

**REHABILITACIÓN DE PRODUCCIÓN TÉRMICA
MEDIANTE IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE
INTERCAMBIO GEOTÉRMICO EN LOS EDIFICIOS DEL
POLIDEPORTIVO MUNICIPAL MANUEL MUÑOZ Y
ESCUELA PÚBLICA LUIS ECEIZA
(ESKORIATZA)**

ENERO 2024

PROYECTO DE EJECUCIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETO	3
3. ALCANCE	4
4. NORMATIVA APLICABLE	5
5. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TERMOGEOLOÓGICAS DEL ENTORNO..	7
5.1. SITUACIÓN	7
5.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLOÓGICAS	8
5.3. CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL TERRENO	8
6. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	10
6.1. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA	10
6.2. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ACTUAL	10
7. ANÁLISIS ENERGÉTICO	14
7.1. CARGA PUNTA	14
7.2. DEMANDA TÉRMICA	15
7.3. ENERGÍA PRIMARIA, ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE Y EMISIONES DE CO ₂	16
8. SOLUCIÓN TÉCNICA	18
8.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA	18
8.2. COBERTURA CARGA PUNTA Y DEMANDA ENERGÉTICA	22
8.3. AHORROS ECONÓMICOS	23
8.4. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA INTERCAMBIO GEOTÉRMICO	24
8.5. EQUIPOS PRINCIPALES DE CUARTO MECÁNICO	27
8.5.1. BOMBA DE CALOR POLIDEPORTIVO	27
8.5.2. BOMBAS CIRCULADORAS POLIDEPORTIVO	28
8.5.3. DEPÓSITO DE INERCIA poliDEportivo	28

8.5.4. DEPÓSITO DE PRECALENTAMIENTO POLIDEPORTIVO	28
8.5.5. BOMBA DE CALOR ECEIZA.....	29
8.5.6. CALDERA DE CONDENSACIÓN ECEIZA.....	29
8.5.7. BOMBAS CIRCULADORAS ECEIZA	30
8.5.8. DEPÓSITO DE INERCIA ECEIZA	30
8.6. SISTEMA DE RECARGA GEOTÉRMICA.....	31
9. ELECTRICIDAD, REGULACIÓN Y CONTROL Y MONITORIZACIÓN	32
9.1. CUADRO ELÉCTRICO POLIDEPORTIVO	32
9.2. CUADRO ELÉCTRICO ECEIZA	33
9.3. SISTEMA MONITORIZACIÓN.....	33
9.3.1. CUANTIFICACIÓN ENERGÉTICA	33
9.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	35
10. INDICADORES MEDIOAMBIENTALES	41
10.1. CONSUMO ENERGÉTICO. SITUACIÓN ACTUAL VS PROPUESTA.....	41
10.2. AHORRO DE ENERGÍA PRIMARIA Y ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE..	42
10.3. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂	43
10.4. CONTRIBUCIÓN ENERGÍA RENOVABLE.....	44
10.4.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	44
10.4.2. CÁLCULO DE LA APORTACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE.....	46
10.5. ADECUACIÓN LEY 4/2019 DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE LA CAV ...	47
10.6. MEJORA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.....	47
10.6.1. POLIDEPORTIVO	48
10.6.2. ESCUELA LUIS ECEIZA	50
11. EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SIG.....	52
11.1. OBRA CIVIL. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO	52
11.2. SALA DE MÁQUINAS	55

11.3. MATERIALES A EMPLEAR	57
11.4. CONTROL DE CALIDAD	60
11.5. ANÁLISIS DE AFECCIONES EN LA INSTALACIÓN, LOS EDIFICIOS Y LA URBANIZACIÓN	60
12. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS	62
13. RESUMEN DE PRESUPUESTO	64

ANEXOS

ANEXO 1. ESPECIFICACIONES MATERIALES

ANEXO 2. SIMULACIÓN EED

ANEXO 3. CONTROL DE CALIDAD

ANEXO 4. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO

ANEXO 5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO 6. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

ANEXO 7. PRESUPUESTO

ANEXO 8. CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

PLANOS

PLANO 1. SITUACIÓN

PLANO 2. MAPA GEOLÓGICO

PLANO 3. DISTRIBUCIÓN SONDEOS Y CONDUCCIONES

PLANO 4. ESQUEMA DE PRINCIPIO POLIDEPORTIVO

PLANO 5. ESQUEMA DE PRINCIPIO ESCUELA LUIS ECEIZA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros térmicos del terreno	8
Tabla 2. Cuadro de superficies	10
Tabla 3. Extracto del CEE producción ACS Luis Eceiza	11
Tabla 4. Equipos de producción térmica actuales	12
Tabla 5. Carga punta calefacción	14
Tabla 6. Distribución mensual demandas energéticas de calefacción y producción ACS facilitada en PCT ...	15
Tabla 7. Consumo gas natural facilitado en PCT.....	15
Tabla 8. Reparto demanda anual Polikiroldegia	16
Tabla 9. Factores de conversión.....	16
Tabla 10. Energía primaria, energía primaria no renovable y emisiones CO ₂	16
Tabla 11. Cobertura cargas punta	22
Tabla 12. Cobertura demanda	22
Tabla 13. Datos considerados.....	24
Tabla 14. Ahorros económicos solución propuesta	24
Tabla 15. Parámetros de diseño del sistema IG.....	25
Tabla 16. Dimensionamiento circuito intercambio geotérmico.....	25
Tabla 12. Características básicas bombas de calor geotermia	27
Tabla 15. Bombas circuladoras polodeportivo	28
Tabla 12. Características básicas bombas de calor geotermia	29
Tabla 15. Bombas circuladoras Eceiza.....	30
Tabla 21. Datos eléctricos nuevos equipos Polideportivo.....	32
Tabla 22. Alimentación eléctrica y protecciones nuevos equipos Polideportivo	32
Tabla 21. Datos eléctricos nuevos equipos Eceiza.....	33
Tabla 22. Alimentación eléctrica y protecciones nuevos equipos Eceiza	33
Tabla 24. Señales monitorizadas.....	34
Tabla 26. Consumo gas natural actual	41
Tabla 27. Cobertura demanda y consumo energético.....	42
Tabla 28. Resumen consumos energéticos.....	42
Tabla 29. Factores de conversión.....	43

Tabla 30. Ahorro Energía Primaria.....	43
Tabla 31. Ahorro Energía Primaria No Renovable.....	43
Tabla 32. Factores de conversión.....	43
Tabla 33. Emisiones de CO ₂ evitadas.....	44
Tabla 34. Factores de ponderación	45
Tabla 35. Factores de corrección.....	45
Tabla 36. SPF obtenido.....	46
Tabla 37. Aporte de energía renovable.....	46
Tabla 38. Objetivos Ley 19/2019	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Situación de los edificios.....	7
Figura 3. Vista de la sala de calderas Eceiza	12
Figura 4. Vista de la sala de calderas polideportiv.....	13
Figura 7. Metodología de estudio energético.....	14
Figura 8. Plano del sistema urbano de climatización.....	19
Figura 9. Esquema del sistema urbano de climatización.....	19
Figura 10. PI&D simplificado Kiroldedia.....	21
Figura 11. PI&D simplificado Escuela	22
Figura 12. Reparto de cobertura de demanda por tecnología	23
Figura 13. Cobertura mensual SIG	23
Figura 14. Evolución temperatura mínimas y máximas durante 25 años	25
Figura 15. Distribución sondeos y conducciones.....	26
Figura 13. Esquema calderas modulares Ygnis Varfree.....	30
Figura 14. Diseño del captador pasivo.....	31
Figura 19. Interconexión entre control y monitorización	35
Figura 20. Equipo modular de la serie M100 (Microcom)	35
Figura 21. Acceso vía navegador a la plataforma ZeusWeb	38
Figura 22. Pantalla inicial de alarmas en las instalaciones dentro de la plataforma ZeusWeb	39
Figura 23. Visualización del histórico de datos en los parámetros monitorizados (ZeusWeb).....	39

Figura 24. Visualización gráfica de los datos históricos de la instalación (ZeusWeb)	40
Figura 25. Calificación energética ESTADO REFORMADO POLIDEPORTIVO	48
Figura 25. Calificación energética SITUACIÓN PREVIA POLIDEPORTIVO	49
Figura 25. Calificación energética SITUACIÓN PREVIA LUIS ECEIZA	51
Figura 27. Arqueta tipo TELUR	54
Figura 28. Planificación	63

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto define la implantación de un sistema de geointercambio para la rehabilitación térmica de los edificios municipales Polideportivo Municipal Manuel Muñoz y Escuela Pública Luis Eceiza de Eskoriatza. En la actualidad la producción de calor se basa en calderas de gas y mediante el presente proyecto la demanda base de calefacción de la escuela y la demanda y polideportivo se abastecerá desde el sistema de intercambio geotérmico, y las puntas de demanda del polideportivo serán cubiertas por las calderas de gas natural existentes en el caso del polideportivo, si bien, en el caso de la Escuela se colocará una nueva caldera mural para cubrir la carga punta.

La solución de producción energética propuesta cumple con los requerimientos establecidos por el Ayuntamiento de Eskoriatza en la documentación del concurso del expediente referencia 2024IKIE0006:

- Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares (PCAP)
- Pliego de Condiciones Técnicas (PCT)

La propuesta se basa en un sistema de intercambio geotérmico compuesto por un campo de 36 sondeos que a través de un sistema urbano de climatización (red horizontal) se conecte a las bombas de calor agua-agua que se ubicarán en los cuartos mecánicos actuales de los dos edificios. Estas bombas de calor elevan la temperatura de la energía captada del terreno para la generación de calefacción y ACS requerida por los edificios. Como se expondrá a lo largo del proyecto, en el polideportivo se contará con apoyo de un sistema de producción de calor convencional basado en calderas de gas natural ya existente. Los sistemas de producción térmica rehabilitados se conectarán con los circuitos de distribución actuales localizados en ambos cuartos mecánicos. Las bombas de calor a implantar, tendrán la posibilidad de producción de refrigeración, tal y como se solicita en el PCT.

Se propone la implantación de un sistema de intercambio geotérmico de 359 kW en calefacción con el que se obtendría ***una cobertura del 79 % de la demanda de calor total de la suma de los dos edificios: una cobertura de 76 % en el polideportivo y 83 % en la escuela.*** Esta solución proporcionará una reducción del 77 % del consumo de gas natural, en relación con los valores actuales, con un importante ahorro de los costes de explotación asociados.

La demanda energética restante, en los momentos de temperaturas exteriores más bajas y además, el aumento de la temperatura de producción de ACS desde la temperatura del precalentamiento proporcionada por el SIG hasta la temperatura de almacenamiento (60°C), se cubriría con la calderas de gas natural existentes en el polideportivo. En la escuela, la carga pico se proporcionaría con una nueva caldera, desmantelándose la antigua existente.

Los indicadores energéticos de **reducción de consumo de energía primaria no renovable** y **contribución de energía renovable** se justificarán a lo largo de este proyecto, tal y como se solicita en el PCT. Con la presente propuesta, para ambos indicadores se superan los requerimientos mínimos fijados en el Pliego del 35 % y 32 % respectivamente, alcanzándose los valores:

- **Reducción de consumo de energía primaria no renovable:** 52 % sobre el consumo actual de calefacción.
- **Contribución de energía renovable:** 58 % sobre la demanda de calefacción y ACS.

En cuanto a la mejora que implicaría en la calificación energética del edificio, atendiendo tanto al indicador de emisiones de CO₂, como al indicador de energía primaria no renovable, se mejora una letra en el Polideportivo y dos letras en Luis Eceiza.

El diseño, viabilidad, proyecto, ejecución y verificación del sistema de intercambio aquí propuesto se basará en lo especificado en la *Norma UNE 100.715-1 2017 Diseño, ejecución y seguimiento de instalación geotérmica somera. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical*.

De manera general, la instalación térmica propuesta compuesta por un circuito de intercambio geotérmico conectado con los dos cuartos mecánicos e integración con el sistema de producción térmica existente cumplirá con los requerimientos del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), actualizado mediante el RD 178/2021 de 23 de marzo, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), y el CTE considerando que se trata de una instalación existente.

Así mismo, los edificios municipales de los que versa el documento entran dentro del ámbito de aplicación de la Ley 4/2019, de 21 de febrero, de Sostenibilidad Energética de la Comunidad Autónoma Vasca, que fija los objetivos de ahorro de las administraciones públicas vascas en un 35% de reducción de consumo de energía y un aporte de renovable de 32% a 2030, coincidentes con los objetivos mínimos fijados en Pliego.

2. OBJETO

El objeto de este documento es justificar, dimensionar y diseñar el circuito y recoger la documentación necesaria para ejecutar las obras de construcción del sistema de intercambio geotérmico, en condiciones que permitan la explotación del sistema durante, al menos, un período equivalente a la vida útil del edificio.

A lo largo de los documentos que componen este proyecto, se recogerán los siguientes apartados:

- Análisis geológico, termogeológico e hidrogeológico de la ubicación del proyecto.
- Análisis del sistema de producción térmica actual del edificio.
- Análisis de cargas y demandas térmicas del edificio.
- Potencia del sistema de intercambio geotérmico y coberturas energéticas.
- Longitud y características del circuito de intercambio geotérmico.
- Características técnicas de la bombas de calor.
- Integración del SIG y cobertura en el sistema de climatización y distribución.
- Cálculos:
 - Ahorros energéticos.
 - Emisiones evitadas.
 - Aportación de energía renovable.
- Regulación y monitorización.
- Planificación del proyecto.
- Control de calidad.
- Pliego de condiciones técnicas.
- Planos.

3. ALCANCE

El proyecto que nos ocupa consiste en un sistema de intercambio geotérmico en circuito cerrado vertical de potencia máxima 359 kW en calefacción que abastecerá el 77 % de la demanda de calefacción de los edificios: una cobertura de 76 % en el polideportivo y 83 % en la escuela. Se definen las distintas fases de ejecución de la obra, la metodología de trabajo a seguir y los controles a efectuar tanto durante la ejecución como durante el funcionamiento de la instalación.

Las obras consistirán fundamentalmente en:

- Construcción de 36 sondeos verticales de 150 m de profundidad. El intercambiador geotérmico a utilizar serán 36 sondas simples de polietileno PE100 Ø 40 mm PN16 SDR 11.
- Gestión de detritus.
- Instalación en zanja de las conducciones horizontales desde los sondeos hasta las arquetas con colectores.
- Construcción del Sistema Urbano de Climatización: instalación en zanja de las conducciones horizontales desde las arquetas hasta las entradas a los cuartos mecánicos de ambos edificio.
- Suministro e instalación de una bomba de 1 bomba calor agua-agua de 243 kW en el polideportivo y una bomba de calor agua-agua de 116 kW en la escuela, una potencia total de 359 kW.
- Conexiónado hidráulico de las bombas de calor con conducción del terreno.
- Integración del primario de las bomba de calor con el sistema de distribución de calefacción actual.
- Elementos electromecánicos de cuarto mecánico: bombas circuladoras, depósito de inercia, conexiónado de tuberías, etc.
- Adecuación de la instalación eléctrica, regulación y control.
- Control de calidad y puesta en marcha.

Es importante destacar que se trata de una explotación en circuito cerrado de un recurso geotérmico de baja entalpía. En ningún momento se trabajará con fluidos geotérmicos de alta entalpía y/o alta presión.

4. NORMATIVA APLICABLE

Para la ejecución del proyecto se tendrá en cuenta la siguiente normativa y legislación:

- Ley 29/1985, de 2 de agosto de Aguas.
- R.D.L. 1/2001. Texto refundido de la Ley de Aguas.
- R.D. 849/1986. Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- R.D. 606/2003. Modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
- R.D. 863/1985 de 2 de abril. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- R.D. 863/1995. Instrucciones Técnicas Complementarias del capítulo VI del R.G.N.B.S.M.
- R.D. 1627/1997 de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre, Ordenación de la Edificación (LOE).
- Guía técnica para medida y determinación del calor útil, electricidad y ahorro de energía primaria en cogeneración de alta eficiencia. Publicada por el IDAE en abril de 2008.
- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- R.D. 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el R.E. 314/2006, de 17 de marzo.
- R.D. 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- R.D. 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por el RD 1027/2007, de 20 de julio.
- R.D. 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009. Fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Directiva 2010/31/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética en los edificios.
- Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.

- Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.
- Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.
- Directiva (UE) 2018/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.
- Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Reglamento Delegado (UE) 2022/759 de la Comisión de 14 de diciembre de 2021 por el que modifica en anexo VII de la Directiva (UE) 2018/2001 con respecto a la metodología para calcular la cantidad de energías renovables utilizada para la refrigeración y los sistemas urbanos de refrigeración.
- Directiva (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023 relativa a la eficiencia energética y por la que se modifica el Reglamento (UE) 2023/955.
- Norma UNE 100715-1: Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical.
- Norma UNE EN 1264-2:2009 y A1:2013. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 2: Suelo radiante: métodos para la determinación de la emisión térmica de los suelos radiantes por cálculos y ensayo.
- R.D. 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis.
- R.D. 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Ley 4/2019, de 21 de febrero, de sostenibilidad energética de la Comunidad Autónoma Vasca.
- Decreto 254/2020, de 10 de noviembre, sobre sostenibilidad energética de la Comunidad Autónoma Vasca.
- R.D.L. 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables.

5. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TERMOGEOOLÓGICAS DEL ENTORNO

5.1. SITUACIÓN

En la Figura 1 se presenta la situación de los edificios municipales de Eskoriatza objeto de la licitación: Polideportivo Municipal Manuel Muñoz y Escuela Pública Luis Eceiza. Los edificios están ubicados en la zona climática D1 del CTE.



Figura 1. Situación de los edificios

Para el predimensionamiento del circuito se utilizará la información del PCT del concurso. Esta información será validada, durante la ejecución del proyecto, mediante el control geológico de los trabajos de perforación y la realización de un ensayo de respuesta térmica (TRT) en el primer sondeo perforado, tras el cual se realizará el dimensionamiento final del circuito de intercambio geotérmico.

5.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS

Los materiales aflorantes, de edad cretácica, pertenecen a la Unidad de Yurre (formados por pizarras negras, areniscas y calizas negras fértidas). La estructura dominante, con directrices generales NO-SE, presenta deformaciones de fases posteriores que le dan una estructura más compleja a los materiales de la zona.

Los materiales aluviales depositados por la dinámica fluvial del río Deba se sitúan de modo discordante sobre los materiales cretácicos.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la parcela se sitúa en el denominado Dominio Hidrogeológico Cretácico Superior. Se trata, en general, de un conjunto de materiales margosos y su permeabilidad es globalmente baja. Esto provoca que el potencial hidrogeológico este dominio sea bajo, no se definen unidades ni sectores hidrogeológicos importantes.

La tipología cerrada del sistema diseñado y las características hidrogeológicas observadas en el terreno se considera que las posibilidades de afección hidrogeológica de los sondeos a construir son muy bajas.

5.3. CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL TERRENO

A efectos del pre-diseño para la solución técnica aquí presentada del circuito de intercambio geotérmico, se realizará con los parámetros térmicos del terreno aportados en el PCT.

PARÁMETROS TÉRMICOS	
Conductividad térmica (W/mK)	2,5
Temperatura base del terreno (°C)	15

Tabla 1. Parámetros térmicos del terreno

En el primer sondeo perforado se analizará en detalle la columna litológica, se conocerá el avance de la perforación y la profundidad máxima óptima de perforación. El sondeo permitirá, además, precisar los parámetros térmicos del terreno mediante un Ensayo de Respuesta Térmica replanteando la longitud del circuito en caso necesario.

Se realizará según lo establecido en la norma UNE ISO 17628:2015 Determinación de la conductividad térmica de suelos y rocas utilizando una sonda geotérmica instalada en un sondeo. La duración mínima del ensayo es de 48 h que podrá prolongarse en caso de que la evolución de la prueba así lo requiera, habitualmente hasta 72 horas.

A partir del registro de la prueba se calcularán los parámetros característicos necesarios para el diseño del circuito de intercambio geotérmico: conductividad térmica del terreno, temperatura base

no influenciada, difusividad térmica, etc. Se realizará una diagráfia en el sondeo ejecutado previo al inicio de la prueba del TRT en condiciones inalteradas del terreno y otra una vez finalizada la prueba.

Posteriormente, se redactará el informe con el detalle de los trabajos realizados, los cálculos y resultados obtenidos. El informe se adaptará en la medida de los posible, al índice especificado en la Norma UNE 100715-1:2014.

6. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

A lo largo del PCT se describen los edificios municipales de Eskoriatza objeto de la licitación. Se cuenta también con la información de los certificados de eficiencia energética (CEE) de cada edificio, solicitada al Ayuntamiento durante la preparación de la propuesta.

6.1. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

Manuel Muñoz Polikiroldegia: Es un edificio con estructura de hormigón y cubierta con estructura de madera, con un perfil de Planta Semisótano, Baja y Primera en la zona de graderío, cerramiento de ladrillo caravista y con uso deportivo. El edificio se ubica en la parcela catastral 3863046, de 3.750 m² de superficie. La planta semisótano tiene una superficie construida de 1.162,7 m². La planta baja tiene 1.850,1 m² construidos. Y la planta primera tiene una superficie de 586,2 m² construidos.

Luis Ezeiza Eskola Publikoa: Es un edificio con estructura de hormigón, con un perfil de Semisótano, Planta Baja, y tres plantas altas, de uso docente. La planta baja tiene un porche de acceso. El edificio se ubica en la parcela catastral 3863047, de 1.406 m² de superficie. La planta baja tiene una superficie de 329 m², y las 3 plantas altas 469 m² cada una de ellas.

Se adjunta cuadro de superficies de los edificios. Se incluye además, la superficie que aparece en el certificado de eficiencia energética del edificio (CEE) que en el caso del Polideportivo coincide aproximadamente con la suma de la superficie construida de la planta 1 y la planta 2.

Edificio	Superficie CEE m ²	Superficie Construida m ²	Superficie Calefactada m ²
Polikiroldegia	2.500	3.599	1.827
Eskola Publikoa Luis Eceiza	1.785	1.736	1.302
Superficie total	4.285	5.335	3.129

Tabla 2. Cuadro de superficies

6.2. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ACTUAL

A continuación, se recogen los sistemas de climatización actuales de los dos edificios municipales de Eskoriatza que son objeto de esta licitación, facilitados en el PCT.

Kiroldegia: En este edificio existe una sala de máquinas en las que se encuentra:

- Producción de calor mediante dos calderas de gas natural marca Roca modelo CPA-160 de 186 kW cada una de ellas, en total 370 kW de potencia instalada.

- La producción de calor se destina al calentamiento de piscina, calefacción de los espacios del polideportivo y calentamiento de ACS.
- Además, se cuenta con una instalación solar de 100 kW para apoyo en la producción de ACS y calentamiento de los vasos de piscina.
- Climatizadoras para calentamiento de vestuarios
- Deshumectadora para control de humedad en el espacio de la piscina climatizada. La misma cuenta con una batería a la cual llega agua caliente proveniente del colector de calor.
- Existe una cocina de gas y calentador destinados en usos puntales en el bar del polideportivo (no se tendrán en cuenta en la propuesta por tratarse de usos mínimos).
- Se cuenta con una instalación solar fotovoltaica de 5 kW de potencia nominal que inyecta la energía generada a la red en modalidad de compensación.

Luis Ezeiza Eskola Publikoa:

El sistema de producción de calefacción se compone de una caldera de gas Remeha modelo Gas 3b de 250 kW de potencia nominal total, situada en un local en planta semisótano. Los elementos emisores existentes en la instalación, son radiadores a alta temperatura equipados con válvulas termostáticas.

En el certificado de eficiencia energética, se recoge que la producción de ACS se proporciona mediante una caldera de 24 kW situada en la cocina y un termo eléctrico para vestuario, siendo la demanda de ACS estimada de 200 l/d. Dado que no existe sistema de distribución de ACS centralizado desde el cuarto de máquinas actual y el mínimo consumo de ACS, en el presente proyecto se obviará este uso dentro del edificio.

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)		200.0			
Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Equipo ACS_sukalde	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
Equipo ACS_TERMO aldagela	Efecto Joule		100.0	Electricidad	Estimado
TOTALES	ACS				

Tabla 3. Extracto del CEE producción ACS Luis Eceiza

En sala de máquinas que existen dos circuitos de distribución que parten del colector de calor al cual se conecta la caldera. Uno de ellos cuenta con una bomba circuladora de rotor húmedo simple y el otro con una doble.

Resumen equipos de producción:

En resumen, los equipos de producción térmica para calefacción y ACS principales en cada uno de los edificios son los siguientes:

EQUIPOS DE PRODUCCIÓN TÉRMICA PRINCIPALES	
Manuel Muñoz Polikiroldegia	Luis Eceiza Eskola Publikoa
Calderas 372 kW	Caldera 250 kW

Tabla 4. Equipos de producción térmica actuales

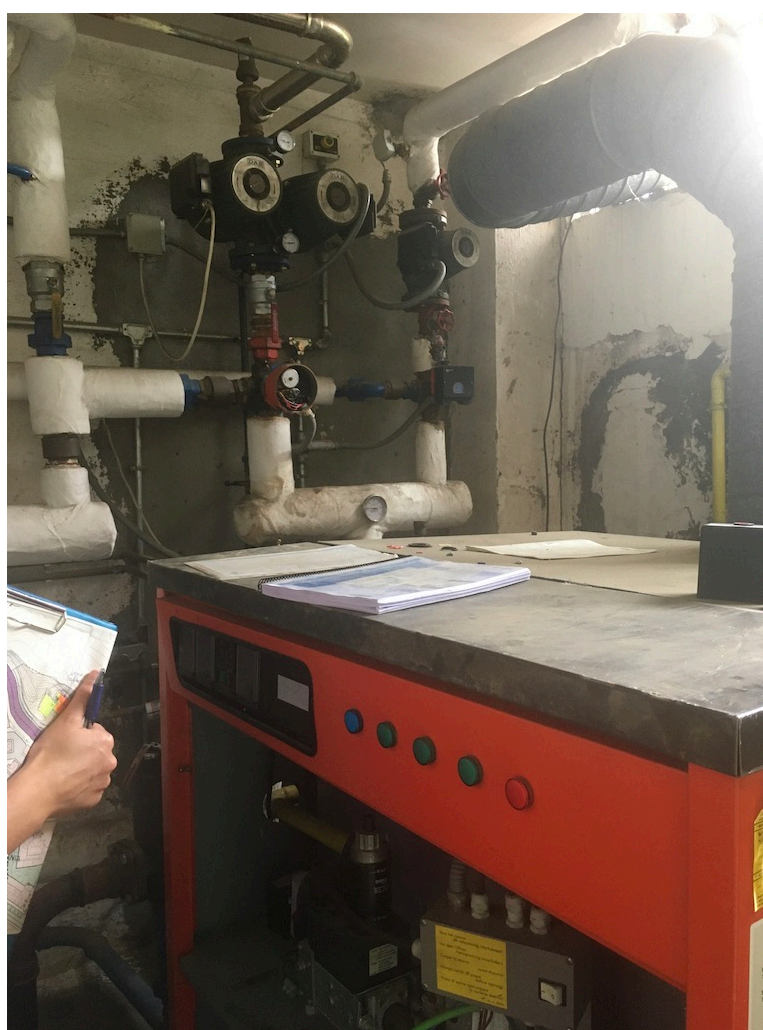


Figura 2. Vista de la sala de calderas Eceiza



Figura 3. Vista de la sala de calderas polideportivp

7. ANÁLISIS ENERGÉTICO

Para el correcto dimensionamiento del sistema de intercambio geotérmico sobre el que versa este proyecto, se ha realizado un análisis exhaustivo del sistema de producción actual, el modo, horarios de funcionamiento y de las de cargas punta y demandas energéticas del sistema anuales de las que se dispone en el PCT. Se muestra un esquema de la metodología que ha aplicado para el análisis energético.

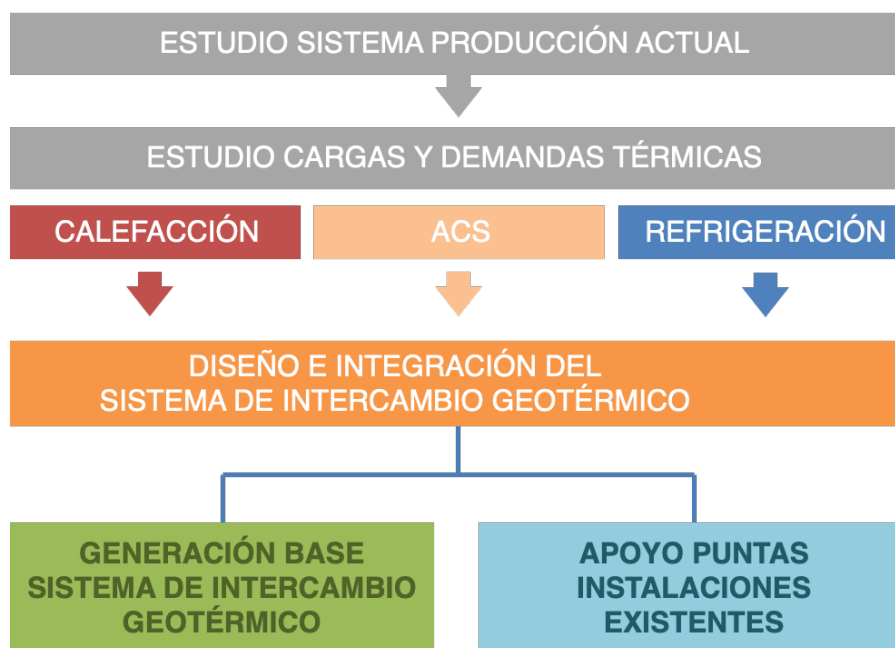


Figura 4. Metodología de estudio energético

7.1. CARGA PUNTA

Para el cálculo de la demanda horaria de energía térmica de los edificios se ha estimado la carga punta en calefacción, a partir de las potencias térmicas instaladas y teniendo en cuenta además las demandas energéticas mensuales facilitadas en el PCT. Como es habitual en edificios calefactados por calderas, la carga punta que requiere el edificio es inferior a la potencia instalada (en torno al 20% inferior para la suma de los dos edificios). Se obtienen además, los ratios de potencia por superficie calefactada.

	Potencia instalada Calefacción (kW)	Carga punta Calefacción (kW)	Ratio carga punta Calefacción (W/m ²)
Polikiroldegia	372	319	141
Eskola Publikoa	250	184	175
Total	622	503	161

Tabla 5. Carga punta calefacción

7.2. DEMANDA TÉRMICA

Las demandas térmicas de calefacción y ACS de los edificios sería (Tabla 6).

DEMANDA TÉRMICA EDIFICIOS DEL AYUNTAMIENTO DE ESKORIATZA			
	Polikiroldegia kWh	Eskola Publikoa kWh	TOTAL kWh
Enero	99.440	27.112	126.552
Febrero	90.918	24.995	115.913
Marzo	90.430	24.018	114.448
Abril	74.461	21.259	95.720
Mayo	53.699	17.068	70.767
Junio	43.028	3.582	46.610
Julio	39.537	77	39614
Agosto	35.869	0	35869
Septiembre	40.565	2.027	42.592
Octubre	54.092	9.636	63.728
Noviembre	71.903	20.817	92.720
Diciembre	84.789	23.836	108.625
TOTAL	778.731	174.426	953.157

Tabla 6. Distribución mensual demandas energéticas de calefacción y producción ACS facilitada en PCT

Se aporta también el consumo de gas natural asociado a la demanda térmica en cada uno de los edificios:

CONSUMO ANUAL GAS NATURAL EDIFICIOS DEL AYUNTAMIENTO DE ESKORIATZA			
	Polikiroldegia kWhpcs	Eskola Publikoa kWhpcs	TOTAL kWhpcs
ANUAL	1.017.949	228.008	1.245.957

Tabla 7. Consumo gas natural facilitado en PCT

Se obtiene a partir de los datos de demanda térmica y de consumo de gas natural que el rendimiento estimado para la producción de calderas ha sido del 85%, introduciendo también el factor de paso de PCI/PCS para el gas natural de 0,9.

Se ha obtenido un reparto de las necesidades del polideportivo por tipología de consumos:

REPARTO DEMANDA CALOR POR USO EN POLIKIROLDEGIA				
Calefacción kWh	ACS kWh	Calentamiento Aire local piscina kWh	Calentamiento vaso piscina kWh	Demanda calor Total kWh
372.449	44.059	107.978	254.245	778.731
48%	6%	14%	33%	

Tabla 8. Reparto demanda anual Polikiroldegia

7.3. ENERGÍA PRIMARIA, ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE Y EMISIONES DE CO₂

A partir de estos consumos de gas natural, se calcula la energía primaria asociada a la producción de calefacción y ACS de los edificios, así como las emisiones de CO₂ correspondientes.

Los factores de conversión utilizados para la obtención del consumo de energía primaria, consumo de energía primaria no renovable y las emisiones evitadas, definidos en la Tabla 9, se han obtenido del documento del RITE publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo “Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España”¹.

FACTORES DE CONVERSIÓN		
ELECTRICIDAD		
Energía Primaria	2,368	MWh EP/MWhe final
Energía Primaria No Renovable	1,965	MWh EP NO RES/MWhe final
Emisiones CO ₂	0,331	t CO ₂ /MWhe
GAS NATURAL		
Energía Primaria	1,195	MWh EP/MWhpcs
Energía Primaria No Renovable	1,190	MWh EP NO RES/MWhpcs
Emisiones CO ₂	0,252	t CO ₂ /MWhpcs

Tabla 9. Factores de conversión

	UNIDADES FACTURACIÓN Gas Natural kWhpcs / año	ENERGÍA PRIMARIA MWh EP / año	ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE MWh EP NO RES / año	EMISIONES t CO ₂ / año
Polikiroldegia	1.017.949	1.216	1.211	257
Eskola Publikoa	228.008	272	271	57
TOTAL	1.245.957	1.489	1.483	314

Tabla 10. Energía primaria, energía primaria no renovable y emisiones CO₂

¹https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

La energía primaria debida a las necesidades de calor de los edificios es de 1.489 MWh EP, 1.483 MWh EPNR medidos en energía primaria no renovable, que implican 314 tCO₂ asociadas a la producción térmica de los edificios. Estos valores calculados se tomarán como referencia para la obtención de los objetivos de ahorro en energía primaria no renovable y aporte de energía renovable, requeridos en el PCT. En apartados posteriores se desarrollará la metodología y cálculo de los indicadores que se presentan en esta propuesta.

