



proyecto para la construcción de centro de educación infantil y primaria en el barrio de Villimar de burgos

EXPT: A2018/000418

ARQUITECTO: LORENZO MUÑOZ VICENTE
ARQUITECTO TECNICO JOSÉ LUIS MUÑOZ VICENTE
INGENIERO TECNICO OSCAR GONZÁLEZ SÁNCHEZ
INDUSTRIAL
PROPIEDAD:



JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN

CONSEJERIA DE EDUCACIÓN.

EMPLAZAMIENTO:

PARCELA QL1-B UNIDAD DE ACTUACION U.E.51.01
CAMINO DE LA PLATA SGR. DE 5605801 BURGOS (BURGOS).

MEMORIA DE CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y GEOTERMIA



PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DE CENTRO DE EDUCACIÓN INFÁNTIL Y PRIMARIA EN EL BARRIO DE VILLIMAR DE BURGOS

EXPTE: A2018/000418

MEMORIA DE CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y GEOTERMIA.

ÍNDICE GENERAL DEL ANEXO

MEMORIA

ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

ANEXO 2: CARGAS TÉRMICAS

ANEXO 3: VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

ANEXO 4: JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL RD 47/2007: CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA



PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DE CENTRO DE EDUCACIÓN INFÁNTIL Y PRIMARIA EN EL BARRIO DE VILLIMAR DE BURGOS

EXpte: A2018/000418

MEMORIA DE INSTALACIÓN DE GEOTERMIA

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

Esta documentación se desarrolla con el fin de describir las características de la instalación de geotermia somera para cubrir principalmente las demandas de calefacción y ACS en el nuevo colegio público que se ejecutará en el barrio de Villimar, en la C/ Vela Zanetti del mismo.

Para la ejecución de la instalación se propone un sistema basado en el uso de bombas de calor geotérmicas (BCG) en la parte relativa a la generación de la energía en conjunto con solución de entrega de la energía producida por suelo radiante-refrescante, además se producirá el Agua Caliente Sanitaria (ACS) mediante este sistema para la mejora de la eficiencia energética para producción de ACS. Esta propuesta se fundamenta en los costes de operación y explotación del sistema geotérmico y los ahorros que se obtienen cuando se comparan con los sistemas tradicionales y en las ventajas en la operación y mantenimiento, además de los beneficios medioambientales que aporta.

En la presente documentación se exponen las bases del cálculo realizado según las necesidades del edificio, justificando las soluciones adoptadas en cada caso.

Se tendrá en cuenta la reglamentación vigente que resulte de aplicación, describiendo en el presente documento las características de la instalación, con objeto de procurar una correcta ejecución durante la fase de montaje, así como obtener la correspondiente autorización administrativa para su puesta en funcionamiento.

2. DATOS IDENTIFICATIVOS

2.1 DATOS DE LA INSTALACIÓN

La actividad de la instalación es uso docente, siendo la promoción de la obra, pública, estando ésta ubicada en la localidad de Burgos.

2.2 EMPLAZAMIENTO

Las instalaciones de este proyecto se realizarán en una parcela en el interior de la localidad de Burgos, más concretamente en la calle Vela Zanetti.

2.2.1 Geología de la zona

La parcela de estudio se ubica en el término municipal de Burgos, provincia de Burgos, Comunidad de Castilla y León. Habiéndose consultado las cartas geológicas publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España correspondiente a la hoja 200, 19-10 de Burgos, apareciendo en los primeros metros gravas y arenas pertenecientes a las terrazas del río Vena, del cuaternario, siendo la composición cuarcítica. Por debajo de este nivel nos encontramos una subfacie lacustre, evaporítica, de las Facies Dueñas compuesta por margas, yesos y arcillas. Se trata de sedimentos lacustres estratificados en capas milimétricas y centimétricas, constituyendo una serie



heterófila con arcillas, margas y gypsarenitas e intercalaciones de yesos diagenéticos que pueden alcanzar hasta 15 cm de espesor.

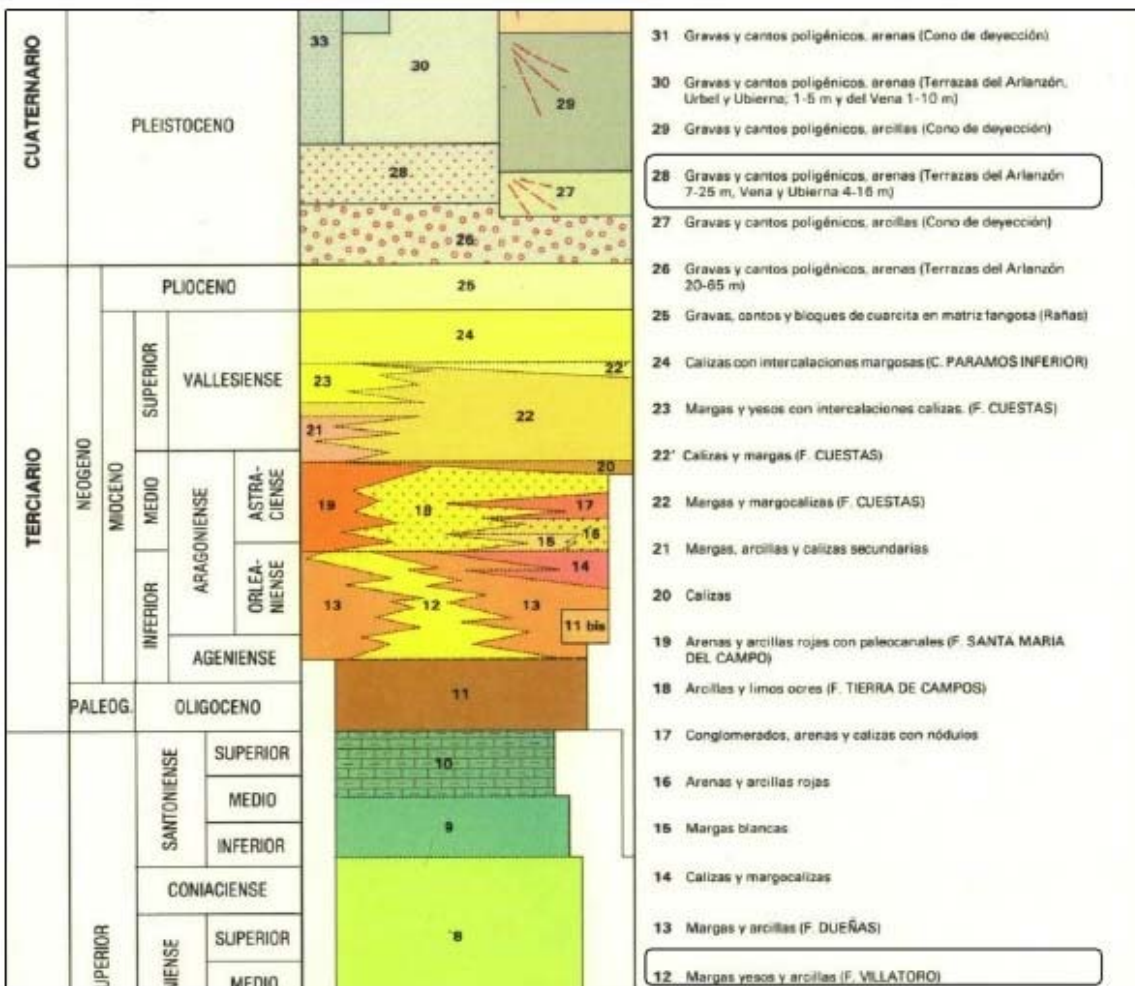


Figura 2. Extracto del Mapa Geológico de España. Hoja 200, 19-10 de Burgos. Fuente: IGME.



2.2.2 Espacios protegidos y acuíferos existentes

La zona donde se realizarán las perforaciones se encuentra en la parcela definida en el proyecto (ver planos), en el interior del recinto en el que se ubicará el colegio, no perteneciendo a ninguna zona ni espacio de especial protección.

Es importante decir que no se realizará ninguna extracción puntual ni permanente de recurso hídrico alguno, empleando únicamente las perforaciones para introducir los tubos de los colectores para realizar el intercambio de calor entre el terreno y el fluido caloportador.

Con objeto de evitar una posible interconexión entre posibles acuíferos y la contaminación de los mismos, las perforaciones se rellenarán con mortero termoconductor, aislándolas completamente.

3. LEGISLACIÓN APLICABLE

A la instalación proyectada le será de aplicación la siguiente normativa:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
 - o Se modifica el capítulo VII, arts. 17,19,20 a 26,28,34 a 42 y se añaden las disposiciones adicionales 1, 2 y los apéndices 4 y 5, por Real Decreto 249/2010 de 5 de marzo.
 - o Se modifica la parte II del anexo, por Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre.
 - o Corrección de errores en BOE núm. 51, de 28 de febrero de 2008.
- Real Decreto 249/2010, de 5 de marzo, por el que se adaptan determinadas disposiciones en materia de energía y minas. Corrección de errores BOE de 23 de abril de 2010 – Sección I.
- Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio:
 - o Corrección de errores, en BOE no 127, de 25 de mayo de 2010, en BOE no 38, de 12 de febrero de 2010.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
 - o Se modifica el art.13, por Real Decreto 830/2010, de 25 de junio.
- Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas:
 - o Corrección de errores en BOE no 210 de 30 de agosto de 2010.
- Real Decreto 2643/1985, de 18 de Diciembre, por el que se declara de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de equipos frigoríficos y bombas de calor y su Homologación por el Ministerio de Industria y Energía (Derogado por aplicación normativa europea).
 - o Se modifica los arts. 4 y 5 por Real Decreto 673/1987 de 18 de Diciembre.
 - o Se deroga por Real Decreto 1505/1990 de 23 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones incluidas en el ámbito del RD 7/1988.
 - o Corrección de errores: BOE No 58 de 8 de Marzo, BOE No 39 de 14 de febrero de 1986.
- Real Decreto 673/1987, de 27 de mayo, por el que se modifican los art. 4 y 5 del Real Decreto 2643/1985 de 18 de diciembre:
 - o Corrección de errores en BOE no 145, de 18 de junio de 1987.
 - o Derogado por Real Decreto 1505/1990 de 23 de Noviembre.



- Real Decreto 1505/1990, de 23 de noviembre, por el que se derogan disposiciones incluidas en el ámbito del Real Decreto 7/1988.
- Real Decreto 7/1988, de 8 de enero, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión:
 - o Se modifica los art. 7 y 8 y se añade el art. 9 y los Anexos I y II por Real Decreto 154/1995, de 3 de febrero.
 - o Se desarrolla por orden de 6 de Junio de 1989.
- Real Decreto 154/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 7/1988, de 8 de enero, por el que se regulan las exigencias de seguridad de material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión:
 - o Corrección de errores en BOE no 69, de 22 de marzo de 1995.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51, aprobado según Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto.
 - o Se modifica el art.22, la ITC BT03, se sustituye lo indicado y se añaden las disposiciones adicionales 1 a 4, por Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo.
 - o Se declara la nulidad del inciso 4.2.c.2 de la ITC BT-03 anexa, por Sentencia del TS de 17 de febrero de 2004.
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. Corrección de errores:
 - o en BOE no 207 de 26 de agosto de 2010.
 - o en BOE no 149 de 19 de junio de 2010.
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de Diciembre, de protección del ambiente atmosférico. (BOE de 22 de abril de 1975).
 - o Se deroga los títulos I, II, III, IV y lo indicado del anexo I, por Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.
 - o Se deroga con la excepción indicada los títulos V, VI, VII y el anexo IV, por Real Decreto 100/2011, de 28 de enero.
 - o Se deroga los anexos II y III, por Ley 34/2007, de 15 de noviembre.
 - o Se modifica:
 - el anexo IV, por Real Decreto 509/2007, de 20 de abril.
 - el anexo IV, por Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo.
 - o Se deroga lo indicado de los apartados 2 a 7 del anexo I, con efectos de 1 de enero de 2005 para determinados preceptos, por Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre.
 - o Se deroga lo indicado del apartado 7 del anexo IV, por Real Decreto 1800/1995, de 3 de noviembre por Real Decreto 1494/1995, de 8 de septiembre.
 - o Se modifica:
 - parcialmente, por Real Decreto 646/1991, de 22 de abril.
 - por Real Decreto 717/1987, de 27 de Mayo.
 - o Corrección de errores en BOE no 137, de 9 de junio de 1975.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire; Conflicto 2900/2011 planteado en relación a los arts. 8, 9.2, 12,24.4 y lo indicado del art.3.



- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. Corrección de errores:
 - o BOE no 83 de 7 de abril de 2011.
 - o Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera:
 - o Se modifica los arts. 13.2 y 30.2.d) y 3.d) por Real Decreto Ley 8/2011 de 1 de julio.
 - o Se deroga la disposición final 4, por Real Decreto Legislativo 1/2011, de 1 de julio.
 - o Se dicta de conformidad sobre mejora de la calidad del aire: Real Decreto 102/2011 de 28 de enero.
 - o Se actualiza lo indicado del anexo IV, por Real Decreto 100/2011, de 28 de enero.
 - o Se dicta de conformidad, aprobando el texto refundido de la Ley de Evaluación del Impacto Ambiental de proyectos: Real Decreto Legislativo 1/2008 de 11 de enero.
 - o Se modifica la disposición adicional 8.1, por Ley 51/2007, de 26 de diciembre.
- Real Decreto 509/2007, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. Se modifica los arts. 8, 11, y 12 y se añade el art. 13 bis y la disposición adicional 3, por Real Decreto 367/2010 de 26 de Marzo.
- Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo:
 - o Se modifica el art. 5.1., disposición transitoria 3 y el anexo VIII.A.5.1, por Real Decreto 687/2011, de 13 de mayo.
 - o Se dicta de conformidad:
 - regulando procedimiento de determinación y control de emisiones de contaminantes atmosféricos: orden ITC/1389/2008, de 19 de mayo.
 - aprobado el plan nacional de reducción de emisiones de las grandes instalaciones de combustibles existentes: orden PRE/77/2008, de 17 de enero.
- Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono; se deroga por Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.
- Real Decreto 1494/1995, de 8 de septiembre, sobre contaminación atmosférica por Ozono. Se deroga por Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre.
- Real Decreto 646/1991, de 22 de abril, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación a las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión:
 - o Se deroga en la forma indicada por Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo.
 - o Se desarrolla por orden de 26 de diciembre de 1995.
 - o Se modifica el art. 4 y se sustituye el anexo III, por Real Decreto 1800/1995, de 3 de noviembre.
- Real Decreto 717/1987, de 27 de mayo, por el que se modifica parcialmente el Decreto 833/1975, de 6 de febrero, y se establecen nuevas normas de calidad del aire en lo referente a la contaminación por dióxido de nitrógeno y plomo:
 - o Se deroga en la forma indicada, y los preceptos indicados con efectos de 1 de enero de 2005 y 1 de enero de 2010, por Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre.



- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. Se modifica:
 - o lo indicado de los anexos 1 y 2, por Ley 40/2010, de 29 de diciembre,
 - o los arts. 2.2, 5, 6, 7, 9, 10.2, 12, 15, 16, disposiciones adicionales 1, finales 1 y 2 y añade art. 18 bis, disposiciones adicional 6 y final 3, por Ley 6/2010, de 24 de marzo.
 - o Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de almacenamiento geológico de dióxido de carbono. Recurso: 5261/2011, 5252/2011, 1870/2011.
- Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, de modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio;
 - o Corrección de errores en BOE no 283, de 23 de noviembre de 2010
 - o Se dicta de conformidad sobre composición y funcionamiento del comité de participación del CIOMG: Orden Arm/2616//2010 de 5 de octubre.
- Orden ITC/1389/2008, de 19 de mayo, por la que se regulan los procedimientos de determinación de emisiones de los contaminantes atmosféricos SO₂, NO_X y partículas procedentes de las grandes instalaciones de combustión, el control de los aparatos de medida y el tratamiento y remisión de la información relativa a dichas emisiones; se dicta de conformidad con la disposición final 1, precisando aspectos de su aplicación:
 - o resolución de 8 de julio de 2009.
- Orden PRE/77/2008, de 17 de enero, por la que se da publicidad al Acuerdo de Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional de Reducción de Emisiones de las Grandes Instalaciones de combustión existentes;
 - o se dicta de conformidad, sobre obligaciones de los titulares y medidas de control, seguimiento y evaluación del plan nacional: Orden PRE/3539/2008, de 28 de noviembre.
- Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en aire ambiente.
 - o Se deroga por Real Decreto 102/2011, de 28 de enero.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
 - o Se declara la nulidad del art. 2.7. y de lo indicado del documento "SI", por Sentencia del TS de 4 de mayo de 2010.
 - o Se modifica:
 - el art. 4.4. de la parte I, por Real Decreto 410/2010, de 31 de marzo.
 - arts. 1, 2, 9, 12, de la Parte I, las secciones SI.3, SI.4, el Anejo SI.A y se añade el art. 9 de la Parte II, por Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero por Orden Viv/984/2009 de 15 de abril.
 - Corrección de errores y erratas en BOE no 22, de 25 de enero de 2008.
 - o Se modifica por Real Decreto 1371/2007, de 29 de octubre.
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Se modifica:
 - o por orden Viv/984/2009, de 15 de abril.
 - o las disposiciones transitorias 2 y 3, por Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre.
 - o Corrección de errores en BOE no 304 de 20 de diciembre de 2007.



- Orden Viv/984/2009, de 15 de abril, por el que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre;
 - o Corrección de errores en BOE no 230 de 23 de septiembre de 2009.
 - o Orden de 9 de Marzo de 1971 por la que se aprueba el Plan de Higiene y Seguridad del Trabajo.
 - o Se desarrolla por orden de 24 de Febrero de 1975.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE no 97, de 23 de abril de 1997).
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones Mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE no 97, de 23 de abril de 1997).
 - o Se dicta de conformidad los arts. 3 y 10, estableciendo el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios: Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre.
 - o Se modifica el anexo I, por Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre.
- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. Corrección de errores en BOE no 180 de 28 de julio de 2011.
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. Corrección de errores:
 - o BOE no 207, de 26 de agosto de 2010.
 - o BOE no 149, de 19 de junio de 2010.
- Real Decreto 1618/1980, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria con el fin de racionalizar su consumo energético.
 - o Se deroga por Real Decreto 1751/1998 de 31 de julio.
 - o Se dispone el cumplimiento de la Sentencia de TS de 23 de Octubre de 1986, que aclara el contenido disposición final segunda, por orden de 24 de septiembre de 1987.

Se dicta de conformidad:

- En el ámbito de Cataluña la expedición del carnet profesional de instalador de calefacción y de climatización: orden autonómica de 10 de noviembre de 1983.
- Estableciendo especialidades de los carnés profesionales de instalador y montador-reparador de las citadas instalaciones: orden de 8 de abril de 1983.
- Se modifica la disposición final quinta y se añade la disposición transitoria sexta, por Real Decreto 2946/1982, de 1 de octubre. Se dicta de conformidad, aprobando instrucciones técnicas complementarias: orden de 16 de julio de 1981.
- Real Decreto 394/1979, de 2 de febrero, por el que se modifica el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones frigoríficas. Derogado con efectos desde 8 de septiembre de 2011, por Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
 - o Se añade a la disposición adicional 6, por Real Decreto 1388/2011, de 14 de Octubre.



