000
Total	1142,37	-1.523,161

Tabla 54. Datos introducidos en EED sobre el pico de potencia demandada en la instalación. Alternativa 4.

CARGA PICO		
Picos de potencia mensual [kW]		
Mes	Pico de frío	Duración [h]
ENE	0	8
FEB	0	8
MAR	350,8	8
ABR	370,7	8
MAY	416,6	8
JUN	526,3	8
JUL	701,6	8
AGO	701,6	8
SEP	504,3	8
OCT	394,7	8
NOV	0	8
DIC	0	8
Número de años de simulación	50	
Primer mes de operación	SEP	

Tabla 55. Datos obtenidos con EED sobre el intercambiador geotérmico. Alternativa 4.

VALORES CALCULADOS	
Longitud total del pozo	19606,54 m
RESISTENCUAS TÉRMICAS	
Resistencia térmica interior del pozo	0.3554 (m·K)/W
Número de Reynolds	4815
Resistencia térmica fluido/tubería	0.0095 (m·K)/W
Resistencia Térmica tubería/llenado	0.0775 (m·K)/W
Resistencia de contacto tubería/llenado	0.0000 (m·K)/W
Resistencia térmica fluido/suelo del pozo	0.0914 (m·K)/W
Resistencia térmica efectiva del pozo	0.0951 (m·K)/W

Tabla 56. Tasa de extracción de calor específico del terreno obtenida con EED. Alternativa 4.

TASA DE ESTRACCIÓN DE CALOR ESPECÍFICO [W/m]			
Mes	Carga base	Pico de calor	Carga de suelo
ENE	0	0	0
FEB	0	0	0
MAR	-2,04	0	-23,86
ABR	-0,55	0	-25,21
MAY	-11,03	0	-28,33
JUN	-18,67	0	-35,79
JUL	-33,59	0	-47,71
AGO	-24,31	0	-47,71
SEP	-12,44	0	-34,29
OCT	-3,78	0	-26,84
NOV	0	0	0
DIC	0	0	0

Tabla 57. Temperaturas medias del fluido caloportador a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 4.

CARGA BASE: TEMPERATURAS MEDIAS DEL FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,3	14,45	15,32	15,94	19,33
FEB	14,3	14,42	15,21	15,83	19,22
MAR	14,3	15,16	15,9	16,52	19,9
ABR	14,3	14,65	15,35	15,97	19,34
MAY	14,3	18,56	19,25	19,86	23,23
JUN	14,3	21,71	22,36	22,96	26,33
JUL	14,3	27,68	28,29	28,88	32,25
AGO	14,3	24,84	25,39	25,98	29,34
SEP	18,97	20,54	21,05	21,64	24,99
OCT	16,06	17,12	17,61	18,2	21,54
NOV	14,6	15,41	15,88	16,48	19,81
DIC	14,5	15,16	15,61	16,22	19,55
Temperatura de fluido mínima media	19,22	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	35,25	al final de JUL			

Tabla 58. Temperaturas medias del fluido caloportador con cargas pico de potencia a final de cada mes de los años 1, 2, 5, 10 y 50. Alternativa 4.

CARGA PICO DE FRIO: TEMPERATURA MEDIA DE FLUIDO (a final de mes) [°C]					
Año	1	2	5	10	50
ENE	14,3	14,45	15,32	15,94	19,33
FEB	14,3	14,42	15,21	15,83	19,22
MAR	14,3	19,42	20,16	20,78	24,16
ABR	14,3	19,46	20,16	20,78	24,15
MAY	14,3	21,94	22,62	23,23	26,61
JUN	14,3	25,05	25,7	26,3	29,67
JUL	14,3	30,44	31,04	31,63	35
AGO	14,3	29,41	29,95	30,54	33,9
SEP	21,43	23	23,5	24,09	27,44
OCT	20,56	21,62	22,1	22,7	26,03
NOV	14,6	15,41	15,88	16,48	19,81
DIC	14,5	15,16	15,61	16,22	19,55
Temperatura de fluido mínima media	19,22	al final de ENE			
Temperatura de fluido máxima media	35,25	al final de JUL			

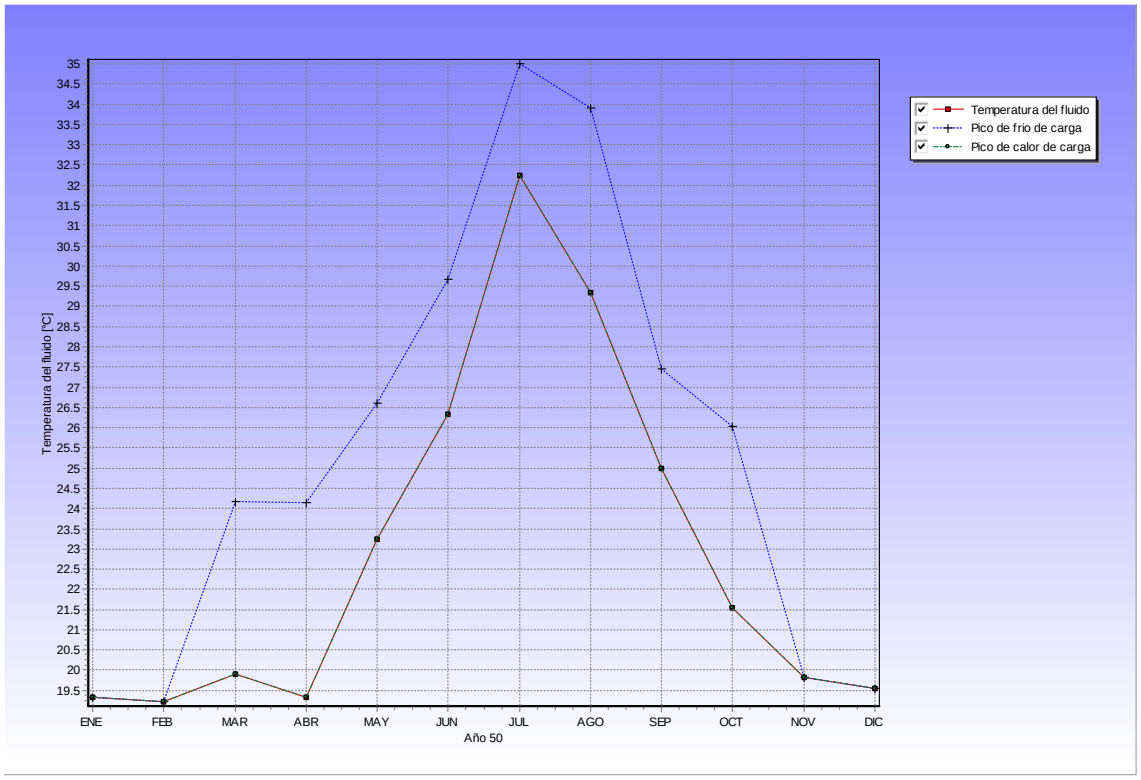


Figura 35. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 3 en el año 50. Resultado simulación con EDD.

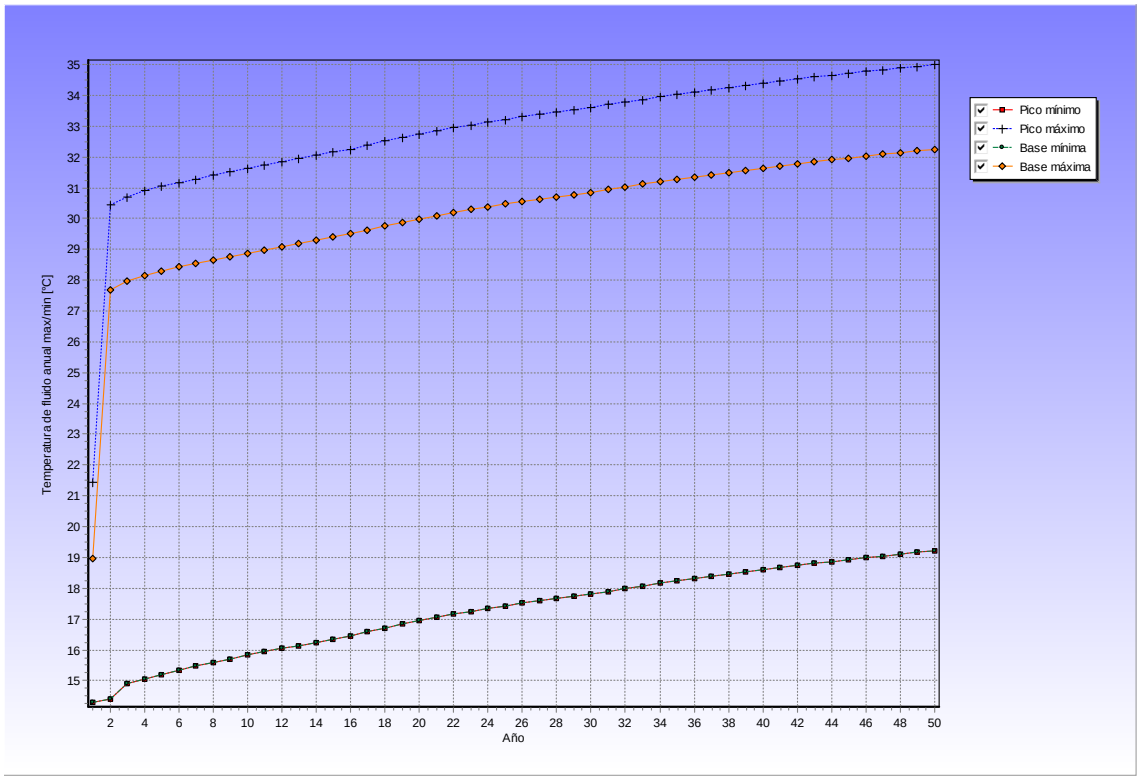


Figura 36. Evolución de la temperatura del fluido caloportador de la Alternativa 2 a lo largo de 50 años. Resultado simulación con EED.

ANEXO III. FICHAS TÉCNICAS

- Bomba de calor geotérmica:

N. documento	
AIA	
Autor	
Revisión	
Tipo	
Fecha	

CÓDIGO	KZM-4570-RNS4C		IDIOMA	ESP
			FLUIDO FRIGORIFICO / GWP	R454B
MODOS OPERACIÓN	R	SÓLO FRÍO	MODELO	4570

ENFRIADORA AGUA-AGUA

KEYTER ACTEA ZM 4570 R R454B

ACTEA

46-755 kW

54-829 kW

Los climatizadores KEYTER ACTEA ZM son equipos de refrigeración agua-agua para climatización y aplicaciones industriales, fabricados con estructura de acero galvanizado pintado con revestimiento de poliéster RAL 9002 curado en horno, diseñados para su instalación en exteriores y con acceso de mantenimiento mediante paneles desmontables. Disponible en versión solo enfriamiento o versión con bomba de calor para el control de temperatura para HVAC o procesos industriales.

Equipado con microprocesador electrónico de control, fluido refrigerante ecológico R410A, válvula de expansión termostática e intercambiador multitubular

KEYTER ACTEA ZM Technical Characteristics

FLUIDO FRIGORIFICO / GWP	R454B / 466	
kg / Eq Tons CO2	46	21.4
Refrigerant kg / circuit	23/23 (kg)	
No de circuitos frigoríficos y compresores:	2/6	
Regulación de potencia (número etapas)	6	
Arranque:	En Cascada	
Alimentación eléctrica:	400V-III+N-50HZ CON NEUTRO	

* Los pesos son orientativos y sin considerar opcionales. Los opcionales añadidos pueden variar sustancialmente el peso de los equipos.

Largo	4775 (mm)	Peso (kg)	2530 (kg)
Ancho	1300 (mm)		
Alto	2000 (mm)		

Funcionamiento en modo Refrigeración

Condiciones de proyecto

Condiciones Lado Interior			Condiciones lado exterior		
Temperatura de salida de agua lado interior (ºC)		-9	Temperatura de entrada de agua (ºC)		30
Salto Temp (ºC)		5	Salto Temp (ºC)		5
Temperatura de entrada de agua (ºC)		-4	Temperatura de salida de agua lado interior (ºC)		35
Fluido	MEG (%)	35%	Fluido	Agua pura	0%
Factor de Ensuciamiento	0.43	(10^-4 M2k/W)			

- Potencia frigorífica	294.8 (kW)
- Potencia calorífica	408.1 (kW)
- Potencia absorbida (compresores)	113.3 (kW)
- EER (EN 14511) Condiciones de proyecto	2.6
- Caudal de agua interior: (m3/h)	58.5 (m3/h)
- Pérdida de carga	44.0 (kPa)
- Caudal de agua exterior (m3/h):	70.2 (m3/h)
- Pérdida de carga	33.0 (kPa)
- Diámetro de conexiones hidráulicas lado interior	VICTAULIC DN150
- Diámetro de conexiones hidráulicas lado exterior	VICTAULIC DN150
- Intensidad nominal	192.5 (A)
- Intensidad máxima	338.5 (A)
- Intensidad de arranque	715.0 (A)

- *Datos sin tener en cuenta opcionales. Revisar selección final de opciones.*

KEYTER ACTEA ZM Technical Characteristics		
FLUIDO FRIGORIFICO / GWP	R454B / 466	
kg / Eq Tons CO2	46	21.4
Refrigerant kg / circuit	23/23 (kg)	
No de circuitos frigoríficos y compresores:	2/6	
Regulación de potencia (número etapas)	6	
Arranque:	En Cascada	
Alimentación eléctrica:	400V-III+N-50HZ CON NEUTRO	

* Los pesos son orientativos y sin considerar opcionales. Los opcionales añadidos pueden variar sustancialmente el peso de los equipos.

Largo	4775 (mm)	Peso (kg)	2530 (kg)
Ancho	1300 (mm)		
Alto	2000 (mm)		

Funcionamiento en modo Refrigeración					
Condiciones de proyecto					
Condiciones Lado Interior			Condiciones lado exterior		
Temperatura de salida de agua lado interior (ºC)		-9	Temperatura de entrada de agua (ºC)		20
Salto Temp (ºC)		5	Salto Temp (ºC)		5
Temperatura de entrada de agua (ºC)		-4	Temperatura de salida de agua lado interior (ºC)		25
Fluido	MEG (%)	35%	Fluido	Agua pura	0%
Factor de Ensuciamiento	0.43	(10^-4 M2k/W)			

- Potencia frigorífica	316.7 (kW)
- Potencia calorífica	408.6 (kW)
- Potencia absorbida (compresores)	91.9 (kW)
- EER (EN 14511) Condiciones de proyecto	3.4
- Caudal de agua interior: (m3/h)	62.1 (m3/h)
- Pérdida de carga	8.0 (kPa)
- Caudal de agua exterior (m3/h):	71.5 (m3/h)
- Pérdida de carga	5.0 (kPa)
- Diámetro de conexiones hidráulicas lado interior	VICTAULIC DN150
- Diámetro de conexiones hidráulicas lado exterior	VICTAULIC DN150
- Intensidad nominal	156.0 (A)
- Intensidad máxima	338.5 (A)
- Intensidad de arranque	715.0 (A)

- *Datos sin tener en cuenta opcionales. Revisar selección final de opciones.*

Especificación técnica:

La familia KEYTER ACTEA ZM tiene las siguientes características principales características principales
- Diseño optimizado para refrigerante HFC-410A.
- Alta eficiencia energética a plena carga y carga parcial que reduce los costes operativos.
- Bajo nivel de ruido gracias a bombas de alto rendimiento (opcionales) y soportes antivibración para compresores y circuito de refrigeración.
- Control electrónico de alto rendimiento hasta 6 etapas.
- Fácil integración con sistemas de comunicación.
- Todos los componentes se verifican, controlan y se prueban en fábrica.
- Diseñado para el mantenimiento. Todos los componentes están cerca del perímetro de la máquina para una mejor mantenibilidad y facilidad de servicio.

Circuito frigorífico

Compresores herméticos de tecnología scroll, montados sobre soportes antivibratorios. Incluyen válvula anti retorno en la descarga de todos los compresores, ya sea interna o montada externa, y sonda de temperatura de descarga.
Aislamiento térmico en todas las líneas metálicas frías de refrigerante o agua.
Cuadro eléctrico con relé de protección de compresores con detección de falta de fase, equilibrado de fase y protección del sentido de rotación.
Resistencia eléctrica de calentamiento de cárter para opción baja temperatura exterior o funcionamiento bomba de calor
Válvula de expansión termostática seleccionada de forma específica para cada uno de los intercambiadores de calor que puedan funcionar como evaporador.
Filtros antiácidos y deshidratadores y visor de líquido refrigerante.
Separador de partículas en aspiración del compresor

Protecciones

Las siguientes protecciones se incluyen de serie:
- Presostatos de baja y alta presión, y termostato de alta temperatura de descarga de compresor.
- Protección térmica del compresor, magnetotérmicos y relé de protección de fase de serie. Interruptores diferenciales en opción.
- Interruptor magnetotérmico para la línea de alimentación de bombas (opcional)
- Interruptor general en cuadro eléctrico.
- Protección de las intercambiadores mediante aislamiento térmico para evitar daños
- Embalaje de transporte de máxima protección.

Cuadro eléctrico y electrónica

- Cuadro eléctrico de potencia y maniobra tropicalizado (hilos calculados para alta temperatura exterior) con ventilación forzada en la unidad exterior, con interruptor general, protección térmica y magnetotérmica de compresores y bombas (opcionales) contactores en todos los motores, toma de tierra general. Relé de control de fase estándar, con control de sentido de rotación de gases y control de asimetría de fases. Opcional de relé de control de fases de mayor calidad, con detección de desequilibrio de fases, subtensión y sobretensión.