8. SOLUCIÓN TÉCNICA

A lo largo de este apartado se desarrolla la propuesta técnica dirigida a dar cumplimiento a los requerimientos de la licitación de rehabilitación de la producción térmica de los edificios y relativos a la reducción de consumo energético, aprovechamiento de energías renovables y mejora de calificación energética de los edificios.

8.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA

La solución proyectada se basa en un Sistema Urbano de Climatización (SUC) o red de distrito de baja temperatura de 5ª generación, donde la fuente energética se trata de un sistema de intercambio geotérmico en circuito cerrado, que ofrecerá una solución de climatización renovable para los dos edificios descritos. Se centra en la reforma de la instalación de producción térmica mediante la ejecución, integración y el aprovechamiento de un sistema de intercambio geotérmico de 359 kW, de potencia total unido a la red de baja temperatura y su integración en los dos edificios que entran dentro del alcance de la licitación.

El nuevo sistema de climatización, a escala de distrito, será de producción distribuida en cada edificio donde se localizará una bomba de calor agua/agua, conectada a la red de baja temperatura alimentada por energía renovable. Se trata de un sistema escalable que será construido para dar servicio al polideportivo y la escuela en primera instancia, teniendo la posibilidad a futuro de extenderse a otros edificios municipales que se encuentran en las inmediaciones de la escuela (Haurtzaindegia, Pilotalekua, etc.)

Este sistema alimentará a las bombas de calor que transferirán la energía para producir agua a las temperaturas necesarias para cubrir las demandas de calefacción, ACS y, en su caso, refrigeración. La red se alimenta con energía térmica captada de un sistema de intercambio geotérmico en circuito cerrado.

Para la perforación de los sondeos y construcción de la red, se ha analizado la información gráfica disponible de servicios afectados, confirmándose los trazados con la visualización en campo de arquetas existentes, etc. Para facilitar la ejecución, la nueva red de distribución se integrará dentro de zonas verdes, en la medida de lo posible.

Se muestra una figura con el trazado propuesto de la red que llegará a cada uno de los edificios y la situación de los sondeos.



Figura 5. Plano del sistema urbano de climatización

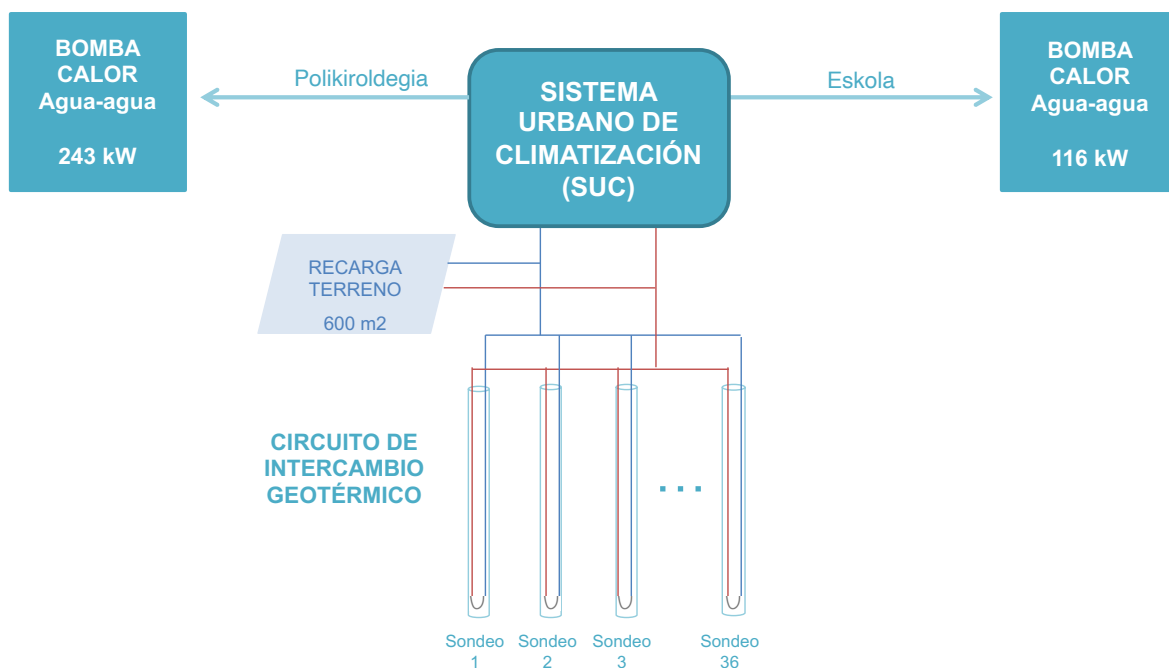


Figura 6. Esquema del sistema urbano de climatización

Las bombas de calor agua/agua se instalarán en cada edificio, serán las encargadas de producir agua a la temperatura de uso demandada. La estabilidad térmica del terreno, unido a la óptima capacidad de intercambio refrigerante/agua, las sinergias de producción calor/frío y las temperaturas de producción más elevadas de esta tecnología suman ahorros y configuran un sistema de climatización óptimo desde el punto de vista de la sostenibilidad y el coste de operación.

Dentro de cada edificio, se tratará de que se instalen los nuevos equipos de producción térmica dentro de las salas de producción actuales, minimizando el espacio requerido en planta y conectándose directamente al sistema de distribución existente. Se mantendrán los sistemas de distribución y emisión actuales, siendo el alcance de la presente propuesta la reforma de las instalaciones de los cuartos técnicos.

La cobertura energética sobre la demanda total será del 77%. Se trabajará con una consigna dinámica en función de la temperatura exterior. De este modo, se optimiza la producción térmica, minimizando consumo en aquellos momentos donde las temperaturas exteriores son más benévolas. Se mantendrá consigna económica en los períodos de no ocupación, nocturnos o fin de semana, no permitiendo que el edificio baje de 17-18°C, para recuperar con mayor celeridad el estacionario de funcionamiento con la actividad del edificio lo cual redunda en una mejora de las condiciones interiores y una reducción de consumo. Se impulsará a una temperatura inferior durante más horas incrementando la eficiencia global, optimizando el uso de la tarifa valle y mejorando el confort.

Una de las mayores ventajas el sistema propuesto, es que podría ser escalable. Una vez ejecutada esta primea fase, cabría la posibilidad, tras el análisis de las demandas en uso y comportamiento del terreno, que la red se extendiera a otras edificaciones de cualquier índole, públicos o privados, residencial o terciarios. Aumentándose así la contribución de energía renovable proporcionada por el sistema. En función de las demandas futuras a suministrar en fases posteriores a la actual, se debiera reconsiderar a futuro la ejecución de más sondeos verticales, para cumplimentar la extracción de energía renovable.

Las características principales que compondrán el sistema en su conjunto serían:

- **Sistema Urbano de Climatización.** Red horizontal compuesta por doble tubería en polietileno de alta densidad (PE100 PN10 SDR17) de diámetros ajustados al caudal necesario en cada punto de la red. Se instalarían tuberías desde 125 mm de diámetro hasta 100 mm.
- **Circuito de intercambio geotérmico.** Formado por 36 sondeos de 150 m de profundidad y red de conducciones horizontales, arquetas de distribución y conducciones de conexión a las bombas de calor agua-agua. El campo de sondeos estará conectado en cabecera de la red antes de su bifurcación hacia el polideportivo y hacia la zona de la escuela.

- **Bombas de calor agua-agua.** La potencia en bombas de calor a instalar en cada uno de los edificios sería:

- Luis Eceiza Eskola: 116 kW
- Polikiroldegia: 243 kW

En total, se contaría con un sistema de intercambio geotérmico de **359 kW**.

- **Integración calor.** En los dos cuartos mecánicos se conectará el depósito de inercia de calor unido a la bomba de calor con el colector de calor actual de distribución a los circuitos del edificio. En el Polideportivo la integración del aporte de calderas existentes se realizará a través de un separador hidráulico de manera que sólo se pedirá apoyo de las mismas en los momentos de mayor requerimiento de calefacción.
- **Producción de ACS.** La nueva bomba de calor del Polideportivo será la encargada del precalentamiento de ACS, siendo la caldera de gas natural la encargada de calentamiento final en el acumulador actual.
- **Sistema de regulación y control:** Se contará con el sistema de regulación de las propias bombas de calor y si fuera necesario se completaría este control con controladores externos. Se contará con los termostatos o sistemas actuales que comanden las bombas de distribución y los emisores actuales.
- A continuación, se presenta el diagrama de **diagrama de flujo** de la solución propuesta en el Polideportivo y la Escuela

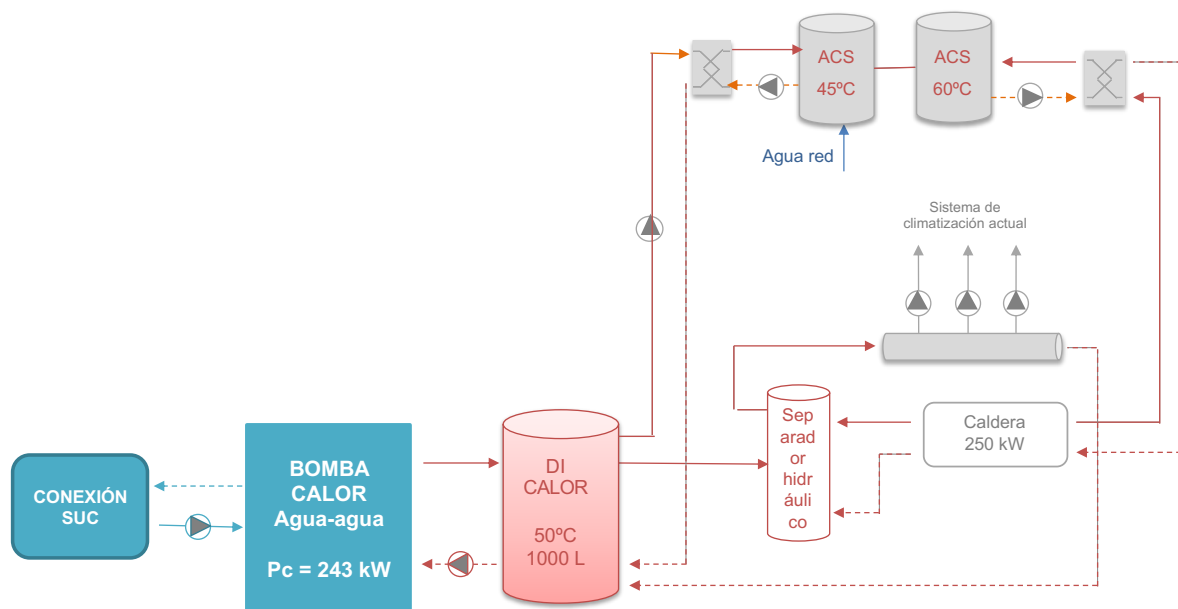


Figura 7. PI&D simplificado Kiroldergia

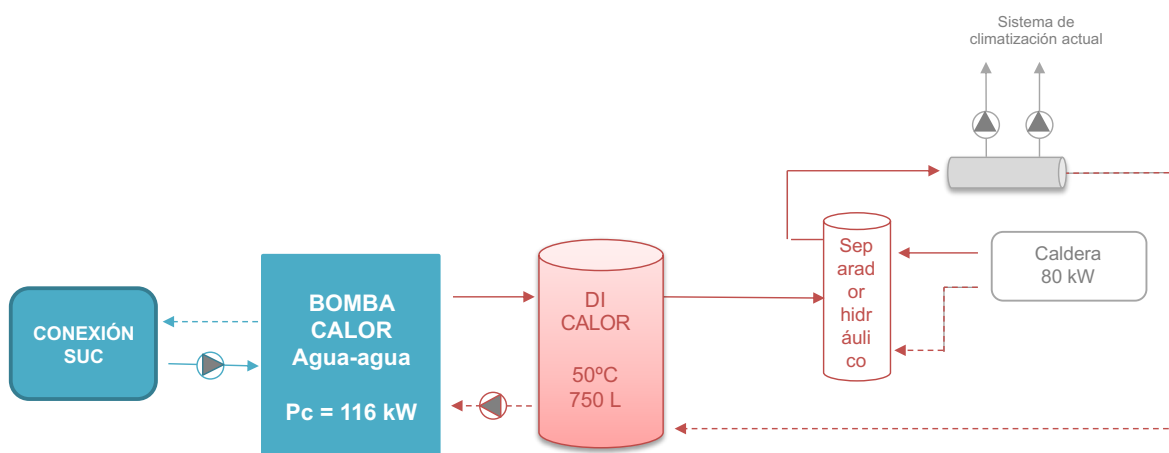


Figura 8. PI&D simplificado Escuela

8.2. COBERTURA CARGA PUNTA Y DEMANDA ENERGÉTICA

Se resumen las coberturas energéticas del sistema propuesto tanto en carga punta como en demanda energética:

Edificio	CARGA PUNTA	COBERTURA GEOTERMIA	
	Calefacción kW	Calefacción kW	%
Polikiroldegia	319	243	76 %
Eskola Publikoa	184	116	63 %
	503	359	69 %

Tabla 11. Cobertura cargas punta

Toda la instalación definida dentro del alcance de este proyecto (circuito de intercambio geotérmico y equipamiento de cuartos mecánicos) será capaz de disipar la demanda de frío de los edificios en un futuro si se equipasen los mismos con emisores adecuados (*Fancoils* o climatizadoras). Por ello, las bombas de calor tendrán la capacidad de producción de frío, si bien, el conexionado hidráulico, sistemas de distribución y emisión formarán parte de otra fase de ejecución.

Se muestra la demanda térmica actual y la propuesta de cobertura de sistema de intercambio geotérmico:

Edificio	DEMANDA ENERGÉTICA	COBERTURA GEOTERMIA	
	Calefacción + ACS kWh	Calefacción + ACS kWh	%
Polikiroldegia	778.731	593.407	76 %
Eskola Publikoa	174.426	145.113	83 %
TOTAL	953.157	738.520	77 %

Tabla 12. Cobertura demanda

El resto de carga y demanda energética será proporcionado por las calderas de gas natural. Se muestra a continuación, la cobertura de demanda del SIG y la dada por las calderas (convencional).

COBERTURA DEMANDA CALEFACCIÓN

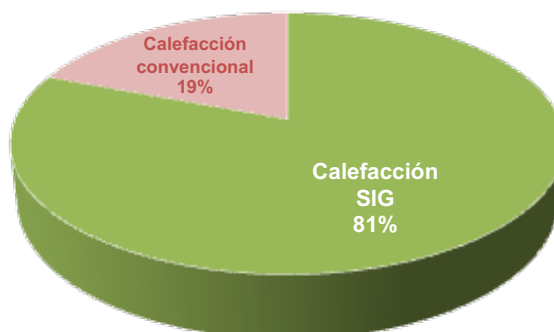


Figura 9. Reparto de cobertura de demanda por tecnología

Mensualmente la cobertura térmica del sistema de intercambio geotérmico (SIG) y de la caldera de gas natural sería:

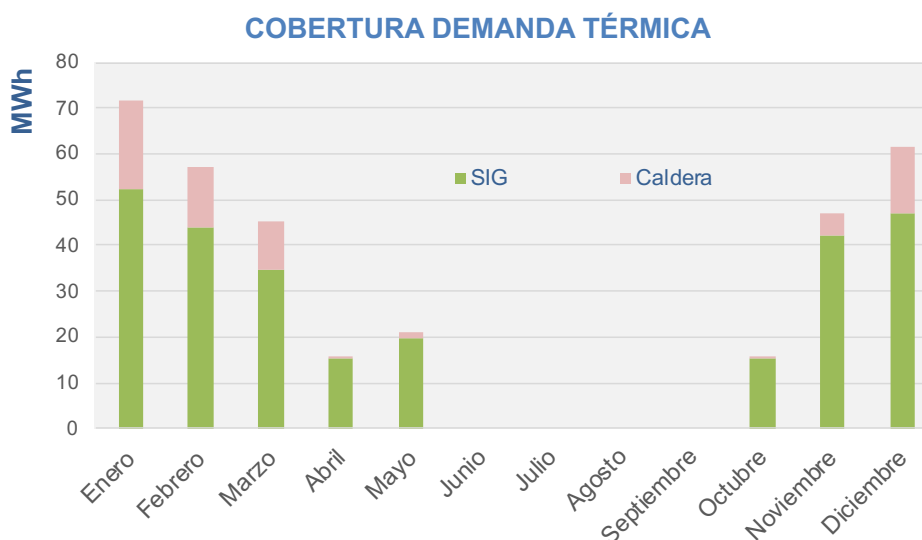


Figura 10. Cobertura mensual SIG

8.3. AHORROS ECONÓMICOS

El sistema de intercambio geotérmico de 359 kW propuesto permitirá un importante ahorro energético reduciendo el consumo de energía primaria no renovable, que redundará en una reducción en la factura energética del Ayuntamiento. Con la propuesta de Telur el SIG aportaría el 77% de la demanda de calefacción y ACS que actualmente se genera con las calderas de gas natural. Por tanto, la reducción esperada en el consumo de gas natural será equivalente a este porcentaje de cobertura, 77%.