- o Se modifica los arts. 2 a 4, 7, las disposiciones adicionales 1, 2, los anexos I a IV, las ITC EP-1, EP-2, EP-5, EP-6 y se añaden las disposiciones adicionales 6 a 9, por Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo.
- o Corrección de errores, suprimiendo la disposición transitoria octava, en BOE No 260 de 28 de octubre de 2009.
- Normas UNE contenidas en los reglamentos antes referidos.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El edificio objeto de este proyecto será destinado a uso docente, colegio en los ciclos de infantil y primaria, siendo su comportamiento constante de cara a la demanda de calefacción y refrigeración, determinándose las diferentes cargas según las estancias, reflejándose éstas en su apartado correspondiente.

Se propone cubrir todas las necesidades térmicas mediante la generación de calefacción, refrigeración y ACS con un sistema geotérmico, con 26 perforaciones de 135 metros de altura y cuatro Bombas de Calor Geotérmicas (BCG) de 44,1kW cada una de ellas.

El circuito de las perforaciones será común a todo el edificio, formado un anillo.

En total la instalación contará con 176,40kW instalados según las condiciones de trabajo B5W35 según EN 14511, repartidos en una única sala técnica, de la siguiente forma:

Bomba de Calor Geotérmica (BCG):

El modelo de BGC será el modelo de geoTHERM VWS 380/3 400V de alta potencia para instalaciones de grandes dimensiones o modelo equivalente con una potencia calorífica de 44,1 kW, siendo las características de la misma las siguientes:

Potencia calorífica	kW	44,1
Coeficiente de rendimiento COP		4,9
Potencia frigorífica	kW	55,1
Coeficiente de rendimiento EER		6,1
Caudal nominal del circuito de calefacción	l/h	6.600
Caudal nominal del circuitos de captadores	l/h	9.300
Nivel de presión sonora	dB(A)	45
Altura / anchura / profundidad (con columna)	mm	1200/760/1100
Peso en vacío	kg	357

Según necesidades de la instalación, se colocarán cuadro unidades de estas bombas conectadas en cascada, que proporcionarán una potencia máxima de 176,40 kW.

Características Especiales
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de salida de hasta 62°C. • Alto grado de efectividad gracias a su compresor Scroll de larga vida útil. • Circuito de refrigeración controlado por sensores.



Equipamiento
<ul style="list-style-type: none">• Regulador de balance de energía regido por las condiciones atmosféricas con visualización de la energía del entorno.• Sensor de gestión del circuito de refrigeración.• Mando para calefacción eléctrica adicional hasta 9kW.

4.1 EDIFICACIONES COLINDANTES

El edificio no colinda con otros edificios. Se trata de un edificio aislado en el interior de un recinto, con zonas de recreo, pistas deportivas y superficie de aparcamiento de vehículos, lugar donde se ejecutarán las perforaciones.

4.2 HORARIO DE APERTURA Y CIERRE DEL EDIFICIO

Al tratarse de un edificio público de uso docente, el horario de apertura y cierre del mismo variará en función de la época del año, de acuerdo con el calendario de horas lectivas, siendo el horario de apertura a las 08:45 y el de cierre a las 16:15.

4.3 ORIENTACIÓN

La orientación del edificio es variable, situándose la entrada en orientación Oeste (O).

4.4 LOCALES SIN CLIMATIZAR

Existirán locales sin climatizar, de acuerdo con la ITE 02.4.3, tales como huecos de escaleras, cuartos de servicio y mantenimiento y locales similares.

4.5 POTENCIAS TÉRMICAS

Se prevé una instalación de producción de energía térmica con la siguiente potencia:

Producción de Calefacción: La producción de calefacción del sistema, según las condiciones de trabajo B5W35 conforme a EN 14511, es 176,40kW.

Producción de Refrigeración: La producción de refrigeración del sistema, según las condiciones de trabajo B25W7 conforme a EN 14511, es 220,40 kW.

Producción de ACS. El sistema de BCG tiene la capacidad de producir ACS hasta 170 litros / minuto.

5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

5.1 HORARIO DE FUNCIONAMIENTO

En este caso, el funcionamiento de la instalación no coincide exactamente con el horario de uso docente, puesto que se programará para que se alcance la temperatura de confort a la hora de entrada del alumnado, manteniéndose el resto del tiempo en condiciones de temperatura entre 3 y 4°C por debajo de la misma.

5.2 SISTEMA DE INSTALACIÓN ELEGIDO

Con objetivo principal de obtener una elevada eficiencia energética en la instalación de producción de energía térmica y de ACS, para el sistema de climatización del colegio, se proyecta un sistema basado en la utilización de bombas de calor geotérmicas.



Esta propuesta se fundamenta en los costes de operación del sistema geotérmico y los ahorros que se obtienen cuando se comparan con los sistemas tradicionales, así como en las ventajas de operación y mantenimiento, además de los beneficios medioambientales que aporta.

Las ventajas de las instalaciones geotérmicas pueden ser clasificadas en dos categorías principales: en los beneficios en la operación y el mantenimiento del sistema geotérmico, y los beneficios que aporta al medio ambiente.

Las ventajas en la operación y el mantenimiento se basan en el ahorro de hasta el 75% en el coste del combustible, ya que su alta eficacia permite un menor consumo energético. La amortización de la inversión inicial varía según la utilización del sistema geotérmico, pero suele oscilar entre 3 y 6 años. La mayoría de los sistemas requieren un mantenimiento preventivo mínimo anual, y la vida útil de la bomba geotérmica puede alcanzar los 25 años, mientras que la del circuito geotérmico está garantizado por el fabricante de las sondas hasta los 50 años, teniendo un tiempo de utilización superior.

Los beneficios al medio ambiente son igualmente destacables; un sistema geotérmico puede llegar a reducir hasta el 80% de las emisiones.

Se obtiene además el beneficio máximo del sistema ya que las unidades pueden refrigerar y calentar. El espacio que requieren para su ubicación es típicamente el 50% menos que el de un sistema convencional.

5.3 FUNCIONAMIENTO DE LAS B.C.G.

Cada media hora, el Sol suministra suficiente energía sobre la tierra como para satisfacer las necesidades energéticas mundiales de todo un año. La tierra absorbe el 50% de toda la energía solar y permanece, en una franja entre 2 y 150 m de profundidad, a una temperatura constante de entre 10°C y 21°C, según la situación geográfica. Este recurso ilimitado y renovable es lo que aprovecha un sistema geotérmico. Esta energía solar es almacenada en el subsuelo y mediante la utilización de una bomba de calor se puede extraer o inyectar la energía necesaria para climatizar cualquier edificio.

Las bombas de calor geotérmicas aprovechan la capacidad del subsuelo de almacenar la energía solar para intercambiar el calor necesario para la climatización. La cantidad de trabajo que necesita para realizar una BCG es menor que en un sistema tradicional debido a que la temperatura del subsuelo se mantiene constante en España en aproximadamente 16°C, lo que hace que la diferencia de temperaturas para la climatización sea menor que al compararlo con la temperatura del aire usado en la climatización en un sistema tradicional.

El COP es significativamente mayor y podría alcanzar hasta los 5,3 kW por cada kW eléctrico utilizado.

Los modelos de BCG seleccionados en el presente proyecto utilizan el refrigerante R407C. Este refrigerante es una mezcla ternaria no azeotrópica 52% de Tetrafluoroethane (R134A), Difluorometano (R32) al 23%, Pentafluoroetano al 25%. Químicamente es estable, tiene buenas propiedades termodinámicas, bajo impacto ambiental y muy baja toxicidad.



En las bombas geotérmicas, el ciclo para la calefacción comienza cuando el refrigerante pasa a través del intercambiador de calor agua-refrigerante y absorbe el calor del fluido que se encuentra en el circuito geotérmico. El refrigerante se evapora a medida que absorbe esa energía.

Luego el refrigerante pasa a un compresor donde se le aumenta la presión hasta que alcanza una temperatura mayor. El refrigerante en estado gaseoso circula a través de un intercambiador de calor-refrigerante-agua donde se le extrae la energía y se le añade a la instalación que se desea climatizar.

El refrigerante pasa nuevamente a su estado líquido, y este a su vez es refrigerado a medida que pasa por una válvula de expansión, y comienza nuevamente el ciclo de calefacción.

Cuando se desea refrigerar, el flujo del sistema se invierte a través de un conjunto de válvulas externas y software con la electrónica correspondiente que se encarga de realizar la reversibilidad al sistema para trabajar en modo refrigeración.

Este sistema de reversibilidad beneficia de forma importante el rendimiento del sistema especialmente al fabricar ACS ya que no es necesario que la maquina invierta el ciclo para este fin, y tampoco la habitual aplicación de resistencias en el depósito de ACS para generar el servicio en la época estival. Además en este caso se tendrá en cuenta la hibridación de una instalación solar térmica para mejorar su rendimiento.

5.4 ELECCIÓN DEL CIRCUITO GEOTÉRMICO

Se determina la elección de un circuito geotérmico cerrado para la presente instalación. La implantación de este sistema no requiere la existencia de aguas subterráneas en el emplazamiento de las obras.

El termino circuito cerrado se usa comúnmente para describir sistemas geotérmicos que usan un circuito continuo mediante tubería en PE (polietileno) como intercambiador de calor. Este polietileno es de alta densidad, con garantías superiores a 50 años y que no requiere de ningún tipo de mantenimiento. Por su interior circula agua con anticongelante (glicol) y a diferencia de los sistemas abiertos, el sistema cerrado no consume recurso hídrico ninguno de subsuelo, recirculando la solución a través de la tubería presurizada.

En la instalación que nos ocupa, se opta por un circuito cerrado vertical formado por 26 perforaciones de profundidad 135 m cada una o el equivalente en metros de perforación según estime la DF, separadas entre sí 7 metros, y situadas en el exterior del edificio a climatizar.

5.5 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN DEL CIRCUITO GEOTÉRMICO

Las obras constaran de las siguientes unidades:

- Perforación mediante rotación con lodos o roto percusión con aire según necesidades del terreno de 26 perforaciones de profundidad 135 m cada una o el equivalente en metros de perforación según estime la DF, con un total de 3.510 m.
- Instalación en cada pozo de un circuito formado por 4 tuberías, dos con circulación de caudal de ida y dos retorno de polietileno de alta densidad PE-100 de 32 mm, unidas en el extremo inferior por una U electrosoldada. Todas las conexiones se realizaran mediante la técnica de electrocución y por personal



plenamente capacitado para el uso del equipo. La U instalada en la parte inferior del bucle esta especialmente fabricada para proporcionar la máxima durabilidad y facilidad en la instalación.

- Verificación de la estanqueidad y la circulación de las sondas (pruebas de presión).
- Relleno de las perforaciones con cemento termoconductor marca Soluterm o similar de conductividad 1,2 W/(K m).
- Pasados un mínimo de 5 días después de rellenar el primer pozo, se procederá a realizar una prueba de respuesta térmica (TRT – test de respuesta térmica), para valorar si el dimensionado original del colector es correcto; en caso de que fuera insuficiente, se procederá al redimensionado del mismo y a realizar las perforaciones adicionales que fueran necesarias.
- Instalación del colector horizontal, formado por tubería de polietileno de alta densidad PE-100 y 10 atm de presión de trabajo de diámetros 40 mm y 110 mm, hasta la sala de máquinas, con las correspondientes piezas especiales, codos, térs, reducciones, etc. Los colectores irán instalados en zanjas de dimensiones adecuadas y protegidos con las tierras extraídas de la propia excavación. Las zanjas serán posteriormente debidamente compactadas.
- Antes de cerrar las zanjas y tapar el colector horizontal, se procederá a realizar una prueba de estanqueidad del sistema y un test de circulación pozo a pozo. Una vez se compruebe que el colector esta ok se procederá al cierre de las zanjas.
- Se instalara un colector en el inicio del campo de perforaciones. Cada perforación constara de una válvula de corte y un caudalímetro. En total habrá un mínimo de 26 válvulas de corte y 26 caudalímetros (se dejaran conexiones vacías por si fuese necesario realizar alguna perforación adicional en función del resultado del TRT) o el equivalente en elementos de regulación y control según estime la DF.
- Una vez instalado, se deberá proceder al purgado y llenado del circuito geotérmico. Se utilizara una mezcla de agua con anticongelante. Como fluido anticongelante se utilizara propilenglicol, en una proporción de entre 20-30% con respecto al agua.
- Para la recirculación del agua y el anticongelante del circuito geotérmico, se instalara una bomba de recirculación.

5.6 BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS (BCG)

Para la ejecución de estas instalaciones se propone la implantación de **4 BCG modelo geoTHERM VWS 380/2** o modelo equivalente de la marca Vaillant, para la producción de calefacción, refrigeración y ACS.

La demanda de la instalación se adjunta en anexo aparte.

5.7 MODO CALEFACCIÓN Y ACS (ACS ANUAL)

Las BCG tienen un rendimiento variable según las temperaturas de entrada de pozos y temperatura demandada por el edificio.

En este sentido, hay que desarrollar los siguientes puntos:

La generación de ACS se puede realizar a través de la BCG instalada. Es decir, durante todo el año se puede aprovechar este sistema.



Las temperaturas generadas por el compresor son muy elevadas, por lo que se pueden conseguir hasta 65°C de temperatura de entrada al depósito. Con ello se consiguen unos ahorros en la generación de ACS de entre 15-20%.

Por otro lado, se aprovechara el calor residual generado en verano al producir refrigeración (agua caliente a la salida de las BCG en modo refrigeración) para calentar los depósitos de ACS. Para ello, antes de circular el agua hacia los pozos se envía a un intercambiador situado entre la BCG y el depósito de ACS. Con esta circulación se consiguen unos ahorros mínimos del 45% en la producción de ACS en verano.

Las bombas de circulación, tanto en el circuito de pozos, como en la parte de la instalación de la BCG y los depósitos serán bombas electrónicas de alta eficiencia, consiguiendo así unos ahorros de hasta el 80% respecto a las bombas de circulación tradicionales.

Además, para los meses con menos necesidades de calefacción, se realizara la circulación del agua procedente de las perforaciones por el sistema de distribución, de manera que se consiguen unos ahorros del 10% de la demanda total. Este sistema se denomina free heating.

Con estos ahorros el rendimiento de las instalaciones mejora sensiblemente.

5.8 MODO REFRIGERACIÓN

Las BCG tienen un rendimiento variable según las temperaturas de entrada de pozos y temperatura demandada por el edificio.

En este sentido, hay que desarrollar los siguientes puntos:

Para optimizar la generación de refrigeración, se aprovechara el frío residual generado en verano al producir ACS (agua fría a la salida de las BCG en modo producción ACS) para enfriar los depósitos de inercia. Para ello, antes de circular el agua hacia los pozos se envía a un intercambiador situado entre la BCG y el depósito de inercia. Con esta circulación se consigue unos ahorros mínimos del 10% en la producción de refrigeración en verano.

6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA

El objeto principal es la realización de un proyecto de ejecución de la instalación de climatización con bomba de calor geotérmica (BCG) con captación en circuito cerrado vertical, para dar cobertura a la demanda de calefacción, refrigeración y ACS del nuevo Colegio de Educación Infantil y Primaria ubicado en el barrio de Villimar de la localidad de Burgos.

La energía geotérmica proviene de interior de la Tierra (radiación) y por otro lado desde el exterior (sol y precipitaciones). El suelo permanentemente recibe calor, por tanto la energía geotérmica es una energía renovable e inagotable.



Alrededor de tres cuartos del consumo energético privado se destina a la producción de calefacción y agua caliente. La energía necesaria para ello se obtiene principalmente mediante la combustión de combustibles fósiles.

La bomba de calor es el único sistema de calefacción regenerativo capaz de generar de forma automática durante todo el año energía para calefacción y agua caliente sanitaria.

Las ventajas energéticas y medioambientales del uso de esta tecnología son notables:

- Aprovechamiento de una energía renovable y sostenible.
- Gran eficiencia energética. Ahorro energético (hasta 75% en calor y máximo de 85% en frío).
- Ahorro consumo energía eléctrica (pagamos menos por el mismo confort).
- Permanentemente disponible, independiente de la estación y el clima.
- Reducciones en las emisiones de CO2.
- Sin necesidad de acopio de combustibles sólidos, líquidos, pellets, madera...
- Sencillo funcionamiento y sin peligro (sin depósito de gasoil o gas, sin necesidad de protección contra fuego,...)
- Sin humos, sin polvo, sin hollín, etc....
- Alto confort térmico debido a la generación a bajas temperaturas
- Mantenimiento sencillo.

El intercambio geotérmico se realiza por medio de un circuito cerrado instalado en los sondeos que perforan el terreno junto al edificio o en colectores horizontales ocupando cierta superficie de terreno. De esta forma, se produce un intercambio de calor entre el agua anticongelante que circula y la tierra.

En invierno, la tierra transfiere al agua el calor que almacena y se utiliza para calefacción, ya que la bomba geotérmica eleva esta temperatura con su eficaz compresor a más de 60 °C si es necesario.

En verano, el agua transfiere al terreno el exceso de calor del edificio de forma que se obtiene refrigeración.

Los rayos del sol calientan la corteza terrestre, especialmente en verano. Como la tierra tiene una gran inercia térmica, es capaz de almacenar este calor, y mantenerlo incluso estacionalmente. Una instalación geotérmica es, por eso, una fuente de energía renovable interminable y limpia.

Entre los 15 y 20 metros de profundidad, la estabilidad térmica es de unos 17 grados todo el año, que se puede considerar una verdadera fuente de calor. A su vez, esta estabilidad térmica supone que, en verano, el subsuelo esté considerablemente más fresco que el ambiente exterior. Esta constante de temperatura tiene un valor ligeramente superior a la temperatura media anual de la superficie. Dicho valor depende del clima, de la vegetación, de la cobertura del suelo, de la cantidad de precipitaciones en forma de lluvia o nieve, de la pendiente, de la circulación subterránea de agua y de las propiedades generales del terreno.