Módulo electrónico de control con microprocesador plataforma CLIMANAGER AQUAMANAGER basado en CAREL microPC, integrado por mando terminal y placa de control electrónico que permite las siguientes funciones :

- Control electrónico para regulación de la unidad, con display de mando integrado, con protocolo de comunicación MODBUS o CAREL, disponible en opción con tarjeta LonWorks, Bacnet, etc.
- Visualización de todas las informaciones en display, temperatura de consigna y valores de todas las sondas.
- Gestión completa de las alarmas, el histórico de alarmas está disponible con la tarjeta de reloj.

- Configuración de parámetros de control funcionamiento del aparato y protecciones.
- Regulación de temperatura en retorno o impulsión
- Parámetros agrupados con niveles con palabra clave
- Elección de modo de funcionamiento, frío o calor
- Gestión de desescarches y control de tiempo de anti-corto ciclo
- Funcionamiento con regulación de presión de condensación (opcional).
- Control de la bomba hidráulica y resistencia eléctrica de apoyo.
- Equilibrado de tiempos de funcionamiento de los compresores, límite de número de arranques de los compresores y protecciones anti-hielo de los intercambiadores de placas.

Material conforme a directivas :

Keyter Technologies tiene en cuenta toda la normativa europea correspondiente a calidad, medio ambiente y diseño ecoeficente. Las unidades cumplen con los requerimientos de las siguientes normativas europeas:
- Directiva de máquinas 98/37/CE
- Directiva de equipos a presión 97/23/CE, con certificado TÜV
- Directiva de Baja Tensión 2006/95/CE
- Directiva de compatibilidad electromagnética 2004/108/CE, y normativa de Emisiones electromagnéticas radiadas, canalizadas e inmunidad electromagnética: IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-4, IEC 61000-6-2
- Directiva 2002/95/EC (RoHS) sobre la restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas en equipamiento eléctrica y electrónico.
- Directiva de eficiencia de motores de ventiladores, 2009/125/EU.
- Norma Europea EN 378-2.

Además de ello, el equipo técnico de Keyter Technologies está continuamente investigando e incorporando las tendencias y los nuevos desarrollos que permitan una mejora de la eficiencia energética de los equipos para adaptarse a las nuevas reglamentaciones futuras.

Keyter Technologies cuenta con un sistema de gestión de residuos mediante gestor autorizado certificado ISO 14001, especialmente dedicado que le permite reducir el impacto medioambiental de sus productos, así como contemplar en el diseño de los equipos parámetros de ecodiseño con el fin de minimizar el uso de gases refrigerantes HFC, embalajes de plástico, aceites, etc.

"Las especificaciones y características técnicas reflejadas en este manual se dan a título informativo. El fabricante se reserva todos los derechos de cambio sin previo aviso".

KEYTER TECHNOLOGIES S.L
P.I . Los Santos S/N
C/ José Estrada Orellana, 2
14900 Lucena (Córdoba) España / Spain
TEL: + 34 957 510 752
www.keyter.es / info@keyter.es

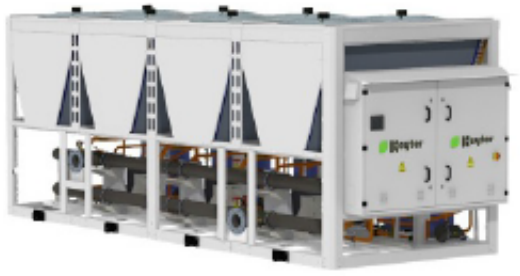
KEYTER INTARCON NEDERLAND B.V. -
Installatieweg 27
8251KP Dronten (Nederland)
Tel: +31 (0) 321 769 054
Verkoop: +31 (0) 6 38 43 11 34 / 35
Service: +31 (0) 6 38 43 11 33

KEYTER TECHNOLOGIES S.L. (MADRID)
C/ Agustin Bethancourt, 25
28003 Madrid España / Spain
TEL: + 34 957 510 752 / +34 91 534 62 94
www.keyter.es / info@keyter.es

- Bomba de calor aerotérmica:

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC

ENFRIADORA DE CONDENSACIÓN POR AIRE, INSTALACIÓN EXTERIOR R454B KEYTER ATLANTIA WM 4680R



ATLANTIA

222-678 kW R410A R452B R454B

Los equipos de climatización KEYTER ATLANTIA WA/WM son equipos de refrigeración aire-agua para climatización y aplicaciones industriales, fabricados con chasis autoportante de acero galvanizado con pintura poliéster termoendurecible RAL 9002, diseñados para instalación en intemperie y con acceso de mantenimiento a través de paneles desmontables. Disponibles en versión sólo frío o bomba de calor para el control de la temperatura de agua de proceso o de climatización.

Equipados con módulo electrónico de control por microprocesador, fluido frigorífico ecológico , intercambiadores exteriores de tubos de cobre y de aleta de aluminio, con distintas opciones de protección, compresores herméticos de tipo scroll en circuito en tándem, ventiladores axiales AC de serie, EC en opción, válvula de expansión electrónica opcional. Intercambiadores interiores de placas soldadas de acero inoxidable AISI316 de serie en la versión WA, y con intercambiadores interiores multitubulares para aplicaciones industriales para la versión WM.

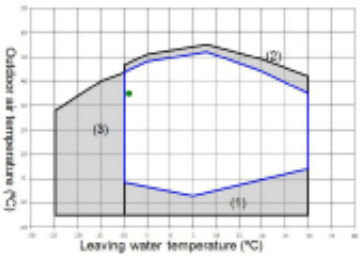
Características de la unidad KEYTER ATLANTIA KWA/KWM

Fluido frigorífico / GWP	R454B / 466	Arranque:	En Cascada
kg / Eq Tons CO2	99 / 46,4	Compresor	TANDEM ON/OFF
Regulación de potencia (nº etapas)	8	Modo operación	Solo frío
Nº de circuitos frigoríficos y compresores:	4/8	Versión hidráulica	S - Versión Estandar
Válvula de expansión electrónica	Incluido	Alimentación eléctrica:	400V-III-50HZ SIN NEUTRO
Bateria Microcanal	No	Arrancadores suaves	Si
Tipo de intercambiador	WM - Multitubular	Kit de baja temperatura	Si

Condiciones de Proyecto

Funcionamiento en modo Refrigeración

Tª de salida de agua (ºC)	-9	Fluido	35% ethyleneglycol
Temperatura de entrada de agua (ºC)	-4	Factor de ensuciamiento (10E-4 m2K/W)	0,43
Salto Temp (ºC)	5	Prioridad	Refrigeracion
Temperatura de aire exterior (ºC)	35		



Mapa orientativo con los ventiladores estándar al 100%.
(1) Regulación de presión de condensación activada. (2) Funcionamiento a carga parcial. (3) Estudio bajo demanda.

Potencia frigorífica en Cond. de Proyecto (kW)	307,6
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	1,7

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC

Características de la unidad KEYTER ATLANTIA KWA/KWM

Funcionamiento en modo Refrigeración

Potencia frigorífica (kW)	307,6
Potencia absorbida (compresores) (kW)	172,2
Potencia absorbida (ventiladores) (kW)	11,2
Potencia absorbida total (kW)	183,4
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	1,7
EER (EN 14511:2018) Cond. Nom. 35ºC / 7 - 12 ºC	3,1
Rendimiento estacional SEER | Etas(%)	4,88 | 192%
SEPR 7ºC (EN 14825:2018)	5,87
SEPR -8ºC(EN 14825:2018)	3,55

Datos en Operación a carga Parcial

Partial Ratio	100 %
Funcionamiento en modo Refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	307,6
Potencia absorbida (compresores) (kW)	172,2
Potencia absorbida (ventiladores) (kW)	11,2
Potencia absorbida total	183,4
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	1,7

Recuperación de energía

SIN RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Selección de ventiladores exteriores

La selección para este proyecto es:	Ventilador Opcional	Cantidad de unidades:	8
Ventilador seleccionado:	800 EC	Caudal de aire (m3/h):	180.000
Tobera:	Tobera curva exterior (Silent Ring)	Velocidad del ventilador:	100%

Datos hidráulicos

Pérdidas de cargas sin filtro (kPa):	18,17	Diámetro de conexiones hidráulicas lado interior:	DN 125
Filtro (kPa)*:	10	Caudal de agua interior (m3/h):	57,16
Pérdida de carga total (inc. filtro y acc.) (kPa)*:	28,17	Caudal (carga de compresor) :	Carga total

La selección para este proyecto es: Modelo Standard (-S), sin grupo hidráulico

Bomba seleccionada:	-	Presión disponible (kPa):	-
Capacidad del vaso de expansión:	-	Deposito de acumulación de inercia :	-

(*) Pérdida de carga del filtro recomendada, debe ser verificada en instalación. La presión disponible de la bomba no tiene en cuenta este dato.

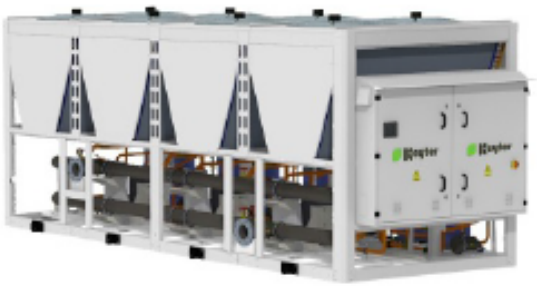
Información eléctrica

Intensidad nominal (A)	308,9
Intensidad máxima (A)	434,0
Intensidad de arranque (A)	836,2
Intensidad de arranque con Opción SoftStart (A)	724,2

Datos sin tener en cuenta opcionales. Revisar selección final de opciones.

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC, 5ºC ext

ENFRIADORA DE CONDENSACIÓN POR AIRE, INSTALACIÓN EXTERIOR R454B
KEYTER ATLANTIA WM 4680R



ATLANTIA

222-678 kW R410A R452B R454B

Los equipos de climatización KEYTER ATLANTIA WA/WM son equipos de refrigeración aire-agua para climatización y aplicaciones industriales, fabricados con chasis autoportante de acero galvanizado con pintura poliéster termoendurecible RAL 9002, diseñados para instalación en intemperie y con acceso de mantenimiento a través de paneles desmontables. Disponibles en versión sólo frío o bomba de calor para el control de la temperatura de agua de proceso o de climatización.

Equipados con módulo electrónico de control por microprocesador, fluido frigorífico ecológico , intercambiadores exteriores de tubos de cobre y de aleta de aluminio, con distintas opciones de protección, compresores herméticos de tipo scroll en circuito en tándem, ventiladores axiales AC de serie, EC en opción, válvula de expansión electrónica opcional. Intercambiadores interiores de placas soldadas de acero inoxidable AISI316 de serie en la versión WA, y con intercambiadores interiores multitubulares para aplicaciones industriales para la versión WM.

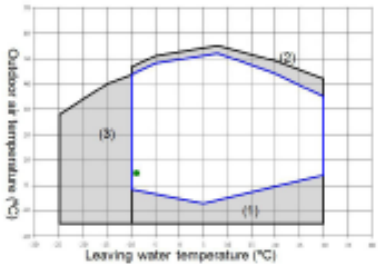
Características de la unidad KEYTER ATLANTIA KWA/KWM

Fluido frigorífico / GWP	R454B / 466	Arranque:	En Cascada
kg / Eq Tons CO2	99 / 46,4	Compresor	TANDEM ON/OFF
Regulación de potencia (nº etapas)	8	Modo operación	Solo frío
Nº de circuitos frigoríficos y compresores:	4/8	Versión hidráulica	S - Versión Estandar
Válvula de expansión electrónica	Incluido	Alimentación eléctrica:	400V-III-50HZ SIN NEUTRO
Batería Microcanal	No	Arrancadores suaves	Si
Tipo de intercambiador	WM - Multitubular	Kit de baja temperatura	Si

Condiciones de Proyecto

Funcionamiento en modo Refrigeración

Tª de salida de agua (ºC)	-9	Fluido	35% ethyleneglycol
Temperatura de entrada de agua (ºC)	-4	Factor de ensuciamiento (10E-4 m2K/W)	0,43
Salto Temp (ºC)	5	Prioridad	Refrigeracion
Temperatura de aire exterior (ºC)	5		



Mapa orientativo con los ventiladores estándar al 100%.
(1) Regulación de presión de condensación activada. (2) Funcionamiento a carga parcial. (3) Estudio bajo demanda.

Potencia frigorífica en Cond. de Proyecto (kW)	403,4
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	3,7

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC, 5ºC ext

Características de la unidad KEYTER ATLANTIA KWA/KWM

Funcionamiento en modo Refrigeración

Potencia frigorífica (kW)	403,4
Potencia absorbida (compresores) (kW)	99,5
Potencia absorbida (ventiladores) (kW)	8,9
Potencia absorbida total (kW)	108,4
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	3,7
EER (EN 14511:2018) Cond. Nom. 35ºC / 7 - 12 ºC	3,1
Rendimiento estacional SEER | Etas(%)	4,88 | 192%
SEPR 7ºC (EN 14825:2018)	5,87
SEPR -8ºC(EN 14825:2018)	3,55

Datos en Operación a carga Parcial

Partial Ratio	75 %
Funcionamiento en modo Refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	309,8
Potencia absorbida (compresores) (kW)	73,0
Potencia absorbida (ventiladores) (kW)	6,7
Potencia absorbida total	79,6
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	3,9

Recuperación de energía

SIN RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Selección de ventiladores exteriores

La selección para este proyecto es:	Ventilador Opcional	Cantidad de unidades:	8
Ventilador seleccionado:	800 EC	Caudal de aire (m3/h):	135.000
Tobera:	Tobera curva exterior (Silent Ring)	Velocidad del ventilador:	75%

Datos hidráulicos

Pérdidas de cargas sin filtro (kPa):	18,42	Diámetro de conexiones hidráulicas lado interior:	DN 125
Filtro (kPa)*:	10	Caudal de agua interior (m3/h):	57,56
Pérdida de carga total (inc. filtro y acc.) (kPa)*:	28,42	Caudal (carga de compresor) :	Carga parcial

La selección para este proyecto es:	Modelo Standard (-S), sin grupo hidráulico		
Bomba seleccionada:	-	Presión disponible (kPa):	-
Capacidad del vaso de expansión:	-	Deposito de acumulación de inercia :	-

(*) Pérdida de carga del filtro recomendada, debe ser verificada en instalación. La presión disponible de la bomba no tiene en cuenta este dato.

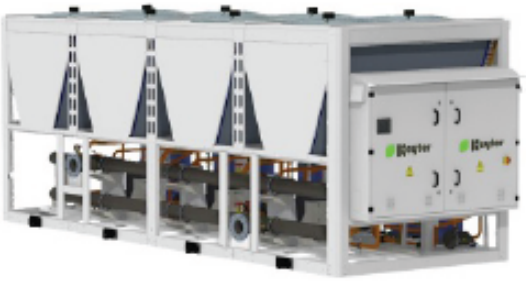
Información eléctrica

Intensidad nominal (A)	182,6
Intensidad máxima (A)	434,0
Intensidad de arranque (A)	836,2
Intensidad de arranque con Opción SoftStart (A)	724,2

Datos sin tener en cuenta opcionales. Revisar selección final de opciones.

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC, 10ºC ext

ENFRIADORA DE CONDENSACIÓN POR AIRE, INSTALACIÓN EXTERIOR R454B KEYTER ATLANTIA WM 4680R



ATLANTIA

222-678 kW R410A R452B R454B

Los equipos de climatización KEYTER ATLANTIA WA/WM son equipos de refrigeración aire-agua para climatización y aplicaciones industriales, fabricados con chasis autoportante de acero galvanizado con pintura poliéster termoendurecible RAL 9002, diseñados para instalación en intemperie y con acceso de mantenimiento a través de paneles desmontables. Disponibles en versión sólo frío o bomba de calor para el control de la temperatura de agua de proceso o de climatización.

Equipados con módulo electrónico de control por microprocesador, fluido frigorífico ecológico , intercambiadores exteriores de tubos de cobre y de aleta de aluminio, con distintas opciones de protección, compresores herméticos de tipo scroll en circuito en tándem, ventiladores axiales AC de serie, EC en opción, válvula de expansión electrónica opcional. Intercambiadores interiores de placas soldadas de acero inoxidable AISI316 de serie en la versión WA, y con intercambiadores interiores multitubulares para aplicaciones industriales para la versión WM.

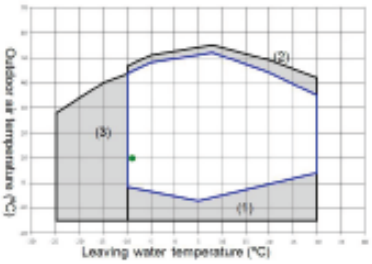
Características de la unidad KEYTER ATLANTIA KWA/KWM

Fluido frigorífico / GWP	R454B / 466	Arranque:	En Cascada
kg / Eq Tons CO2	99 / 46,4	Compresor	TANDEM ON/OFF
Regulación de potencia (nº etapas)	8	Modo operación	Solo frío
Nº de circuitos frigoríficos y compresores:	4/8	Versión hidráulica	S - Versión Estandar
Válvula de expansión electrónica	Incluido	Alimentación eléctrica:	400V-III-50HZ SIN NEUTRO
Batería Microcanal	No	Arrancadores suaves	Si
Tipo de intercambiador	WM - Multitubular	Kit de baja temperatura	Si

Condiciones de Proyecto

Funcionamiento en modo Refrigeración

Tª de salida de agua (ºC)	-9	Fluido	35% ethyleneglycol
Temperatura de entrada de agua (ºC)	-4	Factor de ensuciamiento (10E-4 m2K/W)	0,43
Salto Temp (ºC)	5	Prioridad	Refrigeracion
Temperatura de aire exterior (ºC)	10		



Mapa orientativo con los ventiladores estándar al 100%.
(1) Regulación de presión de condensación activada. (2) Funcionamiento a carga parcial. (3) Estudio bajo demanda.