En la Tabla 13 se recogen los costes energéticos unitarios empleados en los cálculos de ahorros económicos. Además, se presentan los rendimientos estacionales aplicados por tecnología.

COSTES ENERGÉTICOS		
Término energía eléctrica	194	€/MWhe (sin IVA)
Gas natural	109	€/MWh _{pcs} (sin IVA)
RENDIMIENTOS ESTACIONALES		
	Calefacción	
Caldera	85%	
SPF Sistema intercambio geotérmico	3,8	

Tabla 13. Datos considerados

En la Tabla 14 se recogen los ahorros económicos, energéticos y las emisiones evitadas, sin tener en cuenta los costes de mantenimiento.

SITUACIÓN ACTUAL		
Consumo Gas Natural	1.245.957	kWh _{PCS}
Coste término energía	135.700	€/año
SITUACIÓN SIG PROPUESTO		
Consumo Gas Natural	280.571	kWh _{PCS}
Consumo EE SIG	194.347	kWhe
Coste término energía	68.200	€/año
Ahorro término energía	67.500	€/año
	50	%

Tabla 14. Ahorros económicos solución propuesta

8.4. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA INTERCAMBIO GEOTÉRMICO

A partir de las cargas y demandas térmicas del edificio, y de los parámetros del terreno, se procede a dimensionar el circuito de intercambio geotérmico cerrado mediante una aplicación comercial, el *Earth Energy Design 4.3*.

Dado que la demanda de calefacción será la prioritaria o única dentro del sistema propuesto, se limitará la temperatura mínima del circuito a 0°C, por lo que será necesaria la adición de anticongelante al circuito, al 25%. Para el dimensionamiento, se fijan los rendimientos estacionales de 3,8 para calefacción, de acuerdo con la experiencia de Telur para instalaciones de las características del proyecto a desarrollar.

Los parámetros utilizados para la simulación del circuito de intercambio geotérmico son los siguientes:

PARÁMETROS DE DISEÑO	
Rango de temperaturas del fluido	0°C - 35°C
SPF Calefacción	3,8
Fluido intercambio	Agua + 25% propilenglicol
Separación entre sondeos	6,5 m
Tipo intercambiador	PEAD 2 x ø 40 x 3,7 mm
Caudal por sondeo	1,8 m ³ /h
Temperatura del terreno	15 °C
Conductividad térmica terreno	2,5 W/mK
Conductividad térmica del relleno del sondeo	1,7 W/mK

Tabla 15. Parámetros de diseño del sistema IG

La longitud de circuito de intercambio geotérmico requerida será:

CIRCUITO INTERCAMBIO GEOTÉRMICO (CIG)	
Longitud circuito IG (m)	5.400 m
Sondeos x longitud (m)	36 x 150 m

Tabla 16. Dimensionamiento circuito intercambio geotérmico

En la gráfica adjunta se observa la evolución de las temperaturas máxima y mínima en el circuito durante el periodo simulado (25 años):

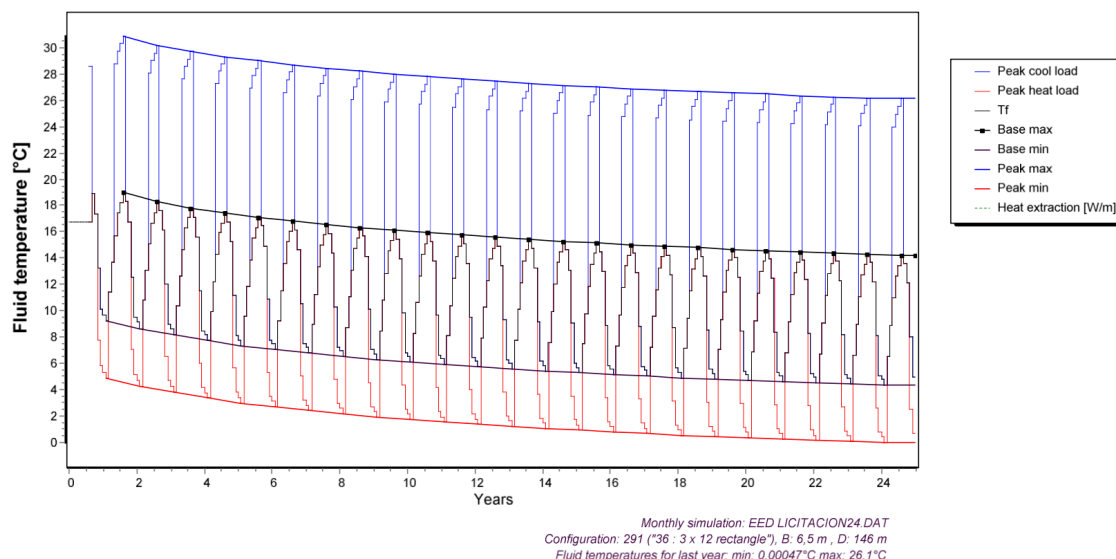


Figura 11. Evolución temperatura mínimas y máximas durante 25 años

De acuerdo con las premisas de trabajo impuestas la temperatura en el circuito requerirá trabajar con agua y propilenglicol al 25 % como fluido caloportador. La evolución del circuito a 25 años

(Figura 11) indica que el circuito definido provoca el intercambio suficiente para que las temperaturas máximas tiendan asintóticamente al valor de diseño.

La ubicación de sondeos se realizará en el césped del polideportivo y en la parcela contigua en la zona verde anexa al Museo. Para la ubicación de los mismos se han tenido en cuenta los planos de servicios afectados de Inkolan, así como el registro in situ de arquetas en las zonas de trabajo.

Los sondeos se dispondrían según se aprecia en la Figura 12, en los puntos marcados en amarillo. Una vez finalizada la obra civil se restituiría el firme y el uso de la zona no quedaría alterado.

También se cuenta con la captación horizontal del sistema urbano de climatización, que aunque no se pueda cuantificar como tal dentro del programa de simulación, se espera, por datos empíricos extraídos en proyectos previos de redes que sea del orden del 30% de los captado del terreno, lo cual apoyará al sistema y provocará un aumento en las temperaturas mínimas alcanzadas.



Figura 12. Distribución sondeos y conducciones

El circuito de intercambio geotérmico se acompañará de un sistema de recarga de terreno compuesto de 600 m² de paneles no aislados. Estos paneles se construirán a base de tubería de PE100 Ø40 mm PN16 y se ubicarán en la cubierta del polideportivo.

8.5. EQUIPOS PRINCIPALES DE CUARTO MECÁNICO

Se recogen a continuación los principales equipos del proyecto.

8.5.1. BOMBA DE CALOR POLIDEPORTIVO

Se proponen dos bombas de calor agua-agua con capacidad de trabajar en modo calefacción y refrigeración.

Se describe el modelo de las bombas de calor seleccionadas para cumplir las especificaciones del proyecto. Se han seleccionado dos bombas de calor agua-agua con compresor *inverter* del fabricante ECOFOREST modelo ECOGEO HP 25-100, de 116 kW de potencia en condiciones B10W35 de acuerdo con norma UNE EN 14511. En el Anexo 1 se adjunta la ficha técnica de la bomba de calor.

El compresor de velocidad variable adecuará la producción térmica a las necesidades de demanda térmica, optimizándose el consumo eléctrico y por el ende el rendimiento estacional del sistema de intercambio geotérmico. La bomba de calor tendrá reversibilidad en el circuito frigorífico y cambiará de modo a frío o calor según las necesidades estacionales del edificio.

BOMBA DE CALOR	
Fabricante	ECOFOREST
Marca	ECOFOREST
Modelo	ecoGEO ⁺ HP3 25-100
Nº equipos	2
Modelo	ecoGEO ⁺ 1-9 PRO
Nº equipos	1
Potencia calefacción s/ UNE EN 14511 B10W35	116 X 2 = 232 kW 11x1 = 11 kW TOTAL 243 KW
COP calefacción	5,5
Potencia refrigeración s/ UNE EN 14511 B35W7	90,3 X 2 = 180,6 kW
EER refrigeración	4,6
Refrigerante	R410A
PCA refrigerante	2088

Tabla 17. Características básicas bombas de calor geotermia

8.5.2. BOMBAS CIRCULADORAS POLIDEPORTIVO

A partir de los caudales y alturas manométricas esperadas, se seleccionan los nuevos grupos de bombeo que formarán parte del nuevo esquema de principio, ver Plano 4. En el Anexo 1 se adjuntan las fichas técnicas de los equipos.

Equipo	Descripción	Marca	Modelo	Q m³/h	ΔP mca
B1	Bomba circuladora terreno	KSB	ETL 032-032-160-GGSCV11	21,5	22
B2	Bomba circuladora terreno	KSB	ETL 032-032-160-GGSCV11	21,5	22
B3	Bomba circuladora primario	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	17	10
B4	Bomba circuladora primario	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	17	10
B5	Bomba circuladora módulos de recarga	KSB	ETL 065-065-160-GGSCV11	34	19
B6	Bomba circuladora precalentamiento ACS	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	17	10

Tabla 18. Bombas circuladoras polodeportivo

8.5.3. DEPÓSITO DE INERCIA POLIDEPORTIVO

Se ha previsto la instalación de un depósito de inercia de la marca Valinox de 1.000 l de volumen, ajustado al volumen mínimo requerido por las bombas de calor para minimizar el número de arranques y paros de la unidad. Se adjunta ficha técnica en el Anexo I.

A la salida del depósito se conectará una aguja hidráulica, para la integración de la producción desde calderas, que se conectará al colector de distribución a emisores existente.

La conexión desde las bombas de calor hasta el depósito se realizará en tubería de PPR Ø 110 mm SDR11, mientras que el conexionado hidráulico desde la aguja a los colectores de distribución existentes será en RP-PPR_RP Ø 125 mm SDR9.

8.5.4. DEPÓSITO DE PRECALENTAMIENTO POLIDEPORTIVO

Para la producción de ACS se ha proyectado colocar un depósito acumulador de ACS de precalentamiento, adicional al existente de 500 litros, de igual volumen.

Este depósito se conectará al circuito del condensador de las bomba de calor, a través de un intercambiador de placas externo, modelo SC- P-013L/031 de INDELCASA, dimensionado para trabajar con un salto térmico en el lado primario de 55/50°C y en el secundario de 40°C/45°C permitiendo precalentar el agua en ese depósito a 45°C. Se adjunta ficha técnica del intercambiador de placas en el Anexo 1.

Así mismo, se mantiene el circuito hidráulico primario desde caldera, desconectándolo hidráulicamente del colector de distribución existente y conectando a la producción de las nuevas

calderas. Este se activará mediante una electroválvula todo/nada comandada desde la regulación existente, para asegurar el suministro de calor en el segundo depósito para mantenerlo a 60°C así como para los choques térmicos a 70°C con objeto de cumplir con la normativa antilegionella.

8.5.5. BOMBA DE CALOR ECEIZA

Se propone una bomba de calor agua-agua con capacidad de trabajar en modo calefacción y refrigeración.

Se describe el modelo de la bombas de calor seleccionada para cumplir las especificaciones del proyecto. Se ha seleccionado una bomba de calor agua-agua con compresor *inverter* del fabricante ECOFOREST modelo ECOGEO HP 25-100, de 116 kW de potencia en condiciones B10W35 de acuerdo con norma UNE EN 14511. En el Anexo 1 se adjunta la ficha técnica de la bomba de calor.

El compresor de velocidad variable adecuará la producción térmica a las necesidades de demanda térmica, optimizándose el consumo eléctrico y por el ende el rendimiento estacional del sistema de intercambio geotérmico. La bomba de calor tendrá reversibilidad en el circuito frigorífico y cambiará de modo a frío o calor según las necesidades estacionales del edificio.

BOMBA DE CALOR	
Fabricante	ECOFOREST
Marca	ECOFOREST
Modelo	ecoGEO+ HP3 25-100
Nº equipos	1
Potencia calefacción s/ UNE EN 14511 B10W35	116 kW
COP calefacción	5,5
Potencia refrigeración s/ UNE EN 14511 B35W7	90,3 kW
EER refrigeración	4,6
Refrigerante	R410A
PCA refrigerante	2088

Tabla 19. Características básicas bombas de calor geotermia

8.5.6. CALDERA DE CONDENSACIÓN ECEIZA

La caldera de condensación a instalar serán del tipo mural de la marca Ygnis, gama Varfree Evo, o similar en calidad y características, fabricadas en AISI 316L con quemador modulante con premezcla total entre el 20 y el 100% de la potencia. Esta modulación permite optimizar los rendimientos estacionales disminuyendo las temperaturas de los humos así como el número de marchas/paro.

Se tratan de 1 caldera mural de 84,4 kW cada una, que ocupará en total en pared 1 m² aproximadamente.

La chimenea de evacuación de gases será fabricada en polipropileno.



Figura 13. Esquema calderas modulares Ygnis Varfree

8.5.7. BOMBAS CIRCULADORAS ECEIZA

A partir de los caudales y alturas manométricas esperadas, se seleccionan los nuevos grupos de bombeo que formarán parte del nuevo esquema de principio, ver Plano 4. En el Anexo 1 se adjuntan las fichas técnicas de los equipos.

Equipo	Descripción	Marca	Modelo	Q m ³ /h	ΔP mca
B1	Bomba circuladora terreno	KSB	ETL 032-032-160-GGSCV11	21,5	22
B2	Bomba circuladora primario	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	17	10

Tabla 20. Bombas circuladoras Eceiza

8.5.8. DEPÓSITO DE INERCIA ECEIZA

Se ha previsto la instalación de un depósito de inercia de la marca Valinox de 750l de volumen, ajustado al volumen mínimo requerido por las bombas de calor para minimizar el número de arranques y paros de la unidad. Se adjunta ficha técnica en el Anexo I.

A la salida del depósito se conectará una aguja hidráulica, para la integración de la producción desde calderas, que se conectará al colector de distribución a emisores existente.

La conexión desde la bombas de calor hasta el depósito se realizará en tubería de PPR Ø 90 mm SDR11, mientras que el conexionado hidráulico desde caldera a la aguja se realizará en RP-PPR-

RP $\varnothing$ 63 mm SDR9 , y de está a los colectores de distribución existentes será en RP-PPR_RP $\varnothing$ 110 mm SDR9.

8.6. SISTEMA DE RECARGA GEOTÉRMICA

El circuito de intercambio geotérmico diseñado contará con un sistema de recarga compuesto por con 33 colectores de captación pasivos ubicados en la cubierta del polideportivo, con una superficie total de captación de 594 m².

Los captadores están fabricados con tubería negra de PE 100 SDR 17 PN10 de diámetro D40. En la figura siguiente se muestra las dimensiones del captador:

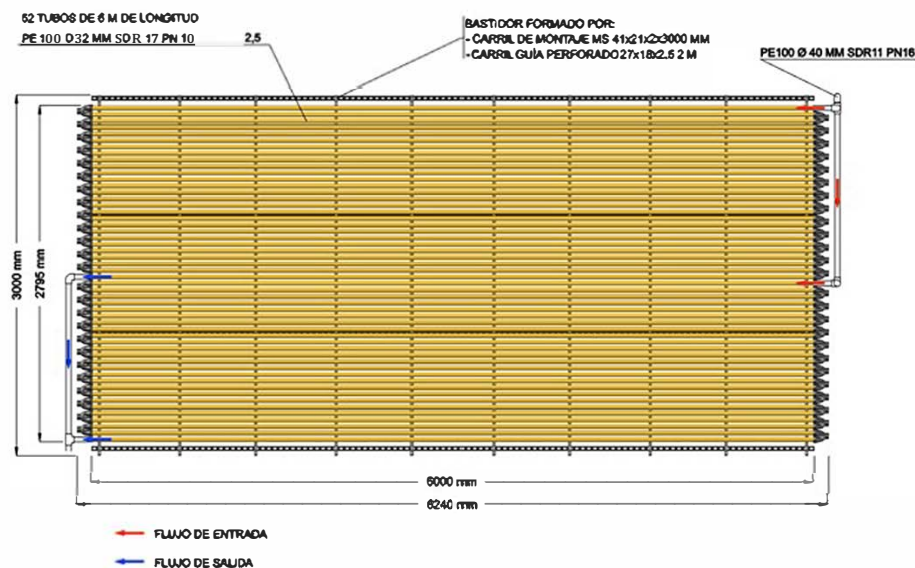


Figura 14. Diseño del captador pasivo

Los captadores pasivos se unirán por retorno invertido al circuito de intercambio geotérmico mediante un circuito hidráulico con su propio equipo de bombeo y válvulas de dos vías con servomotor, tal y como se indica en el esquema de principio hidráulico (Plano 4).

En el Plano 3 se recoge la ubicación de los captadores pasivos.

El sistema de sujeción y anclaje de cada captador está compuesto por un bastidor metálico de acero inoxidable formado por carril guía perforado de 27 mm x 18 mm x 2,5 mm y carriles de montaje de 3 m de dimensiones 41 mm x 21 mm x 2 mm que se anclarán a las cerchas de la estructura de la cubierta de panel galvanizado.