Las bombas de calor se caracterizan por el número de COP que tengan. Este COP se define como:

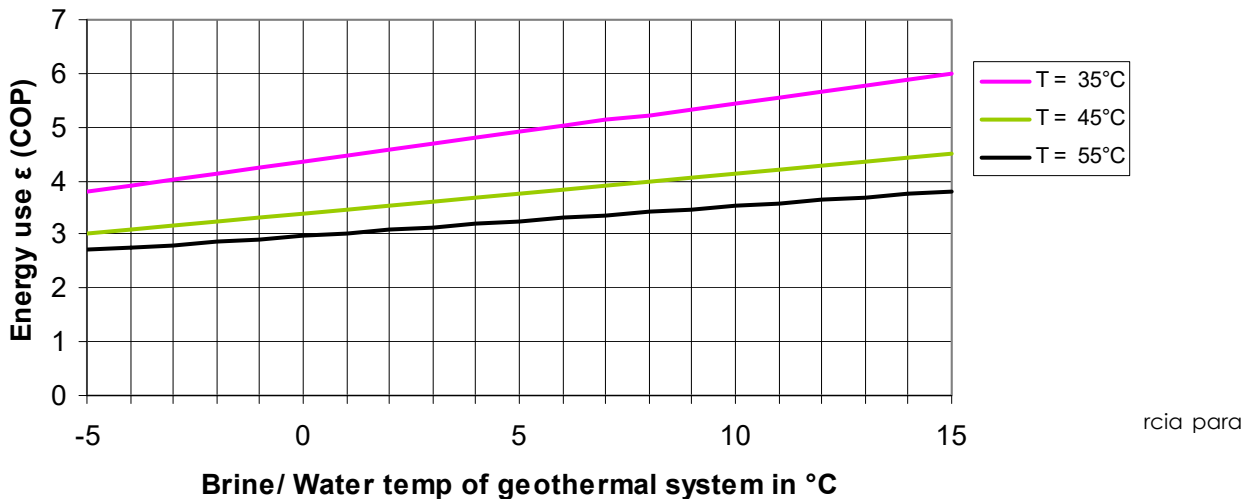
$$COP = \frac{\text{Calor}}{\text{Trabajo_desde_exterior}}$$



El trabajo desde el exterior es el que se realiza en el compresor de la máquina, y es la energía eléctrica consumida. Si una máquina tiene un COP de 5 significará que aportamos 5 kW por cada kW de la red consumido.

El COP de las bombas de calor geotérmicas de Vaillant se da en función de una temperatura de 5°C del brine que circula por el interior de las sondas y una temperatura del agua del sistema de calefacción de 35°, con un salto térmico de 5°C, en función de la norma EN 14511 (B5W35 ΔT5K).

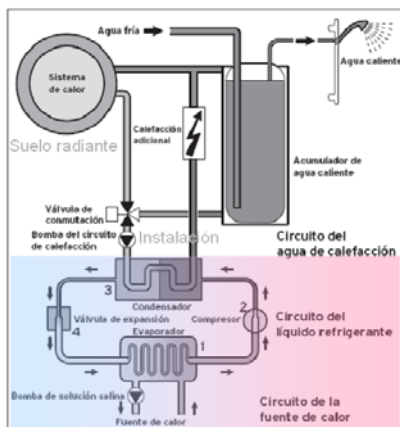
Este COP aumentará con la temperatura del brine y con la disminución de la temperatura del sistema de calefacción, como se contempla en la tabla.



En este caso el intercambiador subterráneo utiliza el terreno como fuente y sumidero de calor, por lo tanto se trata de un sistema cerrado.

La instalación se compone de circuitos independientes, por los que el calor se transmite mediante líquidos desde la fuente de calor hasta el sistema de calefacción. Estos circuitos están acoplados mediante intercambiadores de calor, ya que funcionan con diferentes medios (solución salina, agua, refrigerante y agua caliente).

Estos circuitos son los siguientes:



- El circuito fuente de calor, con el que la energía se transporta de la fuente de calor al circuito refrigerante.
- El circuito refrigerante, con el que el calor se pasa al circuito del agua caliente mediante evaporación, compresión, licuación y expansión.
- El circuito del agua de calefacción, que alimenta la calefacción y el calentamiento de agua del acumulador de agua caliente.

La solución propuesta consiste en una instalación de producción de calefacción y refrigeración a 4 tubos que permite el máximo aprovechamiento de la energía consumida. Con un mismo consumo energético podremos abastecer demandas simultáneas de calefacción o

ACS y refrigeración.



6.1 COLECTOR VERTICAL

6.1.1 Elección del circuito geotérmico

Se ha determinado la elección de un **circuito geotérmico cerrado**. La implantación de este sistema no requiere la existencia de aguas subterráneas en el emplazamiento de la obra.

6.1.2 Tipo de perforación

Se trata de una **perforación vertical**, con un total de 3.510 metros de longitud, divididos en 26 perforaciones de 135 metros cada una. La ubicación de cada una de ellas se puede ver en el plano de perforaciones aportado.

La distancia entre perforaciones es de 7 metros.

La perforación se realiza mediante el empleo de sistema de rotación o roto percusión según necesidades del terreno. El diámetro de perforación es de 127mm y su profundidad 135 metros.

Al menos los primeros 20 metros de las perforaciones se entibarán mediante tubos de acero de 152 mm y 10mm de espesor para la protección de los colectores y la estabilidad del terreno. Estos tubos de acero tendrán una calidad DIN 1626 o equivalente.

El detritus procedente de la perforación será retirado mediante camión a un vertedero autorizado.

El volumen de escombros generado, teniendo en cuenta un diámetro de perforación de 127 mm, una longitud total de perforación de 3.510 metros y un esponjamiento del 35 %, es:

Volumen total de detritus $\approx 60 \text{ m}^3$.

6.1.3 Ubicación del circuito de intercambio geotérmico

Se realizarán las perforaciones en el espacio disponible de aparcamiento de vehículo de la parcela. Se intentará, en la medida de lo posible, abarcar la máxima superficie de intercambio posible, lo cual mejorará la productividad del sistema geotérmico, tanto en modo de calefacción, como de refrigeración, teniendo siempre la mejor relación rendimiento-coste.

Solamente nos interesarán disposiciones más próximas cuando se realice un planteamiento de instalación donde podamos realizar una acumulación energética en el subsuelo.

6.1.4 Realización del colector

Para su realización y dimensionamiento se considera, entre otras cosas, el tipo de terreno correspondiente a la zona de perforación (datos obtenidos de bibliografía, experiencia en la zona, del TRT previo y de la Hoja correspondiente del Mapa Geológico de España del IGME), la temperatura ambiente media de la zona, la potencia instalada y el consumo de energía estimado en calefacción, refrigeración y ACS.

En este caso, las características del colector serán las siguientes:

- Sistema de perforación: Rotación + lodos / roto percusión + aire.
- Diámetro de perforación: 127 – 152 mm.
- Número de perforaciones: 26



- Profundidad de las perforaciones: 135 metros.
- Distancia mínima entre perforaciones: 7 metros.
- Distancia mínima a parcelas o edificaciones existentes: 2 metros.
- Dimensión de zanjas: 1 metro de ancho, 1,2 metros de profundidad.
- Método de ejecución de las zanjas. Excavadora con cazo pequeño.

6.1.5 Máquina de perforación

La empresa de la ejecución de las instalaciones deberá disponer de un gran abanico de posibilidades de maquinaria de perforación, muy necesaria en nuestro país por la diversidad geológica del terreno. De esta forma se podrán abarcar todas las soluciones del sistema de perforación: roto-percusión, sistema de lodos, ambos sistemas con encamisado.

Como ejemplo se referencian los datos de diferentes marcas del mercado para realizar los trabajos y cumplir con la planificación de la obra:

Fabricante: Comacchio.

Modelo: MC 450 P.1.

Dimensiones: 2,70 x 2,00 x 7,50 metros.

Potencia: 70kW.

País de fabricación: Italia.

Fabricante: Comacchio.

Modelo: MC 900 P.

Dimensiones: 2,70 x 2,00 x 8,95 metros.

Potencia: 126kW.

País de fabricación: Italia.

Fabricante: Comacchio.

Modelo: MC 900 GT.

Dimensiones: 2,70 x 2,00 x 8,95+ metros.

Potencia: 126kW.

País de fabricación: Italia.

6.1.6 Características del colector. Sondas

El sistema de intercambio geotérmico está formado por un circuito de tuberías de polietileno llenas de un fluido térmico que intercambia la energía con el terreno. Dichas tuberías de polietileno o sondas geotérmicas de PE-Xa de alta densidad, 16 atmosferas y 135 m de largo unidas mediante un codo de 180 grados, siempre presentaran uniones termosoldadas, y presentaran las características siguientes:

Parámetro Unidad Valores

Marca y modelos sondas RAUGEO PE-Xa doble U DN32x2,9 o modelo equivalente fabricada en polietileno reticulado a alta presión de longitud 135m según DIN 16892/93, estabilizado frente a los UV, color natural, con un recubrimiento en color gris, RAL 7001.



Profundidad de cada pozo: 135 metros.

Diámetro de cada pozo: entre 127-152 mm.

Diámetro de cada tubo de sonda doble: 32 mm.

Número de sondas por pozo: 1 ud.

Las características detalladas de los materiales que se emplearán vienen reflejados en el presupuesto del proyecto.

6.1.7 Pruebas de presión

Se realizan pruebas de presión a las sondas (introducir agua a 8 bar y mantener la presión a más de 4 bar durante una hora...) para comprobar que dicha sonda no tiene fugas.

6.1.8 Relleno de las perforaciones

Una vez comprobada que las sondas carecen de defectos se les coloca un tapón por tubo y se procede a la inyección del relleno, mediante un tubo de polietileno PE-100 desde el fondo del pozo hacia arriba. De esta forma evitamos que puedan quedar bolsas de aire que afecten a la conductividad.

La sustancia de relleno es un termoconductor con una conductividad similar a la del terreno, compuesto de bentonita y arena sílicea, con características:

Características Valor propuesto.

Tipo de relleno Cemento Térmico Marca Soluterm, EnerGrout, o similar.

Conductividad (W/m²K) => 1,2.

Modo de inyección Tubo desde el fondo.

Este termoconductor le da estabilidad al pozo, protege la sonda y evita que pueda haber contaminación entre acuíferos, si existiesen.

6.2 CONEXIONADO HORIZONTAL

Esta parte comprende las obras de conexionado que comunican las sondas con la sala técnica.

Una vez terminado el colector se procede a la unión de todas las sondas en dos colectores (arquetas), mediante tubos de PE-Xa, unidos entre por manguitos y codos de PE de electrocución.

Para el enterramiento de los tubos de conexión se realizaran zanjas de 80 cm de profundidad desde la boca de las perforaciones hasta la arqueta para alojar la conducción enterrada entre estas y las bombas de calor ubicadas en el edificio. Una vez realizada la instalación, la zanja que conduce los colectores a la promoción de viviendas se rellena con material adecuado que no dañe los tubos de polietileno (mismo material extraído o arena).

La parte del conexionado interior se realizara con manguitos anti vibratorios para la amortiguación del circuito a la entrada de la bomba de calor.



6.2.1 Colector de distribución

Se ha optado por el diseño de dos colectores de distribución que permitan un uso común de los pozos para todo el edificio. Se ha elegido este diseño por dos razones principales

- La irregularidad en el uso.
- La optimización del recurso que nos brinda el terreno.

En el colector de retorno hay unas válvulas de corte, que permiten aislar cualquiera de los pozos, en caso de ser necesario. En el colector de impulsión habrá un caudalímetro por pozo, necesarios para equilibrar los caudales de los 13 pozos.

6.2.2 Fluido calo-portador

El fluido que se utiliza como fluido caloportador en el sistema de intercambio es una mezcla de agua con propilenglicol, que se trata de un anticongelante considerado como no tóxico, con una adición orgánica antioxidante que permite conservar el circuito en perfectas condiciones de funcionamiento durante periodos de tiempo más largos que los productos convencionales. Del mismo modo aumenta el rendimiento de las instalaciones mejorando la transferencia de calor.

La cantidad de anticongelante contenido en la mezcla, que constituirá el volumen total de fluido caloportador del captador geotérmico, dependerá de la temperatura de seguridad de congelación de dicho fluido, la cual se considera en torno a 5,5 °C (IGSHPA) entre la temperatura media esperada en el fluido y la temperatura real de congelación. Dicha temperatura dependerá de las características térmicas del subsuelo, del salto térmico existente, de las horas de funcionamiento de la instalación, etc.

Las características de este fluido para diferentes temperaturas de trabajo son las siguientes:

FLUIDO	PROPYLENE GL PROPYLENE GL	
	Tª(°C)=5	Tª(°C)=0
X[Vol%]	20	20
Densidad [kg/m3]	1025	1026
Conductividad [W/(m K)]	0,47	0,47
Calor específico [kJ/(kg K)	4,04	4,03
Viscosidad dinámica [10-5 l	373,4	463,3
Punto de congelación [°C]	-8,1	-8,1

6.3 PRODUCCIÓN DE CALOR

En este caso aloja los siguientes equipos:

Se propone un campo de captación geotérmico cerrado vertical común a todo el edificio, consistente en 26 perforaciones de 135m cada una o los metros de perforación equivalentes que estime la DF, con un total de 3.510 m, teniendo en cuenta el tipo de terreno existente en la zona (subsuelo arenoso sedimentario). Para ello dispondremos de:



- Una sala técnica individual que centralizara los equipos que abastecerán de calor, frío y ACS al edificio. Potencia total instalada: 176,40 kW.
- 1 depósito de inercia de VPS 2000/3-5 de la marca Vaillant o equivalente, con un total de 2.000 litros de capacidad para producción de refrigeración, y posterior distribución a los elementos terminales.
- 1 grupo de depósito de inercia acumulación VPS 2000/3-5 de la marca Vaillant o equivalente, para generación de calefacción, con un volumen de 2.000 l.
- 1 grupo de depósito de acumulación de inercia para generación ACS de 2000/3-5 de la marca Vaillant o modelo equivalente de 2.000 litros.

Se considera el calentamiento directo de uno de los depósitos directamente con el sistema geotérmico, y el segundo depósito, en caso de necesidad, con apoyo externo.

- 1 grupo de vasos de expansión de 400 litros cada uno, para el circuito de captación geotérmica y el circuito de distribución interior.
- Cuadro eléctrico con contador de energía.
- Conexión de la instalación realizado en cobre y correctamente aislado mediante coquilla de espuma elastomérica y de caucho.
- Valvulería:
 - Válvulas de corte
 - Válvulas de retención
 - Filtros de agua
 - Válvulas de tres vías motorizadas
 - Válvulas de vaciado
 - Válvulas de equilibrado
 - Válvulas de seguridad
 - Válvulas de llenado automático
 - Manguitos amortiguadores
 - Desagües conducidos
 - Manómetros
 - Termómetros

6.3.1 Bomba de calor geotérmica

Las unidades de BCG previstas para el presente proyecto son de la marca Vaillant, modelos geoTHERM VWS 380/2, o modelo equivalente, de potencia térmica de 44,1 kW en condiciones de trabajo B5°C/W35°C para la producción de calefacción, refrigeración y ACS, asociado a un módulo de reversibilidad mediante sistema de válvulas de 3 vías y control CC 460/2S o equivalente.

Dichas bombas de calor son de tipo agua-agua, reversibles externamente, formadas por un circuito frigorífico con compresor tipo Scroll, y condensador y evaporador de placas que están conectados a un circuito de agua. Pueden llegar a trabajar a temperaturas de retorno (brines) en la parte del evaporador de hasta -5 °C, e impulsar al mismo tiempo agua a una temperatura de hasta 50 °C a la salida del circuito condensador.

Este sistema cede entorno a un 65% para depósito de ACS, siempre y cuando la máquina esté funcionando.



Al haber dimensionado la máquina para que trabaje un número alto de horas, el coste de la producción del ACS se verá muy reducido.

Otras características de las BCG son:

Panel de control con pantalla, estructura en chapa cincada y barnizada para interior envolvente para atenuación acústica y tornillería de acero inoxidable.

El refrigerante utilizado es el R407C.

6.3.2 Depósitos de inercia

La presencia de un acumulador de inercia responde a las necesidades de las bombas de calor geotérmica en cuanto a volumen mínimo para evitar arranques y paros constantes del sistema.

La acumulación mínima debería ser de al menos entre 15 l/kW de instalación.

Los depósitos de inercia elegidos son de la marca Vaillant o equivalente, pensados para trabajar en instalaciones de calefacción y refrigeración, asegurando una temperatura media constante y minimizar las intervenciones de compresores de las bombas de calor.

6.3.3 Depósito de ACS

La acumulación de ACS, tiene en cuenta los volúmenes especificados en la Tabla 3.1 del Documento Básico HE-4 del CTE, calculado en función del número de litros requerido por persona y de la tipología del edificio. Para su cálculo se ha considerado el carácter alternativo del centro. El depósito de acumulación de ACS elegido es modelo de la marca Vaillant o equivalente, de 2.000 litros de capacidad.

6.3.4 Módulos de producción de ACS – con intercambiador de placas

Como se ha comentado anteriormente, la producción de ACS la realizaremos mediante intercambiadores de placa colocadas en cascada de la marca Vaillant, modelo aguaFLOW exclusive 4xVPM40/45W o modelo equivalente, de tal forma que cubrimos una demanda de 160 litros por minuto.

Este sistema genera ACS de forma instantánea en los intercambiadores de placas de los citados módulos, eliminando la posibilidad de proliferación de lesión en el suministro de ACS.

6.3.5 Bombas recirculadoras

Las bombas de recirculación del fluido térmico serán las adecuadas según el dimensionamiento del colector geotérmico, así como todas las bombas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de climatización del proyecto.

Todas las bombas de circulación a utilizar serán de la marca Wilo, o de características equivalentes, tanto en el circuito de pozos, como entre las BCG y los depósitos serán bombas electrónicas de alta eficiencia.



- La bomba de circulación del circuito de geotermia será una bomba gemela de la marca WILO modelo DL-E 80/160-11/2 o modelo equivalente, capaz de mover un caudal de hasta 60 m³/h, con una presión manométrica de 26 m.c.a.
- Cada una de las BCG dispondrá de dos bombas de circulación de alta eficiencia modelo geoTHERM 50/1-12.

Para la circulación del fluido a cada uno de los colectores del suelo radiante del colegio se emplearán los siguientes modelos:

- Circuito 1: Se empleará una bomba centrífuga de rotor seco en construcción In-line modelo IP-E 32/135-1,5/2 PN10 de la marca WILO o modelo equivalente.
- Circuitos 2 y 4: en estos circuitos se empleará una bomba centrífuga de rotor seco en construcción In-line modelo IP-E 40/160-4/2 PN10 de la marca WILO o modelo equivalente.
- Circuito 3: en este circuito se empleará una bomba centrífuga de rotor seco en construcción In-line modelo IP-E 40/150-3/2 PN10 de la marca WILO o modelo equivalente.

6.3.6 Elementos accesorios

Se incluirán en todo momento los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del total de la instalación, como válvulas de corte, válvulas de retención, purgadores, filtros, manómetros, etc., según especificaciones técnicas y esquema de principio.

6.3.7 Dispositivos de seguridad

El circuito del intercambiador geotérmico y de distribución de calefacción y refrigeración irá equipado con un grupo de seguridad formado por: un vaso de expansión, manómetro y válvula de seguridad. La válvula irá tarada a una presión de 3 bares para el circuito del intercambiador geotérmico.

6.3.8 Tuberías de los circuitos

Las tuberías de los circuitos dentro de la sala de producción serán de acero, cobre, polipropileno o polietileno reticulado PE-Xa con barrera anti-difusión de oxígeno o tipo multicapas.

Irán aisladas con espuma de poliuretano o lana de roca con los diámetros necesarios para el cumplimiento del RITE, recubiertas con una camisa de aluminio. Irán sujetas a la pared o soporte mediante abrazaderas metálicas tipo sinfónicas para evitar puentes térmicos entre la tubería y el ambiente. El diámetro de las tuberías se dimensionarán para no superar una pérdida de carga lineal de 40 mm.c.a./m o no sobrepasar velocidades de 2,5 m/s.