Potencia frigorífica en Cond. de Proyecto (kW)	398,8
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	3,5

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC, 10ºC ext

Características de la unidad KEYTER ATLANTIA KWA/KWM

Funcionamiento en modo Refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	398,8
Potencia absorbida (compresores) (kW)	105,1
Potencia absorbida (ventiladores) (kW)	10,3
Potencia absorbida total (kW)	115,4
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	3,5
EER (EN 14511:2018) Cond. Nom. 35ºC / 7 - 12 ºC	3,1
Rendimiento estacional SEER | Etas(%)	4,88 | 192%
SEPR 7ºC (EN 14825:2018)	5,87
SEPR -8ºC(EN 14825:2018)	3,55

Datos en Operación a carga Parcial

Partial Ratio	75 %
Funcionamiento en modo Refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	306,3
Potencia absorbida (compresores) (kW)	77,1
Potencia absorbida (ventiladores) (kW)	7,7
Potencia absorbida total	84,8
EER (EN 14511:2018) Condiciones de Proyecto	3,6

Recuperación de energía

SIN RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Selección de ventiladores exteriores

La selección para este proyecto es:	Ventilador Opcional	Cantidad de unidades:	8
Ventilador seleccionado:	800 EC	Caudal de aire (m3/h):	162.000
Tobera:	Tobera curva exterior (Silent Ring)	Velocidad del ventilador:	90%

Datos hidráulicos

Pérdidas de cargas sin filtro (kPa):	18,01	Diámetro de conexiones hidráulicas lado interior:	DN 125
Filtro (kPa)*:	10	Caudal de agua interior (m3/h):	56,91
Pérdida de carga total (inc. filtro y acc.) (kPa)*:	28,01	Caudal (carga de compresor) :	Carga parcial

La selección para este proyecto es: Modelo Standard (-S), sin grupo hidráulico

Bomba seleccionada:	-	Presión disponible (kPa):	-
Capacidad del vaso de expansión:	-	Deposito de acumulación de inercia :	-

(*) Pérdida de carga del filtro recomendada, debe ser verificada en instalación. La presión disponible de la bomba no tiene en cuenta este dato.

Información eléctrica

Intensidad nominal (A)	194,3
Intensidad máxima (A)	434,0
Intensidad de arranque (A)	836,2
Intensidad de arranque con Opción SoftStart (A)	724,2

Datos sin tener en cuenta opcionales. Revisar selección final de opciones.

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC

Niveles Sonoros

NIVEL DE PRESIÓN SONORA (LP10)

	Espectro de Nivel de Presión Sonora (db)								(Hz)
Porc. (%)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total db(A)
100	57,3	55,9	56,8	55,3	57,3	55,5	46,9	37,3	61,2
75	51,2	50,4	51,5	50,9	52,9	48,8	43,4	41,0	56,2
50	49,8	48,7	48,5	48,2	48,3	47,0	44,0	33,6	53,2
25	47,2	46,4	46,1	45,8	47,2	42,7	37,2	35,3	50,5

Los niveles sonoros se refieren a la unidad operativa completa, a carga completa en condiciones nominales con configuracion estándar de filtros y otras partes.

Referencia de presión acústica : 2 * 10E-5 Pa, tolerancia +/-3 dB
Calculado según la fórmula Lp = Lw - 10 x log (distancia)
Nivel medido a 10 m , a 1,5 m del suelo, en campo libre, directividad 1
El nivel de presión sonora depende de las condiciones de instalación.

NIVEL DE POTENCIA SONORA (LW)

	Espectro de Nivel de Potencia Sonora (dB)								(Hz)
Porc. (%)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Total db(A)
100	89,3	87,9	88,8	87,3	89,3	87,5	78,9	69,3	93,2
75	83,2	82,4	83,5	82,9	84,9	80,8	75,4	73,0	88,2
50	81,8	80,7	80,5	80,2	80,3	79,0	76,0	65,6	85,2
25	79,2	78,4	78,1	77,8	79,2	74,7	69,2	67,3	82,5

Los niveles sonoros se refieren a la unidad operativa completa, a carga completa en condiciones nominales con configuracion estándar de filtros y otras partes.

Compartimento de compresores:	No incluido
Tipo de aislamiento de compresores:	No incluido
Cerramiento del equipo:	No incluido

Especificación técnica

Los equipos de la familia Keyter Atlantia WA/WM tienen las siguientes características principales:

- Diseño optimizado para diferentes refrigerantes.
- Alta eficiencia energética a plena carga y a carga parcial que reduce los costes de operación.
- Bajo nivel sonoro gracias a los componentes de alto rendimiento, así como soportes antivibración de los compresores y el circuito frigorífico.
- Control electrónico de alto rendimiento hasta 4 etapas.
- Fácilmente integrable con sistemas de comunicación.
- Todos los componentes y el control se verifican y prueban en fábrica.
- Diseñadas y concebidas para el mantenimiento. Todos los componentes están cercanos al perímetro de la máquina para mejor mantenibilidad y facilidad de servicio.

Circuito frigorífico

- Compresores herméticos de tecnología scroll, montados sobre soportes antivibratorios. Incluyen válvula anti retorno en la descarga de todos los compresores, ya sea interna o montada externa, y sonda de temperatura de descarga.
- Cuadro eléctrico con relé de protección de compresores con detección de falta de fase, equilibrado de fase y protección del sentido de rotación.
- Resistencia eléctrica de calentamiento de cárter para opción baja temperatura exterior o funcionamiento bomba de calor.
- Válvula de expansión termostática seleccionada de forma específica para cada uno de los intercambiadores de calor que puedan funcionar como evaporador.
- Filtros antiácidos y deshidratadores y visor de líquido refrigerante.
- Separador de partículas en aspiración del compresor.

Protecciones

Las siguientes protecciones se incluyen de serie:

- Presostatos de baja y alta presión, y termostato de alta temperatura de descarga de compresor.
- Protección térmica del compresor, magnetotérmicos y relé de protección de fase de serie. Interruptores diferenciales en opción.
- Interruptor magnetotérmico para la línea de alimentación de bombas (opcional)
- Interruptor general en cuadro eléctrico.
- Protección de las intercambiadores mediante aislamiento térmico para evitar daños
- Embalaje de transporte de máxima protección.

Cuadro eléctrico y electrónica

Cuadro eléctrico de potencia y maniobra tropicalizado (hilos calculados para alta temperatura exterior) con ventilación forzada en la unidad exterior, con interruptor general, protección térmica y magnetotérmica de compresores y bombas (opcionales) contactores en todos los motores, toma de tierra general. Relé de control de fase estándar, con control de sentido de rotación de fases y control de asimetría de fases. Opcional de relé de control de fases de mayor calidad, con detección de desequilibrio de fases, subtensión y sobretensión.

Módulo electrónico de control con microprocesador integrado que permite las siguientes funciones:

- Control electrónico para regulación de la unidad, con display de mando integrado, con protocolo de comunicación MODBUS , disponible en opción con tarjeta LonWorks, Bacnet, etc.
- Visualización de todas las informaciones en display, temperatura de consigna y valores de todas las sondas.
- Gestión completa de las alarmas, el histórico de alarmas está disponible con la tarjeta de reloj.

Configuración de parámetros de control funcionamiento del aparato y protecciones

- Regulación de temperatura en retorno o impulsión.
- Parámetros agrupados con niveles con palabra clave.
- Elección de modo de funcionamiento, frío o calor.
- Gestión de desescarches y control de tiempo de anti-corto ciclo.
- Funcionamiento con regulación de presión de condensación (opcional).
- Control de la bomba hidráulica y resistencia eléctrica de apoyo.
- Equilibrado de tiempos de funcionamiento de los compresores, límite de número de arranques de los compresores y protecciones anti-hielo de los intercambiadores de placas.

Material conforme a directivas:

Keyter Technologies tiene en cuenta toda la normativa europea correspondiente a calidad, medio ambiente y diseño ecoeficente. Las unidades cumplen con los requerimientos de las siguientes normativas europeas:

- Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2015, certificado por TÜV Rheinland.
- Sistema de Gestión Medioambiental ISO 14001:2015, certificado por TÜV Rheinland.
- Directiva de máquinas 2006/42/CE, certificado por TÜV Rheinland.
- Directiva de equipos a presión 2014/68/UE.
- Directiva de Baja Tensión 2014/35/UE.
- Directiva de Requisitos de diseño ecológicos 2009/125/CE, EU/2016/2281.
- Directiva sobre Sustancias que agotan la capa de ozono 1005/2009/CE.
- Directiva de Gases Fluorados de efecto invernadero 517/2014/UE.
- Directiva de compatibilidad electromagnética 2014/30/UE, y normativa de Emisiones electromagnéticas radiadas, canalizadas e inmunidad electromagnética: IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-4, IEC 61000-6-2.
- Directiva RoHS 2011/65/CE, sobre la restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas en equipamiento eléctrica y electrónico.
- Directiva de seguridad en equipamiento eléctrico en máquinas, EN 60204-1.
- Directiva de eficiencia de motores de ventiladores, 2012/27/UE.
- Norma Europea EN 378-2.

Además de ello, el equipo técnico de Keyter Technologies está continuamente investigando e incorporando las tendencias y los nuevos desarrollos que permitan una mejora de la eficiencia energética de los equipos para adaptarse a las nuevas reglamentaciones futuras.

Keyter Technologies cuenta con un sistema de gestión de residuos mediante gestor autorizado certificado ISO 14001, especialmente dedicado que le permite reducir el impacto medioambiental de sus productos, así como contemplar en el diseño de los equipos parámetros de ecodiseño con el fin de minimizar el uso de gases refrigerantes HFC, embalajes de plástico, aceites, etc.

Las especificaciones y características técnicas reflejadas en este manual han sido dadas como información. El fabricante se reserva todos los derechos de modificación sin previo aviso.

Proyecto: Centro logístico en Valladolid
Configuración: Enfriadora R454B 300kW -4/-9ºC

Dimensiones - KWM-4680-RNS3B

Largo	5.630 (mm)	Ancho	2.100 (mm)
Alto	2.480 (mm)	Peso	4.670 (kg)

- Ficha técnica Energrout 2.1:

ENERGROUT

Holcim

ENERGROUT HD 2.1

MORTERO DE INYECCIÓN DE ALTA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PARA APLICACIONES DE GEOTERMIA

Holcim ENERGROUT

HD 2.1

DESCRIPCIÓN

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

COMPOSICIÓN

Es una mezcla de arenas de sílice con una curva granulométrica ideal con tamaño máximo de partículas <0,3 mm y cemento sulfo-resistente, mejorado con aditivos naturales y sintéticos para conferir las propiedades deseadas.

CARACTERÍSTICAS

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

PROPIEDADES

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

MODO DE EMPLEO

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

DATOS TÉCNICOS

Agua de amasado por saco	10,75 litros
Dosificación por m³	510 l. de agua y 1.250 kg de HD 2.1
Densidad del mortero	1,76 TN/m³
Conductividad Térmica	2,1 W/mK
Fluidez cono de Marsh	65 seg
Tamaño máximo de partículas	0,5 mm
Presentación	56 sacos de 25 kg en palets (1.400 kg)
Tiempo de aplicación	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 consulta 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

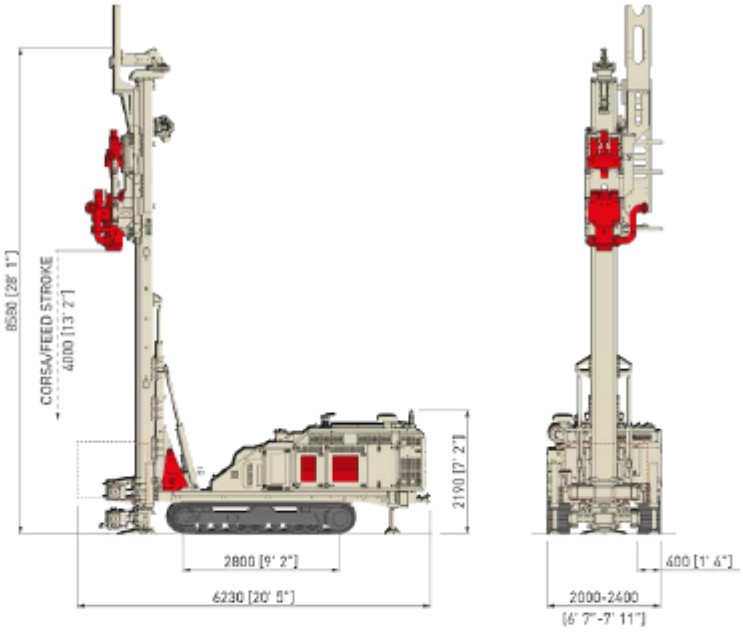
Fábrica de Alicante
C/ Partida Fontcalent, s/n
03113 Alicante
Tel. 965 112 330
Fax 965 112 767

Fábrica de Málaga
Paraje Maldonado, s/n
29110 Monda
Tel. 952 457 040
Fax 952 457 355

- Ficha técnica COMACCHIO GEO 900 GT:

GEO 900 GT

COMACCHIO DRILLING HI-TECH



Rotazione - Rotazione
Rotary - Rotary

	m.s.	i.s.		
Potenza Motore *Engine Power*	kW	HP	126 - 160	169 -215
Livello Emissioni *Emission Level*	-		Stage 3A / Tier3 - **Stage 5 / Tier 4 final** *(HT line)*	
Corsa Mast *Mast Feed Stroke*	mm	ft	4.000 - 5.030	13' 1" - 16' 6"
Forza di Spinta *Feed Force*	daN	lbs	7.000 - 19.500	15,736 - 43,837
Forza di Tiro *Retract Force*	daN	lbs	15.000 - 19.500	33,721 - 43,837
Coppia Rotary *Rotary Torque Range*	daNm	lb*ft	* 600 - 1.100 ** 850 - 3.600	* 4,425 - 8,113 ** 6,269 - 26,552
Giri Rotary *Rotary Speed Range*	rpm		* 70 - 170 ** 18 - 78	
Serraggio Morse *Clamp Range*	mm	in	45 - 365	1" ¾ - 14" ⅜
Peso *Weight*	kg	lbs	15.000 - 18.000	33,000 - 39,700

* Testa Superiore / *Upper Head* - ** Testa Inferiore / *Lower Head*

I dati tecnici sono indicativi e soggetti a modifiche senza preavviso. / *Specifications shown are only indicative and subjected to change without prior notice.*

La scheda tecnica non riflette tutti i possibili allestimenti della macchina. Richiedi ulteriori informazioni cliccando qui.
This is a simplified data sheet that does not show all possible rig configurations. For further information click here.

- Ficha técnica sonda geotérmica y accesorios ALB:

SISTEMA DE GEOTERMIA 22-7001

SONDA GEOTÉRMICA ALB-GEROtherm® DE CAPTACIÓN VERTICAL, PE 100-RC y PE 100-RT

1. Descripción

Las sondas de geotermia para instalación vertical en el subsuelo están fabricadas en polietilenos de alta calidad, PE 100-RC (resistentes al agrietamiento) o PE 100-RT (resistentes a la temperatura), relación de diámetros SDR11 y PN16. La unión del extremo inferior está realizada en forma de U, soldada en fábrica mediante el proceso certificado según VDI 4640. En esta pieza se fija el peso para ayudar a la introducción del conjunto. Una vez introducida la sonda en el pozo y rellenado el mismo para sellarlo, la estanqueidad de la parte enterrada es perfecta, al no existir uniones. El sistema de sondas ALB está certificado según SKZ.

2. Características

Propiedades	Norma	PE-100 RC	PE-100 RT
Densidad	ISO 1183	0,96 g/cm³	0,94 g/cm³
Presión de trabajo	-	PN16 (16bar)	
Diámetros disponibles		32 x 2,9 y 40 x 3,7mm	
Longitudes disponibles		De 80 a 165m	
Relación de diámetros	-	SDR11	
Radio mínimo de curvatura del tubo a 20ºC	-	20*dn	
Módulo de elasticidad	ISO 527 1/2	900 MPa	850 MPa
Resistencia a la tracción	ISO 527 1/2	23 MPa	22 MPa
Alargamiento en la fluencia (23ºC; v=50mm/min)	ISO 527 1/2	9%	8%
Alargamiento a la rotura	EN 638	≥ 350%	≥ 780%
Resistencia al impacto	ISO 179	Sin rotura	
Temperatura máxima	-	+ 40 ºC	+ 70ºC
Temperatura mínima	-	-20ºC	
Conductividad térmica	DIN 52612	0,42 W/m·K	0,41 W/m·K
Rugosidad	Prandtl-Colebrook	0,01mm	

3. Colocación / Instalación

Para la introducción de la sonda en la perforación se fijará el peso en el extremo, y junto con el tubo de inyección, se deslizará el conjunto hacia el interior. Es recomendable realizar la operación con agua en el interior de las sondas para facilitar el empuje y detectar posibles fugas antes de rellenar y sellar el pozo.