9. ELECTRICIDAD, REGULACIÓN Y CONTROL Y MONITORIZACIÓN

9.1. CUADRO ELÉCTRICO POLIDEPORTIVO

Se instalará un nuevo cuadro eléctrico para los nuevos equipos a instalar. En las siguientes tablas, se muestran los principales elementos consumidores de energía eléctrica de la instalación:

CONSUMO ELÉCTRICO POLIDEPORTIVO					
Equipo	Descripción	Marca	Modelo	P _{max} kWe	I _{max} A
BC 1	Bomba calor 1	ECOFOR EST	EcoGEO ⁺ HP1 25-100	29,6	45,1
BC 2	Bomba calor 2	ECOFOR EST	EcoGEO ⁺ HP1 25-100	29,6	45,1
B1	Bomba circuladora terreno 1	KSB	ETL 032-032-160-GGSCV11	3,0	5,9
B2	Bomba circuladora terreno 2	KSB	ETL 032-032-160-GGSCV11	3,0	5,9
B3	Bomba condensador 1	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	0,75	3,45
B4	Bomba condensador 2	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	0,75	3,45
B5	Bomba circuladora recarga	KSB	ETL 065-065-160-GGSCV11	4,0	8
B6	Bomba circuladora precalentamiento ACS	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	0,75	3,45
	Cuadro Control y monitorización (3 ud)	ECOFOR EST	Regulador BC1, regulador BC2 y Gestor de cascada	3,0	10
				75	130

Tabla 21. Datos eléctricos nuevos equipos Polideportivo

CUADRO ELÉCTRICO POLIDEPORTIVO				
Equipo	Descripción	Tensión V	I automático A	Alimentación
BC 1	Bomba calor 1	400	63	3x400V
BC 2	Bomba calor 2	400	63	3x400V
B1	Bomba circuladora terreno	400	10	3x400V
B2	Bomba circuladora terreno	400	10	3x400V
B3	Bomba circuladora condensador	230	6	1 x 230 V + tierra + neutro
B4	Bomba circuladora condensador	230	6	1 x 230 V + tierra + neutro
B5	Bomba Circuladora Recarga	400	10	3x400V
B6	Bomba circuladora precalentamiento ACS	230	6	1 x 230 V + tierra + neutro
	Cuadro Control y monitorización	230	25	1 x 230 V
			199	
	PROTECCIÓN DEL CUADRO		150	

Tabla 22. Alimentación eléctrica y protecciones nuevos equipos Polideportivo

9.2. CUADRO ELÉCTRICO ECEIZA

Se instalará un nuevo cuadro eléctrico para los nuevos equipos a instalar. En las siguientes tablas, se muestran los principales elementos consumidores de energía eléctrica de la instalación:

CONSUMO ELÉCTRICO ECEIZA					
Equipo	Descripción	Marca	Modelo	P max kWe	I max A
BC	Bomba calor	ECOFOR EST	EcoGEO+ HP1 25-100	29,6	45,1
B1	Bomba circuladora terreno	KSB	ETL 032-032-160-GGSAV11D200302	3,0	5,9
B3	Bomba condensador	DAB	EVOPLUS B 180/280.50 M	0,75	3,45
	Cuadro Control y monitorización (3 ud)	ECOFOR EST	Regulador BC1, regulador BC2 y Gestor de cascada	3,0	10
				36	64

Tabla 23. Datos eléctricos nuevos equipos Eceiza

CUADRO ELÉCTRICO ECEIZA				
Equipo	Descripción	Tensión V	I automático A	Alimentación
BC 1	Bomba calor	400	63	3x400V
B1	Bomba circuladora terreno	400	10	3x400V
B3	Bomba circuladora condensador	230	6	1 x 230 V + tierra + neutro
	Cuadro Control y monitorización	230	25	1 x 230 V
			104	
	PROTECCIÓN DEL CUADRO		80	

Tabla 24. Alimentación eléctrica y protecciones nuevos equipos Eceiza

9.3. SISTEMA MONITORIZACIÓN

9.3.1. CUANTIFICACIÓN ENERGÉTICA

La monitorización de las principales variables del sistema de intercambio geotérmico es un aspecto clave para comprobar el funcionamiento del sistema, optimizar su rendimiento, corregir cualquier deficiencia y cuantificar la energía suministrada y los consumos asociados. Los resultados de la monitorización se utilizarán para detectar cualquier desviación que pueda surgir, optimizar el funcionamiento del sistema y corregir las anomalías que se puedan producir respecto a las condiciones y evolución prevista.

Se monitorizarán en cada uno de los edificios, al menos, las siguientes señales:

VARIABLE	PARÁMETRO (SEÑAL)
ENERGÍA CAPTADA DEL TERRENO	• Temperatura impulsión terreno • Temperatura retorno terreno • Caudal terreno • Presión terreno • Temperatura exterior
ENERGÍA TÉRMICA GENERADA BOMBA DE CALOR Calefacción	• Temperatura impulsión primario • Temperatura retorno primario • Caudal primario
ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA POR BOMBA DE CALOR Y CIRCULADORA TERRENO	• Contador de energía eléctrica
ENERGÍA TÉRMICA GENERADA CALDERA (solo polideportivo) Calefacción	• Temperatura impulsión primario • Temperatura retorno primario • Caudal primario
ENERGÍA PRODUCCIÓN DE ACS (solo polideportivo)	• Caudal ACS • Temperatura depósito ACS

Tabla 25. Señales monitorizadas

Telur monitorizará el funcionamiento del sistema de producción térmica durante toda la duración del contrato prestando especial atención a la energía extraída e inyectada en el terreno, realizando los balances, comparando los resultados con la información de proyecto y simulando, en caso de que se produzcan desviaciones, la evolución del sistema con el nuevo escenario.

Las señales registradas se conectarán con el *datalogger* abajo descrito y a su vez se integrarán en el sistema de control de la producción. La intercomunicación entre los distintos equipamientos se muestra en la siguiente Figura 15:

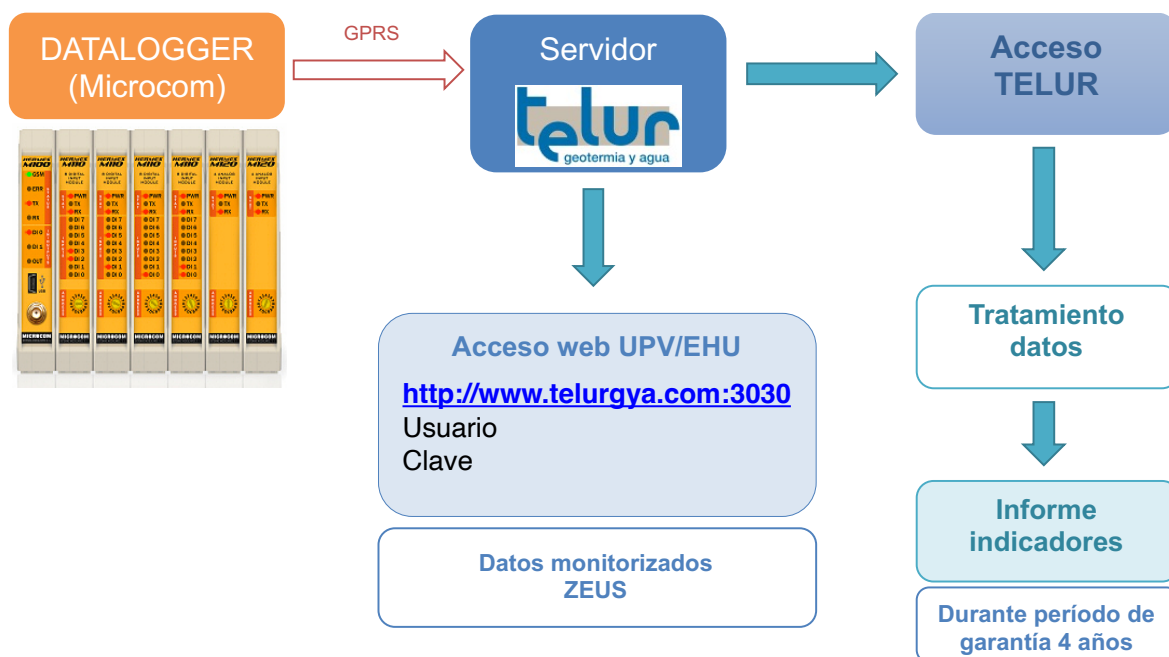


Figura 15. Interconexión entre control y monitorización

9.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

Para la monitorización, control y telegestión de la instalación de intercambio geotérmico TELUR integrará un equipo modular de telecontrol de la serie M100 de la casa **MICROCOM** con conectividad GPRS/GSM adaptado a las variables que se pretenden monitorizar y protocolo de comunicación ModBus. En cada uno de los edificios se instalará un equipamiento como el descrito a continuación.



Figura 16. Equipo modular de la serie M100 (Microcom)

Las características principales del equipo son las siguientes:

- Autómata con módem GSM/GPRS integrado.
- Modular, ampliable en módulos propios o ModBus para la monitorización y control de hasta 128 entradas/salidas.
- Configuración de hasta 16 canales matemáticos con operatividad entre variables de entrada/salida.
- Profundidad del histórico mayor de 40.000 registros.
- Descarga de históricos por GSM, GPRS o directa.
- Reloj en tiempo real de alta precisión (+-5seg/mes) y función de sincronización automática con la hora de la red GSM.
- Generación de registros en el histórico por tiempo, por evento (disparo de alarma), o combinación lógica de distintas señales. Almacenamiento de valores puntuales, promedio, máximos y mínimos.
- Conversión a unidad de ingeniería en las entradas analógicas y cálculo de caudales en entradas por pulsos.
- Ejecución automática de macros de usuario configurables en función del estado de las entradas.
- Capacidad de notificar las alarmas mediante llamada de voz, mensajes SMS bajo GSM o email.
- Capacidad de reenviar la notificación de alarma mientras persiste la condición de alarma.
- Envío de mensajes de restauración de alarmas y vuelta a la normalidad del sistema monitorizado.
- Capacidad de enviar mensajes de información automáticos.
- Función de transmisión de estados y activación de relé remoto entre equipos vía llamada GSM.
- Aplicación gratuita para recepción de alarmas y descarga de históricos (Zeus).
- Fácil configuración mediante software de configuración bajo Windows, tanto local como remotamente mediante llamada de datos GSM.
- Actualización remota de firmware.

El acceso y control del autómata es configurable mediante una lista de teléfonos autorizados. El equipo permite de serie la configuración de hasta 20 teléfonos pudiendo priorizar accesos entre 1 (máxima prioridad) a 8 (mínima prioridad). Los números prioritarios pueden tener asociada una máscara de entradas; esto significa que se puede configurar un número de teléfono prioritario al que sólo se le enviarán alarmas de las entradas descritas en la máscara.

La comunicación entre equipos se verificará mediante protocolo ModBus RTU sobre RS485.

El sistema propuesto garantiza su perdurabilidad al utilizar un sistema ModBus abierto que solo obligaría al cambio del autómatas, ante un cambio o actualización, y no a los equipos ModBus que recogen y envían la información paramétrica de control y monitorización.

El equipo de monitorización se programará por defecto para que almacene los valores de las variables cada 10 minutos, pudiendo modificar la frecuencia de las variables deseadas, si se considera necesario, lo que suele ser habitual en la fase de puesta en marcha y ajuste de parámetros de funcionamiento o ante cualquier incidencia que se pueda presentar.

Todos los parámetros controlados admiten la configuración de alarmas que serán enviadas vía SMS, llamada de voz o email a los teléfonos autorizados o cuentas de email configuradas. En este sentido es recomendable seleccionar las alarmas críticas, e intentar que éstas reflejen fielmente el estado del sistema y avisen de la avería o mal funcionamiento de los elementos clave de la instalación.

Los parámetros de control se mostrarán en uno o varios sinópticos realizados a medida de cada instalación. Se incorporarán esquemas o fotografías de la instalación en formato JPG o GIF. No se utilizará el formato gráfico *Flash*, dado que se trata de una tecnología en desuso, con fecha de caducidad prevista para 2020.

Los *datalogger* de monitorización almacenará los datos y los enviará periódicamente y de forma automática a los servidores de TELUR. Se programarán 2 descargas diarias (a las 8:00 y 15:00h) pudiendo acortar las descargas si se considera oportuno. En cualquier caso los datos podrán ser descargados en cualquier momento al servidor enviando un simple mensaje SMS.

Los datos almacenados serán accesibles a los usuarios a través de la plataforma Zeus. La plataforma cuenta con el servicio ZeusWeb, donde los usuarios podrán realizar la consulta de datos a través de un simple navegador Web, siendo siempre necesaria la correspondiente conexión a Internet (Figura 17).

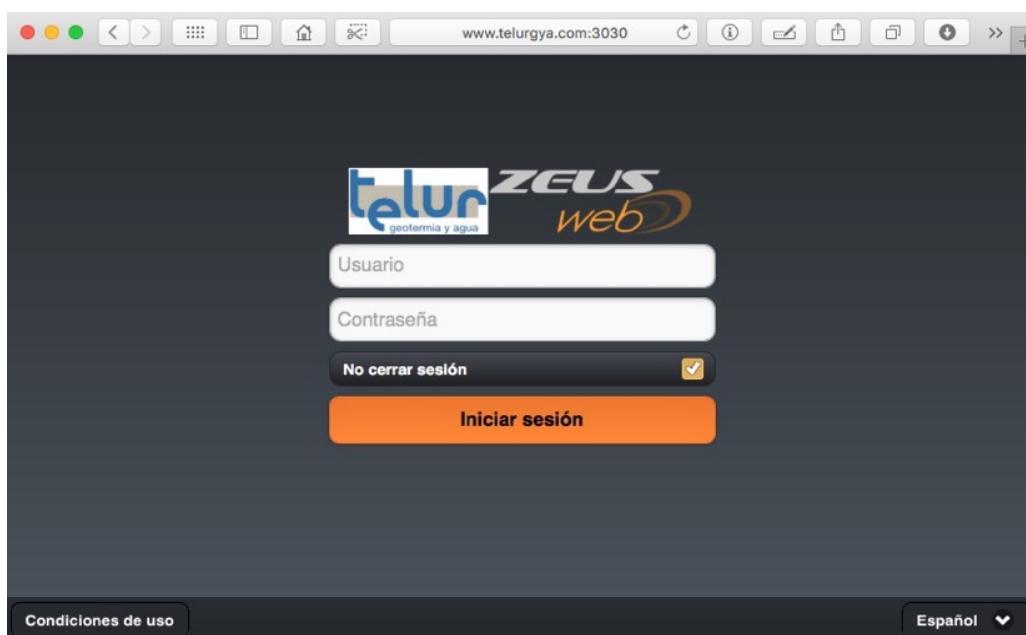


Figura 17. Acceso vía navegador a la plataforma ZeusWeb

Los datos almacenados de la instalación son accesibles vía Web con cualquier navegador del mercado y desde cualquier sistema operativo (Windows, Mac, Unix, etc.). El sistema dispone también de un software Zeus cliente específico para Windows, así como de aplicaciones específicas para *smartphones* o *tablets* bajo iOS o Android, aunque con el navegador del *smartphone* o *tablet* los datos sean igualmente accesibles.

Dentro de la plataforma Zeus se habilitarán los usuarios que el cliente considere oportunos, no habiendo límite en el número de usuarios a configurar. Sobre cada usuario se podrán fijar sus limitaciones: ver históricos, gráficas, configuración de gráficas, sinópticos, reenvío de alarmas, envío de comandos, alarmas a email, etc.

Los datos visualizados son exportables, desde el propio navegador, a formato .CSV para su tratamiento en Excel o en cualquier otro programa. Las gráficas, por su lado, son también exportables a imágenes con formato .PNG desde el propio navegador.

La plataforma permite una visualización ágil, sencilla y rápida de los diferentes parámetros de la instalación, y supone una ayuda enorme en la supervisión de la instalación (Figura 18, Figura 19 y Figura 20). Permite detectar problemas, anomalías o averías en el comportamiento de los diferentes componentes de la instalación, identificar, acotar o eliminar periodos de ineficiencia energética. Permite una detección temprana de averías, minimizar los tiempos de respuesta y optimizar las intervenciones de mantenimiento, reduciendo los costes operativos de la instalación.