6.3.9 Conexiones eléctricas

La instalación eléctrica del cuarto de instalaciones donde se colocarán las BCG y sus componentes dispondrá de un cuadro eléctrico desde donde partirán todos los circuitos de alimentación a cada uno de los componentes de la sala, así como a los aparatos de ventilación del edificio. Este cuadro dispondrá de una central de medida de energía para el control del gasto energético de la instalación de climatización del edificio. La instalación se



realizará teniendo en cuenta lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, según R.D. 842/2.002 de 2 de agosto, poniendo especial énfasis en lo indicado en la ITC-BT-30 referente a locales húmedos.

6.3.10 Dispositivos de control de la instalación

El sistema de BCG contará con una centralita para la gestión del funcionamiento de la instalación, que recogerá las siguientes señales, sobre las que, en caso de ser necesario, podemos actuar:

- 4 entradas digitales.
- Funcionamiento de la bomba de circulación de pozos.
- Funcionamiento de compresor.
- Demanda de calefacción.
- Demanda de refrigeración.
- 2 entradas analógicas.
- Temperatura de suministro de ACS.
- Temperatura de suministro de calefacción/refrigeración.

La bomba de calor geoTHERM pro dispone de un regulador de balance de energía, que adapta de manera óptima e individualizada los tiempos de servicio y de parada del compresor al comportamiento del edificio en cuanto a refrigeración y calentamiento, con lo que garantiza un funcionamiento de la instalación ahorrativo y rentable.

Para que una bomba de calor funcione de un modo económico y sin fallos es importante controlar el arranque del compresor. El compresor se pone en marcha en el momento en el que se presentan las mayores cargas. Con ayuda del regulador de equilibrio energético es posible reducir el número de veces que la bomba de calor se pone en funcionamiento, sin tener que prescindir del confort de una agradable temperatura ambiente.

Gracias a la utilización de hasta 11 sensores de temperatura y presión dentro de la bomba de calor, se registra la potencia térmica obtenida gratuitamente del exterior, una característica única en el mercado. También dispone de informaciones relativas a la temperatura de salida de la calefacción, la temperatura externa y la temperatura de entrada de la fuente de calor.

En su equipamiento básico, el regulador de balance de energía puede regular un depósito de agua caliente, un circuito de calefacción regulado/no regulado con depósito de intermedio opcional, una bomba de circulación y un segundo generador de calor.

Al igual que otros reguladores de calefacción controlados por sonda exterior, el regulador determina mediante una curva de calefacción, tras detectar la temperatura exterior, una temperatura nominal de ida.

Como ocurre con otros reguladores de calefacción en función de las condiciones atmosféricas, el regulador registra la temperatura exterior y determina una temperatura nominal de ida con ayuda de una curva de calefacción. El cálculo del equilibrio energético se realiza en base a dicha temperatura nominal de ida y a la temperatura real de ida, cuya diferencia se mide y se suma cada minuto. Con un determinado déficit de calor la bomba de calor se pone en funcionamiento y no vuelve a desconectarse hasta que la cantidad de calor suministrada es igual al déficit de calor.



7. JUSTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE IT 1.1 del RITE

La sala de máquinas se ejecutará de tal forma que se satisfagan unos requisitos mínimos de seguridad para las personas y los edificios donde se emplacen y en todo caso se faciliten las operaciones de mantenimiento y conducción. En especial se tendrá en cuenta la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios en los edificios. Se tendrá en cuenta a lo dispuesto en UNE 100020 en los aspectos relativos a ventilación, nivel de iluminación, seguridad eléctrica, dimensiones mínimas de la sala, separación entre máquinas para facilitar su mantenimiento así como en lo concerniente a la adecuada protección frente a la humedad exterior y la previsión de un sistema de desagüe. En todo caso, las salas de máquinas no pueden utilizarse para fines diferentes a los de alojar equipos y aparatos al servicio de la instalación de climatización.

Se considera sala técnica o sala de máquinas al local donde se alojan los equipos de producción de frío y/o calor y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación térmica. No se deben de realizar trabajos ajenos a los de la propia instalación. En particular se prohíbe la utilización de la sala de máquinas como almacén (también de combustible), salvo cuando lo permita la reglamentación específica que sobre ese combustible pudiera existir. La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$35 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

7.1 CATEGORÍA DE CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

En función de los diferentes usos que nos encontramos en el interior del colegio, la calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será como mínimo la siguiente, según Tabla 1.4.2.1 del RITE:

Zona	Categoría	Caudal (m ³ /h)
Aulas, despachos	IDA 2 (aire de buena calidad)	45
Salones de Actos, Gimnasio, Comedor	IDA 3 (aire de calidad media)	29

La ventilación en aseos y office se realizará teniendo en cuenta los valores mínimos de caudal especificados en la tabla 2.1 de la sección HS 3 "Calidad del Aire Interior" del CTE, indicándose un caudal de extracción mínimo de 50 l/s (180 m³/h) y de 6 l/s (21,6 m³/h) por local en aseos.

Puesto que el caudal de extracción de aire es ampliamente superior a 0,5 m³/h será necesario recuperar la energía del aire expulsado en aulas, despachos, gimnasio, etc.



Para ello emplearemos recuperadores de calor rotativos con una eficiencia de hasta el 88%, que cumplen con la EPR del año 2018, modelos de la marca S&P o equivalentes, colocándose los siguientes:

- Modelo RHE-10000-HRE-D-OI o equivalente, con un caudal máximo de ventilación de 10.000 m³/h, para la ventilación de parte de las aulas de planta 1ª.
- Modelo RHE-6000-HRE-D-OI o equivalente, con un caudal máximo de ventilación de 6.000 m³/h, Se colocará uno para la ventilación de parte de las aulas de planta 1ª y para el gimnasio, instalándose otro para la ventilación de comedor y biblioteca.
- Modelo RHE-8000-HRE-D-OI o equivalente, con un caudal máximo de ventilación de 8.000 m³/h. Se colocará una unidad para la ventilación de las aulas de primaria y sala de usos múltiples de planta baja, y otra unidad para la ventilación de despachos de profesores y aulas de infantil de planta baja.

Cada una de las salas del colegio dispondrá de una sonda de CO₂ regulable entre 450-2000 p.p.m., modelo Airsense de S&P o equivalente, que realizará la apertura de una compuerta motorizada colocada en el retorno, cuándo alcance el valor consignado, de tal forma que el transmisor de presión TDP-S o equivalente, que dispondrá el conducto detecta un diferencial de presión que activa el recuperador.

Los conductos interiores para la ventilación de aulas estarán fabricados en fibra de vidrio de alta densidad, revestidos por el exterior con un complejo de aluminio y por el interior con un tejido de vidrio acústico de alta resistencia, con un espesor de 25 mm.

Los conductos que discurran por el exterior estarán fabricados en chapa galvanizada de 0,6mm de espesor, con una manta de lana de vidrio exterior con papel kraft de aluminio, con un espesor de 55mm, recubierto con una chapa de aluminio de 0,6mm exterior.

En la ventilación de aseos se emplearán dos modelos diferentes de extractor de aire:

En los aseos colectivos, así como para los cuartos de comunicaciones emplearemos extractores de aire de conducto modelo TD-SILENT T 160/100 de la marca S&P o equivalente, con un caudal de extracción de aire de 180m³/h, que se pondrá en funcionamiento al entrar en los aseos. El modelo será temporizado, de tal forma que se retardará su apagado una vez se ha abandonado la dependencia.

En los aseos individuales se dispondrá de extractores de techo modelo SILENT-100CZR de S&P o modelo equivalente, con un caudal de extracción de 95m³/h con compuerta de anti-retorno en el conducto. Se trata de modelos temporizados, que se pondrán en funcionamiento en el momento del acceso a la dependencia, de tal forma que se retardará su apagado una vez abandonado ésta.

Los conductos que se emplearán para la ventilación de los aseos, serán conductos helicoidales de chapa de acero de 0,5mm de espesor.

7.2 JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE HIGIENE

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.



7.3 JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE CALIDAD ACÚSTICA

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR de Protección frente al Ruido de CTE. El factor de contaminación ambiental por ruido queda eliminado por el aislamiento sonoro de las bombas del fabricante de la instalación, en este caso Vaillant.

8. JUTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA IT 1.2 DEL RITE

8.1 JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

La instalación térmica destinada a la producción de ACS cumple con la exigencia básica del CTE "Aprovechamiento de la energía mediante geotermia". Toda la producción de ACS se

8.2 JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE LIMITACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONAL

- No se ha climatizado ningún recinto no habitable.
- No se contempla en proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil.

9. JUSTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA DE SEGURIDAD IT 1.3 DEL RITE

9.1 SALA DE MÁQUINAS

Según la IT 1.3.4.1.2.1 se considera sala de máquinas al local técnico donde se alojan los equipos de producción de frío o calor y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación térmica, con potencia superior a 70kW. En este caso, nuestra sala técnica dispone de un sistema de BCG con potencia superior a 70kW, por lo que tiene consideración de sala de máquinas, debiendo cumplir con las siguientes condiciones:

- No se debe practicar el acceso normal a la sala a través de una abertura en suelo o techo.
- La(s) puerta(s) que den al exterior deberán tener una permeabilidad no mayor a $1 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ bajo una presión de 100Pa.
- Las dimensiones de la puerta de acceso serán suficientes para permitir el movimiento sin riesgo o daños de los equipos que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- Las puertas deben estar provistas de cerradura con fácil apertura desde el interior, aunque hayan sido cerradas con llave desde el exterior.
- En el exterior de la puerta se colocará un cartel con la inscripción "Sala de Máquinas. Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio".
- No se permitirá ningún tipo de ventilación que comunique con otros locales cerrados.
- Los elementos de cerramiento de la sala no permitirán filtraciones de humedad.
- La sala dispondrá de un eficaz sistema de desagüe por gravedad, o en caso necesario por bombeo.
- El cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general estará situado en las proximidades de la puerta principal de acceso. Este interruptor no podrá cortar la alimentación del sistema de ventilación de la sala.



- El interruptor del sistema de ventilación forzada de la sala, si existe, también se situará en las proximidades de la puerta principal de acceso.
- El nivel de iluminación medio en servicio de la sala de máquinas será suficiente para realizar los trabajos de conducción e inspección, como mínimo, de 200 lux, con una uniformidad media de 0,5.
- La sala no se podrá utilizar para otros fines, ni podrá realizarse en ella trabajos ajenos a los propios de la instalación.
- Los motores y sus transmisiones deberán estar suficientemente protegidos contra accidentes fortuitos del personal.
- Entre la maquinaria y los elementos que delimitan la sala de máquinas deben dejarse los pasos y accesos libres para permitir el movimiento de equipos, o de partes de ellos, desde la sala hacia el exterior y viceversa.
- La conexión entre generadores de calor y chimeneas debe ser perfectamente accesible.
- En el interior de la sala de máquinas figurarán, visibles y debidamente protegidas, las siguientes indicaciones:
 - Instalaciones para efectuar la parada de la instalación en caso necesario, con señal de alarma de urgencia y dispositivo de corte rápido.
 - El nombre, dirección y número de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación.
 - La dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo y del responsable del edificio.
 - Indicación de los puestos de extinción y extintores más cercanos.
 - Plano con el esquema de principio de la instalación.
- Se deberá colocar el interruptor general del cuadro eléctrico, así como el interruptor general del sistema de ventilación (si lo hubiere) fuera de la sala de calderas y en la proximidad de uno de los accesos.
- Las dimensiones de la sala son las especificadas en planos, debiendo cumplir con las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones térmicas deberán ser perfectamente accesibles en todas sus partes de forma que pueden realizarse adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento, vigilancia y conducción.
 - La altura mínima de la sala será de 2,50 metros, respetándose la altura libre de tuberías y obstáculos sobre la caldera o calderas, de 0,5 metros.
 - Los espacios mínimos libres que deben dejarse alrededor de los generadores de calor, según el tipo de caldera, serán, en este caso los indicados por el fabricante. Se adjunta plano de la sala con las dimensiones mínimas.
- La ventilación de la sala será natural, directa al exterior, practicándose dos aberturas de dimensiones superiores a 0,10m², de tal forma que cumplamos con la exigencia. Estas aperturas se realizarán a diferentes alturas, y en paredes opuestas a ser posible, de tal forma que favorezcamos las corrientes de aire.

9.2 REDES DE TUBERÍAS

Según la IT 1.3.4.2 del RITE, para el diseño y colocación de los soportes de las tuberías, se emplearán las instrucciones del fabricante considerando el material empleado, su diámetro y la colocación (enterrada o al aire, horizontal o vertical).



9.3 EXPANSIÓN

Según la IT 1.3.4.2.4 todos los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

Es válido el diseño y dimensionado de los sistemas de expansión siguiendo los criterios indicados en el capítulo 9 de la norma UNE 100155.

9.4 CIRCUITOS CERRADOS

Según la IT 1.3.4.2.5, los circuitos cerrados con fluidos calientes dispondrán, además de la válvula de alivio, de una o más válvulas de seguridad. El valor de la presión de tarado, mayor que la presión máxima de ejercicio en el punto de instalación y menor que la de prueba, vendrá determinado por la norma específica del producto o, en su defecto, por la reglamentación de equipos y aparatos a presión. Su descarga estará conducida a un lugar seguro y será visible.

Las válvulas de seguridad deben tener un dispositivo de accionamiento manual para pruebas que, cuando sea accionado, no modifique el tarado de las mismas.

Son válidos los criterios de diseño de los dispositivos de seguridad indicados en la norma UNE 100155.

Las BCG disponen de un dispositivo interno de seguridad que impide la puesta en marcha de la instalación si el sistema no tiene la presión de ejercicio de proyecto, así como dispositivos de parada en caso de temperaturas extremas.

9.5 DILATACIÓN

La IT 1.3.4.2.6 afirma que las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura del fluido que contiene se deben compensar con el fin de evitar roturas en los puntos más débiles.

En las salas de máquinas se pueden aprovechar los frecuentes cambios de dirección, con curvas de radio largo, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar los esfuerzos a los que está sometida.

En los tendidos de gran longitud, tanto horizontales como verticales, los esfuerzos sobre las tuberías se absorberán por medio de compensadores de dilatación y cambios de dirección.

Los elementos de dilatación se pueden diseñar y calcular según la norma UNE 100156.

9.6 GOLPE DE ARIETE

Según la IT 1.3.4.2.7 del RITE para prevenir los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito, se instalarán elementos amortiguadores en puntos cercanos a los elementos que los provocan.

En diámetros mayores que DN 32 se evitara, en lo posible, el empleo de válvulas de retención de clapeta.



En diámetros mayores que DN 100 las válvulas de retención se sustituirán por válvulas motorizadas con tiempo de actuación ajustable.

9.7 FILTRACIÓN

Según la IT 1.3.4.2.8 Cada circuito hidráulico se protegerá mediante un filtro con una luz de 1 mm, como máximo, y se dimensionaran con una velocidad de paso, a filtro limpio, menor o igual que la velocidad del fluido en las tuberías contiguas.

Las válvulas automáticas de diámetro nominal mayor que DN 15, contadores y aparatos similares se protegerán con filtros de 0,25 mm de luz, como máximo.

Los elementos filtrantes se dejaran permanentemente en su sitio.

10. ANEXO I: MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS EQUIPOS

10.1 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

Las bombas de calor de la marca Vaillant o equivalente para aplicaciones geotérmicas en calefacción y refrigeración, disponen de gama de productos de alta potencia para aplicaciones comerciales o industriales con potencias comprendidas entre 6 y 500 kW trabajando como unidades en cascada.

Utiliza el gas R-407C, y todos sus elementos están optimizados para dicho gas.

El compresor es tipo scroll para las potencias de hasta 50,5 kW, herméticamente cerrado y con una mezcla de lubricantes para alargar su vida. Ofrecen 10 años de garantía. Intercambiadores de acero inoxidable, cobre o níquel (para entornos con una gran corrosión) de calor sobredimensionados para ofrecer una mayor eficiencia en el intercambio de calor y un ahorro económico.

10.2 CARACTERÍSTICAS DEL REFRIGERANTE R-407C

Las bombas de calor geotérmicas Vaillant o equivalente utilizan en su sistema de intercambio frigorífico refrigerante R-407C.

El R-407C es una mezcla ternaria no azeotrópica compuesta de R-32, R-125 y R-134A; actualmente se utiliza fundamentalmente en gran cantidad equipos de aire acondicionado que van apareciendo en el mercado.

Químicamente es estable, tiene unas buenas propiedades termodinámicas, un bajo impacto ambiental y muy baja toxicidad.

A pesar de que uno de sus componentes, el R-32, es inflamable la composición global de la mezcla ha sido formulada para que el producto no sea inflamable en situaciones en que se puede producir fraccionamientos de la mezcla. Está clasificado como A1 grupo L1 de los refrigerantes de Alta Seguridad.



El R-407C tiene un deslizamiento de temperatura (Glide) de 7,2 °C.

El R-407C se utiliza principalmente en el sector del aire acondicionado, y en los nuevos equipos que se fabrican actualmente. En estas aplicaciones su comportamiento es muy parecido al del R-22. A bajas temperaturas su rendimiento es inferior, por lo que no está aconsejada su utilización. No es compatible con aceite mineral, por lo que no es recomendable utilizarlo en reconversiones directas de equipos de R-22, ya que presentaría problemas de retorno de aceite, bloqueo de capilares, etc.

Debido a que el R-407C es una mezcla no azeotrópica, para obtener su máximo rendimiento y evitar fraccionamientos del mismo, debe cargarse siempre en fase líquida.

Debido a que este producto no es azeotrópico debe transvasarse y cargarse siempre en fase líquida.

El R-407C no es miscible con los aceites minerales; los aceites que se deben utilizar con este gas refrigerante son los poliolesteres (POE).

Componentes

Nombre químico	% en peso	Nº CE
1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R-134a)	52	212-377-0
Pentafluoroetano (R-125)	25	206-557-8
Difluorometano (R-32)	23	200-839-4

Toxicidad y almacenamiento

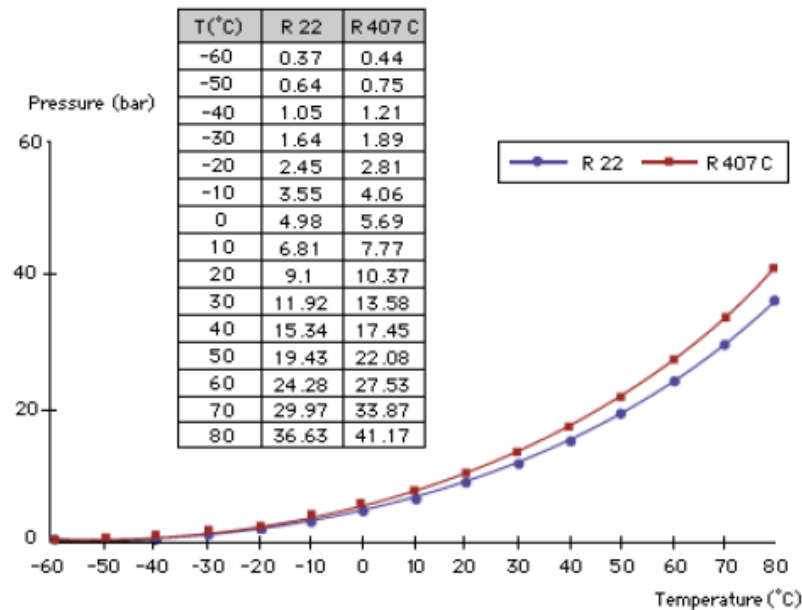
El R-407C tiene muy baja toxicidad incluso después de repetidas exposiciones. El valor del AEL (Allowance Exposure Limit) es de 1.000 ppm (8 horas TWA). Los envases que contengan R-407C deben almacenarse en áreas frías y ventiladas lejos de fuentes de calor. En el caso de fugas los vapores se concentrarán a nivel de suelo desplazando al oxígeno del aire ambiente; en tal caso hay que tomar precauciones a la hora de evacuar el área afectada.