4. Ventajas del producto

- Fiable. Las uniones del pie de la sonda se realizan en fábrica.
- Duradero. Una vez instalado, el material queda enterrado y protegido de cualquier agente meteorológico.
- El rango de temperaturas de trabajo admisible lo hace ideal para combinar con sistemas de baja temperatura: bombas de calor + suelo radiante.
- Producto certificado por SKZ.

5. Accesorios comunes para todas las sondas

5.1. Pie de sonda ALB-GEROtherm®

Características

Material de construcción	PE-HD 100
Presión nominal	PN22 (22bar)
Diámetro de sonda	32/40mm

- Mayor resistencia a la presión interna (PN22).
- Perfil externo compacto. Permite optimizar el diámetro del pozo.
- Uniones por soldadura a solape. Trazable; sin rebabas internas que aumenten la pérdida de carga.
- Estructura superficial protectora; minimiza la posibilidad de daños durante la introducción de la sonda.
- Componente probado a presión y certificado unitariamente.
- Incorpora anclaje para el peso ALB-GEROtherm® u otros pesos.
- Separador de lodos y partículas; evita el ensuciamiento del circuito de la bomba de calor.

5.2. Pesos ALB-GEROtherm®

Peso inicial de 15 Kg

Peso inicial de 15 Kg + peso adicional de 20 Kg

Los pesos iniciales se suministran con un pasador abisagrado preinstalado. En los pesos adicionales, el pasador se fija en la abertura de los mismos mediante una brida.

- Funcionalidad como peso para permitir una introducción de la sonda en el pozo más fácil y rápida
- Para sondas dobles o simples
- Montaje simplificado sin herramientas. Ahorro de tiempo en la instalación.
- Construido en PU / Fundición.

5.3. Distanciador

Es un accesorio para mantener la separación entre los tubos de la sonda. El intervalo de colocación aconsejado es entre 5 m y 10 m.

Descripción	Material	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
2x40mm	PE Negro	80x50x30	0,042
4x32mm	PE Negro	115x44x25	0,050
4x40mm	PE Negro	130x42x28,5	0,048

7. Sondas verticales ALB GEROtherm® PE 100-RT

7.1. Sonda vertical ALB GEROtherm®

Las sondas geotérmicas de polietileno de alta densidad PE 100 son de uso habitual y se encuentran ampliamente extendidas. La vida útil estimada para aplicaciones de sólo calefacción y para aplicaciones de calefacción/refrigeración es de más de 100 años, siempre que la temperatura del fluido que circula por ellas no sea superior a 40º C. Cabe mencionar que temperaturas superiores a 40º C no son habituales en instalaciones convencionales.

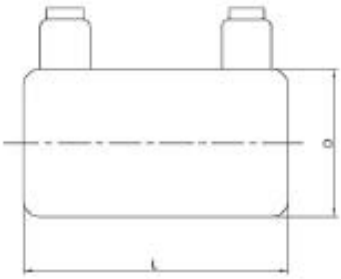
Sin embargo, la energía geotérmica ha ampliado su campo de uso y cada vez son más comunes las aplicaciones en las que la temperatura del fluido es superior a 40º C. Los proyectos en los que el fluido alcanza altas temperaturas son por ejemplo:

- Proyectos con altas cargas de refrigeración y cargas pequeñas de calefacción.
- Proyectos de sólo frío.
- Disipación solar al sistema geotérmico para almacenar el calor.

En estos casos no convencionales se pueden registrar altas temperaturas en un corto periodo de tiempo que pueden superar los 90º C. En tal caso, el uso de un Polietileno de alta densidad estándar (PE-RC) acortaría la vida útil considerablemente, lo que afectaría la rentabilidad del sistema. Para este tipo de proyectos se recomienda utilizar la sonda GEROtherm® para temperaturas altas, **PE 100-RT**, que puede soportar temperaturas puntuales de hasta 95º C y temperaturas de trabajo continuadas de 70º C a 6 bar de presión sin ver disminuida su vida útil de manera apreciable.

7.2. Manguito PE 100-RT ALB GEROtherm®

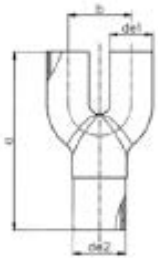
Manguito electrosoldable para sondas PE 100-RT. Fabricado en PE-RT para relación de diámetros SDR11 y PN16.



Descripción	L (mm)	D (mm)	Peso (kg)
Manguito PE-RT Ø 32	79	44	0,072
Manguito PE-RT Ø 40	92	53	0,100

7.3. "Y" PE 100-RT ALB GEROtherm®

"Y" para unión doble de las sondas geotérmicas a colector, se transforma a unión única de diámetro inmediatamente superior.



Descripción	de1 (mm)	de2 (mm)	a (mm)	b (mm)	Peso (kg)
Unión Y PE-RT	Ø 32	Ø 40	160	50	0,110

7.4. Unión "Y" prensada de latón para sonda ALB GEROtherm®

VER APARTADO ANTERIOR 6.4. MISMO ACCESORIO.

- Ficha técnica arqueta colectora PESA-GEO:

Arquetas para Geotermia

pesa well engineering

Arquetas para proyectos con sondas geotérmicas

Arqueta PESA-GEO® 1225 HU – D 40 — Arqueta estándar, hasta 28 circuitos — PG 1

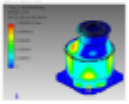
PESA-GEO® 1225 HU, con sistema antiflotación integrado – Flex 200

OPCIONES DE CIERRE, SEGÚN TIPO DE CARGA

Flex 200 / Flex 600 / KLA	KLB (12,5 t)	KLD (40 t)	Bajo placa base
Cuello regulable en altura. Flex 200 = peatonal hasta máx. 200 Kg Flex 600 = transitable hasta máx. 600 Kg.	Cuello regulable en altura. Transitable. Incluye tapa de hierro fundido.	Cuello regulable en altura. Transitable camiones. Incluye anillo de disipación de fuerza. BEGU KLD.	Construcción monolítica con cuello alargado a reducir en obra
HA = 150 – 350 mm	HA = 150 – 550 mm	HA = 400 – 500 mm	Altura necesitada a petición

H (altura total) = HSK (altura del cuerpo) + HA (altura cuello extensible)
Ej.: PESA-GEO® 1225 HU + Flex 200 = 1263 + 150 = 1413 mm (Altura mín.) ó 1263 + 350 = 1613 mm (Altura máx.)

Probado sobre terreno / Verificado por FEM

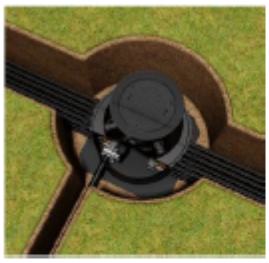


Ganchos de sujeción desde la versión PESA-GEO® 940

Opcional, purgador para sondas coaxiales

Versión bilateral Flex 200 (transitable y regulable en altura hasta 200 mm)

A petición, conexiones a circuitos D 25 / D 32 / D 50



Circuitos*	Ø Colector	Ø Bomba de Calor	Configuración**	Llave paso General	Precio (€)
PESA-GEO® 1225 HU - Versión bilateral, instalación colectores en horizontal en forma de "U" – Una fila					
11	D 90	D 75	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	3.636,35
12	D 90	D 75	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	3.749,65
13	D 110	D 90	Caudalímetro – Llave bola	-	4.104,30
14	D 110	D 90	Caudalímetro – Llave bola	-	4.219,70
15	D 110	D 90	Caudalímetro – Llave bola	-	4.335,15
16	D 110	D 90	Caudalímetro – Llave bola	-	4.450,55
PESA-GEO® 1225 HU - Versión bilateral, instalación colectores en horizontal en forma de "U" – Dos filas					
14	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	4.400,15
15	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	4.528,00
16	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	4.655,85
17	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	4.804,40
18	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	4.932,80
19	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	5.061,20
20	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	5.105,70
21	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	5.231,90
22	D 125	D 90	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	5.358,05
23	D 140	D 110	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	6.156,80
24	D 140	D 110	Caudalímetro – Llave bola	Sobreprecio***	6.284,35
25	D 140	D 110	Caudalímetro – Llave bola	-	6.422,90
26	D 140	D 110	Caudalímetro – Llave bola	-	6.550,45
27	D 140	D 110	Caudalímetro – Llave bola	-	6.678,00
28	D 140	D 110	Caudalímetro – Llave bola	-	6.805,55

* Conexión diámetro sondas D 40 (otros diámetros disponibles a petición).
** Caudalímetro estándar 8-38 l/min – Llave bola DN 25

Sobreprecio***			
Tipo	Circuitos	Llave paso General	Precio (€)
HU	11-12	Llave mariposa DN 65	468,75
HU	14 - 22	Llave mariposa DN 80	598,45
HU	23 - 24	Llave mariposa DN 100	741,65

HU = Versión horizontal en forma de "U"

Además de las arquetas del catálogo, también fabricamos arquetas específicas según indicaciones del cliente. Aplicamos una solución técnica e individual para cada proyecto

Cierres reforzados para cargas de transito superiores / Accesorios alternativos

Tapas de cierre (para cargas de transito elevadas)	Sobreprecio Flex 200*
Flex 600 (transitable hasta máx. 600 kg)	81,80 €
KLA (1500 N, prueba de carga)	93,40 €
Estructura circular de cierre KLB (12,5 t)	504,95 €
Estructura circular de cierre KLD (40 t)	1.290,35 €

* Recargo sobre tarifa estándar para Flex 200

Caudalímetros Opcionales	Sobreprecio**
Caudalímetro 5-42 l/min	17,90 €/Circuito
Caudalímetro de plástico 5-42 l/min	18,70 €/Circuito

** Recargo sobre tarifa estándar. Caudalímetro estándar 8 – 38 l/min

Conexión purgador para sondas coaxiales***	69,50 €/conexión

*** Integrado en la pared de la arqueta para una conexión directa con la llave giratoria KFE

Accesorios adicionales	Sobreprecio
2 x Manometro (0-6 bar)	59,95 €
2 x Termometro (-10-50°C)	128,40 €
2 x Purgadores automaticos	73,95 €

Accesorios electrosoldables (ver lista de precios Accesorios y Componentes Especiales).

Pesa Well Engineering S.L. • Calle Laguna Dalga 12, nave A5, 28021 Madrid • Tel: +34 91 792 0330 • comercial@grupo-pwe.com • www.grupo-pwe.com

- Ficha técnica propilenglicol TYFOCOR L-eco:

Información Técnica

TYFOCOR® L-eco®

Concentrado

Producto Anticongelante y Anticorrosivo para Sistemas de Calefacción y Refrigeración en el sector de Alimentos y Bebidas, para Sistemas Solares Térmicos y Bombas de Calor geotérmicas – a base de recursos renovables

TYFOROP Chemie GmbH

Características de TYFOCOR® L-eco® Concentrado

Aspecto	líquido claro, amarillento	
Punto de ebullición	> 150 °C	ASTM D 1120
Punto de solidificación	< –50 °C	DIN ISO 3016
Densidad (20 °C)	1,054–1,058 g/cm³	DIN 51757
Viscosidad (20 °C)	68–72 mm²/s	DIN 51562
Refracción nD20	1,410–1,450	DIN 51423
Valor pH (20 °C)		
- concentrado	8,0–9,0	ASTM D 1287
- 33 % vol.	7,5–8,5	ASTM D 1287
Contenido de agua	max. 4 %	DIN 51777
Punto de inflamación	> 100 °C	DIN 51758
Reserva de alcalinidad	> 8 ml 0,1 m HCl	ASTM D 1121

Estos datos corresponden a los valores medios en el momento de la impresión de la presente Información Técnica. No tienen la consideración de una especificación del producto. Los datos característicos pormenorizados forman parte de una especificación del producto independiente.

Propiedades

El **TYFOCOR® L-eco®** es un líquido prácticamente inodoro y higroscópico. Se basa en propilenglicol, una sustancia no perjudicial para la salud, que se ha obtenido de recursos renovables. Puede emplearse en el sector alimentario y de agua potable como salmuera refrigerante o líquido caloportador.

El producto contiene inhibidores de corrosión muy efectivos que aportan una protección duradera a largo plazo contra la corrosión, el envejecimiento y la formación de depósitos a todos los metales y sus combinaciones comúnmente usados en la tecnología solar térmica así como en los sistemas de calefacción y refrigeración. Mantiene limpias las superficies de transmisión térmica, garantizando así un rendimiento del sistema elevado y uniforme.

El **TYFOCOR® L-eco®** es miscible con agua sin límites y, dependiendo de la concentración, puede llegar a prevenir el congelamiento hasta los –50 °C. Las sales que determinan la dureza del agua no influyen en modo alguno en la eficacia del producto ni tampoco dan lugar a precipitaciones en el líquido caloportador. Las mezclas del producto con agua no se separan. El **TYFOCOR® L-eco®** no contiene bórax ni nitritos, ni fosfatos, ni aminas.

Miscibilidad

El **TYFOCOR® L-eco®** es miscible con todos los productos anticongelantes comerciales a base de propilenglicol. Si la mezcla de **TYFOCOR® L-eco®** con otros productos se destina, se recomienda, sin embargo, ponerse en contacto con nuestro departamento de técnica de aplicación de antemano.

Aplicación

El **TYFOCOR® L-eco®** en mezcla con agua se emplea como salmuera en circuitos de refrigeración y calefacción de la industria alimentaria y de productos de consumo, como fluido caloportador para los sistemas solares y bombas de calor y como anticongelante en sistemas rociadores de incendios. El agua neutra (calidad del agua potable con un contenido de cloruro máximo de 100 mg/kg) o agua desmineralizada deben ser utilizadas para mezclar con el producto. Por motivos de protección contra la corrosión, se recomienda no utilizar contenidos inferiores o superiores a los aquí indicados:

en sistemas solares:	40–75 % vol. **TYFOCOR® L-eco®**
en otros sistemas:	25–75 % vol. **TYFOCOR® L-eco®**

Resistencia térmica en Sistemas Solares

Un sometimiento permanente a temperaturas de más de 170 °C provoca el envejecimiento prematuro del **TYFOCOR® L-eco®**. En el caso de las instalaciones solares térmicas cuyas temperaturas de estancamiento superen los 170 °C, se recomienda dimensionar los vasos de expansión de manera que, al alcanzarse al estancamiento, el líquido solar pueda salir de los captadores y ser recogido por completo en los vasos de expansión.

Con temperaturas superiores a 200 °C comienza una lenta modificación química del líquido caloportador que puede poner en peligro la seguridad funcional de la instalación.

Efecto anticongelante, Densidad, Índice de refracción

TYFOCOR® L-eco® Concentrado	Efecto anti-congelante*	Densidad a 20 °C	Índice de refracción nD20
25 % vol.	–10,7 °C	1024 kg/m³	1,3618
30 % vol.	–14,0 °C	1029 kg/m³	1,3677
35 % vol.	–17,6 °C	1034 kg/m³	1,3734
40 % vol.	–21,5 °C	1039 kg/m³	1,3792
45 % vol.	–26,0 °C	1043 kg/m³	1,3847
50 % vol.	–32,4 °C	1047 kg/m³	1,3901
55 % vol.	–40,4 °C	1050 kg/m³	1,3955
60 % vol.	–48,4 °C	1053 kg/m³	1,4001

* Efecto anticongelante = punto de congelación, ver página 9

Efecto anticorrosivo

La tabla siguiente indica el efecto anticorrosivo de una mezcla de 33 % vol. de **TYFOCOR® L-eco®**/agua después de un test de 14 días a 88 °C bajo aireación permanente. Ensayo de corrosión según ASTM D 1384 (American Society for Testing and Materials).

Material	Variación del peso mediana	Pérd. del peso valor límite
Cobre (SF Cu)	–0,28 g/m²	10 g/m²
Soldadura blanda (L Sn 30)	–0,30 g/m²	30 g/m²
Latón (MS 63)	–0,20 g/m²	10 g/m²
Acero (H)	±0,00 g/m²	10 g/m²
Hierro colado (GG 26)	±0,00 g/m²	10 g/m²
Alum. colado (G-AlSi6Cu4)	–0,10 g/m²	30 g/m²

Compatibilidad con juntas

Las mezclas de **TYFOCOR® L-eco®** con agua no atacan a las juntas comúnmente usadas en las instalaciones de calefacción y refrigeración así como en la tecnología solar térmica. El cuadro siguiente ha sido elaborado tomando como base nuestra experiencia, ensayos

propios e información procedente de la bibliografía disponible. Juntas, elastómeros y materiales plásticos que son compatibles con las mezclas de **TYFO**COR® **L-eco®**/agua:

Pastas de sellado como Fermit®, Fermitol® (marcas registradas de Nissen & Volk GmbH, Hamburgo, Alemania), cáñamo

Caucho butílico	IIR
Caucho policloropreno	CR
Caucho etileno-propileno-dieno	EPDM
Elastómeros fluorocarbonados	FPM
Caucho hasta 80 °C	NR
Caucho nitrilo	NBR
Poliacetal	POM
Poliamida hasta 115 °C	PA
Polibuteno	PB
Polietileno blando/duro	PE-LD/HD
Polietileno reticulado	PE-X
Polipropileno	PP
Politetrafluoroetileno	PTFE
Cloruro de polivinilo duro	PVC d
Caucho de silicona	Si
C. de estireno-butadieno hasta 100 °C	SBR
Poliésteres insaturadas	UP

Las resinas fénolicas, las resinas de urea-formaldehído, el cloruro de polivinilo blando y los elastómeros de poliuretano no son resistentes.