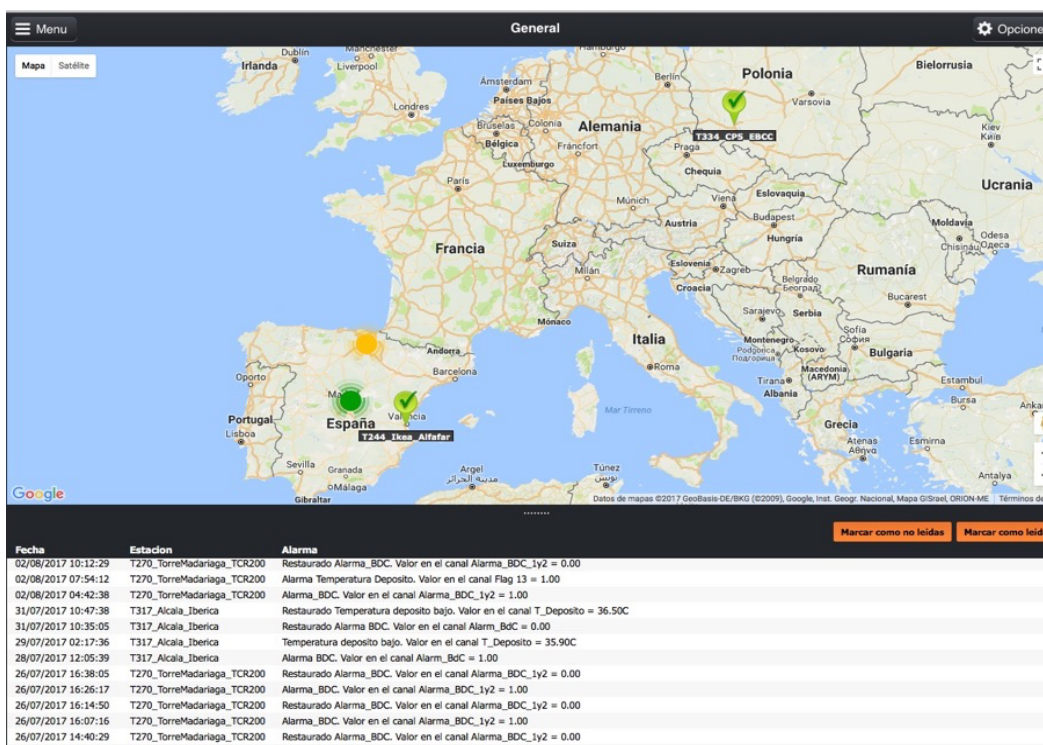


Figura 18. Pantalla inicial de alarmas en las instalaciones dentro de la plataforma ZeusWeb

Fecha	Motivo	T_Impr_Terreno	T_Ret_Terreno	T_Impr_Uso	T_Ret_Uso	T3_Impr_ACS	T4_Ret_ACS	T_Ext	Q_Terreno
24/08/2017 00:00:00	Tiempo	17	16.9	10.4	10.5	44.91	44.77	27.6	0.01
24/08/2017 00:10:00	Tiempo	17.2	17.1	10.9	11	44.79	44.61	27.6	0.01
24/08/2017 00:20:00	Tiempo	16.4	16	8.6	9.2	44.63	44.48	27.6	0
24/08/2017 00:30:00	Tiempo	16.2	15.9	9.2	9.4	44.91	44.62	27.6	0.01
24/08/2017 00:40:00	Tiempo	16.5	16.2	9.8	10	45.06	44.77	27.4	0
24/08/2017 00:50:00	Tiempo	17.9	16.5	8	9.9	44.09	43.55	27.3	27.41
24/08/2017 01:00:00	Tiempo	16.3	16	8.8	9	44.93	44.62	27.3	0
24/08/2017 01:10:00	Tiempo	16.5	16.1	9.4	9.6	45.19	44.9	26.9	0.01
24/08/2017 01:20:00	Tiempo	16.6	16.4	9.9	10.2	45.2	44.89	26.9	0.01
24/08/2017 01:30:00	Tiempo	16.8	16.6	10.5	10.7	45.04	44.75	27	0.01
24/08/2017 01:40:00	Tiempo	16.9	16.8	11	11.2	44.93	44.75	26.4	0
24/08/2017 01:50:00	Tiempo	17.1	17	11.5	11.7	44.78	44.64	26.5	0.02
24/08/2017 02:00:00	Tiempo	18	15.5	7	9.6	44.66	44.37	26.5	24.34
24/08/2017 02:10:00	Tiempo	16.1	15.8	9.2	9.4	44.91	44.48	26.5	0.01
24/08/2017 02:20:00	Tiempo	16.3	16	9.8	10	44.9	44.75	26.5	0
24/08/2017 02:30:00	Tiempo	16.5	16.4	8.4	8.9	44.91	44.74	26.5	0
24/08/2017 02:40:00	Tiempo	16.6	16.3	9.1	9.3	45.19	44.88	26.6	0.02
24/08/2017 02:50:00	Tiempo	16.7	16.5	9.6	9.8	45.32	45.01	26.4	0.02
24/08/2017 03:00:00	Tiempo	16.9	16.7	10.2	10.4	45.31	45.01	25.7	0.01
24/08/2017 03:10:00	Tiempo	17	16.9	10.7	10.9	45.18	44.89	26	0
24/08/2017 03:20:00	Tiempo	17.2	17.1	11.2	11.4	45.05	44.76	26.3	0.01
24/08/2017 03:30:00	Tiempo	17.3	17.3	11.7	11.9	44.91	44.62	26.6	0
24/08/2017 03:40:00	Tiempo	19.6	17.3	8.7	11.5	44.78	44.49	26.7	27.4
24/08/2017 03:50:00	Tiempo	16.2	15.9	9	9.2	44.79	44.48	26.6	0.02
24/08/2017 04:00:00	Tiempo	16.2	15.9	9.6	9.8	44.91	44.61	26.3	27.5
24/08/2017 04:10:00	Tiempo	16.5	16.4	8.5	8.8	44.91	44.62	26.3	0.02
24/08/2017 04:20:00	Tiempo	16.6	16.4	9.1	9.3	45.18	44.88	25.9	0
24/08/2017 04:30:00	Tiempo	16.8	16.7	9.7	9.9	45.32	45.02	25.9	0.01
24/08/2017 04:40:00	Tiempo	16.9	16.9	10.2	10.4	45.18	45.02	25.6	0.01
24/08/2017 04:50:00	Tiempo	17.1	17.1	10.8	10.9	45.19	44.9	25.4	0.02
24/08/2017 05:00:00	Tiempo	17.2	17.3	11.3	11.4	45.07	44.76	25.3	0.01
24/08/2017 05:10:00	Tiempo	17.4	17.5	11.7	11.9	44.92	44.63	25.1	-0.01
24/08/2017 05:20:00	Tiempo	19	16.3	8.2	11.1	44.77	44.48	24.9	27.01
24/08/2017 05:30:00	Tiempo	16.1	15.9	9	9.2	44.78	44.48	24.6	0
24/08/2017 05:40:00	Tiempo	15.7	15.8	9.6	9.8	44.92	44.62	24.4	27.4
24/08/2017 05:50:00	Tiempo	16.5	16.3	8.5	8.8	44.92	44.61	24.3	0.02
24/08/2017 06:00:00	Tiempo	16.6	16.4	9.1	9.3	45.18	44.88	24	0.01
24/08/2017 06:10:00	Tiempo	16.8	16.6	9.7	9.9	45.19	44.9	24	-0.01
24/08/2017 06:20:00	Tiempo	16.9	16.9	10.2	10.4	43.04	43.13	24	0
24/08/2017 06:30:00	Tiempo	15.9	16.4	9.9	10.9	44.23	43.94	23.9	0.02
24/08/2017 06:40:00	Tiempo	16.3	16	8.9	9.1	44.65	44.36	23.7	0.01
24/08/2017 06:50:00	Tiempo	16.5	16.1	9.4	9.7	44.92	44.61	23.7	0.02

Figura 19. Visualización del histórico de datos en los parámetros monitorizados (ZeusWeb)



Figura 20. Visualización gráfica de los datos históricos de la instalación (ZeusWeb)

El sistema propuesto de automatización y monitorización GPRS mediante la plataforma Zeus y su integración con el resto de sistemas del edificio a través de una pasarela ModBus creemos optimiza los recursos existentes, no compromete los sistemas informáticos de seguridad actuales de Lanbide e incorpora al esquema una instalación geotérmica con equipos y protocolos de comunicación bien estandarizados, funcionando bajo un software de distribución gratuita.

La plataforma propuesta permite la configuración de canales matemáticos donde, a través de fórmulas aplicadas a los distintos canales, se pueden establecer parámetros derivados como energía, índices de confort, emisiones, etc.

No obstante, la experiencia y la realidad en el funcionamiento de las instalaciones que pueden presentar derivas en los múltiples sensores instalados, averías, problemas de comunicaciones entre equipos, interferencias, etc. demuestra que los datos históricos almacenados en los dataloggers necesitan sistemáticamente una depuración posterior, así como un tratamiento de los mismos con vistas a establecer potencias y energías aportadas por el sistema geotérmico y los distintos índices: confort, emisiones de gases evitadas, consumo medio por m^2 , usuarios, etc. Esta depuración y tratamiento de los datos no es posible automatizar al 100% dadas las singularidades de cada instalación, equipos, sensores, etc.

La propuesta de TELUR incluye la depuración de datos y la realización de un tratamiento mensual de los mismos, obteniéndose tablas resúmenes diarias de la energía captada o disipada en el terreno, la energía consumida por el edificio, la eficiencia del sistema geotérmico, Índice de Confort Térmico, emisiones de gases efecto invernadero, etc. Resultados que serán utilizados para la elaboración del informe de verificación de ahorros correspondiente.

10. INDICADORES MEDIOAMBIENTALES

De acuerdo con las especificaciones del PCT, se justifican los porcentajes de reducción de consumo de energía primaria no renovable (EPNR), contribución de energía renovable (RES) y la mejora de calificación energética.

Se redacta el presente apartado como justificación de los valores de los indicadores energéticos, siendo los valores mínimos solicitados:

- **Reducción justificada del consumo de energía primaria no renovable.** Reducción mínima del consumo de energía primaria (EP) no renovable: 35% del consumo térmico, calefacción y ACS, actual de los edificios.
- **Aportación justificada de energía renovable (EERR).** Aportación mínima de EERR: 32% del consumo térmico, calefacción y ACS, actual de los edificios.
- **Calificación energética.** Mejora de la calificación energética de cada edificio en 1 (UNA) letra.

Por lo tanto, en esta justificación los valores: ahorro energético y contribución de renovable que y mejora de la calificación energética que proporcionaría el sistema de intercambio geotérmico (SIG) propuesto, se calculan en relación con la demanda y consumo actual de calefacción.

10.1. CONSUMO ENERGÉTICO. SITUACIÓN ACTUAL VS PROPUESTA

De acuerdo con la información del PCT las demandas térmicas actuales para cubrir las necesidades de calefacción y ACS de los edificios son:

CONSUMO GAS NATURAL EDIFICIOS DEL AYUNTAMIENTO DE ESKORIATZA		
Polikiroldegia kWhpcs	Eskola Publikoa kWhpcs	TOTAL kWhpcs
1.017.949	228.008	1.245.957

Tabla 26. Consumo gas natural actual

El sistema de intercambio geotérmico propuesto se ha diseñado para cubrir el 72 % del Polideportivo Manuel Muñoz y el 100 % de la Escuela Luis Ezeiza. En global, el 77 % de la suma de la demanda de todos los edificios.

En la Tabla 27 se recogen las demandas térmicas y consumos asociados correspondientes a la situación actual y a la propuesta de Telur.

COBERTURA DEMANDA ENERGÉTICA		ACTUAL		SIG PROPUESTO	
		Polikiroldegia	Eskola publikoa	Polikiroldegia	Eskola publikoa
Cobertura Convencional	(MWht)	778.731	174.426	185.324	29.313
Cobertura SIG	(MWht)			593.407	145.113
	(%)			76 %	83 %
CONSUMO ENERGÉTICO		ACTUAL		SIG	
		Polikiroldegia	Eskola publikoa	Polikiroldegia	Eskola publikoa
Consumo Gas natural	(MWht)	1.017.949	228.008	242.253	38.318
Consumo EE SIG	(MWhe)			156.160	38.188

Tabla 27. Cobertura demanda y consumo energético

Resumiendo los consumos de energía final asociados a la calefacción en la situación actual y en la propuesta:

CONSUMO ENERGÉTICO		ACTUAL	SIG	Variación consumo
Consumo Gas natural	(MWht/año)	1.245.957	280.571	- 965.386 (- 77 %)
Consumo EE SIG	(MWhe/año)		194.347	+ 194.347

Tabla 28. Resumen consumos energéticos

Con la implantación del sistema de intercambio geotérmico el consumo de gas natural se reduciría en un 77 % y el consumo de energía eléctrica, por los compresores de las bombas de calor a implantar, sería de 194 MWh/año.

10.2. AHORRO DE ENERGÍA PRIMARIA Y ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Para comparar los consumos de energía final recogidos en la Tabla 28 es preciso expresarlos en términos de energía primaria no renovable, tanto en la situación actual como con el uso del sistema de intercambio geotérmico.

Los factores de conversión utilizados, para la obtención del consumo de energía primaria se han tomado del documento reconocido del RITE "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España." publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo².

²https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

FACTORES DE CONVERSIÓN			
Electricidad Convencional peninsular	Energía Primaria	MWh EP / MWhe final	2,368
	Energía Primaria NO RENOVABLE	MWh EP NO RES / MWhe final	1,954
Gas natural	Energía Primaria	MWh EP / MWhpcs	1,195
	Energía Primaria NO RENOVABLE	MWh EP NO RES / MWhpcs	1.190

Tabla 29. Factores de conversión

ENERGÍA PRIMARIA	ACTUAL	SIG
Consumo MWh EP	1.489	795
Ahorro MWh EP		693
		47%

Tabla 30. Ahorro Energía Primaria

ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE	ACTUAL	SIG
Consumo MWh EP NO RES	1.483	714
Ahorro MWh EP NO RES		769
		52%

Tabla 31. Ahorro Energía Primaria No Renovable

El porcentaje de ahorro de Energía Primaria No Renovable, sobre el consumo de calor, es el 52 % > 35 % exigido en el PCT

10.3. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂

Los factores de conversión utilizados, para la obtención del consumo de energía primaria se han tomado del documento reconocido del RITE “Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España.” publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo³.

FACTORES DE CONVERSIÓN			
Electricidad Convencional peninsular	Emisiones evitadas	tCO ₂ /MWhe	1,954
Gas natural	Emisiones evitadas	tCO ₂ /MWhpcs	1.190

Tabla 32. Factores de conversión

³https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

EMISIONES EVITADAS	ACTUAL	SIG
Emisiones t CO ₂	314	135
Ahorro t CO ₂		179
		57%

Tabla 33. Emisiones de CO₂ evitadas

10.4. CONTRIBUCIÓN ENERGÍA RENOVABLE

A lo largo de este apartado se justifica el procedimiento y se calcula la fracción de energía renovable captada para la demanda de calor y ACS suministradas por el sistema de intercambio geotérmico.

10.4.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La aprobación de la **Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009. “Fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables”** define el procedimiento de cálculo de la fracción renovable de la energía geotérmica de baja entalpía y fija el límite para su cómputo en valores del rendimiento estacional (SPF):

$$SPF > 1,15 \cdot 1/\eta$$

Teniendo en cuenta que la eficiencia en la generación eléctrica (η) se fija según la *Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE)* en el 45,5%, se desprende que únicamente computarán como energía renovable aquellos sistemas que utilicen bomba de calor con:

$$SPF > 2,52$$

En cumplimiento de lo establecido en el ANEXO VII de la **“Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables”** el IDAE publica en febrero de 2014 el documento **“Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios”** donde se establece la metodología que podrá considerarse como suficiente para que determinadas bombas de calor accionadas eléctricamente puedan ser consideradas como bombas de calor renovables.

De acuerdo con este documento, el rendimiento estacional de una bomba de calor se calcula como:

$$SPF = COP \text{ nominal} \times FP \times FC$$

Donde:

- SPF: Rendimiento estacional medio.
- COP nominal: Rendimiento obtenido de la máquina en condiciones de ensayo.
- FP: Factor de ponderación, que tiene en cuenta las diferentes zonas climáticas que marca el CTE.
- FC: Factor de corrección, que tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de distribución o uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP de ensayo.

Los valores de estos factores se recogen en las tablas del documento 4.1 y 4.2 respectivamente que se presentan en este documento en las Tabla 34 y Tabla 35.

Tabla 4.1: Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de caloren función de las fuentes energéticas, según la zona climática.

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Tabla 34. Factores de ponderación

Tabla 4.2: Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP.

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Tabla 35. Factores de corrección

La temperatura de producción de calor será de 50°C.

En el Anexo VII de la Directiva 2009/28/CE, se muestra el balance energético a realizar en bombas de calor para la obtención del aporte de energía renovable:

$$E_{res} = Q_{usable} \times (1 - 1/SPF)$$

Donde:

- Eres: cantidad de energía procedente de fuentes renovables
- Q usable: calor útil proporcionado por bombas de calor, teniendo en cuenta aquellas cuyo SPF > 2,52
- SPF: Rendimiento estacional medio.

10.4.2. CÁLCULO DE LA APORTACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

En primer lugar es preciso calcular el rendimiento estacional de cada alternativa aplicando la metodología del documento IDAE. Eskoriatza pertenece a la zona climática D, según el CTE.

SPF: Sistema intercambio geotérmico cerrado (Bomba de calor agua-agua):

- Factor de ponderación (FP), zona climática D: 1,11
- Factor de corrección (FC), producción de calor a 50°C: 0,88

La Tabla 36 resume los factores de cálculo empleados y los SPF obtenidos para la tecnología y la temperatura de producción, teniendo en cuenta el COP nominal de las bombas de calor seleccionadas.