Las características del R407C se resumen a continuación:

PROPIEDADES FISICAS		R-407C
Punto molecular	(g/mol)	86,2
Temperatura ebullición (a 1,013 bar)	(°C)	-43,5
Temperatura crítica	(°C)	86,74
Deslizamiento temperatura de ebullición (a 1,013 bar)	(K)	7,2
Presión crítica	(bar abs)	46,2
Densidad crítica	(Kg/m³)	527
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m³)	1134
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/m³)	1325
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar)	(Kg/m³)	4,6
Presión del vapor (25°C)	(bar abs)	11,74
Presión del vapor (-25°C)	(bar abs)	2,23
Calor de vaporización a punto de ebullición	(KJ/Kg)	245
Calor específico del líquido (25°C) (1,013 bar)	(KJ/kg K)	1,54
Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg K)	0,83
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0,082
Conductibilidad térmica del vapor (1 atm.)	(W/mK)	0,0131
Solubilidad con el agua	(ppm)	despreciable
Límite de inflamabilidad en aire a 1 atm.	(% vol)	Ninguna
Toxicidad (AEL)	(ppm)	1000
ODP	-	0
GWP	-	1600



Grafica comparativa Temperatura/Presión R-407C – R22



TEMP. (°C)	PRESION ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (Kg/m³)		ENTALPIA (kJ/Kg)		ENTROPIA (kJ/Kg.K)	
	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO
-40	1.23	0.86	1357.25	3.97	150.43	391.42	0.9021	1.9537
-35	1.53	1.10	1341.98	4.99	156.77	394.48	0.9289	1.9438
-30	1.90	1.39	1326.46	6.22	163.19	397.50	0.9555	1.9348
-25	2.23	1.73	1310.57	7.68	169.68	400.46	0.9818	1.9265
-20	2.82	2.15	1294.36	9.39	176.24	403.37	1.0078	1.9188
-15	3.40	2.63	1277.77	11.40	182.88	406.20	1.0336	1.9117
-10	4.07	3.19	1260.67	13.73	189.60	408.96	1.0592	1.9050
-5	4.82	3.84	1243.42	16.43	196.40	411.62	1.0845	1.8986
0	5.69	4.59	1225.36	19.55	203.29	414.18	1.1097	1.8926
5	6.66	5.45	1206.85	23.12	210.27	416.62	1.1348	1.8869
10	7.75	6.42	1187.65	27.22	217.35	418.94	1.1597	1.8813
15	8.97	7.52	1167.98	31.90	224.53	421.12	1.1845	1.8758
20	10.33	8.76	1147.48	37.25	231.83	423.15	1.2092	1.8704
25	11.84	10.14	1126.48	43.33	239.25	425.01	1.2338	1.8650
30	13.50	11.68	1103.98	50.27	246.79	426.68	1.2584	1.8595
35	15.33	13.39	1080.77	58.17	254.48	428.14	1.2830	1.8539
40	17.34	15.29	1056.45	67.18	262.33	429.37	1.3077	1.8480
45	19.52	17.37	1030.86	77.48	270.36	430.34	1.3324	1.8418
50	21.91	19.67	1003.81	89.28	278.58	431.02	1.3574	1.8352

10.3 DEPÓSITOS DE INERCIA

10.3.1 Depósitos de inercia para Calefacción / Refrigeración



Los depósitos de inercia, tanto para el modo de calefacción como para el modo refrigeración son de la marca Vaillant, modelo allSTOR plus VPS 2000/3-5 de 2.000 litros de capacidad, o modelo equivalente. Este depósito tiene la capacidad de hibridar diferentes tecnologías debido a su diseño, teniendo la capacidad de generar energía a través la unidad BCG y si como opcional tiene la capacidad de producción simultáneamente a través de Energía Solar, mejorando de una forma importante el rendimiento del conjunto de la instalación.

Las características de este tipo de depósitos son las siguientes:

Depósito multifunción allSTOR exclusive VPS .../3

El principal componente del sistema de acumulación de inercia allSTOR es el depósito multifunción VPS.../3.

El depósito de inercia recibe calor de uno o más generadores y, si procede, también de una estación de carga solar. El depósito multifunción tiene valores de conductividad, elementos y conductos que garantizan una estratificación óptima del agua de arriba (caliente) abajo (fría). El depósito de inercia se utiliza como depósito intermedio para transportar el agua para calefacción al circuito de calefacción o a una estación de ACS para preparar agua caliente. Está hecho de acero y tiene un recubrimiento exterior de barniz protector contra heladas.

Dependiendo de la demanda de agua caliente, la demanda de calor y el tiempo de recalentamiento calculados, pueden instalarse depósitos de inercia de tamaños comprendidos entre 300 y 2000 litros.

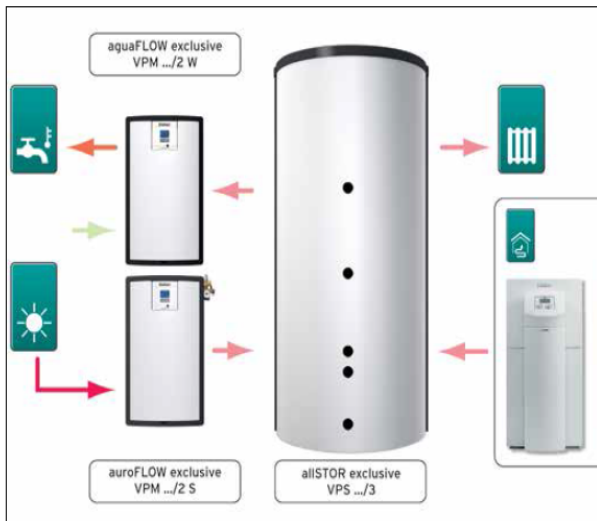


Fig 3: Componentes del sistema

Carga del acumulador

Uno tras otro, empezando desde arriba, tres sensores de temperatura del acumulador activan una necesidad si no se alcanza un valor objetivo. El acumulador se divide en tres zonas de temperatura debido a la disposición de los sensores relacionada con el producto y el sistema. Si se utiliza una estación de carga solar, primero se activa la unidad aguaFLOW y luego las instalaciones de poscalentamiento, dependiendo de la energía solar disponible.

Sensor 1 (agua caliente, reserva): El 10 % superior del volumen del acumulador (agua caliente)

Sensor 2 (agua caliente, zona de confort): Aprox. el 40 % del volumen del acumulador que está por debajo

Sensor 3 (calefacción): Aprox. el 50 % del volumen del acumulador que está por debajo

El generador de calor y los circuitos de calefacción se conectan de la siguiente manera:

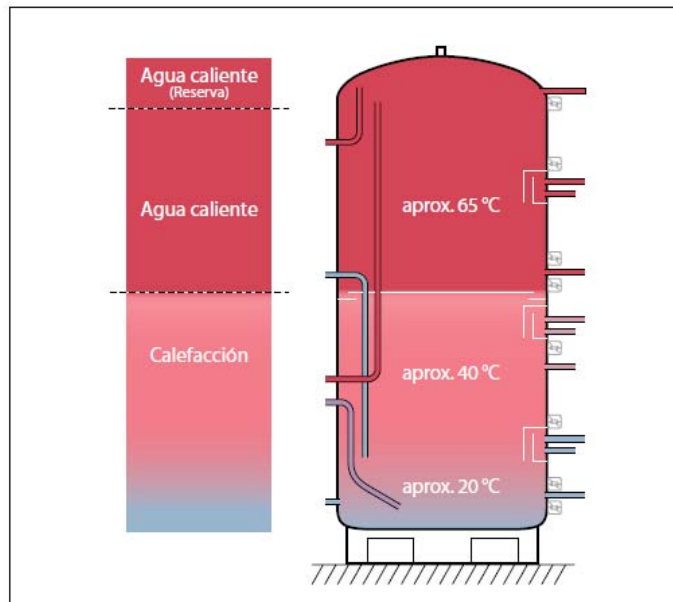


Fig 5: Control de la carga del acumulador



Visión general de las conexiones de los acumuladores

- 1 Flujo de agua de calefacción a VPM-W para instalaciones murales o acumuladores en cascada
- 2 Dos conexiones de ida de la caldera para la parte de agua de proceso del acumulador
- 3 Retorno de la caldera
- 4 Conexión de ida de la caldera para la parte de calefacción del acumulador
- 5 Ida de los circuitos de calefacción
- 6 Retorno de la caldera
- 7 Retorno de la caldera
- 8 Retorno de los circuitos de calefacción
- 9 Retorno de agua de calefacción a VPM-W para instalaciones murales o acumuladores en cascada
- 10 Ida de agua de calefacción a VPM-S
- 11 Ida de agua calefacción VPM-S a bajas temperaturas
- 12 Ida de agua calefacción VPM-S a altas temperaturas
- 13 Retorno de agua de calefacción a VPM-W
- 14 Ida de agua de calefacción VPM-W
- 15 Conectores para válvula de purga
- F 1-8 Vainas para el sensor de temperatura

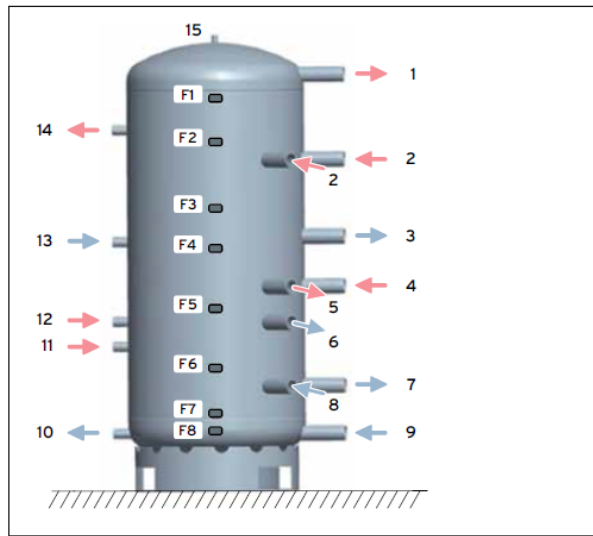


Fig 6: Conexiones de los acumuladores: visión general.

En función de la geometría de conexión en tres niveles, hay disponibles ocho posiciones para el sensor. Las posiciones F1 a F8 indican la posición de las vainas para las sondas.



Nota
Las variantes plus no cuentan con las posiciones 10 a 14 del lado izquierdo.

10.4 DEPÓSITO DE ACS

Para la producción de ACS, se empleará un depósito Vaillant modelo allSTOR VPS 2000/3-5 de acero negro o modelo equivalente, con cuatro módulos con intercambiador de placas modelo aguaFLOW VPM 40/45/2W o equivalente, conectadas en cascada, no siendo necesario considerar la aplicación de choque térmico en los depósitos para aplicación de cualquier tipo de tratamiento anti-legionela, según lo indicado en el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio. Estos módulos de producción instantánea tienen la posibilidad de recibir la recirculación de ACS, necesaria según normativa en la instalación de este proyecto.

10.5 MAQUINARIA DE PERFORACIÓN

Como ejemplo de maquinaria de perforación referenciamos las siguientes unidades, así como sus características para valoración de las mismas en las necesidades para la ejecución de las perforaciones necesarias de la instalación de geotermia de este proyecto.

Comacchio MC450 P1

Ancho máximo	2000 mm
Velocidad máxima	1,5 km/h
Pendiente máxima	50%
Motor	
Modelo	DEUTZ BF4M 2012
Potencia del motor	86 kW
Doble cabeza de rotación	
Par máximo cabeza superior	4500 / 5800 N/m
Para máximo cabeza inferior	12300/23700 N/m
Velocidad máxima cabeza inferior	48/96 rpm



Comacchio MC 900P

Ancho máximo	2500 mm
Velocidad máxima	1,5 km/h
Pendiente máxima	50%
Motor	
Modelo	DEUTZ TDC 2013
Potencia del motor	126 kW
Doble cabeza de rotación	
Par máximo cabeza superior	4500 / 5800 N/m
Velocidad máxima cabeza superior	75 (140rpm)
Para máximo cabeza inferior	12300/23700 N/m
Velocidad máxima cabeza inferior	13/20 rpm



Comacchio MC 900 GT

Ancho máximo	2500 mm + carrusel
Velocidad máxima	1,5 km/h
Pendiente máxima	50%
Motor	
Modelo	DEUTZ TDC 2013
Potencia del motor	126 kW
Doble cabeza de rotación	
Par máximo cabeza superior	4500 / 5800 N/m
Velocidad máxima cabeza superior	75 (140rpm)
Para máximo cabeza inferior	12300/23700 N/m
Velocidad máxima cabeza inferior	13/20 rpm



10.6 SONDA GEOTÉRMICA

Las sondas serán modelo RAUGEO de la marca REHAU o equivalente, tipo PE-Xa doble U DN32x2,9 fabricada en polietileno reticulado a alta presión de longitud 135 m según DIN 16892/93, estabilizado frente a los UV, color natural, con un recubrimiento de RAU-PE en color gris, RAL 7001, en el caso de instalaciones con generación de frío activo y temperaturas de retorno del fluido calo-portador por encima de las temperaturas de degradación del PE. Los tubos de polietileno están estandarizados según las normativas DIN 8074 (Dimensionado) y DIN 8075 (requisitos generales de calidad y prueba). Estas normativas confirman una duración de vida de más de 100 años. El material de polietileno cumple los requisitos siguientes para su aplicación como sondas geotérmicas:

- Elevada tenacidad y capacidad de alargamiento de ruptura.
- Elevada tenacidad y capacidad de alargamiento de ruptura.
- Buenas propiedades mecánicas.
- Buena resistencia a las sustancias químicas.
- Buenas propiedades mecánicas y excelente viscosidad incluso a baja temperatura.
- Larga vida con una garantía de 10 años del producto.
- Baja resistencia hidráulica.
- Temperaturas de servicio: -40 °C hasta +95 °C.
- Ventajosa relación precio/prestaciones.
- Longitud de la sonda variable de 100 a 150m.
- La instalación de la sonda presentara las siguientes partes: un pie de sonda, en forma de U, cuatro o dos tubos de diámetro 32 o 40 mm y una cabeza de sonda o elemento de unión para empalmar los tubos verticales al colector principal o directamente a la bomba de calor.



10.7 CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO

Se utilizará relleno termo-conductor Soluterm, Energrout o equivalente. Las características del cemento térmico utilizado son las siguientes:

Consistencia	UNE-EN 13454 2	Mm	>250
Resistencia a compresión	UNE-EN 13829 2	MPa	>10
Resistencia a flexión	UNE-EN 13829 2	MPa	>3
Trabajabilidad	UNE-EN 1015-9	Min	>120
Densidad aparente del polvo		kg/dm ³	0.95 ± 0.1
Densidad aparente en la pasta	UNE-EN 1015-6	kg/dm ³	3,90 ± 0.1
Densidad aparente endurecido	UNE-EN 1015-10	kg/dm ³	3,60 ± 0.1
Contenido en cloruros	UNE-EN 1015-17		< 0,01
Conductividad térmica	UNE-EN 12664	W/m*K	≥1,2
Consumo de agua (por saco de 25kg)		Litros	7-7,5
Consumo de mortero (por m ³)		kg	1.470
Finura (retenida)	UNE-EN 1015-1		
500 µm			0
63 µm			<20
32 µm			<35

10.8 CARACTERÍSTICAS DEL ANTICONGELANTE

Para el correcto funcionamiento de las bombas de calor geotérmicas en el caso de aplicaciones con predominancia de demanda de calefacción, es necesario que el Brine (agua + anticongelante) tenga una temperatura de congelación que este en torno a 5,5 °C, por debajo de la tempera media mínima del fluido caloportador. De no ser así, se puede congelar el evaporador de la bomba con la consecuente avería. Los anticongelantes probados y utilizados con bombas de calor son: etanol, etilenglicol y propilenglicol, así como diferentes soluciones con sal. Éstas últimas son poco frecuentes en las bombas de calor geotérmicas por la posibilidad de producir corrosiones.

El **uso de propilenglicol** consideramos que es muy adecuado debido a que es un producto no tóxico, con presencia de aditivación que le proporcione unas propiedades anti-incrustantes, anti-corrosivas y es biodegradable.

El propilenglicol tiene las siguientes características:

Composición y propiedades físicas

- Fórmula: C₃H₈O₂
- Peso molecular: 76,10 g/mol
- Número CE (EINECS): 200:338:0
- Aspecto: Líquido
- Color: Incoloro
- Olor: Característico
- pH: 6-8 (100 g/l H₂O, 20 °C)
- Punto de ignición: 371 °C



- Punto de ebullición: 188 °C
- Punto de fusión: -59 °C
- Densidad (20°C): 1,04 g/cm³
- Coeficiente de reparto n-octanol/agua: log P (o/w): -0,92
- Presión de vapor (20°C): 0,11 hPa

Identificación de peligros

Se trata de un producto no peligroso de acuerdo con la Directiva del Consejo 67/548/CEE.

Información toxicológica

- Toxicidad aguda.
- DL50 (oral, rata): 19400-36000 mg/kg.
- DL50 (dermal, conejo): 20800 mg/kg.
- Toxicidad de subaguda a crónica.
- Actividad carcinogénica: No cancerígeno en experimentos con animales.
- Actividad mutagénica: No mutágeno en experimento con animales.
- Actividad teratogénica: No teratígeno en experimento con animales.

Información adicional

- Tras contacto con la piel: Leves irritaciones

Información ecológica

- Toxicidad para los peces: P. primelas CL50: 54900 mg/l, Onchorhynchus mykiss CL50: 51600 mg/l/96h.
- Toxicidad de dafnia: Daphnia magna CE50: 34400 mg/l/48h.
- Toxicidad para las bacterias: Photobacterium phosphoreum CE50: 26800 mg/l/30min.
- Toxicidad para las algas: Selenastrum capricornutum Cl50: 19000 mg/l/96h.
- Movilidad: log P (o/w): -0,92.
- Potencial de bioacumulación: Bioacumulación poco probable (log P (o/w) < 1)
- Clasificación CE: Este producto no está incluido en el índice de sustancias peligrosas, por lo que ha sido clasificado siguiendo el anexo VI de la directiva 2001/59/CE.
- Producto empleado: Blue Sun, Anticongelante-Refrigerante concentrado.

11. PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Las personas y los procesos constituyen para nosotros los factores imprescindibles. De esta manera se trabaja en un enfoque integrador, tratando de aprovechar energías y eliminar barreras. Esta integración se materializa mediante la introducción de los requisitos de la metodología de los procesos (PROTOCOLOS), y de esta manera se facilita la comprensión del proceso, la aplicación y el control de todos los requisitos aplicables.

Así el "protocolo de perforaciones", indica que mecanismos de control han de utilizarse para desarrollar el proceso. En materia de control de calidad se verificará:

- Control de la maquinaria (aceites, limpieza, combustible, etc...), estado de los enseres.



- Control de los materiales (longitud de la sonda, movimientos de los materiales, logística, etc...) Control de los procesos, verificar que la maquinaria funciona correctamente, medidas de los resultados (profundidad del pozo, consistencia de las paredes, etc...).
- Control de las pruebas específicas, que se hacen a cada pozo. Las pruebas de estanqueidad y presión son necesarias antes de rellenar el agujero con cemento.
- Control en las pruebas finales de estanqueidad y presión.

Todo esto nos permite asegurar la plena satisfacción del cliente una vez finalizada la instalación.

12. MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

La empresa adjudicataria de la ejecución de esta instalación, debe estar acreditada oficialmente como empresa instaladora y mantenedora de instalaciones de climatización.

El montaje, pruebas y puesta en marcha se realizará conforme a los procedimientos internos y habituales que indique la instaladora adjudicataria, que en todo momento cumplirán la normativa aplicable (RITE).

La puesta en marcha será realizada por personal de la instaladora adjudicataria con la cualificación necesaria para tal, y con acreditación para estas funciones.

La empresa instaladora dispondrá de un procedimiento de control y pruebas en las instalaciones según el documento "Programa de Puntos de Inspección en Obra" atendiendo a cada una de las partes en la que se divide la instalación:

- Colector vertical
- Conexión horizontal
- Sala técnica

Una vez finalizada la instalación se deben de rellenar las actas de prueba hidráulica y eléctrica, justificando que esta instalación cumple los requerimientos del RITE:

- Equipos: Se tomará nota de los datos de funcionamiento de los equipos y aparatos (temperaturas, presiones de trabajo, caudales) que pasaran a formar parte de los datos nominales de funcionamiento que figuren en el proyecto o memoria técnica y los datos reales de funcionamiento.
- No es necesario someter a una prueba de estanquidad la instalación de unidades por elementos de los circuitos frigoríficos, cuando se realice con líneas precargadas suministradas por el fabricante del equipo, que entregara el correspondiente certificado de pruebas.
- Se debe de llevar la bomba de calor hasta la temperatura de tarado, desactivando la regulación automática, para comprobar que los elementos de seguridad del circuito funcionen correctamente a dicha temperatura.
- Durante el enfriamiento de la instalación se observara que no haya deformaciones en los elementos.
- Pruebas finales para controles y mediciones funcionales deben de seguir la norma UNE EN 12599:01.
- Las tuberías metálicas que conexionen los diferentes elementos deben de ser comprobadas según la norma UNE 100.151, mientras que las termoplásticas siguiendo la norma UNE ENV 12.108.



12.1 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DE REDES DE TUBERÍAS DE AGUA

El procedimiento a seguir para las pruebas de estanquidad hidráulica, en función del tipo de tubería y con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, comprenderá las fases que se relacionan a continuación:

12.1.1 Preparación y limpieza de redes de tuberías

Antes de realizar la prueba de estanquidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de tuberías de agua deben ser limpiadas internamente para eliminar los residuos procedentes del montaje.

Las pruebas de estanquidad requerirán el cierre de los terminales abiertos. Deberá comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deben quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.

Para ello, una vez completada la instalación, la limpieza podrá efectuarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante.

El uso de productos detergentes no está permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios.

Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejara circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Posteriormente, se vaciara totalmente la red y se enjuagara con agua procedente del dispositivo de alimentación.

En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100°C, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

12.1.2 Prueba preliminar de estanquidad

Esta prueba se efectuara a baja presión, para detectar fallos de continuidad de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica; se empleara el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a la presión de llenado.

La prueba preliminar tendrá la duración suficiente para verificar la estanquidad de todas las uniones.

12.1.3 Prueba de resistencia mecánica

Esta prueba se efectuara a continuación de la prueba preliminar: una vez llenada la red con el fluido de prueba, se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100 ce, la presión



de prueba será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar; para circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será equivalente a dos veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar.

Para los circuitos primarios de las instalaciones de energía solar, la presión de la prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las líneas de seguridad.

Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedaran excluidos de la prueba.

La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para verificar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

12.1.4 Reparación de fugas

La reparación de las fugas detectadas se realizara desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo.

Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

12.2 PRUEBAS DE LIBRE DILATACIÓN

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevaran hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática. En el caso de instalaciones con captadores solares se llevara a la temperatura de estancamiento.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobara visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

12.3 PRUEBAS FINALES

Se consideran válidas las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599 en lo que respecta a los controles y mediciones funcionales, indicados en los capítulos 5 y 6.



PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DE CENTRO DE EDUCACIÓN INFÁNTIL Y PRIMARIA EN EL BARRIO DE VILLIMAR DE BURGOS

EXPTE: A2018/000418

MEMORIA DE INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este documento es la justificación de los sistemas de suelo radiante a baja temperatura como mejor alternativa para satisfacer las necesidades de confort y demanda tanto en calefacción como climatización con el nivel más óptimo de rentabilidad, en el nuevo colegio público que se ejecutará en el barrio de Villimar, en la C/ Vela Zanetti del mismo.

2. DATOS IDENTIFICATIVOS

2.1 DATOS DE LA INSTALACIÓN

La actividad de la instalación es uso docente, siendo la promoción de la obra, pública, estando ésta ubicada en la localidad de Burgos.

2.2 EMPLAZAMIENTO

Las instalaciones de este proyecto se realizarán en una parcela en el interior de la localidad de Burgos, más concretamente en la calle Vela Zanetti.

3. LEGISLACIÓN APLICABLE

Para la realización de la presente documentación y para la realización de los trabajos que en él se describen, se han tenido en cuenta los siguientes reglamentos e instrucciones técnicas:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) Orden FOM/1635/2013 de 10 de Septiembre por la que se actualiza el DB-HE "Ahorro de Energía" del CTE aprobado por RD 314/2006 del 17 de Marzo.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.) y sus correspondientes I.T.E. (RD 1027/2007 de 20 de julio, BOE del 29 de agosto de 2007, Corrección de errores del RITE (BOE del 28 de febrero de 2008 y modificaciones RD 238/2013 de 5 de Abril y el RD 1027/2007 de 20 de Julio.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. REAL DECRETO 842/2002 del 2 de Agosto.
- Real decreto 275/1995, de 24 de Febrero por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93/68/CEE del Consejo ("BOE" de 27-3-1995)
- Reglamento de Aparatos a Presión (RAP, RD 1244/1979, de 4 de Abril, BOE 29-5-1979, con todos los Reales Decretos y correcciones de carácter modificativo y de aplicación de distintas Directivas del Consejo de las comunidades Europeas posteriores).



- Reglamento Técnico de Distribución y utilización de gases combustible. Real Decreto 919/2006 y sus Reglamentos e ITCs. Normas UNE relacionadas en particular la UNE 60670 y sus actualización de 2014.
- Normas U.N.E. de aplicación específica.
- Directiva 2010/31/UE. Directiva 2012-27-UE (2). Reglam_UE_244-2012_Eficiencia Energética de los Edificios. Reglamento 206 /2012 de la Comisión, por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE.

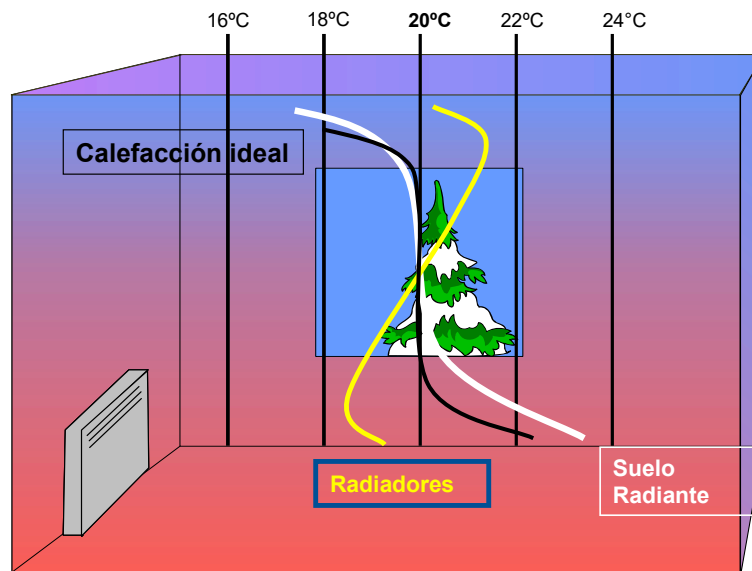
Y cualesquiera otras Normas Técnicas en vigor, aplicables a la ejecución de las obras que no se citan específicamente.

4. CONFORT Y CONDICIONES INTERIORES

Las condiciones interiores de diseño se fijan, según la instrucción ITE 1.1.4.1, del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, (RITE), en función de la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos, a partir de la tabla 1.4.1.1 del mismo apartado.

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Se ha tomado de manera general como temperatura de cálculo de invierno 21 °C y 25 °C de verano, con una humedad relativa aproximada del 50%. La distribución de temperaturas en el suelo radiante es muy aproximada la distribución de temperaturas de la calefacción ideal como se puede ver en la siguiente figura:



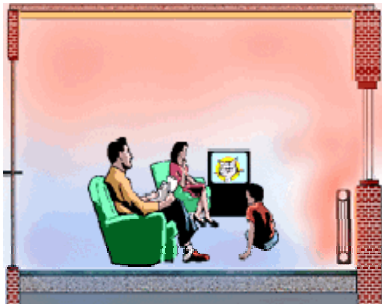


Comparación de sistemas radiantes y convectivos:



Sistemas radiantes:

- Mayor confort.
- Mayor homogeneidad térmica en la zona ocupada.
- Menores pérdidas por ventilación.
- Menor temperatura ambiente para igual temperatura operativa.



Sistemas convectivos:

- Problemas de estratificación.
- Corrientes convectivas molestas.
- Sobrecalentamiento del aire con mayores pérdidas térmicas.
- Acumulación de suciedad en elementos convectivos.

5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

5.1 MATERIALES

5.1.1 Tubería Suelo Radiante

Para esta instalación dispondremos de tuberías flexibles modelo PE-RT(II)/EVOH/PE-RT(II) con barrera, de la marca Saunier Duval, o modelo equivalente. Se trata de un tipo de tubería exclusiva para suelo radiante, formada por un material adecuado por su ligereza, flexibilidad, resistencia a temperaturas y presiones, reducción del ruido generado por el paso de agua a través de él y por su durabilidad en el tiempo. Se elige, además, un tubo con barrera de oxígeno para evitar oxidaciones por contacto con las partes metálicas en su interior y así alargar la vida de los equipos. Las características de este tipo de tubo son las siguientes:

Características	Unidad	Valor
Material	ISO 22391	PE-RT
Diametro exterior	mm	17
Diametro interior	mm	13
Coefficiente dilatación	mm /mK	0,14
Conductividad térmica	W / mK	0,4
Clase ISO 10508	-	Clase* 4 /6 bar
Rugosidad	mm	0,007
Radio de curvatura	mm	85
Caudal	l/m	0,133
Peso	kg/m	0,102

(*) Clase 4= 60 °C /25 años + 20 °C / 2,5 años + 70 °C /2,5 años + 100 °C /100 horas



5.1.2 Aislante

El elemento base de todo suelo radiante debe ser una plancha de aislamiento que reúna las mejores condiciones de resistencia térmica y mecánica. En este caso se empleará paneles aislantes termoconformados con paso formado por múltiplos de 50mm, modelo Termoconformado SD de la marca Saunier-Duval o equivalente. Se trata de un panel de Poliestireno Expandido Autoextinguible (EPS-AU) de alta densidad con un termoconformado rígido que se utiliza en la instalación de los sistemas de suelo radiante/Refrescante.

El EPS de alta densidad dota al panel de un gran aislamiento térmico, evitando la pérdida de temperatura a través del forjado.

El acabado termoconformado es rígido e impermeable, lo que impide la pérdida de temperatura por vapor, aumentando además la resistencia mecánica del panel.

Se presenta moldeado y machihembrado a 4 caras mediante el plástico termoconformado, permitiendo una sencilla colocación de las placas y evitando puentes térmicos.

Termoconformado SD dispone de un paso de tubería de 50 mm, y es válido para tuberías de 16 y 17mm de diámetro.

Las características de los diferentes tipos de paneles son los siguientes, empleándose en este proyecto espesores de 37mm en planta baja (1,25 m²K/W) y de 20mm en planta 1ª (0,75 m²K/W).

Descripción	Reducción ruido dB	Tamaño (largo x ancho) mm	Espesor mm	Espesor efectivo mm	Densidad kg/m ³	Conductividad térmica Wm ² /K	Resistencia térmica efectiva m ² K/W	Paso de tubo mm	m ² / unidad	Uds / embalaje	m ² / embalaje	Referencia
Térmico												
Termoconformado aislante térmico		1.400x800	8/30	14	30	0,033	0,30	50 ²		17	19,04	0020140835
			20/42	26	25	0,034	0,75	-	1,12	10	11,20	0020254303
			37/59	43	25	0,034	1,25	-		6	6,72	0020275334

5.1.3 Zócalo perimetral

En el zócalo perimetral se instalará una banda de espuma de polietileno con babero plástico, de 180 mm de anchura y 7 mm de espesor, con doble función, aislamiento térmico y junta de dilatación de la losa flotante compuesta por el mortero. Suministrado en rollos de 50 mm.

5.1.4 Lámina plástica anti-humedad

Sobre el forjado de planta baja colocaremos una lámina plástica antihumedad, que impida la transmisión del vapor.

5.1.5 Colectores

Los colectores de suelo radiante estarán formados por un tecnopolímero seleccionado para el uso en sistemas de calefacción y refrigeración, con las mejores características de resistencia y compatibilidad con glicoles y aditivos



más comunes. Cada uno de los colectores incluirá purgadores manuales (automáticos opcionales), llenado, caudalímetros, válvulas de corte de 1", reguladores de caudal por circuito y soportes.

Estos colectores se colocarán en el interior de armarios premontados de chapa colocados empotrados en pared con soporte y tapa con cerradura. Las dimensiones de los colectores y su posición son las especificadas en presupuesto y planos del presente proyecto.

6. SISTEMA DE INSTALACIÓN

6.1 PREPARACIÓN DE LA OBRA

Antes de realizar la instalación del suelo radiante se debe asegurar que:

- El forjado esté perfectamente nivelado y lo más limpio y liso posible, sin pegotes de mortero, yeso, cemento ni restos de materiales.
- La tabiquería, conducciones de agua y electricidad estén totalmente acabadas y las aberturas del edificio cerradas (ventanas, puertas exteriores).
- Los yesos y alicatados estén aplicados.

6.2 UBICACIÓN DE LOS COLECTORES

Siempre de acuerdo a la ubicación contemplada en los cálculos y señalada en planos. Se debe situar a unos 50 cm del suelo para evitar que los tubos deban de curvarse demasiado. Los lugares más habituales suelen ser: armarios empotrados, debajo de escaleras, etc.

6.3 COLOCACIÓN DEL FILM ANTI-HUMEDAD

Será necesario colocar el film anti-humedad en la planta baja del edificio, puesto que está en contacto con el terreno. Éste se debe solapar siempre con los cerramientos verticales.

6.4 COLOCACIÓN DE LA BANDA PERIMETRAL

Ésta se deberá colocar en todo el perímetro de las paredes y otros componentes del edificio como marcos de puertas, pilares y columnas ascendentes.

No se cortará la parte de la banda perimetral que sobresalga del forjado hasta que no se coloque el revestimiento final.

6.5 COLOCACIÓN DEL PANEL AISLANTE

El panel aislante se debe colocar a lo largo de toda la superficie del forjado.

En primer lugar se colocarán todos los paneles enteros y se dejarán para el final aquéllos a los que haya que realizarles un corte.



El film de polietileno de la banda perimetral debe colocarse sobre el panel aislante para impedir que entre el mortero entre las ranuras.

6.6 COLOCACIÓN DEL TUBO

Los tubos se colocan a más de 50 mm de distancia de las estructuras verticales y a 200 mm de los conductos de humo y de los hogares o chimeneas francesas abiertas, de los cañones de chimenea con pared o sin ella y de los huecos de ascensores.

Utilizar siempre el PASO definido en el estudio.

Hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Los tubos de las distintas habitaciones nunca deben cruzarse entre sí.
- La forma de colocación del tubo se realizará de acuerdo a las especificaciones del diseño.
- Cuando los tubos atraviesen las juntas de dilatación, se deberán proteger con un tubo corrugado o codos de protección para evitar que se dañen.
- Se debe mantener el orden de colocación en las vías para la impulsión y el retorno.

6.7 LLENADO DE LA INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE PRESIÓN

El llenado de la instalación debe realizarse lentamente, para reducir al máximo la entrada de aire.

Se deberán cerrar todos los circuitos excepto el que se quiere llenar.

Se deberán abrir los grifos de la impulsión y el retorno, para que el aire del circuito pueda salir y se comienza con el llenado por el grifo del colector de impulsión.

El circuito estará lleno, cuando desde el grifo del colector de retorno, salga un chorro continuo de agua.

Una vez terminado con el primer circuito, se cierra éste y se continúa con el resto de circuitos hasta terminar de llenar la instalación completamente.

Antes de colocar el mortero, es absolutamente necesario realizar la comprobación de la estanqueidad de los circuitos por medio de un ensayo de control de fuga.

La presión de ensayo debe ser dos veces la presión de servicio con un mínimo de 6 bar.

Durante el hormigonado, hay que dejar el tubo a presión, para que una vez realizado el fraguado el tubo tenga espacio para su dilatación.

6.8 VERTIDO DEL MORTERO

Aditivo mortero 1,5 % sobre el peso del cemento.



La temperatura del mismo y la temperatura del suelo de la habitación no debe caer por debajo de 5°C.

Se debe mantener la temperatura por encima de 5°C como mínimo durante tres días.

6.9 JUNTAS DE DILATACIÓN

La superficie entre juntas no debe superar los 40 m², con una longitud máxima de 8m.