En caso de utilizarse elastómeros, hay que tener en cuenta que las características de uso de estos materiales vienen determinadas no sólo por las características del caucho original (p. ej. EPDM), sino también por el tipo y la cantidad de los materiales adicionales, así como por las condiciones de vulcanización. Por ello, se recomienda llevar a cabo una prueba de adecuación para la mezcla **TYFO**COR® **L-eco®** y agua antes de su utilización por vez primera. Ello resulta aplicable en particular a los elastómeros que se prevea utilizar como material para las membranas de los vasos de expansión según DIN EN 12828 y DIN 4807, parte 2.

Han demostrado su estabilidad frente a mezclas de **TYFO**COR® **L-eco®**/agua calientes: hasta 160 °C juntas a base de 70 EPDM 281 (Carl Freudenberg GmbH, D-69465 Weinheim). Hasta 200 °C: juntas planas como por ejemplo REINZ-AFM 34 (REINZ-Dichtungs-GmbH, D-89229 Neu-Ulm) o Centellen 3820 a base de aramida/NBR especial (Hecker Werke GmbH, D-71093 Weil im Schönbuch).

Indicaciones de aplicación

Las características especiales de **TYFO**COR® **L-eco®** hacen precisa la observancia de las siguientes indicaciones de aplicación si se desea proteger de forma duradera para las instalaciones.

1. Las instalaciones deben construirse como sistemas cerrados, ya que la entrada de oxígeno atmosférico provocaría un consumo más rápido de los inhibidores.

2. Las instalaciones no deben contener intercambiadores de calor, recipientes o tubos galvanizados por interno, porque las mezclas de propilenglicol y agua pueden disolver el zinc.

3. Los vasos de expansión de membrana deben cumplir los requisitos de DIN EN 12828 y DIN 4807, parte 2.

4. Es preferible que las uniones soldadas se lleven a cabo por medio de soldaduras fuertes de plata o cobre. Si se utilizan fundentes que contengan cloruros para la soldadura blanda, deberán retirarse los residuos que queden en el sistema enjuagándolo a conciencia. De lo contrario un aumento del contenido de cloruros en el líquido caloportador puede conducir a la corrosión por picadura por ejemplo de acero inoxidable.

5. Las mezclas de **TYFO**COR® **L-eco®** con agua se comportan químicamente inertes. No obstante, es preciso asegurarse de que los materiales de las juntas y uniones usados son resistentes, según las indicaciones del fabricante, a la temperatura máxima alcanzada por el líquido.

6. Como elementos de unión flexibles se utilizarán tubos flexibles con barrera de difusión de oxígeno o, preferiblemente, tubos metálicos flexibles.

7. Hay que asegurarse de que entre los componentes de la instalación que están en contacto con la mezcla de **TYFO**COR® **L-eco®**/agua no existen corrientes eléctricas inducidas (peligro de corrosión).

8. Todas las tuberías deben colocarse de tal modo que no puedan surgir problemas de circulación por la existencia de bolsas de aire o sedimentos.

9. El sistema debe estar siempre lleno de líquido hasta el nivel más alto. En la posición más alta debe disponerse un recipiente cerrado con una válvula de aireación para la separación de los gases.

10. Deben instalarse únicamente válvulas de aireación automáticas que impidan de forma segura la infiltración posterior de aire.

11. La escoria que se forme en las superficies de cobre debe ser eliminado del sistema antes de llenarlo. De lo contrario, estas partículas se retiran por el líquido caloportador caliente y estan transportados a otras áreas del sistema, lo que posteriormente puede conducir a la formación de depósitos y a la obstrucción de la tasa de flujo de fluido.

12. Durante el montaje y antes del llenado, la instalación y sus componentes deben protegerse contra la entrada de suciedad y agua. Una vez completada la instalación, debería llevarse a cabo una limpieza interior (enjuagado) con el objeto de eliminar las virutas metálicas, los fundentes, los auxiliares del montaje y otras impurezas. Una vez efectuadas la limpieza interior y la prueba de estanqueidad, debe vaciarse completamente el sistema y llenarse inmediatamente con la mezcla de **TYFO**COR® **L-eco®** con agua para protegerlo contra la corrosión, aun cuando éste se vaya a poner en funcionamiento más tarde.

13. Tras llenarlo, hay que comprobar que en la instalación no quedan bolsas de aire. Las bolsas de aire/de gaz forman una depresión en caso de descenso de la temperatura pudiendo ocasionar la entrada de aire en el interior del sistema. Desaireación insuficiente además afecta a la eficacia de transferencia de calor del sistema.

14. Tras el primer llenado y la puesta en funcionamiento, y en cualquier caso dentro del plazo de 14 días, deben limpiarse los filtros que pudieran haberse instalado con el objeto de no entorpecer la libre circulación del líquido.

15. El contenido de la mezcla de **TYFO**COR® **L-eco®** y agua puede ser comprobado mediante la medición de la densidad del fluido con un densímetro o un probador de anticongelante adecuado para mez-

clas de propilenglicol y agua. De una manera igualmente cómodo y preciso para determinar la concentración consiste en medir el índice de refracción mediante el uso de un refractómetro. Un resumen del efecto anticongelante, las densidades y los índices de refracción de las mezclas del producto con agua se encuentra en la página 2.

16. En caso de pérdidas de fluido por evaporación, deberá rellenarse con agua potable neutra o agua desmineralizada. Las pérdidas causadas por las fugas o la recogida del líquido caloportador deben ser reemplazados por una mezcla de **TYFOCOR® L-eco®** Concentrado con agua potable o agua desmineralizada de la misma concentración ya existente en la instalación. En caso de duda, el contenido de **TYFOCOR® L-eco®** debe ser determinado a través de la densidad o el índice de refracción como se describe en la sección **15**.

Conservación

El producto se conserva al menos durante tres años en recipientes herméticamente cerrados. No se deben almacenar en recipientes galvanizados.

Forma de suministro y embalaje

El **TYFOCOR® L-eco®** está disponible en forma de concentrado o premezclado de acuerdo a las especificaciones del cliente. Se suministra en camiones cisterna, en contenedores IBC de 1.000 litros, en barriles de 200 litros, y en bidones de plástico no retornables de 60, 30, 25, 20 y 10 litros.

Eliminación

El **TYFOCOR® L-eco®** derramado debe recogerse aplicando un material absorbente y eliminarse conforme a la normativa. Para más información, consulte la Ficha de Datos de Seguridad.

Ecología

El **TYFOCOR® L-eco®** es fácilmente biodegradable. Se incluye en la clase 1 de peligro para las aguas (WGK 1, levemente peligroso) según la regulación alemana sobre materias peligrosas para el agua *'Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 18. April 2017'* (AwSV).

El **TYFOCOR® L-eco®** cumple con los criterios para el uso de sustancias peligrosas para el agua como medio de transferencia de calor en sondas y colectores geotérmicos en el sector comercial y público en la Sección 35 (2) frase 1 nº 3 AwSV.

Manipulación

Manipular el producto con las precauciones de higiene industrial adecuadas y respetar las prácticas de seguridad. Observar la información y las instrucciones indicadas en la Ficha de Datos de Seguridad.

Ficha de Datos de Seguridad

Está disponible la Ficha de Datos de Seguridad, conforme al Reglamento 1907/2006/CE (REACH) en **www.tyfo.de**.

Densidad de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua [kg/m³]
en función de temperatura y concentración

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
120	963	966	967	969	971	973	973	975
110	970	972	975	977	979	982	982	984
100	977	979	982	985	987	990	990	993
90	984	986	989	993	995	995	996	1001
80	991	993	997	1000	1002	1005	1006	1009
70	997	999	1004	1007	1010	1013	1014	1017
60	1004	1007	1010	1014	1017	1020	1022	1025
50	1010	1013	1017	1021	1024	1027	1029	1032
40	1015	1019	1023	1027	1030	1034	1036	1039
30	1020	1024	1029	1033	1037	1041	1043	1046
20	1024	1029	1034	1039	1043	1047	1050	1053
10	1028	1033	1039	1044	1049	1053	1056	1060
0	1031	1037	1043	1049	1054	1059	1062	1067
–10	1033	1040	1047	1054	1059	1065	1069	1073
–20	-	-	-	1058	1064	1070	1075	1080
–30	-	-	-	-	-	1075	1081	1086
–40	-	-	-	-	-	-	1086	1093
–50	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidad térmica específica de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua [kJ/kg·K]
en función de temperatura y concentración

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
120	4,17	4,16	4,11	4,05	3,98	3,90	3,79	3,68
110	4,15	4,13	4,08	4,01	3,94	3,85	3,75	3,64
100	4,13	4,10	4,04	3,98	3,90	3,81	3,71	3,60
90	4,10	4,07	4,01	3,94	3,86	3,77	3,67	3,56
80	4,08	4,04	3,98	3,91	3,82	3,73	3,63	3,52
70	4,05	4,01	3,94	3,87	3,78	3,69	3,59	3,48
60	4,03	3,98	3,91	3,83	3,74	3,64	3,54	3,44
50	4,00	3,94	3,87	3,79	3,70	3,60	3,50	3,40
40	3,98	3,91	3,94	3,76	3,66	3,56	3,46	3,36
30	3,95	3,88	3,80	3,72	3,62	3,52	3,42	3,32
20	3,93	3,85	3,77	3,68	3,58	3,48	3,38	3,28
10	3,90	3,81	3,73	3,64	3,54	3,43	3,34	3,24
0	3,88	3,78	3,70	3,61	3,50	3,39	3,30	3,20
–10	3,85	3,75	3,66	3,57	3,46	3,35	3,25	3,16
–20	-	-	-	3,53	3,42	3,31	3,21	3,12
–30	-	-	-	-	-	3,27	3,17	3,08
–40	-	-	-	-	-	-	3,13	3,04
–50	-	-	-	-	-	-	-	-

Conductibilidad térmica de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua [W/m·K]
en función de temperatura y concentración

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
120	0,689	0,651	0,608	0,564	0,535	0,507	0,483	0,458
110	0,665	0,628	0,588	0,546	0,515	0,490	0,467	0,443
100	0,640	0,605	0,567	0,528	0,498	0,473	0,452	0,429
90	0,616	0,583	0,547	0,511	0,482	0,457	0,436	0,414
80	0,592	0,560	0,527	0,493	0,465	0,441	0,421	0,400
70	0,568	0,538	0,507	0,475	0,449	0,426	0,407	0,386
60	0,544	0,515	0,487	0,458	0,433	0,411	0,392	0,373
50	0,519	0,493	0,466	0,440	0,417	0,396	0,378	0,359
40	0,495	0,470	0,446	0,422	0,401	0,382	0,364	0,346
30	0,471	0,447	0,426	0,405	0,385	0,368	0,350	0,332
20	0,447	0,425	0,406	0,387	0,370	0,353	0,336	0,319
10	0,423	0,402	0,386	0,369	0,354	0,339	0,322	0,305
0	0,399	0,380	0,366	0,352	0,338	0,324	0,307	0,291
–10	0,374	0,357	0,345	0,334	0,322	0,309	0,293	0,278
–20	-	-	-	0,316	0,305	0,294	0,278	0,264
–30	-	-	-	-	-	0,278	0,264	0,250
–40	-	-	-	-	-	-	0,248	0,236
–50	-	-	-	-	-	-	-	-

Viscosidad cinemática de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua [mm²/s]
en función de temperatura y concentración

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
120	0,43	0,47	0,47	0,48	0,50	0,52	0,55	0,57
110	0,48	0,53	0,56	0,59	0,63	0,68	0,73	0,79
100	0,54	0,59	0,64	0,70	0,77	0,85	0,94	1,03
90	0,61	0,67	0,74	0,82	0,93	1,04	1,16	1,29
80	0,69	0,76	0,85	0,96	1,10	1,24	1,40	1,58
70	0,79	0,89	1,00	1,14	1,30	1,49	1,70	1,92
60	0,93	1,06	1,20	1,36	1,58	1,81	2,07	2,36
50	1,13	1,30	1,48	1,69	1,96	2,27	2,61	2,94
40	1,41	1,66	1,89	2,18	2,55	2,96	3,42	3,96
30	1,85	2,21	2,55	2,96	3,49	4,10	4,77	5,57
20	2,55	3,09	3,64	4,28	5,12	6,08	7,17	8,47
10	3,70	4,57	5,53	6,69	8,13	9,83	11,8	14,2
0	5,71	7,20	9,06	11,4	14,2	17,6	21,6	26,5
–10	9,45	12,1	16,1	21,4	27,5	35,2	44,7	56,3
–20	-	-	-	44,7	60,2	80,2	106	138
–30	-	-	-	-	-	211	293	400
–40	-	-	-	-	-	-	962	1383

Números Prandtl de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua
en función de temperatura y concentración

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
120	2,50	2,90	3,07	3,34	3,61	3,89	4,20	4,47
110	2,91	3,39	3,79	4,23	4,72	5,25	5,76	6,39
100	3,41	3,91	4,48	5,20	5,95	6,78	7,64	8,58
90	4,00	4,61	5,37	6,28	7,41	8,54	9,73	11,10
80	4,71	5,44	6,40	7,61	9,05	10,54	12,14	14,03
70	5,62	6,63	7,75	9,35	11,05	13,07	15,21	17,60
60	6,92	8,25	9,73	11,53	13,88	16,35	19,10	22,31
50	8,80	10,53	12,50	14,86	17,81	21,19	24,87	28,74
40	11,51	14,07	17,08	19,95	23,97	28,52	33,68	39,96
30	15,83	19,64	23,41	28,09	34,03	40,83	48,61	58,26
20	22,46	28,80	34,95	42,29	51,67	62,76	75,73	91,71
10	35,07	44,74	55,52	68,90	82,94	104,7	129,3	159,4
0	56,91	74,27	95,53	122,6	155,0	195,0	246,6	310,9
–10	100,5	132,2	178,8	241,1	312,9	406,4	530,0	686,7
–20	-	-	-	528,3	718,2	966,1	1316	1761
–30	-	-	-	-	-	2668	3803	5352
–40	-	-	-	-	-	-	13186	19472

Puntos de ebullición de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua [°C]
en función de presión y concentración

P [bar]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
10,0	181,5	182,0	182,5	183,0	184,0	185,0	186,5	188,0
9,0	176,5	177,0	177,5	178,0	179,5	181,0	182,5	184,0
8,0	171,5	172,0	172,5	173,0	174,0	175,0	176,0	177,5
7,0	166,0	166,5	167,0	167,5	168,0	168,5	170,0	172,0
6,0	159,0	159,5	160,5	161,0	161,5	162,0	163,5	165,0
5,0	152,5	153,0	154,0	155,0	156,0	157,0	158,0	159,0
4,0	144,5	145,0	145,5	146,0	147,0	148,0	149,0	151,0
3,5	141,5	142,0	142,5	143,0	143,5	144,0	145,0	146,0
2,0	122,5	123,0	123,5	124,0	125,0	126,0	127,0	128,0
1,0	100,5	101,0	101,5	102,0	103,0	104,0	105,0	106,0

Coeficiente de expansión cubica de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua [•10^{-5}/K]
en función de temperatura y concentración

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
120	73	70	77	86	86	86	91	93
110	73	71	76	83	84	83	88	89
100	72	71	75	80	81	81	84	86
90	70	70	73	77	78	78	81	82
80	68	69	71	74	75	76	78	79
70	65	67	68	70	72	73	75	76
60	61	64	65	67	69	70	73	73
50	57	60	62	63	66	68	70	71
40	51	56	58	60	63	65	68	69
30	46	51	54	56	60	62	65	67
20	39	45	49	53	57	60	63	65
10	32	38	44	49	53	57	61	63
0	24	31	38	45	50	54	59	62
−10	15	23	32	41	47	52	57	61
−20	-	-	-	38	44	49	55	60
−30	-	-	-	-	-	46	54	60
−40	-	-	-	-	-	-	52	59
−50	-	-	-	-	-	-	-	-

Ejemplo de cálculo de la expansión de volumen:

Qué aumento de volumen en litros resultará en caso de calentar V_0 = 80 l de una mezcla de 30 % vol. **TYFOCOR® L-eco®**/agua de t_0 = −10 °C a t_1 = +90 °C ?

