



**Escuela Superior  
de Ingeniería y Tecnología**  
Universidad de La Laguna

TRABAJO FINAL DE GRADO

# **INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR**

**Autor: Pablo Armas González**

**Tutora: Rosa Elena Navarro Trujillo**

Curso académico: 2023-2024

Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

San Cristóbal de La Laguna, julio de 2024



## HOJA DE IDENTIFICACIÓN:

TÍTULO DEL PROYECTO:	Instalación geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar
GRADO:	Ingeniería Mecánica
PETICIONARIO:	E.S.I.I. Sección Ingeniería Industrial  Avenida Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38200, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife
AUTOR:	Pablo Armas González
DNI:	79093238X
EMAIL:	alu0100980905@ull.edu.es
EMPLAZAMIENTO:	C/ Joaquín Turina 53 CP: 38208 TM: San Cristóbal de La Laguna, Tenerife
TUTORA:	Rosa Elena Navarro Trujillo

# ÍNDICE GENERAL

## 1. MEMORIA

1.	RESUMEN .....	4
2.	ABSTRACT .....	4
3.	OBJETO.....	4
4.	ALCANCE .....	4
5.	NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	5
6.	SOFTWARE EMPLEADOS .....	6
7.	BIBLIOGRAFÍA (REFERENCIAS) .....	6
8.	DEFINICIONES .....	8
9.	INTRODUCCIÓN .....	9
9.1.	Concepto de la energía geotérmica .....	9
9.2.	Clasificación de la energía geotérmica.....	10
9.3.	Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica.....	11
9.4.	Potencial de la energía geotérmica de baja entalpía en canarias.....	12
9.4.1	Tenerife .....	12
9.5.	Propiedades térmicas del terreno .....	15
9.5.1	Conductividad .....	15
9.5.2	Capacidad térmica .....	16
9.5.3	Difusividad .....	18
10.	COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA .....	18
10.1.	Funcionamiento de una instalación geotérmica .....	18
10.2.	Sistemas de captación.....	19
10.2.1.	Captación horizontal.....	19
10.2.2.	Captación vertical .....	20
10.2.3	Captación abierta .....	21
10.3.	Sondas geotérmicas .....	21

10.4.	Bomba de calor .....	22
10.4.1.	Clasificación de las bombas de calor.....	23
10.4.2.	Componentes de las bombas de calor .....	27
10.4.3.	Ciclo termodinámico de una bomba de calor .....	29
10.5.	Fluido caloportador en sistemas geotérmicos .....	30
10.6.	Sistemas de emisión.....	31
10.6.1.	Suelo radiante .....	31
10.6.2.	Fan coil.....	32
10.6.3.	Radiadores convencionales.....	34
10.6.4.	Radiadores de baja temperatura .....	34
10.7.	Depósito de inercia .....	34
10.8.	Colector de suelo radiante .....	35
10.9.	Termostato .....	36
10.10.	Vaso de expansión .....	36
11.	CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO .....	37
11.1.	Localización de la vivienda .....	37
11.2.	Zona climática.....	38
11.3.	Orientación de la vivienda.....	40
12.	SOLUCIÓN ADOPTADA .....	42
12.1.	Descripción de la vivienda .....	42
12.1.1.	Superficies de la vivienda .....	43
12.1.2.	Clasificación de los espacios .....	43
12.1.3.	Cargas térmicas de la vivienda.....	44
12.2.	Elección de la bomba de calor intercambiador enterrado .....	45
12.3.	Perforación de sondeos .....	47
12.4.	Instalación de suelo radiante .....	49
12.4.1.	Elección de la bomba de impulsión de suelo radiante.....	52
12.5.	Instalación eléctrica .....	54
12.5.1.	Alcance .....	54
12.5.2.	Descripción de la instalación .....	55

12.5.3. Alumbrado normal.....	56
12.5.4. Alumbrado de emergencia.....	56
13. CONSIDERACIONES EN LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN ...	57
13.1. Ejecución y relleno de zanja para intercambiadores verticales .....	57
13.2. Pruebas de presión en las sondas verticales .....	58
14. PLANIFICACION (DIAGRAMA DE GANTT).....	58
15. RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	60
16. ORDEN DE PRIORIDAD EN DOCUMENTOS .....	61

## 2. ANEXOS

### 2.1 ANEXO I: CÁLCULO DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS

1. OBJETO.....	Anexo I.2
2. NORMATIVA.....	Anexo I.2
2.1. Cálculos de la demanda energética de la vivienda.....	Anexo I.2