SIG	COP nominal	FP	FC (55 °C)	SPF (50 °C)
Cerrado	4,63	0,79	0,79	4,06

Tabla 36. SPF obtenido

CUMPLIMIENTO PRODUCCIÓN CALEFACCIÓN

El valor obtenido en el cálculo es superior al valor mínimo requerido (SPF mínimo = 2,52), por tanto, la producción de calefacción y ACS cumple con el requerimiento para ser considerada energía renovable.

CONTRIBUCIÓN RENOVABLE EQUIVALENTE SIG

Teniendo en cuenta la producción de calefacción y ACS aportada por el SIG, se calcula la energía renovable aportada, una vez justificado el cumplimiento del requerimiento establecido en el documento de IDAE:

	Demanda proporcionada por SIG cerrado kWh	SPF	Contribución renovable kWh
Polikiroldegia	564.094	4,06	425.156
Eskola publikoa	174.426	4,06	131.464
TOTAL	738.520	4,06	556.621
			58 % sobre la demanda total de calefacción y ACS

Tabla 37. Aporte de energía renovable

La contribución renovable aportada por el SIG propuesto sería de 557 MWh/año, equivalentes al 58 % de la demanda térmica de calefacción y ACS, superior en 20 puntos porcentuales a los requerido en el PCT.

La contribución renovable aportada por el SIG propuesto es de 58 %, superior a la mínima exigida en el PCT, 32% sobre el consumo asociado a la producción térmica

10.5. ADECUACIÓN LEY 4/2019 DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA DE LA CAV

De acuerdo con “Artículo 16: Porcentajes de ahorro de energía” y “Artículo 17: Utilización de energía procedente de fuentes renovables”, de la mencionada Ley, las administraciones públicas vascas deberán alcanzar los siguientes objetivos a los años horizonte 2030 y 2050:

	2030	2050	
Reducción consumo energía	35%	60%	Artículo 16
Uso Energías Renovables	32%		Artículo 17

Tabla 38. Objetivos Ley 19/2019

Como se ha recogido en los apartados anteriores los valores para el 2030, que son los mínimos requeridos en el Pliego, son superados ampliamente en lo que se refiere a las energías térmicas del edificio.

10.6. MEJORA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Por parte de los servicios técnicos del Ayuntamiento de Eskoriatza se ha puesto a disposición de Telur el archivo .cex con el que se realizó el certificado de eficiencia energética de los edificios para el estado actual, mediante el programa CEX v2.3. Se adjuntan los resultados de este certificado energético:

10.6.1. POLIDEPORTIVO

CALIFICACIÓN INCLUYENDO EL SISTEMA DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO: Se mejora una letra respecto al estado previo tanto en emisiones de CO₂ como en energía primaria no renovable.

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
< 24.3 24.3-39.5 39.5-60.7 60.7-78.9 78.9-97.1 97.1-121.4 ≥ 121.4 A B C D E F G	38.7 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año] 12.45	B	Emisiones ACS [kgCO2/m² año] 7.10	A
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año] 0.00	A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año] 6.48	B

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	26.92	67289.09
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	11.82	29544.58

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
< 124.2A 124.2-201.6B 201.8-310.5C 310.5-403.7D 403.7-496.8E 496.8-621.1F ≥ 621.1G	214.7 C	CALEFACCIÓN		ACS			
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	C	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	A		
		64.22		37.21			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	B
				0.01		38.28	

Figura 21. Calificación energética ESTADO REFORMADO POLIDEPORTIVO

CALIFICACIÓN PREVIA

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
< 24.3 A 24.3-39.5 B 39.5-60.7 C 60.7-78.9 D 78.9-97.1 E 97.1-121.4 F ≥ 121.4 G	68.4 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año] 32.70	E	Emisiones ACS [kgCO2/m² año] 16.54	C
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año] 0.00	A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año] 6.48	B

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	19.19	47967.72
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	49.24	123102.43

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
< 124.2A 124.2-201.B 201.8-310.5C 310.5-403.7D 403.7-496.8E 496.8-621.1F ≥ 621.1G 345.8 D		CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	F	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	B
		154.42		78.11	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	B
		0.01		38.28	

Figura 22. Calificación energética SITUACIÓN PREVIA POLIDEPORTIVO

10.6.2. ESCUELA LUIS ECEIZA

CALIFICACIÓN INCLUYENDO EL SISTEMA DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO: Se mejora DOS letras respecto al estado previo en emisiones de CO₂ y tres letras en energía primaria no renovable.

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
< 17.2 A 17.2-27.9 B 27.9-42.9 C 42.9-55.8 D 55.8-68.7 E 68.7-85.9 F ≥ 85.9 G 22.9 B		CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año] 12.18		B	Emisiones ACS [kgCO2/m² año] 1.06	
		REFRIGERACIÓN			ILUMINACIÓN	
		Emisiones globales [kgCO2/m² año] 0.00		A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año] 9.71	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	17.23	30755.65
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	5.71	10195.64

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
< 80.6A 80.6-131.0B 131.0-201.6C 201.6-262.1D 262.1-322.5E 322.5-403.2F ≥ 403.2G	128.7B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	C	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	F
		65.45		5.94	
				REFRIGERACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	B
		0.00		57.29	

Figura 23. Calificación energética ESTADO REFORMADO LUIS ECEIZA

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
< 17.2 17.2-27.9 27.9-42.9 42.9-55.9 55.9-68.7 68.7-85.9 ≥ 85.9	53.6 D	CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	F	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	F		
		42.88		1.06			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	B
				0.00		9.71	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	10.51	18766.79
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	43.13	76980.45

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
< 80.6A 80.6-131.0B 131.0-201.6C 201.6-262.1D 262.1-322.5E 322.5-403.2F ≥ 403.2G	265.7 E	CALEFACCIÓN		ACS		
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	G	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	F	
		202.48		5.94		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	B
			0.00		57.30	

Figura 24. Calificación energética SITUACIÓN PREVIA LUIS ECEIZA

11. EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SIG

Los trabajos de ejecución se realizarán de acuerdo con la norma UNE 100715-1 de “Diseño, Ejecución y seguimiento de una instalación somera. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical”.

La afección de los trabajos al entorno de la ubicación será mínima, quedando la zona de trabajo totalmente restablecida cuando finalicen las obras de ejecución.

El funcionamiento normal de los edificios no se verá afectado por las obras. Los equipos de trabajo, mientras se ejecute el intercambiador geotérmico, se situarán en el exterior evitando interferir en los accesos al edificio. Los trabajos de reforma del cuarto de máquinas garantizar, en todo momento, el mantenimiento del servicio de calefacción/refrigeración y se minimizarán, en la medida de lo posible, la interferencia con el funcionamiento del edificio.

11.1. OBRA CIVIL. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO

El circuito vertical consta de 5.400 m de perforación distribuidos en 36 sondeos de 150 m de profundidad. Además, el alcance del suministro comprende las conducciones horizontales, colectores de distribución y los equipos electromecánicos de producción y auxiliares sitos en las salas de máquinas. En este apartado se propone el sistema de perforación y el de conducciones, los materiales que se emplearán, así como la organización más indicada para abordar estos trabajos.

(a) Perforación. Selección del método. Características de la serie a atravesar

De acuerdo con el apartado 5.2 la geología local muestra que el sondeo emboquillará en margas y margocalizas. La perforación se realizará mediante rotopercusión con martillo en fondo.

(b) Organización de los trabajos

De forma previa al inicio de los trabajos se procederá al replanteo de los mismos señalizándolos adecuadamente. Además, se realizará un reconocimiento del terreno en los puntos de perforación y trazas de las conducciones para localizar y señalar cualquier servicio que pudiera resultar afectado.

(c) Perforación

Se emplazará una única máquina de perforación a rotopercusión con martillo en fondo para la realización de los trabajos.

(d) Tratamiento de detritus y caudales aflorados

El detritus extraído de las perforaciones será conducido a un sistema de separación que asegure el cumplimiento de la normativa de vertido de efluentes a colector. Para ello se dispondrán en obra de 1 equipo de tratamiento de lodos dotado de desarenador mediante bandeja vibrante e hidrociclón con un punto de corte D50 de 20 μm . El agua aflorada, pasará a los contenedores, previo paso por donde se someterá a una decantación final previa al vertido a red. Se equipará los contenedores con un sistema de bombas de achique y mangueras con capacidad suficiente para asegurar la evacuación. Con vista a minimizar los problemas que puedan surgir con el tratamiento de estos efluentes se propone que se defina en la primera reunión de coordinación el punto de vertido a la red de saneamiento. El detritus separado se acumulará en contenedores de obra contratados con un gestor autorizado que se encargara de su eliminación de acuerdo a la normativa de residuos vigente.

(e) Entubación

Una vez perforado el sondeo se procederá a la instalación de las tuberías de los intercambiadores de PE100 2 x $\varnothing$ 40 mm x 3,7 mm SDR11 PN16. El codo de retorno del circuito irá dotado con un decantador con una capacidad mínima de 25 cm^3 . Contará además con un lastre y un dispositivo de rigidización y de protección del codo de retorno. La entubación se realizará de acuerdo a los protocolos de Telur y contará con la presencia del encargado de Telur que supervisará las pruebas que realice el personal de la empresa de perforación de acuerdo a su propio protocolo. Antes de introducir la tubería se medirá la posición del nivel en el sondeo ajustando los lastres a la medida obtenida.

(f) Macizado

Una vez instalada la tubería se llenará con agua se realizará el ensayo interno de la empresa de perforación. A continuación, se presurizará el circuito y se procederá al vertido de grava silícea hasta alcanzar el nivel piezométrico. Seguidamente se hará el amasado e inyección de la mezcla térmicamente mejorada. El relleno seleccionado es un mortero de inyección, de alta conductividad térmica para aplicaciones geotérmicas, denominado Energrout HD 2.1 con una conductividad térmica de 2,1 W/mK. Una vez relleno el sondeo se procederá extraer la tubería de emboquille. Todos los trabajos se realizarán con el debido control hidrogeológico para asegurar el sellado sanitario de los sondeos.

(g) Control calidad sondeos

Finalmente, se medirá la profundidad de instalación efectiva del circuito y se procederá a la realización de la prueba de estanqueidad y flujo del circuito instalado según el protocolo de Telur que se expone en el apartado de control de calidad, que supera los requerimientos de la UNE 100715.

(h) Red de conducciones a sala de máquinas

- ✓ Las sondas geotérmicas o intercambiadores verticales están formados, esencialmente, por tubería doble de PE100 $\varnothing$ 40 PN16 SDR11, la U de retorno, accesorios soldables y el material que rellena el espacio anular entre las conducciones y las paredes del sondeo.
- ✓ Entre la boca de las perforaciones y la arqueta de colectores se realizarán zanjas donde se alojarán las conducciones enterradas en PE100 $\varnothing$ 40 PN16 SDR11. Todas las uniones hasta la arqueta de colectores se efectuarán mediante soldadura con manguito *socket*.
- ✓ Las conducciones horizontales, tendidas sobre el terreno a poca profundidad, que completan el circuito cerrado que recorre el fluido caloportador de cada sondeo hasta la arqueta de colectores, así como las conducciones de conexión hasta la arqueta de reunión y hasta el edificio, son elementos ajenos al intercambiador geotérmico. Su misión no es captar o inyectar calor del/al terreno, sino transportarlo.
- ✓ Se dispondrán tres arquetas cilíndricas. Dentro de cada arqueta quedarán dispuestos los colectores y las llaves de seccionamiento. Los colectores irán equipados con válvulas reguladoras tipo STAD. Una vez realizada la puesta en marcha estos colectores son prácticamente libres de mantenimiento.



Figura 25. Arqueta tipo TELUR

- ✓ Las conducciones horizontales tendrán una pendiente ascendente del 1% desde el emboquille del sondeo hasta la cámara de colectores y una pendiente entre 0-1% desde la arqueta hasta el pasamuros de entrada al edificio.
- ✓ Las conducciones de las arquetas, en PE00 $\varnothing$ 110 mm PN10 se conectarán con el sistema de climatización urbana (SUC), que se trazará en tubería de PE100 $\varnothing$ 125 mm PN10. El trazado se ejecutará evitando cualquier posible acumulación de aire en el mismo. Se colocarán purgadores seccionados mediante válvula de bola en todos los puntos altos de la conducción. Todas las conducciones estarán debidamente aisladas en los pasamuros y

cruces con elementos estructurales, así como en los paralelismos con estos elementos con separaciones de menos de 0,80 m. Se cubrirán de aislamiento anti-condensación cuando discurren por el interior del cuarto mecánico.

- ✓ La conducción desde el SUC hasta el cuarto mecánico de Luis Eceiza se realizará en PE100 $\varnothing 90$ mm PN10 y discurrirá por la galería existente entre el puente al lado del museo que discurre hasta el edificio Eceiza.
- ✓ Para la ejecución de SUC, se utilizará el mismo procedimiento que para ejecución de las condiciones horizontales, colocándose en zanja las tuberías que irán descendiendo de diámetro conforme vayan dejando caudal en cada uno de los edificios. Se partirá de un diámetro en 125 mm.
- ✓ Dentro de los cuartos mecánicos se dispondrá el debido equipamiento del circuito: bomba circuladora del terreno y primario, elementos de seccionamiento, purgado, filtrado, elementos de expansión, válvula de seguridad y válvulas de equilibrado estático.

(i) Control de calidad red conducciones

De acuerdo a los protocolos de Telur todas las tiradas de tubería de $\varnothing 40$ mm serán de una sola pieza. Todas las uniones entre los sondeos y las arquetas de reparto se realizarán con accesorio socket PN16. Las tuberías de PE100 $\varnothing 90$, $\varnothing 110$, $\varnothing 125$ mm entre se soldarán a tope de acuerdo a las especificaciones del fabricante de la tubería. Las arquetas de colectores vendrán de fábrica probadas y certificadas. Además, se proporcionará pre-regulada en función de la pérdida de carga teórica del circuito a equilibrar.

A continuación se realizarán las pruebas de estanqueidad y flujo de acuerdo a protocolo desarrollado por Telur. Ver Anexo 3 de Control de Calidad.

Una vez realizada la instalación, y las pruebas hidráulicas necesarias, se procederá al relleno de las zanjas con arena y material seleccionado de la excavación o ripio de los sondeos evitando cualquier daño a las conducciones.

Se señalarán las conducciones de polietileno mediante una cinta plástica de color vivo colocada 20 cm por encima de la generatriz superior.

11.2. SALA DE MÁQUINAS

En lo que atañe a los elementos principales de la sala producción que se integrarán con el cuarto de calderas existente se pueden realizar las siguientes observaciones:

(a) Bomba de calor

La producción especificada se realizará mediante las bombas de calor descritas en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

(b) Bombas circuladoras

Se colocará bomba circuladora de rotor seco en circuito del terreno a las cual se le dotará de arranque y regulación de caudal mediante variador de frecuencia del motor eléctrico. El circuito primario entre condensador de la bomba de calor y depósito de inercia se dotará con una bomba de rotor húmedo electrónica con variador de velocidad integrado, en caso de existir para los caudales y alturas manométrica de proyecto. En caso contrario se colocaría una bomba simple de rotor seco. Así se da cumplimiento a los requerimientos de eficiencia del Pliego.

El consumo de las circuladoras del circuito de intercambio geotérmico se computa dentro de la generación geotérmica y la correcta selección y gestión de estos equipos es crítica. Para la selección de la bomba TELUR acostumbra realizar un ensayo final previo con un equipo de bombeo portátil. De forma adicional a la prueba de estanqueidad se ensayan distintos escalones de caudal creciente controlándose la pérdida de carga en cada uno de ellos y obteniendo la curva resistente de la instalación. Mas allá de facilitar la selección de la bomba adecuada este ensayo proporciona la curva resistente inicial (curva 0) de la instalación, que puede usarse como patrón para la detección de cualquier anomalía a lo largo de la explotación.

(c) Instalación de conexión sala técnica

Se propone equipar en PE100 la parte del circuito 0 y en polipropileno el primario de producción en calor tanto para el sistema de intercambio geotérmico como para interconexión con la producción de caldera en su caso. Se instalarán los aislamientos requeridos para cada uso del circuito de acuerdo al RITE. Para las conducciones sometidas a temperaturas más altas: interconexión con caldera y conexión con colector de distribución se utilizará polipropileno RP, resistente a temperaturas superiores de trabajo.

(d) Valvulería

Se colocarán los elementos requeridos por el esquema de principio y aquellos que sean preciso a juicio de Telur. Se instalarán purgadores en todos los puntos altos para asegurar la eliminación del posible aire. Se instalarán filtros, separadores y las válvulas precisas para facilitar los trabajos de mantenimiento.

(e) Sistema de regulación y control

Se implantará una regulación mediante consignas dinámicas para ajustar las temperaturas de producción a la demanda térmica del momento optimizando el rendimiento de la bomba de

calor. Del mismo modo, se potenciará utilizar la regulación de la propia máquina, frente al control externo, para optimizar su funcionamiento.