$\Delta t = t_1 - t_0 = +90 - |-10| = 100$ °C, $t_{medio} = t_0 + \Delta t/2 = -10 + 100/2 = +40$ °C

β_{medio} (de la tabla para 30 % en volumen) = $56 \cdot 10^{-5}$

$\Delta V = \beta_{medio} \cdot \Delta t \cdot V_0 = 56 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \cdot 80 = 4{,}48$ litros de aumento de volumen

Presión de vapor de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua [bar]
en función de temperatura y concentración

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
180	9,77	9,64	9,50	9,35	9,13	8,82	8,48	8,15
170	7,68	7,58	7,46	7,33	7,16	6,92	6,65	6,40
160	5,97	5,88	5,79	5,69	5,55	5,37	5,16	4,96
150	4,58	4,51	4,44	4,36	4,25	4,11	3,95	3,80
140	3,47	3,41	3,36	3,30	3,22	3,11	2,99	2,88
130	2,59	2,55	2,50	2,46	2,40	2,32	2,23	2,15
120	1,90	1,87	1,84	1,80	1,76	1,70	1,64	1,58
110	1,37	1,35	1,32	1,30	1,27	1,23	1,18	1,14
100	0,97	0,95	0,94	0,92	0,90	0,87	0,84	0,81
90	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,61	0,59	0,57
80	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,41	0,40	0,39
70	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26
60	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17	0,17
50	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
40	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
30	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Factor relativo de caida de presión de las mezclas TYFOCOR® L-eco®/Agua
en comparación con el agua a 10 °C, tubería de flujo turbulente (valores aproximados)

T [°C]	25 % vol.	30 % vol.	35 % vol.	40 % vol.	45 % vol.	50 % vol.	55 % vol.	60 % vol.
100	0,80	0,81	0,84	0,86	0,88	0,90	0,93	0,96
90	0,82	0,83	0,86	0,89	0,90	0,92	0,96	0,99
80	0,85	0,86	0,89	0,92	0,92	0,94	0,99	1,03
70	0,89	0,90	0,92	0,95	0,99	1,01	1,05	1,09
60	0,93	0,94	0,98	1,01	1,06	1,08	1,12	1,16
50	0,98	1,00	1,04	1,07	1,13	1,15	1,20	1,24
40	1,05	1,07	1,11	1,14	1,21	1,23	1,27	1,31
30	1,11	1,14	1,19	1,23	1,30	1,32	1,37	1,42
20	1,21	1,24	1,30	1,34	1,47	1,49	1,56	1,62
10	1,32	1,35	1,46	1,50	1,68	1,70	1,77	1,83
0	1,49	1,53	1,67	1,72	1,89	1,92	2,02	2,11
–10	1,71	1,75	1,98	2,02	2,27	2,30	2,44	2,58
–20	-	-	-	2,45	2,77	2,80	3,01	3,23

Efecto anticongelante de las mezclas de TYFOCOR® L-eco®/con agua

El **punto de congelación** es una medida del efecto anticongelante de los líquidos refrigerantes. Es la temperatura cuando empieza la formación de los cristales de hielo en la mezcla de **TYFOCOR® L-eco®**/agua. La suspensión de hielo resultante no posee ninguna fuerza expansiva. Más reducción de la temperatura produce un engrosamiento adicional de la suspensión de hielo hasta que se solidifica en el **punto de solidificación**. Sólo por debajo de esa temperatura existe el peligro de reventón para la instalación. La media aritmética del punto de congelación y el punto de solidificación se conoce como **protección contra el frío**.

La tabla siguiente muestra los puntos de congelación, la protección contra el frío y los puntos de solidificación de las mezclas de **TYFOCOR® L-eco®** con agua en función de la concentración:

TYFOCOR® L-eco® Concentrado	Punto de congelación (según ASTM D 1177)	Protección contra el frío (calculado)	Punto de solidificación (según DIN EN ISO 3016)
25 % vol.	–10,7 °C	–11,5 °C	–12,3 °C
30 % vol.	–14,0 °C	–15,0 °C	–16,0 °C
35 % vol.	–17,6 °C	–19,0 °C	–20,4 °C
40 % vol.	–21,5 °C	–23,7 °C	–26,0 °C
45 % vol.	–26,0 °C	–29,6 °C	–33,3 °C
50 % vol.	–32,4 °C	–38,2 °C	–44,0 °C
55 % vol.	–40,4 °C	–48,5 °C	< –50 °C
60 % vol.	–48,4 °C	< –50 °C	< –50 °C

Nota

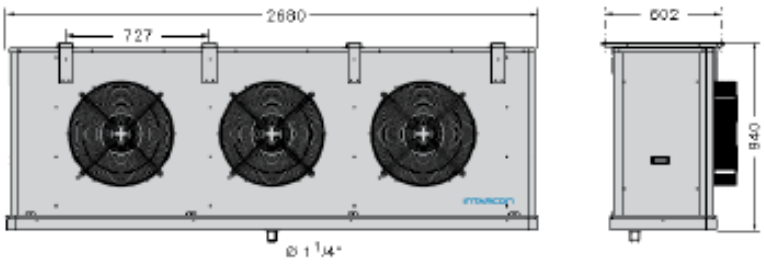
La presente información está basada en nuestros conocimientos y experiencias actuales. Debido a la gran variedad de factores que pueden influir en la transformación y aplicación de nuestros productos, la información facilitada no exime al usuario de la responsabilidad de llevar a cabo sus propios controles y ensayos. Asimismo, nuestras indicaciones no constituyen una garantía jurídicamente vinculante respecto de la existencia de determinadas propiedades ni tampoco respecto de la idoneidad para un uso específico. Es responsabilidad del receptor de nuestros productos observar las reglamentaciones y normativas correspondientes.

Ficha técnica: MKH-NH-2350

Equipo seleccionado	Marca de enfriadores:	INTARCON		
	Modelo de enfriador:	MKH-NH-2350		
	Descripción:			
	Enfriador de aire industrial en construcción cúbica horizontal, para refrigeración a temperatura positiva, equipada con electroválvula de control, diseñada para agua glicolada o salmuera.			

Condiciones de cálculo	Temperatura de cámara:	2.0 °C	Humedad relativa:	85 %
	Fluido secundario:	Propilenglicol 35%	Temperatura de entrada:	-8.0 °C
	Temperatura de salida:	-3.0 °C	Altitud:	667 m
Prestaciones	Potencia frigorífica:	25959 W	Potencia frigorífica sensible:	18292 W
	Caudal de aire:	19200 m³/h	Caudal de agua condensada:	10,02 l/h
	Temp. de salida del aire:	-0,9 °C	Humedad relativa de salida:	94 %
	Caudal de fluido refrigerante:	1,326 l/s	Caída de presión en el fluido:	19 kPa
Parámetros de funcionamiento	Temperatura de aleta:	-2,4 °C	Eficiencia de aleta:	69 %
	Coeficiente de intercambio:	4341 W/K	Velocidad del fluido en tubo:	0,5 m/s
Características físicas	Paso de aleta:	5,0 mm	Superficie aleteada:	157,2 m²
	Volumen interno:	49,9 l		
Características eléctricas	Alimentación:	400V.3	Potencia absorbida:	1,95 kW
	Intensidad nominal:	3,5 A		

Dimensiones



Largo:	2680 mm	Ancho:	602 mm
Alto:	940 mm	Peso:	184 kg
Conexiones hidráulicas:	2"		

INTARCON

Serie KD-NH – Enfriadores de aire de doble flujo industrial

- Agua glicolada.
- Grandes salas de trabajo.
- Válvula solenoide integrada.
- Control electrónico precableado (opcional).

Unidades enfriadoras de aire industriales tipo plafón de doble flujo, con agua glicolada, equipadas con válvulas de regulación y control, construidas en estructura en acero galvanizado y carrocería de acero con pintura poliéster.

Características

- Alimentación 400V 3N 50Hz. Disponible en 60 Hz. Otras tensiones a consultar.
- Doble batería de enfriamiento de aire de alta eficiencia, de tubos de cobre y aletas de aluminio, con paso de aleta de 4 y 6 mm.
- Desescarche por aire.
- Bandeja de condensados abatible en acero inoxidable.
- Motoventiladores axiales silenciosos de baja velocidad.
- Circuito hidráulico optimizado para operar con agua glicolada.
- Conexión hidráulica para roscar.
- Válvula solenoide de regulación integrada en la unidad.

Opcionales

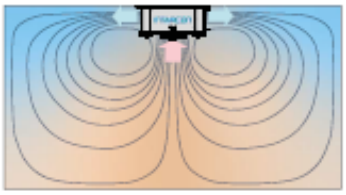
- Desescarche eléctrico por resistencias en batería y en bandeja de condensados.
- Cuadro de control y potencia con microprocesador electrónico y display digital, con protección magnetotérmica de resistencias y ventiladores, 6 relés de mando, sondas de temperatura de cámara y desescarche, e indicadores luminosos de funcionamiento.
- Kit de humidificación / deshumectación / estufaje.
- Recubrimiento anticorrosión de batería.

Cuadro de control electrónico (en opción)

Todos los equipos se pueden combinar con un avanzado controlador multifunción, formado por una placa electrónica integrada en el cuadro eléctrico y mando de control digital.

Máximo confort en salas de trabajo

La configuración de los motoventiladores en el enfriador, junto con la doble impulsión de aire a través de las baterías, crean un suave flujo laminar de aire en la cámara con un reducido nivel de turbulencia.



400V 3N 50Hz | Alta temperatura | Media temperatura | Agua glicolada

Refrigerante	Aplicación	Serie / Modelo	Potencia frigorífica según temperatura de cámara (W) 10 °C / 85 % HR (0/5 °C) PG 25 %	0 °C / 85 % HR (-10/-5 °C) PG 35 %	Batería: Paso de aleta (mm)	Spf. (m²)	Vol. (litros)	Ventiladores: Caudal (m³/h)	Nº x Ø (mm)	Potencia (W)	I máx. (A)	Alcance (m)	Circuito hidráulico: Caudal (m³/h)	Pérdida de carga (kPa)	Conexión hidráulica	Desescarche eléctrico: W	A	Peso (kg)
PROPILENGLICOL	Alta	AKD-NH-1 245*	12 970	10 070	4	63,4	13,6	6 500	2x Ø 450	300	1,8	12	3,4	4,7	1 1/4"	12x 800	13,9	170
		AKD-NH-2 250	17 760	16 560	4	88,0	19,0	9 500	2x Ø 500	500	1,4	12	5,0	6,0	1 1/2"	18x 800	20,8	210
		AKD-NH-3 350	21 620	20 240	4	117,6	25,4	13 500	3x Ø 500	760	2,1	12	6,8	3,3	2"	18x 1 000	26,0	260
	Media	MKD-NH-1 245*	11 600	10 970	6	42,8	13,6	7 200	2x Ø 450	285	1,8	12	2,2	3,3	1 1/4"	12x 800	13,9	170
		MKD-NH-2 250	15 660	14 760	6	59,4	19,0	10 000	2x Ø 500	485	1,4	12	3,2	4,5	1 1/2"	18x 800	20,8	210
		MKD-NH-3 350	19 640	18 360	6	79,2	25,4	14 500	3x Ø 500	740	2,1	12	3,9	2,1	2"	18x 1 000	26,0	260

* Equipos con desercarche por aire alimentados a 230V 50Hz.

ANEXO IV. PRESUPUESTO

001	**CAPÍTULO 1. PERFORACIONES**			
		MED.	**EUR/UD**	**TOTAL**
001.001	**Metros de perforación**	19606,54	20,00 €	392.130,80 €
	Metros de perforación para terrenos estables y continuos hasta la			
	profundidad establecida en el proyecto, incluida la entubación hasta la			
	profundidad necesaria y la colocación de la sonda, todo ello medido			
	desde la base de la perforación hasta el final de la misma.			
001.002	**Toneladas de relleno Enegrout HD 2.1**	372,11	165,00 €	61.398,15 €
	Relleno de alta conductividad, adaptada a la tipología del subsuelo en			
	la zona del proyecto con EnerGrout HD 2.1, con una conductividad de			
	2,1 W/m·K. Bomba de Inyección sistema coloidal de alta presión, y			
	mano de obra.			
001.003	**Transporte de material geotérmico**	1	4.000,00 €	4.000,00 €
	Transporte del material de relleno de la perforación, sondas, lastres,			
	tubería de conexión y glicol			
001.004	**Sonda vertical PE 100-RT 2x40 HSS 160m**	128	714,70 €	91.481,60 €
	Sonda de polietileno simple U 40 mm de 130 metros de profundidad,			
	PN 16 PE HD100 SDR 11, para circulación de fluido caloportador del			
	sistema geotérmico, con certificado. Pie de sonda termosoldadas de			
	fábrica. Totalmente instalada, probada y funcionando. Prueba de			
	presión VDI 4640.			
001.005	**Despiece de sondas**	128	130,00 €	16.640,00 €
	Suministro, colocación e instalación de:			
	- Pesa mas fijador.			
	- Tubo de llenado.			
	- Manguitos.			
001.006	**Metros tubería conexión 40 mm**	51040	2,62 €	133.724,80 €
	Metros de tubería de polietileno PE 100-RT PN 16 SDR 11 40 mm de sección para conexionado			
	PN 16 PE HD100 SDR 11, para circulación de fluido caloportador del			
	sistema geotérmico.			
	Totalmente instalada, probada y funcionando. Prueba de			
	presión VDI 4640.			

001.007	**Arqueta de 24 tomas PESA-GEO® 1225 HU – D 40**	2	5.207,50 €	10.415,00 €
	Colector con 24 conexiones D40. Incluye:			
	12 x Llave de paso en entrada PVC DN 25			
	12 x Caudalímetros			
	24 x Conexiones sondas D40 lisas			
	1 x Conexiones bomba de calor			
	1 x Purgador			
001.016	**Arqueta de 26 tomas PESA-GEO® 1225 HU – D 40**	2	5.420,53 €	10.841,06 €
	Colector de retorno para circuito geotérmico, marca GWE- PESA,			
	fabricado en PE100, SDR 11, PN 16, con llave lateral de 1" para			
	purgado y llenado.			
	- Entradas en DN 40, Inline Setter 8-28 l/min, paso útil 1”.			
	32 tomas de DN 40.			
	- Cuerpo de DN 160.			
	No se incluye conexionado horizontal.			
001.016	**Arqueta de 28 tomas PESA-GEO® 1225 HU – D 40**	1	6.025,60 €	6.025,60 €
	Colector de retorno para circuito geotérmico, marca GWE- PESA,			
	fabricado en PE100, SDR 11, PN 16, con llave lateral de 1" para			
	purgado y llenado.			
	- Entradas en DN 40, Inline Setter 8-28 l/min, paso útil 1”.			
	32 tomas de DN 40.			
	- Cuerpo de DN 160.			
	No se incluye conexionado horizontal.			
001.008	**Metros tubería conexión 110 mm**	987	8,55 €	8.438,85 €
	Metros de tubería de polietileno PE 100-RT PN 16 SDR 11 110 mm de sección para conexionado			
	PN 16 PE HD100 SDR 11, para circulación de fluido caloportador del			
	sistema geotérmico.			
	Totalmente instalada, probada y funcionando. Prueba de			
	presión VDI 4640.			
001.015	**Colector de impulsión de 5 tomas**	1	14.964,30 €	14.964,30 €
	Colector de impulsión para circuito geotérmico, marca GWE- PESA,			
	fabricado en PE100, SDR 11, PN 16, con llave lateral de 1" para			
	purgado y llenado.			
	- Entradas en DN 40, con válvulas de bola de 1" KV40.			
	5 tomas de DN 110.			
	Cuerpo de DN 300			
	No se incluye conexionado horizontal.			

001.017	**Colector de retorno de 5 tomas**	1	23.879,84 €	23.879,84 €
	Colector de retorno para circuito geotérmico, marca GWE- PESA,			
	fabricado en PE100, SDR 11, PN 16, con llave lateral de 1" para			
	purgado y llenado.			
	- Entradas en DN 40, Inline Setter 8-28 l/min, paso útil 1”.			
	5 tomas de DN 110.			
	- Cuerpo de DN 75			
	No se incluye conexionado horizontal.			
001.018	**Metros tubería conexión 200 mm**	30	27,45 €	823,50 €
	Metros de tubería de polietileno PE 100-RT PN 16 SDR 11 200 mm de sección para conexionado			
	PN 16 PE HD100 SDR 11, para circulación de fluido caloportador del			
	sistema geotérmico.			
	Totalmente instalada, probada y funcionando. Prueba de			
	presión VDI 4640.			
001.009	**Litros anticongelante**	25762,67	2,00 €	51.525,34 €
	Propilenglicol concentrado para circuitos geotérmicos.			
001.010	**Gestión de residuos**	128	150,00 €	19.200,00 €
	Gestión y retirada del detritus y/o lodos de perforación en			
	contenedores, sin incluir la limpieza de pequeños restos en obra			
001.011	**Transporte de máquina**	3	1.200,00 €	3.600,00 €
	Transporte de máquina de perforación desde sede central hasta sus			
	dependencias y retorno a la misma una vez terminadas las			
	perforaciones.			
001.012	**Dirección facultativa de las perforaciones**	1	8.988,00 €	8.988,00 €
	Dirección facultativa será realizada por un Ingeniero de Minas, con			
	objeto de certificar todas las partidas de obra constituidas en las			
	mediciones del proyecto.			
001.013	**Proyecto Geotérmico y tramitación**	1	380,00 €	380,00 €
	Proyecto para la captación geotérmica, presentación en el Organismo			
	competente según Comunidad Autónoma, documentación necesaria y			
	tramitación.			
001.014	**Test de Respuesta Térmica TRT**	1	600,00 €	600,00 €
	Test de Respuesta Térmica consistente en un ensayo de 48h como			
	mínimo para obtener valores de conductividad y resistividad del			
	terreno. Incluye informe. No incluye generador.			