### 2.2 ANEXO II: CÁLCULOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

1. OBJETO.....	Anexo II.2
2. NORMATIVA.....	Anexo II.2
3. CÁLCULOS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR ENTERRADO .....	Anexo II.3
3.1. Elección de los diámetros de tubería.....	Anexo II.3
3.2. Cálculo de la temperatura máxima y mínima del terreno.....	Anexo II.5
3.3. Cálculo de las temperaturas máximas y mínimas de entrada del fluido a la bomba de calor.....	Anexo II.6
3.4. Cálculo de diferencia de temperatura entre la tierra y el circuito .....	Anexo II.7
3.5. Cálculo de la resistencia de los tubos	

al flujo de calor.....	Anexo II.7
3.6. Cálculo de factor de utilización.....	Anexo II.8
3.7. Cálculo de la longitud del intercambiador	
Enterrado.....	Anexo II.9
4. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE.....	Anexo II.10
4.1. Cálculo de la longitud del intercambiador enterrado.....	Anexo II.18

## **2.3 ANEXO III: CÁLCULO DE POTENCIAS Y LÍNEAS ELÉCTRICAS**

1. OBJETO.....	Anexo III.2
2. NORMATIVA.....	Anexo III.2
3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	Anexo III.3
3.1. Potencia generada.....	Anexo III.3
3.2. Cálculo de los conductores.....	Anexo III.3
3.2.1. Intensidades y caídas de tensiones admisibles.....	Anexo III.3
3.2.2. Intensidades de cortocircuito.....	Anexo III.6
3.3. Protecciones.....	Anexo III.7

## **2.4 ANEXO IV: CÁLCULOS DE ALUMBRADO NORMAL**

## **2.5 ANEXO V: CÁLCULOS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

## **2.6 ANEXO VI. PUESTA EN MARCHA**

1. OBJETO.....	Anexo VI.2
2. PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS.....	Anexo VI.2

2.1. Pruebas de estanqueidad y resistencia de la instalación.....	Anexo VI.2
2.2. Puesta en marcha de la bomba de calor.....	Anexo VI.3

## **2.7 ANEXO VII: MANUAL DE CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO**

1.- MANUAL DE CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO ..	ANEXO VII.3
1.1.- Plan de vigilancia .....	Anexo VII.4
1.2.- Plan de mantenimiento.....	Anexo VII.5
1.3.- Limpieza y programa de desinfección.....	Anexo VII.5
1.4.- Limpieza y desinfección en caso de brote de legionella .....	Anexo VII.5
1.5.- Prevención de riesgos laborales .....	Anexo VII.6
1.6.- Interrupción del servicio .....	Anexo VII.7
1.7.- Nueva puesta en servicio .....	Anexo VII.7
1.8.- Certificado de mantenimiento.....	Anexo VII.7
1.9.- Reparación. Reposición .....	Anexo VII.8
2.- INSPECCIONES .....	ANEXO VII.8
2.1.- Inspecciones iniciales.....	Anexo VII.8
2.2.- inspecciones periódicas de Eficiencia Energética .....	Anexo VII.9
2.2.1.- Alcance de las Inspecciones de Eficiencia Energética .....	Anexo VII.9
2.2.1.1 Generador de calor.....	Anexo VII.9
2.2.1.2 Generador de Frío .....	Anexo VII.9
2.2.1.3 Instalación térmica completa.....	Anexo VII.10

2.2.2.- Periodicidad de las inspecciones .....	Anexo VII.10
2.2.2.1 Generadores de calor.....	Anexo VII.10
2.2.2.2 Generadores de frío.....	Anexo VII.11
2.2.2.3 Instalación térmica completa.....	Anexo VII.11
2.3.- Calificación de las instalaciones en función del resultado de la inspección de eficiencia energética y emisión del certificado de inspección ....	Anexo VII.11
2.4.- De los plazos de entrega y de validez de los certificados de inspección OCA.....	Anexo VII.12
2.5.- Tipos de defectos detectados en las inspecciones de las instalaciones térmicas y de las obligaciones del titular y de la empresa instaladora.....	.....
.....	.....Anexo VII.12
3.- CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO.....	ANEXO VII.13
3.1.- De la responsabilidad de las partes en el cumplimiento reglamentario.....	... Anexo VII.13
3.2.- Del titular de la instalación térmica y sus obligaciones .....	Anexo VII.13
3.3.- De la empresa mantenedora autorizada .....	Anexo VII.14
3.4.- De los organismos de control autorizado .....	Anexo VII.15
3.5.- Certificado de mantenimiento.....	Anexo VII.15
3.6.- Manual de Uso y Mantenimiento.....	Anexo VII.16