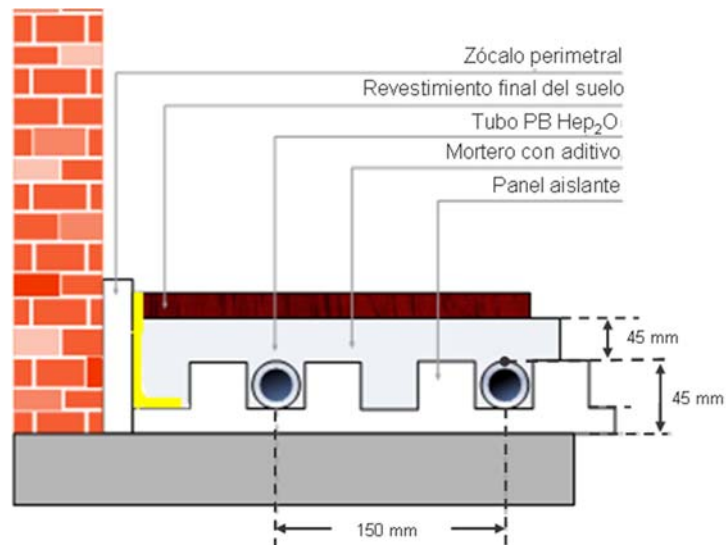
Se deberán colocar juntas de dilatación en los pasos de puertas, siempre que la longitud del recinto sea superior a 3 veces su anchura.

6.10 CALENTAMIENTO INICIAL

Según norma **UNE EN 1264-4**:

Transcurridos 21 días, poner en funcionamiento el sistema impulsando a una temperatura de 21°C durante 3 días como mínimo y posteriormente a la temperatura máxima de diseño durante 4 días mínimo. Pasados un total de 28 días se procederá a la colocación del acabado del suelo.

El conjunto finalmente quedará como la siguiente figura:



7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE SUELO RADIANTE

Según norma UNE-EN 1264, los valores apropiados de temperatura de superficie del suelo fijados en los cálculos de en la modalidad de calefacción son:

Zonas de estar	T _{máx} = 29 °C.
Baños y duchas	T _{máx} = 33 °C.
Zonas ante ventanales o puertas (máx. 1 m de ancho)	T _{máx} = 35 °C.



Para determinar la temperatura de superficie de suelo; nos basamos en el factor de potencia calorífica de suelo " α " que engloba el factor de radiación α_R y del factor de convección α_c . Se tomará $\alpha = 11,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ para calefacción según el método recomendado en la norma.

Para la confección de los circuitos, fijamos los siguientes valores o datos:

- Pérdidas de carga máximas prefijadas por circuito menores de 200 mbar (2.0 m.c.a.)
- Altura del recubrimiento por encima de los tubos hasta la parte inferior del pavimento (incluyendo mortero y pasta de solado) de 45 mm.

Distancia entre tubos de referencia de unos 150 mm en calefacción (75 mm. en cocinas y baños) y unos 100 mm en refrigeración.

Se calcula a partir de las necesidades caloríficas y los metros cuadrados de cada dependencia las temperaturas máximas superficiales del suelo en modo calefacción así como la distancia apropiada entre tubos. Para las superficies se considerará únicamente metros cuadrados factibles de colocar tubos.

La cantidad de circuitos de calefacción viene determinada por el número de habitaciones, su tamaño y sus necesidades caloríficas.

Se detallan en el siguiente listado todos los cálculos referentes al suelo radiante:

CÁLCULO DE ZONAS - LISTADO DE ZONAS SUELO RADIANTE						
ZONA 1	P. BAJA: COL 1 - D. Dirección				COLECTOR 1	
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
15,05	16	Plaqueta cerámica		100		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
1072,7		2	90,3	1,54	7,58	
Potencia Refrig. W	Apoyo Refrig. SRR W.	nº Fancoils	Modelo Fancoil			
2212,5	1376,6	0	No considerado			
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	2	1.1 1.2				
ZONA 2	P. BAJA: COL 1 - D. Jefe Estudios				COLECTOR 1	
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
12,95	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
572,7		1	91,3	1,66	8,67	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	1	1.3				
ZONA 3	P. BAJA: COL 1 - D. Secretariado				COLECTOR 1	
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
13,00	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
586,7		1	91,7	1,69	9,02	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	1	1.4				



ZONA 4	P. BAJA: COL 1 - D. Orientacion					COLECTOR 1
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
18,00	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
816,0		2	66,0	1,18	3,43	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	2	1.5 1.6				

ZONA 5	P. BAJA: COL 1 - Aseo profesores					COLECTOR 1
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
5,25	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
566,6	73,3	1	32,5	1,42	2,36	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	1	1.7				

ZONA 6	P. BAJA: COL 1 - Aseo profesores					COLECTOR 1
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
5,25	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
594,6	101,3	1	32,5	1,42	2,36	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	1.8				

ZONA 7	P. BAJA: COL 1 - Secretaria					COLECTOR 1
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
29,70	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
1203,8		3	86,0	1,27	5,09	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	1.9 1.10 1.11				

ZONA 8	P. BAJA: COL 2 - D. Sala profesores					COLECTOR 2
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
47,75	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
1791,1		4	81,6	1,53	6,71	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	4	2.1 2.2 2.3 2.4				

ZONA 9	P. BAJA: COL 2 - Conserjería					COLECTOR 2
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
16,70	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
1178,2		2	83,7	1,70	8,29	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	2	2.5 2.6				

ZONA 10	P. BAJA: COL 2 - Sala de visitas					COLECTOR 2
---------	----------------------------------	--	--	--	--	------------



Superficie m2:		14,45	Tubo (mm.):	16	Tipo de acabado suelo:	Plaqueta cerámica	Paso de tubo (mm.):	150
Potencia Calefac. W		1451,5	Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	2	Long./Circuito	54,2
Termostato		SI	Actuadores	2	Nº DE COLECTOR			
					2.7 2.8			

ZONA 11	P. BAJA: COL 2 - Circulaciones						COLECTOR 2		
Superficie m2:		16,45	Tubo (mm.):	16	Tipo de acabado suelo:	Plaqueta cerámica	Paso de tubo (mm.):	150	
Potencia Calefac. W		987,0	Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	2	Long./Circuito	56,8	
Caudal l/min							1,42	Pdc (kPa)	4,13
Termostato		NO	Actuadores	0	Nº DE COLECTOR				
					2.9 2.10				

ZONA 12	P. BAJA: COL 3 - Ampa						COLECTOR 3		
Superficie m2:		21,60	Tubo (mm.):	16	Tipo de acabado suelo:	Plaqueta cerámica	Paso de tubo (mm.):	150	
Potencia Calefac. W		1310,9	Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	2	Long./Circuito	82,0	
Caudal l/min							1,89	Pdc (kPa)	9,80
Termostato		SI	Actuadores	2	Nº DE COLECTOR				
					3.1 3.2				

ZONA 13	P. BAJA: COL 3 - Biblioteca						COLECTOR 3		
Superficie m2:		70,85	Tubo (mm.):	16	Tipo de acabado suelo:	Plaqueta cerámica	Paso de tubo (mm.):	150	
Potencia Calefac. W		6240,5	Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	7	Long./Circuito	69,5	
Caudal l/min							2,57	Pdc (kPa)	14,27
Termostato		SI	Actuadores	7	Nº DE COLECTOR				
					3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 3.9				

ZONA 14	P. BAJA: COL 3 - Circulaciones						COLECTOR 3		
Superficie m2:		18,00	Tubo (mm.):	16	Tipo de acabado suelo:	Plaqueta cerámica	Paso de tubo (mm.):	150	
Potencia Calefac. W		1080,0	Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	2	Long./Circuito	62,0	
Caudal l/min							1,56	Pdc (kPa)	5,27
Termostato		NO	Actuadores	0	Nº DE COLECTOR				
					3.10 3.11				

ZONA 15	P. BAJA: COL 4 - Cocina						COLECTOR 4		
Superficie m2:		65,10	Tubo (mm.):	16	Tipo de acabado suelo:	Plaqueta cerámica	Paso de tubo (mm.):	100	
Potencia Calefac. W		5118,0	Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	6	Long./Circuito	101,8	
Caudal l/min							2,46	Pdc (kPa)	19,33
Potencia Refrig. W			Apoyo		nº Fancoils		Modelo Fancoil		



		Refrig. SRR W.		
	4002,0	778,0	0	No considerado
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR		
SI	6	4.1 4.2 4.3 4.4 4.5 4.6		

ZONA 16	P. BAJA: COL 4 - Vestuario				COLECTOR 4
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
5,60	16	Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
917,1	303,0	1	56,8	1,77	6,06
Potencia Refrig. W	Apoyo Refrig. SRR W.	nº Fancoils	Modelo Fancoil		
1013,5	748,1	0	No considerado		
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR			
NO	0	4.7			

ZONA 17	P. BAJA: COL 4 - Vestuario				COLECTOR 4
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
5,60	16	Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
916,0	301,8	1	62,8	1,77	6,70
Potencia Refrig. W	Apoyo Refrig. SRR W.	nº Fancoils	Modelo Fancoil		
1016,0	750,6	0	No considerado		
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR			
NO	0	4.8			

ZONA 18	P. BAJA: COL 4 - Circulaciones 4				COLECTOR 4
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
17,10	16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
1026,0		2	59,0	1,48	4,58
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR			
NO	0	4.9 4.10			

ZONA 19	P. BAJA: COL 4 - Circulaciones 7				COLECTOR 4
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
11,20	16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
672,0		1	84,7	1,94	10,58
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR			
NO	0	4.11			

ZONA 20	P. BAJA: COL 5 - Gimnasio				COLECTOR 5
Superficie m2:	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
100,28	16	Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
15931,9	3048,1	11	93,2	3,37	30,91
Potencia Refrig. W	Apoyo Refrig. SRR W.	nº Fancoils	Modelo Fancoil		
15149,1	9580,2	0	No considerado		
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR			
SI	11	5.1 5.2 5.3 5.4 5.5 5.6 5.7 5.8 5.9 5.10 5.11			



ZONA 21		P. BAJA: COL 6 - Gimnasio				COLECTOR 6	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
100,28		16		Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
28466,5		15582,6		11	93,2	3,37	30,91
Potencia Refrig. W		Apoyo Refrig. SRR W.		nº Fancoils		Modelo Fancoil	
15149,1		9580,2		0		No considerado	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
NO	0	6.1 6.2 6.3 6.4 6.5 6.6 6.7 6.8 6.9 6.10 6.11					

ZONA 22		P. BAJA: COL 6 - Vestuario 1				COLECTOR 5	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
15,95		16		Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3677,7		2393,9		2	43,4	1,85	5,00
Potencia Refrig. W		Apoyo Refrig. SRR W.		nº Fancoils		Modelo Fancoil	
NO		0		0		No considerado	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
NO	0	5.12 5.13					

ZONA 23		P. BAJA: COL 6 - Vestuario 2				COLECTOR 6	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
16,10		16		Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
2379,0		878,3		2	63,4	2,16	9,61
Potencia Refrig. W		Apoyo Refrig. SRR W.		nº Fancoils		Modelo Fancoil	
3127,2		2478,5		0		No considerado	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
NO	0	6.12 6.13					

ZONA 24		P. BAJA: COL 7 - Aseo profesores				COLECTOR 7	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
4,95		16		Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
715,8		162,0		1	51,1	1,59	4,54
Potencia Refrig. W		Apoyo Refrig. SRR W.		nº Fancoils		Modelo Fancoil	
1007,8		768,4		0		No considerado	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
NO	0	7.1					

ZONA 25		P. BAJA: COL 7 - Despacho profesores				COLECTOR 7	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
5,25		16		Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
813,4		138,8		1	60,5	1,94	7,61
Potencia Refrig. W		Apoyo Refrig. SRR W.		nº Fancoils		Modelo Fancoil	
1635,6		1344,0		0		No considerado	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
SI	1	7.2					



ZONA 26		P. BAJA: COL 7 - Vestíbulo				COLECTOR 7
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
7,75		16	Plaqueta cerámica		100	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
1256,8	261,0	1	79,5	2,87	19,83	
Potencia Refrig. W	Apoyo Refrig. SRR W.	nº Fancoils	Modelo Fancoil			
1147,9	717,4	0	No considerado			
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	7.3				

ZONA 27		P. BAJA: COL 7 - Aula peq. Grupo 1				COLECTOR 7
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
24,90		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
2043,9		3	69,3	1,96	8,87	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	3	7.4 7.5 7.6				

ZONA 28		P. BAJA: COL 7 - Aula peq. Grupo 2				COLECTOR 7
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
24,35		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
2110,5		3	78,1	2,03	10,58	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	3	7.7 7.8 7.9				

ZONA 29		P. BAJA: COL 7 - Circulaciones				COLECTOR 7
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
19,00		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
1140,0		2	77,3	1,64	7,23	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	7.10 7.11				

ZONA 30		P. BAJA: COL 8 - Circulaciones				COLECTOR 8
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
78,05		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
4683,0		6	88,7	2,25	14,42	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	8.1 8.2 8.3 8.4 8.5 8.6				



ZONA 31	P. BAJA: COL 8 - Aseos 1					COLECTOR 8	
Superficie m2:							
24,10		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
16		Plaqueta cerámica		150			
Potencia Calefac. W							
1446,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
0			2	92,3	2,08	13,12	
Termostato	Actuadores					Nº DE COLECTOR	
NO	0					8.7 8.8	

ZONA 32	P. BAJA: COL 8 - Aseos 2					COLECTOR 8	
Superficie m2:							
24,10		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
16		Plaqueta cerámica		150			
Potencia Calefac. W							
1446,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
0			3	75,6	1,39	5,26	
Termostato	Actuadores					Nº DE COLECTOR	
NO	0					8.9 8.10 8.11	

ZONA 33	P. BAJA: COL 9 - Usos múltiples					COLECTOR 9	
Superficie m2:							
118,75		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
16		Plaqueta cerámica		150			
Potencia Calefac. W							
6446,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
9			9	89,4	2,06	12,49	
Termostato	Actuadores					Nº DE COLECTOR	
SI	9					9.1 9.2 9.3 9.4 9.5 9.6 9.7 9.8 9.9	

ZONA 34	P. BAJA: COL 10 - Aula 1 ciclo 1					COLECTOR 10	
Superficie m2:							
50,05		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
16		Plaqueta cerámica		150			
Potencia Calefac. W							
3795,9		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
4			4	85,4	2,73	19,57	
Termostato	Actuadores					Nº DE COLECTOR	
SI	4					10.1 10.2 10.3 10.4	

ZONA 35	P. BAJA: COL 10 - Aula 1 ciclo 2					COLECTOR 10	
Superficie m2:							
50,05		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
16		Plaqueta cerámica		150			
Potencia Calefac. W							
3696,9		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
4			4	85,4	2,66	18,69	
Termostato	Actuadores					Nº DE COLECTOR	
SI	4					10.5 10.6 10.7 10.8	



ZONA 36	P. BAJA: COL 11 - Aula 1 ciclo 3					COLECTOR 11
Superficie m2:						
50,05	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
3696,9		4	85,4	2,66	18,69	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	4	11.1 11.2 11.3 11.4				

ZONA 37	P. BAJA: COL 11 - Aula 1 ciclo 4					COLECTOR 11
Superficie m2:						
50,25	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
3754,6		4	85,8	2,70	19,28	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	4	11.5 11.6 11.7 11.8				

ZONA 38	P. BAJA: COL 12 - Comedor					COLECTOR 12
Superficie m2:						
121,78	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
9693,1		10	79,5	2,79	18,91	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	10	12.1 12.2 12.3 12.4 12.5 12.6 12.7 12.8 12.9 12.10				

ZONA 39	P. BAJA: COL 13 - Comedor					COLECTOR 13
Superficie m2:						
121,78	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
9693,1		11	75,8	2,54	15,25	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	13.1 13.2 13.3 13.4 13.5 13.6 13.7 13.8 13.9 13.10 13.11				

ZONA 40	P. BAJA: COL 14 - Circulaciones					COLECTOR 14
Superficie m2:						
101,54	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
6092,4		7	98,7	2,51	19,43	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	14.1 14.2 14.3 14.4 14.5 14.6 14.7				



ZONA 41	P. BAJA: COL 15 - Aula infantil 1				COLECTOR 15	
Superficie m2:						
50,75	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
3396,8		5	90,9	1,96	11,57	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	5	15.1 15.2 15.3 15.4 15.5				

ZONA 42	P. BAJA: COL 15 - Aula infantil 2				COLECTOR 15	
Superficie m2:						
50,75	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
4568,8		6	71,7	2,19	11,16	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	6	15.6 15.7 15.8 15.9 15.10 15.11				

ZONA 43	P. BAJA: COL 15 - Aseo infantil 1				COLECTOR 15	
Superficie m2:						
5,60	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
663,6	200,5	1	41,7	1,33	2,71	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	15.12				

ZONA 44	P. BAJA: COL 15 - Aseo infantil 2				COLECTOR 15	
Superficie m2:						
5,60	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
654,3	191,1	1	33,7	1,33	2,19	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	15.13				

ZONA 45	P. BAJA: COL 16 - Usos multiples infantil				COLECTOR 16	
Superficie m2:						
63,50	Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)		
	16	Plaqueta cerámica		150		
Potencia Calefac. W	Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)	
5644,4		6	71,7	2,71	16,17	
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	6	16.1 16.2 16.3 16.4 16.5 16.6				



ZONA 46	P. BAJA: COL 16 - Aseo profesores					COLECTOR 16
Superficie m2:						
9,23		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)
		16		Plaqueta cerámica		150
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito
635,2				1		69,7
						Caudal l/min
						1,83
						Pdc (kPa)
						7,89
Termostato		Actuadores		Nº DE COLECTOR		
NO		0		16.7		

ZONA 47	P. BAJA: COL 16 - Circulaciones					COLECTOR 16
Superficie m2:						
12,45		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)
		16		Plaqueta cerámica		150
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito
747,0				1		87,0
						Caudal l/min
						2,15
						Pdc (kPa)
						13,09
Termostato		Actuadores		Nº DE COLECTOR		
NO		0		16.8		

ZONA 48	P. BAJA: COL 17 - Aula infantil 3					COLECTOR 17
Superficie m2:						
51,30		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)
		16		Plaqueta cerámica		150
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito
3373,6				5		91,6
						Caudal l/min
						1,94
						Pdc (kPa)
						11,52
Termostato		Actuadores		Nº DE COLECTOR		
SI		5		17.1 17.2 17.3 17.4 17.5		

ZONA 49	P. BAJA: COL 17 - Aula infantil 4					COLECTOR 17
Superficie m2:						
50,55		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)
		16		Plaqueta cerámica		150
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito
3280,7				4		96,3
						Caudal l/min
						2,36
						Pdc (kPa)
						17,07
Termostato		Actuadores		Nº DE COLECTOR		
SI		4		17.6 17.7 17.8 17.9		

ZONA 50	P. BAJA: COL 17 - Aseo infantil 3					COLECTOR 17
Superficie m2:						
5,60		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)
		16		Plaqueta cerámica		150
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito
668,1		205,0		1		32,7
						Caudal l/min
						1,33
						Pdc (kPa)
						2,13
Termostato		Actuadores		Nº DE COLECTOR		
NO		0		17.10		



ZONA 51	P. BAJA: COL 17 - Aseo infantil 4					COLECTOR 17
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
5,60		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
668,1		205,0	1	35,7	1,33	2,32
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	17.11				

ZONA 52	P. BAJA: COL 17 - Circulaciones					COLECTOR 17
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
10,50		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
630,0			1	72,0	1,81	8,03
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	17.12				

ZONA 53	P. BAJA: COL 18 - Aula infantil 5					COLECTOR 18
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,55		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3280,7			5	90,6	1,89	10,85
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	5	18.1 18.2 18.3 18.4 18.5				