	Total capítulo 001.....	859.056,84 €		
002	**CAPÍTULO 2. SALA TÉCNICA Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**			
002.001	**Enfriadora agua-agua de gran potencia ACTEA KZM 4570 R**	3	68.108,80 €	204.326,40 €
	Enfriadora agua-agua de gran potencia ACTEA KZM 4570 R			
	- RSBL (WA/WM/WB/WP/WT 4, ZB/ZM 4)			
	- RCMB			
	- EVEE (WE 5-7,WA/WM 2,ZV 21-3, ZB 2-4, ZM 21-4)			
	- ESST (ZB/ZM 4570)			
	- CHFC			
	Enfriadora de agua condensada por agua, marca KEYTER, serie			
	ACTEA, modelo KZM 4570 R, realizado			
	con chasis autoportante de acero galvanizado con pintura			
	epoxy-poliéster termoendurecible, sin			
	panelar.			
	- Alimentación 400V-III-50Hz-N.			
	- Refrigerante R-454B (tipo A2L, GWP 466)			
	- Potencia frigorífica (Tª de E/S de agua del evaporador de -4/-9ºC y			
	Tª de E/S de agua del condensador			
	de 30/35ºC): 294.8 kW.			
	- Potencia absorbida: 113.3 kW.			
	- Caudal de agua en evaporador: 58.5 m3/h.			
	- Conexiones hidráulicas en evaporador: VICTAULIC DN150			
	- Caudal de agua en condensador: 70.2 m3/h.			
	- Conexiones hidráulicas en condensador: VICTAULIC DN150			
	- Compresores herméticos scroll montados sobre soportes			
	antivibratorios, con klixon interno,			
	resistencia de cárter y sonda de temperatura de descarga.			
	- Nº compresores / Nº circuitos / Etapas potencia: 6/2/6.			
	- Intercambiadores multitubulares.			
	- Circuito frigorífico realizado en tubo de cobre recocido equipado con			
	presostatos de alta y baja			
	presión, filtro deshidratador antiácido, visor de líquido y válvulas de			
	expansión termostáticas			
	ajustables preajustadas de fábrica.			
	- Cuadro eléctrico de potencia y maniobra, con protección térmica y			
	magnetotérmica de compresor y			

	ventiladores.			
	- Control electrónico AQUAMANAGER para la regulación de la unidad.			
	- Mando PGD.			
	OPCIONALES INCLUIDOS:			
	- Versión S: circuito hidráulico con interruptor de caudal, purgador de			
	aire, válvula de vaciado.			
	- Válvula de expansión electrónica que permite la adaptación de la			
	unidad a las condiciones de			
	operación aumentando la eficiencia energética estacional a niveles			
	muy elevados.			
	- Soft-Starters para limitar la intensidad de arranque en compresores.			
	- Controlador de fases mejorado detectando sobretensión y			
	subtensión.			
	- Tarjeta de comunicación MODBUS RS485 para integración en			
	sistemas de supervisión.			
	- Suplemento antivibratorios.			
	- Cambio de refrigerante estándar R-410A por R-454B.			
	- Sistema detección de fugas de gas refrigerante (requiere panelado			
	del equipo)			
	- Equipo con paneles desmontables sin aislamiento.			
	- Ventilador de extracción ATEX			
	ENFRIADORA AGUA-AGUA CON COMPRESORES SCROLL Y			
	REFRIGERANTE R454B			
002.002	**Enfriadora de alta potencia ATLANTIA KWM 4680 R**	2	93.370,24 €	186.740,48 €
	Enfriadora de alta potencia ATLANTIA KWM 4680 R			
	- RSBL (WA/WM/WB/WP/WT 4, ZB/ZM 4)			
	- RCMB			
	- MCEC (WM 4)			
	- EVEE (WE 9, WA/WM 4) Válvula de expansión electrón			
	- ESST (WA/WM 4680)			
	- CHFC			
	- TEXCC (WA 4, WPC 4)			
	- W454B-MC			
	- MLTK (WM/WB R)			
	Enfriadora de agua condensada por aire, con baterías en V y			
	construcción compacta, marca KEYTER,			
	serie ATLANTIA, modelo KWM 4680 R, fabricada en carrocería y			
	estructura de acero galvanizado con			

	pintura epoxi-poliester termoendurecible, sin panelar.			
	- Alimentación 400V-III-50Hz-(sin neutro).			
	- Refrigerante R-454B (tipo A2L, GWP 466)			
	- Potencia frigorífica (Tª de E/S de agua de -4/-9 ºC y Tª de aire			
	exterior de 35ºC): 307.6 kW.			
	- Caudal de aire: 162000 m3/h.			
	- Caudal de agua: 57.2 m3/h.			
	- Conexiones hidráulicas: DN125.			
	- Compresores herméticos scroll montados sobre soportes			
	antivibratorios, con resistencia de carter,			
	válvula antirretorno en la descarga, klixon interno y sonda de			
	temperatura de descarga.			
	- Nº compresores / Nº circuitos / Etapas potencia: 8/4/8.			
	- Batería de amplia superficie de intercambio, en tubos de cobre y			
	aletas de aluminio, con			
	dimensionamiento para temperaturas exteriores hasta 48ºC.			
	- Motoventiladores axiales de bajo nivel sonoro, con protección			
	electrónica interna, montados en			
	tobera, hélices equilibradas dinámicamente y rejillas de protección			
	exterior.			
	- Control modulante de presión de condensación mediante variador de			
	frecuencia en ventiladores.			
	- Intercambiador multitubular.			
	- Circuito frigorífico realizado en tubo de cobre recocido equipado con			
	presostatos de alta y baja			
	presión, filtro deshidratador antiácido, visor de líquido y válvulas de			
	expansión termostáticas			
	ajustables preajustadas de fábrica.			
	- Cuadro eléctrico de potencia y maniobra, con protección térmica y			
	magnetotérmica de compresor y			
	ventiladores.			
	- Control electrónico AQUAMANAGER para la regulación de la unidad.			
	- Mando PGD.			
	OPCIONALES INCLUIDOS:			
	- Versión S: circuito hidráulico con interruptor de caudal, purgador de			
	aire, válvula de vaciado.			
	- Kit de baja temperatura para trabajo con agua glicolada hasta -10ºC.			
	Incluye adaptación de			

	componentes hidráulicos, aislamiento y resistencias eléctricas en			
	componentes hidráulicos.			
	- Válvula de expansión electrónica que permite la adaptación de la			
	unidad a las condiciones de			
	operación aumentando la eficiencia energética estacional a niveles			
	muy elevados.			
	- Cambio de refrigerante estándar R-410A por R-454B.			
	- Soft-Starters para limitar la intensidad de arranque en compresores.			
	- Cambio de motoventiladores axiales AC con variador a ventiladores			
	axiales EC de bajo nivel sonoro,			
	con protección electrónica interna, montados en tobera, hélices			
	equilibradas dinámicamente y rejillas			
	de protección exterior. Ventiladores con variación de velocidad de giro			
	para adecuarse a diferentes			
	condiciones de trabajo.			
	- Cambio tobera interior recta por tobera exterior curva (Silent Ring)			
	- Tarjeta de comunicación MODBUS RS485 para integración en			
	sistemas de supervisión.			
	- Controlador de fases mejorado detectando sobretensión y			
	subtensión.			
	- Suplemento antivibratorios.			
	ENFRIADORA AIRE-AGUA CON COMPRESORES SCROLL Y			
	REFRIGERANTE R454B			
002.003	**Depósito acero inox Lapesa mod. Master Inox MXV3500- RB**	4	9.168,44 €	36.673,76 €
	PN10			
	Depósito acumulador de acero inoxidable AISI 316 L resistente a			
	corrosión. El depósito soporta una presión de hasta 8 bares y una			
	temperatura de 90ºC. Aislado térmicamente mediante poliuretano			
	rígido inyectado en molde. Su instalación será vertical sobre suelo.			
002.004	**Unidad enfriadora de aire MKH-NH-2350**	22	8.664,00 €	190.608,00 €
	Unidad enfriadora de aire tipo cúbico industrial para refrigeración a			
	media temperatura marca INTARCON, modelo MKH-NH-2350.			
	Diseñada para trabajar con agua glicolada o salmuera. Construida en			
	estructura y carrocería de acero galvanizado con pintura poliéster			
	termoendurecible. Batería de alta eficiencia de tubos de cobre y aletas			

	de aluminio. Bandeja de condensados abatible en acero inoxidable.			
	Motoventiladores axiales de alto caudal, de doble velocidad. Circuito			
	hidráulico optimizado para agua glicolada. Válvula solenoide de			
	regulación integrada.			
	- Alimentación 400V-III-50Hz.			
	- Desescarche por resistencias eléctricas imbricadas en batería y en			
	bandeja de condensados:15x1000 W.			
	- Potencia frigorífica (T cámara: 10 °C, 85% HR , T entrada/salida PG			
	25%: 0/5 °C): 50400 W.			
	- Potencia frigorífica (T cámara: 0 °C, 85% HR , T entrada/salida PG			
	35%: -10/-5 °C): 32400 W.			
	- Paso de aleta: 5 mm.			
	- Caudal de aire: 18300 m3/h.			
	- Caudal de agua: 6,7 m3/h.			
	- Potencia absorbida por los ventiladores: 1950 W.			
	- Conexiones hidráulicas para roscar: 2 1/2".			
	- Dimensiones (largo x ancho x alto): 2680x602x940 mm.			
	- Peso: 214 kg.			
	- Cuadro de control y potencia en armario de chapa de acero			
	galvanizado pintado en blanco con llave, equipado con			
	microprocesador electrónico con display digital, con protección			
	diferencial general y protección magnetotérmica de resistencias y			
	ventiladores. Potencia de desescarche de hasta 15 kW.			
002.006	**Unidad enfriadora de aire AKD-NH-3350**	18	3.535,00 €	63.630,00 €

	Unidad enfriadora de aire tipo plafón de doble flujo industrial para refrigeración a alta temperatura marca INTARCON, modelo AKD-NH-3350. Diseñada para trabajar con agua glicolada o salmuera. Construida en estructura y carrocería de acero galvanizado prelacado. Batería de alta eficiencia de tubos de cobre y aletas de aluminio. Bandeja de condensados abatible en acero inoxidable. Motoventiladores axiales silenciosos de baja velocidad. Circuito hidráulico optimizado para agua glicolada. Válvula solenoide de regulación integrada. - Alimentación 400V-III-50Hz. - Desescarche por aire. - Potencia frigorífica (T cámara: 10 °C, 85% HR , T entrada/salida PG 25%: 0/5 °C): 34700 W. - Potencia frigorífica (T cámara: 1 °C, 85% HR , T entrada/salida PG 35%: -10/-5 °C): 22100 W. - Paso de aleta: 4 mm. - Caudal de aire: 13500 m3/h. - Caudal de agua: 6,6 m3/h. - Potencia absorbida por los ventiladores: 760 W. - Conexiones hidráulicas para roscar: 2''. - Dimensiones (largo x ancho x alto): 2465x1250x550 mm. - Peso: 260 kg. - Cuadro de control y potencia en armario de chapa de acero galvanizado pintado en blanco con llave, equipado con microprocesador electrónico con display digital, con protección diferencialgeneral y protección magnetotérmica de resistencias y ventiladores. Potencia de desescarche de hasta 18.75 kW			
	Sala técnica	1	280.000,00 €	280.000,00 €
	Instalación y accesorios de la sala técnica,			
	incluso equipos de bombeo, intercambiador de calor y pequeño material			
	Trabajos necesarios a realizar para la completa instalación y			
	funcionamiento de la sala de máquinas, que incluye el montaje y			
	conexionado hidráulico de bomba de calor, depósitos acumuladores,			
	colectores de impulsión y retorno,			
	sistema de llenado automático así como parte proporcional			
	de piezas especiales, todo ello realizado con soldadura y pruebas de			
	estanqueidad. Dichos trabajos se ejecutarán con tuberías de			
	polipropileno (PPR).			
	Total capítulo 002.....	**961.978,64 €**		
003	**CAPÍTULO 3. PUESTA EN MARCHA Y**			
	LEGALIZACIÓN			
003.001	**Legalización instalación térmica > 70 kW**	1	2.044,72 €	2.044,72 €
	Proyecto para la legalización de instalación térmica. Tasas no incluidas.			
003.002	**Puesta en marcha**	1	8.800,00 €	8.800,00 €

	Trabajo de realización de puesta en marcha, comprobación de			
	parámetros, pruebas de estanqueidad, revisión del los esquemas			
	hidráulicos y eléctricos de conexión, ajuste de parámetros en control			
	electrónico y tramitación de boletín de garantía.			
	Total capítulo 003.....	**10.844,72 €**		
	Total Presupuesto.....	**1.831.880,20 €**		
CAPITULO	**DESCRIPCION**	**IMPORTE (€)**		
001	CAPÍTULO 1. PERFORACIONES	859.056,84 €		
002	CAPÍTULO 2. SALA TÉCNICA	961.978,64 €		
003	CAPÍTULO 3. PUESTA EN MARCHA Y LEGALIZACIÓN	10.844,72 €		
		IMPORTE TOTAL:	**1.831.880,20 €**	

ANEXO V. PLANOS

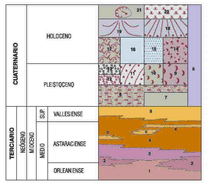
MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

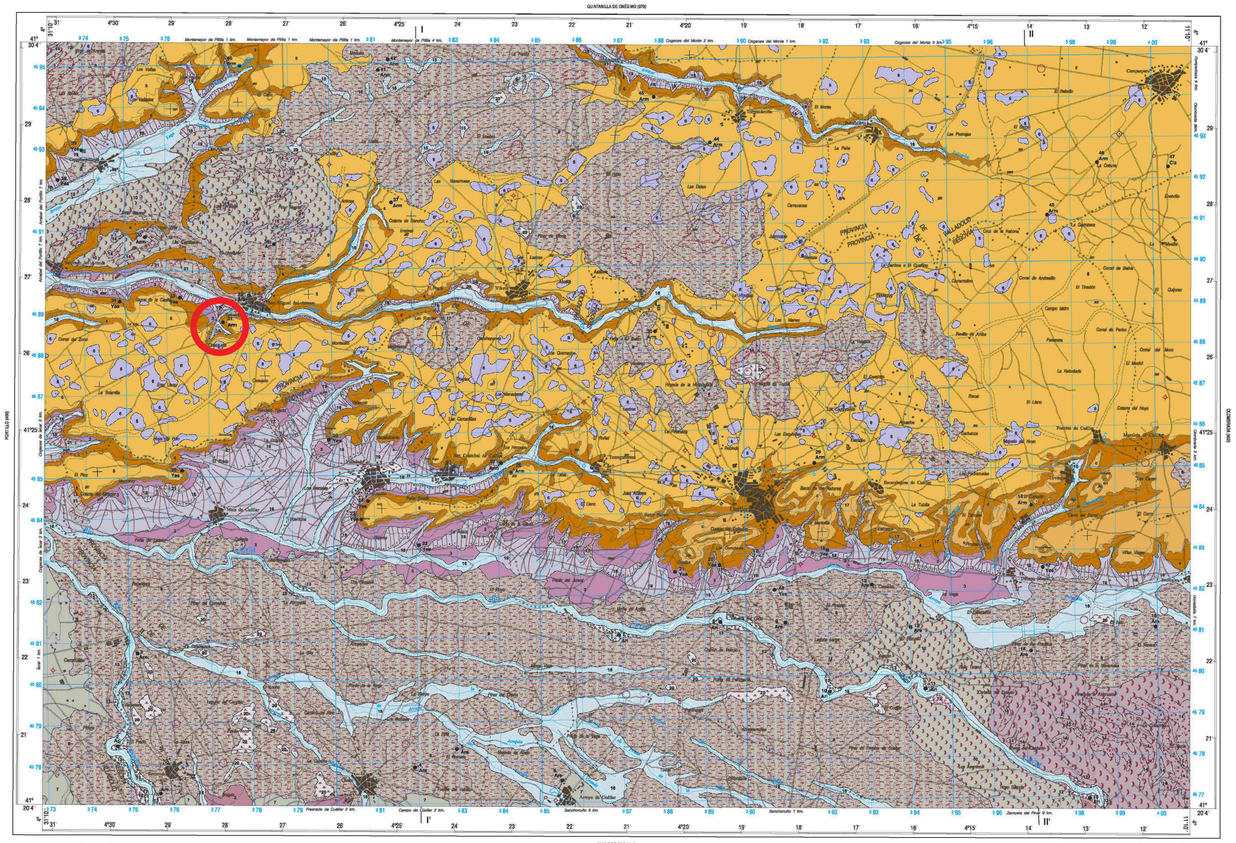
Instituto Geológico y Minero de España

CUÉLLAR	401
	17-16

LEYENDA



31 Margas, arenas y bloques. Deslizamientos
30 Arenas, limos y materia orgánica. Fondos endorréicos
19 Arenas y limos con gravas de cuarzo y cuarcita. Abanicos aluviales
18 Arcillas y margas con gravas y cantos poligénicos. Coluviones
17 Arcillas y margas con gravas y cantos poligénicos. Aluvio-coluvial.
16 Arenas y limos arcillosos con gravas. Fondos de valle
15 Arenas y limos arcillosos con gravas. Fondos de valle ciegos
14 Arenas eólicas. Cordones dunares
13,12 Arenas, gravas y limos. Terrazas
11 Arenas y limos con gravas de cuarzo y cuarcita. Abanicos aluviales
10 Arenas eólicas. Campo de dunas
9 Arenas eólicas. Campo de grandes dunas
8 Arenas eólicas. Manto eólico
7 Arena, arenas arcósicas y gravas de cuarzo. Superficie Coca- Arévalo
6 Arcillas rojas. Arcillas de desecaciñación
5 Calizas, dolomías y margas. Calizas de Páramo
4 Margas blancas con yesos y arci las. Margocalizas, calizas y dolomías (c). Facies Cuestas. s.s.
3 Margas yesíferas blancas y yesos. Niveles de yesares. Facies Cuestas.
2 Margas arenosas grises y verdes con nódulos carbonatados. Niveles de calizas arenosas. Facies Cuestas s.l.
1 Limos arenosos carbonatados rojizos y grises. Fangos arcósicos y arcillas. Paleosuelos de arenas arcósicas. Niveles de calizas arenosas.