(f) Interferencia con el uso normal del edificio

Se prevé el premontaje en taller por módulos de los elementos electromecánicos que compondrán las nuevas salas de máquinas de Telur, para minimizar en obra los tiempos de montaje y la interrupción del servicio para el conexonado final de equipos, la cual se realizará de forma coordinada con los servicios de mantenimiento del edificio y tendrá una duración limitada a fin de que la afección a los usuarios del edificio sea despreciable.

(g) Puesta en marcha, monitorización y seguimiento

El éxito de un proyecto de intercambio geotérmico está totalmente condicionado por el correcto diseño, ejecución y, en gran medida, por el proceso de puesta en marcha y gestión del sistema geotérmico. Esta última variable se obvia con frecuencia pero tiene una importancia capital. Los trabajos que se realizarán son:

- ✓ Definición estrategia de explotación. En colaboración con la Propiedad se definirá la estrategia de control de la sala de producción. Consignas, ordenes de arranque, horarios...
- ✓ Se definirán las pautas de explotación del circuito de intercambio geotérmico y la estrategia de trabajo, número y orden de funcionamiento, en función de la respuesta prevista del terreno y las demandas de proyecto del edificio.
- ✓ Purga, limpieza y equilibrado circuito 0. Se completará la purga del aire del circuito 0 y la eliminación de los detritus o restos del montaje. Se verificará el correcto equilibrado del circuito a los distintos caudales de funcionamiento.
- ✓ Puesta en marcha de la instalación. Se realizará la puesta en marcha de los equipos con la asistencia del fabricante de las bombas de calor. Se ensayará el sistema aplicando los protocolos de PIE de Telur para las salas de producción.

11.3. MATERIALES A EMPLEAR

A continuación se detalla brevemente las características de los materiales previstos. Todos ellos cumplen los requerimientos establecidos en la norma UNE 100.715:1 – 2014.

(a) Tuberías

Las tuberías y accesorios a emplear serán de polietileno virgen extruido de alta densidad. Los tubos estarán teñidos en profundidad preferiblemente en color negro, serán aptos para la conducción de agua potable y cumplirán la norma UNE EN 12201.

La tuberías y accesorios a emplear para la conexión de cada sondeo con la arqueta de colectores correspondiente del sector serán de PE100 $\varnothing$ 40 x 3,7 mm SDR11 PN 16. La tubería contará con marcado permanente con estas características a un espaciado regular.

La tuberías y accesorios a emplear para la conexión de la arqueta hasta el SUC será en PE100 $\varnothing$ 110 x 6,6 mm SDR17 PN 10. Las tuberías que conformarán el sistema urbano de climatización, serán en PE100 $\varnothing$ 125 x 7,4 mm SDR17 PN 10 y PE100 $\varnothing$ 110 x 6,6 mm SDR17.

Todas las tuberías contarán con marcado permanente en el que figuren estas características a un espaciado regular.

Las tuberías no quedarán expuestas al sol durante períodos de tiempo superiores a 1 semana. En el caso de que se prevean estancias superiores se evitará el acopio en obra o se protegerán los tubos mediante una lona o toldo adecuado.

En ningún caso se utilizará polietileno extruido a partir de material reciclado.

(b) Uniones

Las uniones se realizarán mediante fusión térmica por alguno de los procedimientos aprobados por el fabricante de la tubería. Por su solidez y fiabilidad se considera como procedimiento idóneo la soldadura con accesorio socket, para los diámetros inferiores a 50 mm, y a tope o con manguitos electrosoldables para los superiores. La longitud máxima del tendido diseñado en tubería de $\varnothing$ 40 mm será inferior a 40 m. Los tramos de tubería de impulsión y retorno entre los sondeos y las arquetas de colectores serán de una sola pieza sin uniones intermedias.

La uniones se realizarán previa limpieza de las tuberías y accesorios. Los extremos de las tuberías se rascarán en una longitud superior a la profundidad de inserción en el caso de emplear accesorios electrosoldables. En todo momento se seguirán los procedimientos de los fabricantes de la tubería y los accesorios. Las piezas a unir se fijarán adecuadamente asegurando que no se muevan durante la soldadura. Se respetarán en todo momento los tiempos de calentamiento, unión y enfriamiento prescritos por el fabricante no sometándose la unión a esfuerzo mecánico alguno en este período. Del mismo modo, se cumplirá con la temperatura de fusión indicada por el fabricante del accesorio que se verificará periódicamente.

En todo momento se asegurará la adecuada limpieza de los mandriles o de la placa de soldadura. Se realizarán controles de la temperatura de calentamiento de los equipos empleados al menos al inicio y fin de la obra.

(c) Tendido

Antes de su introducción en la zanja, se comprobará la ausencia de cualquier objeto en el interior de las tuberías que pueda ocasionar una obstrucción en el circuito. La zanjas tendrán

una profundidad mínima de 0,9 m bajo la cota del terreno. La anchura de la zanja será proporcional al número de tuberías que se prevé vaya a albergar de tal forma que permita el tendido de las mismas con el espaciado especificado en estas condiciones técnicas.

Se verificarán las características del fondo de la zanja apartando cualquier piedra u objeto punzante que haya podido caer desde el momento de la excavación de la zanja y pueda dañar la tubería.

Se procederá a colocar la tubería evitando todo tipo de golpes y roces innecesarios. Los extremos se protegerán y obturarán durante el tendido evitando la posible entrada de barro, piedras o cualquier objeto extraño.

El radio de curvatura mínimo aceptable será de 30 veces el diámetro nominal de la tubería: 1.200 mm para la tubería de 40 mm. Se evitarán radios inferiores mediante la sobre-excavación de la zanja y, en último término, la utilización de los accesorios adecuados.

Se considerarán las características de expansión y contracción térmica del material de modo que cuando la instalación se realiza en verano, se deben utilizar longitudes mayores de tubería. De este modo, se evitarán las tensiones longitudinales por contracción térmica.

Cuando el fondo de la zanja abierta por el contratista presente rocas o elementos que puedan dañar la tubería se rellenará el fondo con una cama de arena de 5-10 cm de espesor.

Las tuberías se colocarán en dos alineaciones, siempre que el montaje lo permita. En la fila inferior se colocarán las tuberías de retorno y en la superior las tuberías de impulsión al terreno de cada sondeo. Los tubos se colocarán con espaciadores. La separación entre tuberías de la misma alineación no será inferior a 2 cm. La separación entre tuberías alineadas en vertical no será inferior a 1 cm.

Con el fin de evitar el embolsamiento de aire, las tuberías se dispondrán con una pendiente descendente regular de al menos un 1% hacia los sondeos. Del mismo modo, las conducciones entre las arquetas de cada sector y la cámara de registro general, también dispondrán de una pendiente descendente del 1% hacia las cámaras de cada sector.

Se evitarán los puntos altos que puedan favorecer el atrapamiento de aire que puedan ocasionar una reducción en la sección de circulación.

En las superposiciones de zapatas, pasamuros y cruces de soleras se aislarán y protegerán las tuberías con vainas de PE de canalización eléctrica de $\varnothing$ mínimo 63. Cuando así se requiera, el anular entre las dos tuberías se inyectará con espuma de poliuretano asegurándose un perfecto sellado que impida la filtración de agua.

Las entregas en el cuarto mecánico tendrán un longitud mínima de 1.500 mm sobre la cota final de solera. Las tuberías se dispondrán alineadas y verticales. Se colocarán los elementos de fijación precisos para asegurar su posición en las futuras labores de hormigonado, pulido y tabicado. En todo momento se mantendrán marcados los extremos de los circuitos mediante cinta aislante de colores y la numeración de los sondeos o cualquier otro sistema que permita la clara diferenciación.

Una vez instaladas la tuberías y vertida sobre las mismas la tongada de arena de 10 cm de espesor, el instalador colocará centrada con respecto al eje longitudinal de la zanja una cinta plástica indicadora de la existencia de las tuberías.

(d) Arqueta de colectores

La cámara cilíndrica o arqueta estará diseñada de tal forma que permita el desmontaje y mantenimiento de sus elementos. Se asegurará su estanqueidad mediante un sellado adecuado de juntas y pasamuros. Contará en superficie, enrasada con la zona de los sondeos, con un registro de fundición homologado para las cargas de rodadura a soportar.

En el cuarto mecánico se instalarán válvulas de mariposa de diámetro adecuado para el seccionamiento de las conducciones de cada sector.

El circuito se proveerá de las debidas válvulas de seccionamiento, purgadores, sondas de temperatura, caudalímetro, filtros, sistema de llenado y vaciado, elementos de expansión y medida de presión diferencial.

11.4. CONTROL DE CALIDAD

En el Anexo 3 al presente proyecto se recogen los trabajos de control de calidad desarrollados por Telur.

11.5. ANÁLISIS DE AFECCIONES EN LA INSTALACIÓN, LOS EDIFICIOS Y LA URBANIZACIÓN

Por un lado, es importante mencionar que durante los trabajos de perforación se extremará el control y la vigilancia ambiental. El/La técnico hidrogeólogo/a de Telur designado cuenta con una amplia experiencia en labores de vigilancia ambiental y supervisará, en coordinación con el jefe de obra y el encargado, las medidas de prevención de vertidos, los trabajos de mantenimiento de los equipos y el proceso de gestión de los detritus y caudales aflorados previo al vertido a la red.

Telur dispondrá un equipo de tratamiento de los detritus de perforación mediante contenedores de decantación. Esto permitirá reducir el contenido de humedad del ripio facilitando su tratamiento por un gestor autorizado y minimizará el arrastre de sólidos a la red de saneamiento. Deberán definirse

los puntos de vertido de los efluentes a la red de saneamiento, así como las normas de vertido y su control. Los materiales sobrantes de la excavación de las zanjas serán enviados a vertedero autorizado.

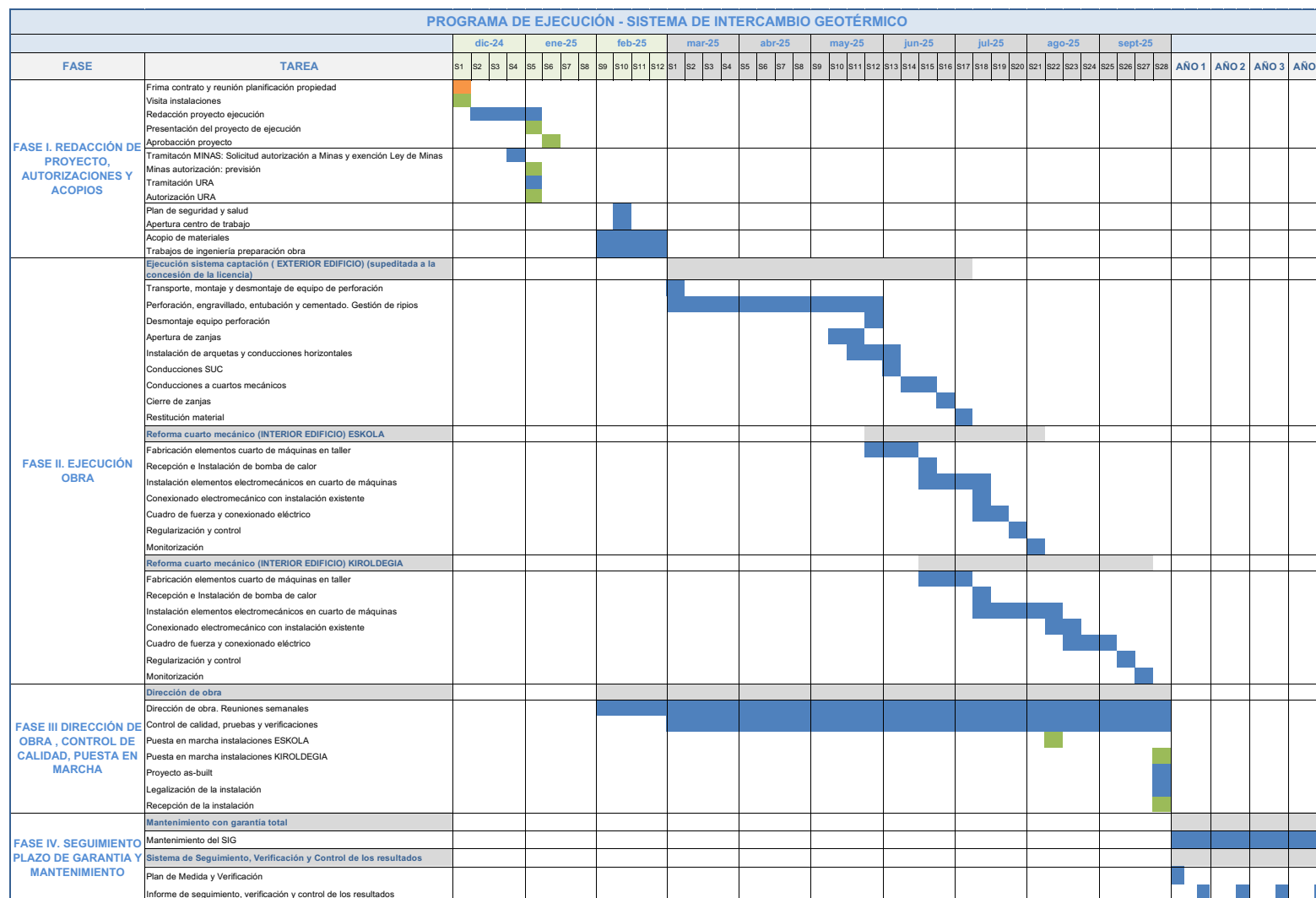
Además, la afección de los trabajos al entorno de la ubicación será mínima, quedando la zona de trabajo totalmente restablecida cuando finalicen las obras de ejecución. Si bien, las excavaciones y obras civiles son necesarias para instalar la red geotérmica, los impactos se minimizan mediante técnicas y maquinaria especializada. Además, los impactos en la infraestructura existente son limitados ya que la instalación de la red urbana de climatización implica principalmente la colocación de tuberías subterráneas. Por lo que se replanteará el trazado de las zanjas y conducciones para poder acomodar la instalación de forma no intrusiva junto con otras redes subterráneas existentes, evitando conflictos y reduciendo los riesgos. Para ello, se estudiarán los planos de servicios de la zona objeto de la obra para analizar los posibles servicios afectados por la red.

Las conducciones se ejecutarán priorizando las que puedan afectar a viales o zonas de paso. Se realizará la prueba de la arqueta de distribución que permita cerrar las zanjas con la mayor premura con el fin de mantener la programación prevista y minimizar la afección y los riesgos ocasionados por una zanja abierta.

El funcionamiento normal de los edificios no se verán afectados por las obras. Los equipos de trabajo, mientras se ejecute el intercambiador geotérmico, se situarán en el exterior evitando interferir en los accesos al edificio. Los trabajos de reforma de los cuartos de máquinas garantizarán, en todo momento, el mantenimiento del servicio de calefacción/refrigeración y se minimizarán, en la medida de lo posible, la interferencia con el funcionamiento del edificio.

Sumado a todo eso, durante todo el proceso de instalación, se siguen estrictamente las normativas y los requisitos locales. Se obtienen los permisos de construcción necesarios y se cumplen las pautas ambientales y de seguridad aplicables. Los trabajos de ejecución se realizarán de acuerdo con la norma UNE 100715-1 de *“Diseño, Ejecución y seguimiento de una instalación somera. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical”*. Esto asegura que la instalación se lleve a cabo correctamente y cumpla con los estándares establecidos.

12. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS



13. RESUMEN DE PRESUPUESTO

A continuación, se recoge el resumen de presupuesto de ejecución material y ejecución por contrata para la ejecución del sistema de intercambio geotérmico y su integración en el sistema de producción térmica actual:

RESUMEN DE PRESUPUESTO		€
1	CIRCUITO DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO CIRCUITO CERRADO	242.616,98
2	CONDUCCIONES HORIZONTALES Y COLECTORES	78.641,85
3	RECARGA SISTEMA GEOTÉRMICO	62.797,23
4	PRODUCCIÓN TÉRMICA 1	50.477,53
5	CIRCUITO PRIMARIO GEOTERMIA 1	36.781,52
6	INTEGRACIÓN INSTALACIÓN EXISTENTE	11.217,07
7	REGULACIÓN Y CONTROL	20.272,08
8	ELECTRICIDAD 1	14.105,78
9	MONITORIZACIÓN SIG 1	4.566,98
10	PRODUCCIÓN TÉRMICA 2	35.634,34
11	CIRCUITO PRIMARIO GEOTERMIA 2	19.492,65
12	REGULACIÓN Y CONTROL 2	15.545,26
13	ELECTRICIDAD 3	11.873,18
14	MONITORIZACIÓN SIG 3	4.528,67
15	CONTROL DE CALIDAD, INGENIERÍA Y PUESTA EN MARCHA	27.120,64
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		€ 635.671,74
	GASTOS GENERALES	13% 82.637,33
	BENEFICIO INDUSTRIAL	6% 38.140,30
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA		€ 756.449,38
	IVA	21% 158.854,37
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (IVA INCLUIDO)		€ 915.303,75

El presupuesto de ejecución por contrata (sin IVA) del proyecto asciende a SETECIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.

Durango, 31 de enero de 2025

Firmado:



Catalina Martín
Ingeniera Industrial



Ane Sainz-Trápaga
Ingeniera Industrial



Iñigo Arrizabalaga
Licenciado en Ciencias Geológicas
Director General Telur Geotermia y Agua