ZONA 54	P. BAJA: COL 18 - Aula infantil 6					COLECTOR 18
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,75		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3383,4			4	96,6	2,44	18,08
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
SI	4	18.6 18.7 18.8 18.9				

ZONA 55	P. BAJA: COL 18 - Aseo infantil 5					COLECTOR 18
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
5,60		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
668,1		205,0	1	32,7	1,33	2,13
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR				
NO	0	18.10				



ZONA 56		P. BAJA: COL 18 - Aseo infantil 6				COLECTOR 18	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
5,60		16		Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito	
731,4		268,3		1		35,7	
Caudal l/min		Pdc (kPa)					
1,33		2,32					
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
NO	0	18.11					

ZONA 57		P. BAJA: COL 19 - Circulaciones				COLECTOR 19	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
61,07		16		Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito	
3664,2				5		83,4	
Caudal l/min		Pdc (kPa)					
2,11		12,14					
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
NO	0	19.1 19.2 19.3 19.4 19.5					

ZONA 58		P. PRIMERA: COL 20 - Aula 2 ciclo 1				COLECTOR 20	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,95		16		Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito	
3822,2				5		69,9	
Caudal l/min		Pdc (kPa)					
2,20		10,96					
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
SI	5	20.1 20.2 20.3 20.4 20.5					

ZONA 59		P. PRIMERA: COL 20 - Aula 2 ciclo 2				COLECTOR 20	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,05		16		Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito	
3693,8				5		75,7	
Caudal l/min		Pdc (kPa)					
2,13		11,17					
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
SI	5	20.6 20.7 20.8 20.9 20.10					

ZONA 60		P. PRIMERA: COL 21 - Aula 2 ciclo 3				COLECTOR 21	
Superficie m2:		Tubo (mm.)		Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
51,45		16		Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.		Núm. de circ.		Long./Circuito	
3972,9				5		70,6	
Caudal l/min		Pdc (kPa)					
2,29		11,84					
Termostato	Actuadores	Nº DE COLECTOR					
SI	5	21.1 21.2 21.3 21.4 21.5					



ZONA 61	P. PRIMERA: COL 21 - Aula 2 ciclo 4					COLECTOR 21
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,05		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3715,4			4	87,4	2,68	19,29
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	4		21.6 21.7 21.8 21.9			

ZONA 62	P. PRIMERA: COL 22 - Aula 3 ciclo 1					COLECTOR 22
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,05		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3715,5			5	114,7	2,14	17,10
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	5		22.1 22.2 22.3 22.4 22.5			

ZONA 63	P. PRIMERA: COL 22 - Aula 3 ciclo 2					COLECTOR 22
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
51,00		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3841,3			5	70,0	2,21	11,06
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	5		22.6 22.7 22.8 22.9 22.10			

ZONA 64	P. PRIMERA: COL 23 - Aula 3 ciclo 3					COLECTOR 23
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
55,50		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3992,6			5	76,0	2,30	12,86
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	5		23.1 23.2 23.3 23.4 23.5			

ZONA 65	P. PRIMERA: COL 23 - Aula 3 ciclo 4					COLECTOR 23
Superficie m2:		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
51,55		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
3980,6			5	70,7	2,29	11,90
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	5		23.6 23.7 23.8 23.9 23.10			



ZONA 66	P. PRIMERA: COL 23 - Circulaciones					COLECTOR 23
Superficie m2:						
15,00		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
15,00		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
900,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
900,0			2	72,0	1,30	4,44
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
NO	0		23.11 23.12			

ZONA 67	P. PRIMERA: COL 24 - Aula informática					COLECTOR 24
Superficie m2:						
50,05		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,05		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
2859,9		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
2859,9			4	94,4	2,06	13,15
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	4		24.1 24.2 24.3 24.4			

ZONA 68	P. PRIMERA: COL 24 - Aula peq. Grupo 3					COLECTOR 24
Superficie m2:						
24,35		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
24,35		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
2019,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
2019,0			3	56,1	1,94	7,03
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	3		24.5 24.6 24.7			

ZONA 69	P. PRIMERA: COL 24 - Aula peq. Grupo 4					COLECTOR 24
Superficie m2:						
24,35		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
24,35		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
2102,4		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
2102,4			3	56,1	2,02	7,55
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	3		24.8 24.9 24.10			

ZONA 70	P. PRIMERA: COL 25 - Aula idiomas					COLECTOR 25
Superficie m2:						
50,05		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
50,05		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
2940,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
2940,0			4	95,4	2,12	13,95
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	4		25.1 25.2 25.3 25.4			



ZONA 71	P. PRIMERA: COL 25 - Aseos 3					COLECTOR 25
Superficie m2:						
24,05		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
1443,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
			2	90,2	2,08	12,76
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
NO	0		25.5 25.6			

ZONA 72	P. PRIMERA: COL 25 - Ciculaciones					COLECTOR 25
Superficie m2:						
14,00		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
840,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
			1	101,3	2,42	18,74
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
NO	0		25.7			

ZONA 73	P. PRIMERA: COL 26 - Aula música					COLECTOR 26
Superficie m2:						
50,50		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
4613,4		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
			5	88,3	2,66	19,27
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
SI	5		26.1 26.2 26.3 26.4 26.5			

ZONA 74	P. PRIMERA: COL 26 - Aseos 4					COLECTOR 26
Superficie m2:						
24,05		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
1443,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
			2	82,2	2,08	11,63
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
NO	0		26.6 26.7			

ZONA 75	P. PRIMERA: COL 26 - Circulaciones					COLECTOR 26
Superficie m2:						
13,00		Tubo (mm.)	Tipo de acabado suelo:		Paso de tubo (mm.)	
		16	Plaqueta cerámica		150	
Potencia Calefac. W						
780,0		Apoyo Calefac. W.	Núm. de circ.	Long./Circuito	Caudal l/min	Pdc (kPa)
			1	92,7	2,25	15,04
Termostato	Actuadores		Nº DE COLECTOR			
NO	0		26.8			



CÁLCULO DE ZONAS - RESUMEN COLECTORES SUELO RADIANTE

	Núm. Circ.	Q (l/min)	Pdc SR (kPa)	Recinto	Pot. Cal (W)	Pot. Refrig (W)	Diam. Interior Mínimo
COLECTOR 1	11	15,42	11,5	1	5380	2212	22,9
COLECTOR 2	10	16,52	11,1	1	5763		22,9
COLECTOR 3	11	24,86	20,4	1	8672		26,2
COLECTOR 4	11	23,17	24,8	1	8082	6032	26,2
COLECTOR 5	13	40,80	44,8	1	14233	15149	32,7
COLECTOR 6	13	41,43	45,1	1	14451	18276	32,7
COLECTOR 7	11	21,65	25,9	1	7553	3791	26,2
COLECTOR 8	11	21,82	19,2	1	7610		26,2
COLECTOR 9	9	18,56	16,2	1	6476		26,2
COLECTOR 10	8	21,58	25,3	1	7528		26,2
COLECTOR 11	8	21,46	24,9	1	7486		26,2
COLECTOR 12	10	27,92	26,5	1	9738		32,7
COLECTOR 13	11	27,92	22,2	1	9738		32,7
COLECTOR 14	7	17,55	23,8	1	6121		22,9
COLECTOR 15	13	25,61	16,8	1	8933		26,2
COLECTOR 16	8	20,24	21,5	1	7059		26,2
COLECTOR 17	12	23,65	22,5	1	8249		26,2
COLECTOR 18	11	21,86	23,2	1	7626		26,2
COLECTOR 19	5	10,55	14,6	1	3681		20,5
COLECTOR 20	10	21,65	15,6	1	7551		26,2
COLECTOR 21	9	22,14	25,0	1	7724		26,2
COLECTOR 22	10	21,76	21,6	1	7592		26,2
COLECTOR 23	12	25,55	18,7	1	8914		26,2
COLECTOR 24	10	20,11	17,1	1	7014		26,2
COLECTOR 25	7	15,04	22,4	1	5247		22,9
COLECTOR 26	8	19,69	24,4	1	6868		26,2

CÁLCULO DE ZONAS - RESUMEN RECINTOS SUELO RADIANTE

	Nº. Repet.	Nº. Colectores	Q (l/h)	Pdc SR (kPa)	Pot. Cal (W)	Pot. Refrig (W)	Diam. Interior Mínimo
RECINTO 1	1	26	35310	45,1	205291		90,0
TOTAL		26	35310		205291		90,0

CÁLCULO DE ZONAS - RESUMEN COLECTORES SUELO RADIANTE

Zona	Col	Área	Pot. cal.	Apoyo Cal.	N. Circ.	Pas o	Long./circ	l/mi n	kPa	Termost	N.ACT U
P. BAJA: COL 1 - D. Dirección	1	15,1	1072,73	0	2	100	90	1,5	7,6	SI	2
P. BAJA: COL 1 - D. Jefe Estudios	1	13,0	572,727	0	1	150	91	1,7	8,7	SI	1
P. BAJA: COL 1 - D. Secretariado	1	13,0	586,693	0	1	150	92	1,7	9,0	SI	1
P. BAJA: COL 1 - D. Orientacion	1	18,0	815,979	0	2	150	66	1,2	3,4	SI	2
P. BAJA: COL 1 - Aseo profesores	1	5,3	566,567	73,344	1	150	33	1,4	2,4	SI	1
P. BAJA: COL 1 - Aseo profesores	1	5,3	594,57	101,35	1	150	33	1,4	2,4	NO	0
P. BAJA: COL 1 - Secretaria	1	29,7	1203,85	0	3	150	86	1,3	5,1	NO	0
P. BAJA: COL 2 - D. Sala profesores	2	47,8	1791,1	0	4	150	82	1,5	6,7	SI	4
P. BAJA: COL 2 - Conserjería	2	16,7	1178,17	0	2	150	84	1,7	8,3	SI	2
P. BAJA: COL 2 - Sala de visitas	2	14,5	1451,51	0	2	150	54	2,1	7,7	SI	2
P. BAJA: COL 2 - Circulaciones	2	16,5	987	0	2	150	57	1,4	4,1	NO	0
P. BAJA: COL 3 - Ampa	3	21,6	1310,92	0	2	150	82	1,9	9,8	SI	2
P. BAJA: COL 3 - Biblioteca	3	70,9	6240,5	0	7	150	69	2,6	14,3	SI	7
P. BAJA: COL 3 - Circulaciones	3	18,0	1080	0	2	150	62	1,6	5,3	NO	0
P. BAJA: COL 4 - Cocina	4	65,1	5117,95	0	6	100	102	2,5	19,3	SI	6
P. BAJA: COL 4 - Vestuario	4	5,6	917,119	302,96	1	100	57	1,8	6,1	NO	0
P. BAJA: COL 4 - Vestuario	4	5,6	915,971	301,81	1	100	63	1,8	6,7	NO	0
P. BAJA: COL 4 - Circulaciones 4	4	17,1	1026	0	2	150	59	1,5	4,6	NO	0
P. BAJA: COL 4 - Circulaciones 7	4	11,2	672	0	1	150	85	1,9	10,	NO	0



									6		
P. BAJA: COL 5 - Gimnasio	5	100,3	15931,9	3048,1	11	100	93	3,4	30,9	SI	11
P. BAJA: COL 6 - Gimnasio	6	100,3	28466,5	15583	11	100	93	3,4	30,9	NO	0
P. BAJA: COL 6 - Vestuario 1	5	16,0	3677,65	2393,9	2	150	43	1,8	5,0	NO	0
P. BAJA: COL 6 - Vestuario 2	6	16,1	2378,97	878,27	2	100	63	2,2	9,6	NO	0
P. BAJA: COL 7 - Aseo profesores	7	5,0	715,766	162	1	100	51	1,6	4,5	NO	0
P. BAJA: COL 7 - Despacho profesores	7	5,3	813,38	138,83	1	100	61	1,9	7,6	SI	1
P. BAJA: COL 7 - Vestibulo	7	7,8	1256,77	261,01	1	100	80	2,9	19,8	NO	0
P. BAJA: COL 7 - Aula peq. Grupo 1	7	24,9	2043,89	0	3	150	69	2,0	8,9	SI	3
P. BAJA: COL 7 - Aula peq. Grupo 2	7	24,4	2110,48	0	3	150	78	2,0	10,6	SI	3
P. BAJA: COL 7 - Circulaciones	7	19,0	1140	0	2	150	77	1,6	7,2	NO	0
P. BAJA: COL 8 - Circulaciones	8	78,1	4683	0	6	150	89	2,2	14,4	NO	0
P. BAJA: COL 8 - Aseos 1	8	24,1	1446	0	2	150	92	2,1	13,1	NO	0
P. BAJA: COL 8 - Aseos 2	8	24,1	1446	0	3	150	76	1,4	5,3	NO	0
P. BAJA: COL 9 - Usos múltiples	9	118,8	6446,04	0	9	150	89	2,1	12,5	SI	9
P. BAJA: COL 10 - Aula 1 ciclo 1	10	50,1	3795,91	0	4	150	85	2,7	19,6	SI	4
P. BAJA: COL 10 - Aula 1 ciclo 2	10	50,1	3696,92	0	4	150	85	2,7	18,7	SI	4
P. BAJA: COL 11 - Aula 1 ciclo 3	11	50,1	3696,91	0	4	150	85	2,7	18,7	SI	4
P. BAJA: COL 11 - Aula 1 ciclo 4	11	50,3	3754,58	0	4	150	86	2,7	19,3	SI	4
P. BAJA: COL 12 - Comedor	12	121,8	9693,11	0	10	150	79	2,8	18,9	SI	10
P. BAJA: COL 13 - Comedor	13	121,8	9693,11	0	11	150	76	2,5	15,2	NO	0
P. BAJA: COL 14 - Circulaciones	14	101,5	6092,4	0	7	150	99	2,5	19,4	NO	0
P. BAJA: COL 15 - Aula infantil 1	15	50,8	3396,84	0	5	150	91	2,0	11,6	SI	5
P. BAJA: COL 15 - Aula infantil 2	15	50,8	4568,82	0	6	150	72	2,2	11,2	SI	6
P. BAJA: COL 15 - Aseo infantil 1	15	5,6	663,613	200,45	1	150	42	1,3	2,7	NO	0
P. BAJA: COL 15 - Aseo infantil 2	15	5,6	654,31	191,15	1	150	34	1,3	2,2	NO	0
P. BAJA: COL 16 - Usos multiples infantil	16	63,5	5644,44	0	6	150	72	2,7	16,2	SI	6
P. BAJA: COL 16 - Aseo profesores	16	9,2	635,239	0	1	150	70	1,8	7,9	NO	0
P. BAJA: COL 16 - Circulaciones	16	12,5	747	0	1	150	87	2,2	13,1	NO	0
P. BAJA: COL 17 - Aula infantil 3	17	51,3	3373,62	0	5	150	92	1,9	11,5	SI	5
P. BAJA: COL 17 - Aula infantil 4	17	50,6	3280,65	0	4	150	96	2,4	17,1	SI	4
P. BAJA: COL 17 - Aseo infantil 3	17	5,6	668,148	204,99	1	150	33	1,3	2,1	NO	0
P. BAJA: COL 17 - Aseo infantil 4	17	5,6	668,148	204,99	1	150	36	1,3	2,3	NO	0
P. BAJA: COL 17 - Circulaciones	17	10,5	630	0	1	150	72	1,8	8,0	NO	0
P. BAJA: COL 18 - Aula infantil 5	18	50,6	3280,65	0	5	150	91	1,9	10,9	SI	5
P. BAJA: COL 18 - Aula infantil 6	18	50,8	3383,42	0	4	150	97	2,4	18,1	SI	4
P. BAJA: COL 18 - Aseo infantil 5	18	5,6	668,148	204,99	1	150	33	1,3	2,1	NO	0
P. BAJA: COL 18 - Aseo infantil 6	18	5,6	731,45	268,29	1	150	36	1,3	2,3	NO	0
P. BAJA: COL 19 - Circulaciones	19	61,1	3664,2	0	5	150	83	2,1	12,1	NO	0
P. PRIMERA: COL 20 - Aula 2 ciclo 1	20	51,0	3822,23	0	5	150	70	2,2	11,0	SI	5
P. PRIMERA: COL 20 - Aula 2 ciclo 2	20	50,1	3693,76	0	5	150	76	2,1	11,2	SI	5
P. PRIMERA: COL 21 - Aula 2 ciclo 3	21	51,5	3972,88	0	5	150	71	2,3	11,8	SI	5
P. PRIMERA: COL 21 - Aula 2 ciclo 4	21	50,1	3715,38	0	4	150	87	2,7	19,3	SI	4
P. PRIMERA: COL 22 - Aula 3 ciclo 1	22	50,1	3715,5	0	5	150	115	2,1	17,1	SI	5
P. PRIMERA: COL 22 - Aula 3 ciclo 2	22	51,0	3841,34	0	5	150	70	2,2	11,1	SI	5



									1		
P. PRIMERA: COL 23 - Aula 3 ciclo 3	23	55,5	3992,56	0	5	150	76	2,3	12,9	SI	5
P. PRIMERA: COL 23 - Aula 3 ciclo 4	23	51,6	3980,6	0	5	150	71	2,3	11,9	SI	5
P. PRIMERA: COL 23 - Circulaciones	23	15,0	900	0	2	150	72	1,3	4,4	NO	0
P. PRIMERA: COL 24 - Aula informática	24	50,1	2859,85	0	4	150	94	2,1	13,2	SI	4
P. PRIMERA: COL 24 - Aula peq. Grupo 3	24	24,4	2019,04	0	3	150	56	1,9	7,0	SI	3
P. PRIMERA: COL 24 - Aula peq. Grupo 4	24	24,4	2102,4	0	3	150	56	2,0	7,5	SI	3
P. PRIMERA: COL 25 - Aula idiomas	25	50,1	2939,99	0	4	150	95	2,1	14,0	SI	4
P. PRIMERA: COL 25 - Aseos 3	25	24,1	1443	0	2	150	90	2,1	12,8	NO	0
P. PRIMERA: COL 25 - Ciculaciones	25	14,0	840	0	1	150	101	2,4	18,7	NO	0
P. PRIMERA: COL 26 - Aula música	26	50,5	4613,42	0	5	150	88	2,7	19,3	SI	5
P. PRIMERA: COL 26 - Aseos 4	26	24,1	1443	0	2	150	82	2,1	11,6	NO	0
P. PRIMERA: COL 26 - Circulaciones	26	13,0	780	0	1	150	93	2,2	15,0	NO	0
TOTAL		2714	228414	24519	259			152			176

VOLUMEN DE AGUA EN LA INSTALACIÓN SUELO RADIANTE

Tubería	METROS LIN.	VOLUMEN
Tubería 16 MM	21728	2623
TOTAL	21728	2623

VASO EXPANSIÓN - SUELO RADIANTE

	SUELO RAD.	GENERALES (ESTIMACIÓN)	Total
VOL. AGUA (l.)	2623	393	3016
Temp. Max °C	55		
Pres. min (bar)	1,5		
Temp. Max (bar)	3		
VOL. VASO (l.)	102		