Base Topográfica: CENTRO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO
Cartografía : IMPLEMENTAL SYSTEMS
Depósito legal: M-12123-2007
N.P.G: 882-07-007X
ISBN: 978-84-7840-684-7

Escala 1:50.000

1.000 m 0 1 2 3 4 5 Km

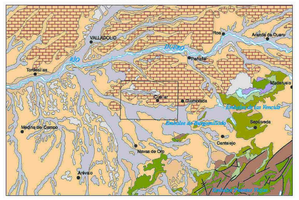
Las altitudes se refieren al nivel medio del Mediterráneo en Alicante
Equidistancia de las curvas de nivel: 20 metros
Proyección y Cuadrícula U.T.M. S'pseudo internacional
Huso 30

NORMAS, DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN DEL I.G.M.E.
AÑO DE REALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA 1986

AUTORES: A. Landínez González (INIMA), J. L. Muñoz del Real (INIMA), P. Cabra Gil (INIMA)

DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN: L. R. Rodríguez Fernández

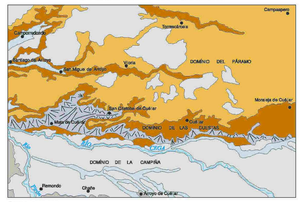
ESQUEMA REGIONAL



Escala 1:1.000.000

- Cuaternario. Holoceno
- Cuaternario. Pleistoceno
- Cajiras de ca pdeamos Mioceno superior medio
- Mioceno inferior - Paleoceno
- Cretácico superior / Inferior F. Utrillas
- Jurásico
- Triásico
- Cámbrico
- Gneises granulares

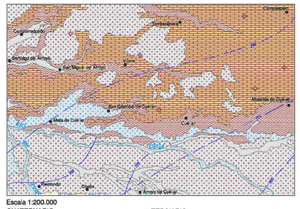
ESQUEMA MORFOESTRUCTURAL



Escala 1:200.000

- Calizas de Páramo
- Margas, yesos y calizas (Facies Cuestas)
- Superficie Coca-Arévalo-Cuéllar
- Arenas eólicas
- Formas de erosión
- Fondos de Valle

ESQUEMA HIDROGEOLÓGICO



Escala 1:200.000

CUATERNARIO

- Gravas, arenas y limos. Permeabilidad media-alta por porosidad intergranular.
- Arenas, Permeabilidad media-alta por porosidad intergranular.
- Arcosas, arcillas y limos. Permeabilidad media-alta por porosidad intergranular.

TERCIARIO

- Calizas, margocalizas y dolomías. Permeabilidad media-alta por karstificación.
- Margas, yesos, arcilas y margocalizas. Permeabilidad media-baja.
- Margas arcósicas ajos arenosas. Permeabilidad media baja.

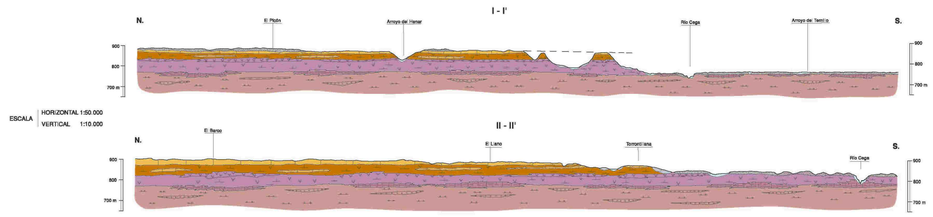
SIGNOS CONVENCIONALES

- Contacto concordante o normal
- Contacto discordante
- Estratificación subhorizontal
- Sondeo con valor estratigráfico
- Cubeta de deflación
- Indicios y yacimientos minerales
- Manantial
- Pozo
- Sondeo
- Concentración de pozos

ESQUEMA HIDROGEOLÓGICO

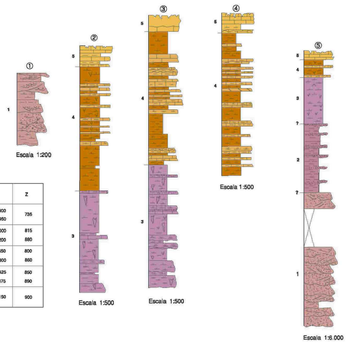
- 750 — Superficie piezométrica del acuífero comprendida entre 42 y 100 metros de profundidad
- 800 — Superficie piezométrica del acuífero situada a más de 200 metros de profundidad

CORTES GEOLÓGICOS



ESCALA HORIZONTAL 1:50.000
VERTICAL 1:10.000

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS EN LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS



SITUACIÓN DE LAS SERIES ESTRATIGRÁFICAS

NOMBRE	X	Y	Z
ARROYO DE LA SIERPE (1)	(M) 378.350 (T) 378.450	4.580.900 4.580.950	735
CUÉLLAR (2)	(M) 380.750 (T) 381.000	4.584.000 4.584.200	815 880
VALLELADO (3)	(M) 380.750 (T) 380.850	4.585.550 4.585.800	800 860
TORREBÁRCENA (4)	(M) 380.600 (T) 380.400	4.594.425 4.594.575	850 890
SONDEO CAMPASPERO (5)	(M) 389.100 (T)	4.588.150	900

UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Universidad Politécnica de Madrid

Máster en Energías Renovables y Medio Ambiente
Trabajo de Fin de Máster

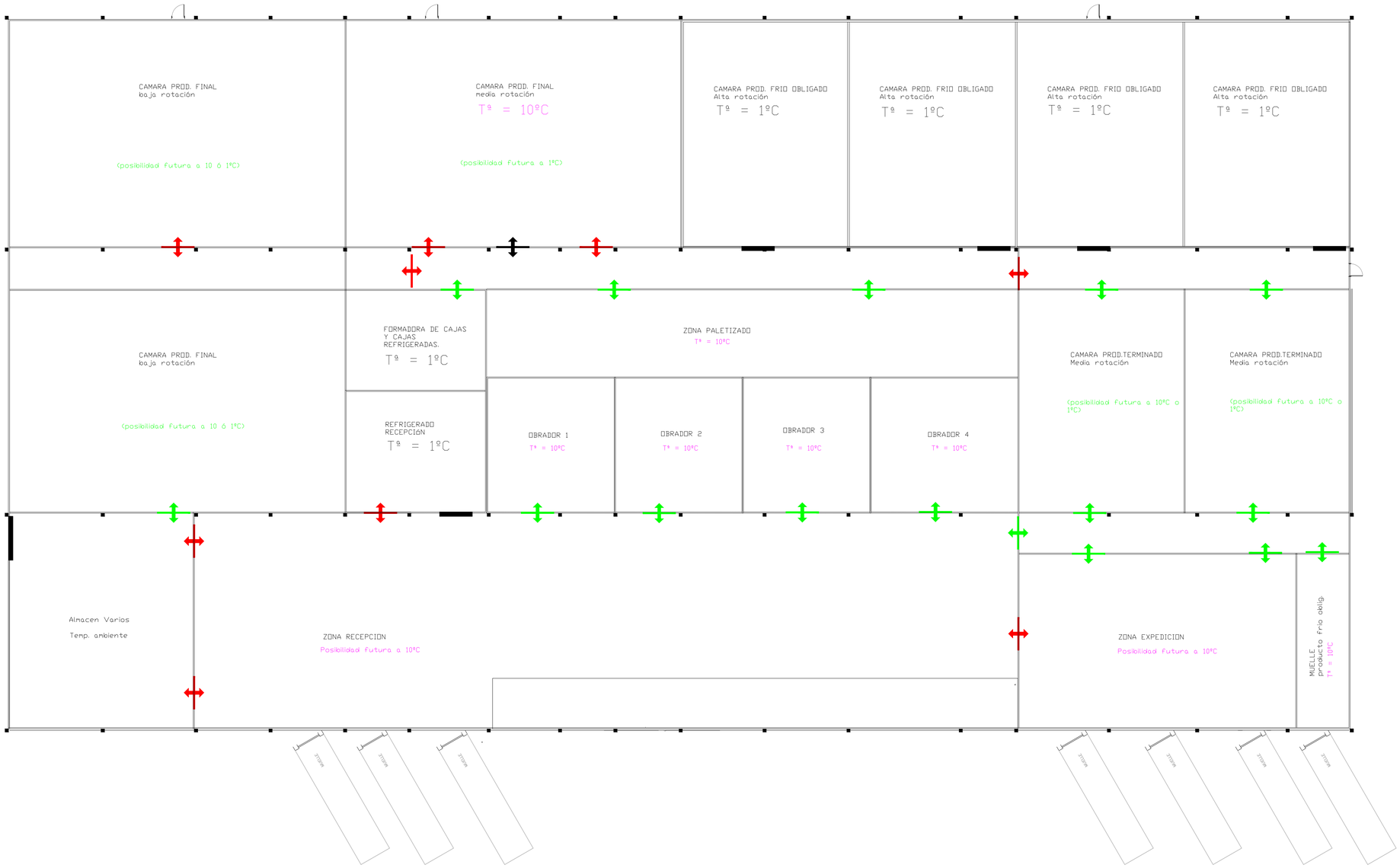
PROYECTO DE INTEGRACIÓN
DE GEOTERMIA SOMERA PARA LA
APLICACIÓN DE FRÍO INDUSTRIAL

01	PLANO :	MAPA GEOLÓGICO MAGNA 50-401
NUMERO DE PLANO		

ESCALA:
1/1000

AUTOR : IGNACIO ROLÁN CALLEJAS

Curso Académico 21/22 OCTUBRE 2022



Universidad Politécnica de Madrid

Máster en Energías Renovables y Medio Ambiente
Trabajo de Fin de Máster

PROYECTO DE INTEGRACIÓN
DE GEOTERMIA SOMERA PARA LA
APLICACIÓN DE FRÍO INDUSTRIAL

02 NUMERO DE PLANO	PLANO : PLANTA Y NECESIDADES TÉRMICAS DEL CENTRO LOGÍSTICO

ESCALA:
1:200

AUTOR : IGNACIO ROLÁN CALLEJAS

Curso Académico 21/22 OCTUBRE 2022

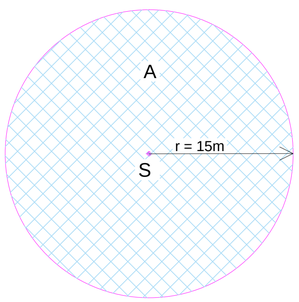
0 5 10 20 50 100
ESCALA GRAFICA

PLANTA GENERAL

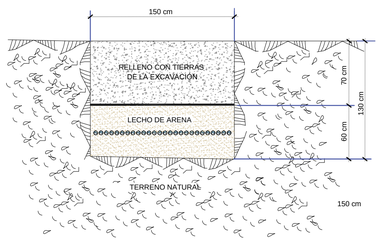
TUBERÍAS DE PE 100 RT PN16 SDR11

26 TUBOS DE 40 mm IDA
26 TUBOS DE 40 mm RETORNO

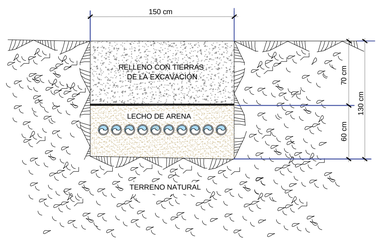
5 TUBOS DE 110MM IDA
5 TUBOS DE 110MM RETORNO



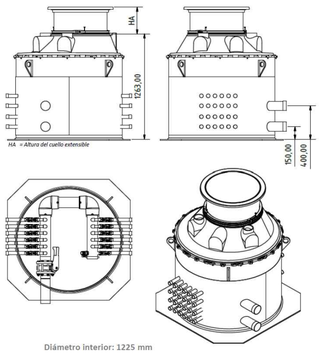
S =SONDEO
A = ÁREA DE INFLUENCIA



T P = TRAMO HORIZONTAL
DE POZO SONDEO
A ARQUETA



T A = TRAMO HORIZONTAL
DE ARQUETA A COLECTOR
EN SALA TECNICA



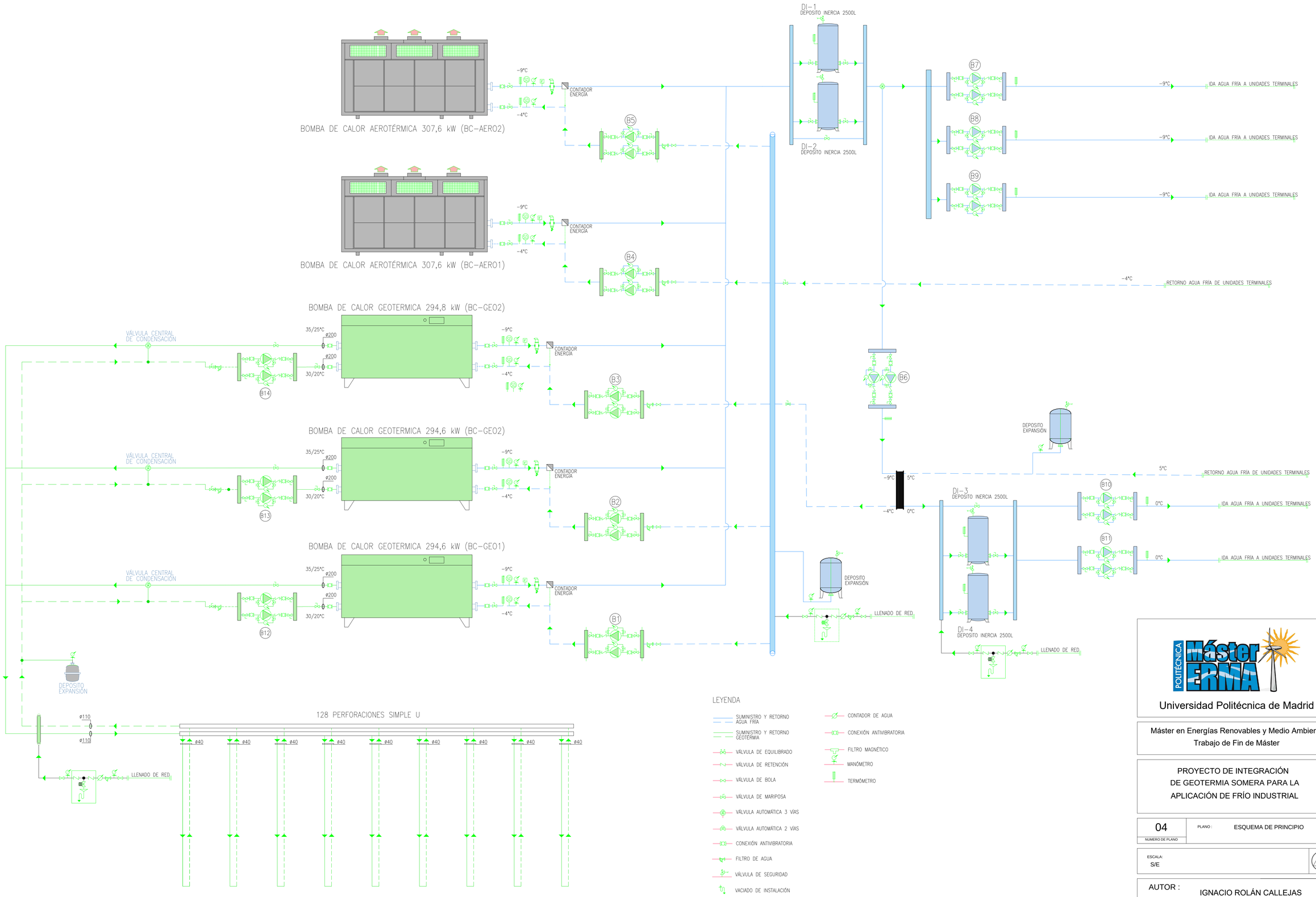
A = DETALLE ARQUETA

Universidad Politécnica de Madrid

Máster en Energías Renovables y Medio Ambiente
Trabajo de Fin de Máster

PROYECTO DE INTEGRACIÓN
DE GEOTERMIA SOMERA PARA LA
APLICACIÓN DE FRÍO INDUSTRIAL

03 NUMERO DE PLANO	PLANO : UBICACIÓN PERFORACIONES, ARQUETAS COLECTORAS Y TRAMO HORIZONTAL
ESCALA: 1/1000	N
AUTOR :	IGNACIO ROLÁN CALLEJAS
Curso Académico 21/22	OCTUBRE 2022



Universidad Politécnica de Madrid

Máster en Energías Renovables y Medio Ambiente
Trabajo de Fin de Máster

PROYECTO DE INTEGRACIÓN
DE GEOTERMIA SOMERA PARA LA
APLICACIÓN DE FRÍO INDUSTRIAL

04 (NUMERO DE PLANO)	PLANO : ESQUEMA DE PRINCIPIO

ESCALA: S/E

AUTOR : IGNACIO ROLÁN CALLEJAS

Curso Académico 21/22 OCTUBRE 2022