## **2.8 ANEXO VIII: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

1. GENERALIDADES .....	Anexo VIII.4
1.1 Objeto.....	Anexo VIII.4

1.2	Datos de la obra.....	Anexo VIII.4
1.3	Centros sanitarios .....	Anexo VIII.5
1.4	Disposiciones mínimas. Servicios higiénicos.....	Anexo VIII.5
1.5	Control de seguridad en la obra.....	Anexo VIII.5
1.6	Vigilante de seguridad .....	Anexo VIII.5
1.7	Señalización general.....	Anexo VIII.5
1.8	Prevención de riesgos de daños a terceros. ....	Anexo VIII.6
1.9	Formación .....	Anexo VIII.6
1.10	Medidas preventivas y primeros auxilios .....	Anexo VIII.6
1.11	Disposiciones legales de aplicación .....	Anexo VIII.7
1.12	Obligaciones de las partes implicadas.....	Anexo VIII.8
1.12.1	Obligaciones de los contratistas y subcontratistas .....	Anexo VIII.8
1.12.2	Obligaciones de los trabajadores autónomos.....	Anexo VIII.9
1.13	Condiciones de los medios de protección .....	Anexo VIII.9
1.13.1	Protecciones personales.....	Anexo VIII.10
1.13.2	Protecciones colectivas y medidas a tomar.....	Anexo VIII.10
1.14	Plan de seguridad y salud en el trabajo.....	Anexo VIII.11
1.1.1	Previsiones del contratista o constructor. ....	Anexo VIII.11
1.15	Régimen de responsabilidades y atribuciones en materia de seguridad y salud	Anexo VIII.12
2.	ESTUDIO DE RIESGOS EN CADA FASE DE LA OBRA .....	Anexo VIII.13
2.15	Normas básicas para todos los trabajos:.....	Anexo VIII.13

2.15.1	Protecciones personales.....	Anexo VIII.13
2.15.2	Protecciones colectivas y medidas a tomar.....	Anexo VIII.13
2.16	Levantado de instalaciones .....	Anexo VIII.13
2.16.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.13
2.16.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.13
2.17	Demolición de revestimientos.....	Anexo VIII.14
2.17.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.14
2.17.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.15
2.18	Cierres.....	Anexo VIII.16
2.18.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.16
2.18.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.16
2.19	Particiones .....	Anexo VIII.17
2.19.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.17
2.19.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.17
2.20	Calefacción .....	Anexo VIII.19
2.20.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.19
2.20.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.19
2.21	Revestimientos .....	Anexo VIII.22
2.21.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.22
2.21.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.22
2.22	Pinturas.....	Anexo VIII.23
2.22.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.23
2.22.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.24

2.23	Revestimientos de suelos y escaleras.....	Anexo VIII.25
2.23.1	Riesgos laborales .....	Anexo VIII.25
2.23.2	Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.25
3.	ANEJOS AL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA EDIFICACIÓN .....	Anexo VIII.26

### **3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA INTALACIONES TÉRMICAS**

1.	OBJETO.....	5
2.	CAMPO DE APLICACIÓN .....	5
3.	NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	6
4.	CONDICIONES A SATISFACER POR LAS INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN .....	10
4.1.-	Condiciones de bienestar e higiene .....	10
4.2.-	Condiciones de Eficiencia energética .....	11
4.3.-	Condiciones de Seguridad .....	12
4.4.-	Condiciones de Ahorro de Agua .....	12
4.5.-	Protección frente a heladas.....	12
4.6.-	Protección frente a sobrecalentamientos .....	13
4.7.-	Protección contra quemaduras y altas temperaturas.....	13
4.8.-	Comprobación de la limitación de la demanda de energía para régimen de calefacción y de refrigeración.....	13
4.9.-	Comprobación del valor de la transmitancia térmica máxima en los cerramientos y particiones de la envolvente térmica U de los edificios .....	13

5. CARACTERÍSTICAS, COMPONENTES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES DE LA INSTALACIÓN .....	14
5.1.- Clasificación general de las instalaciones de ACS .....	14
5.2.- Instalación de calefacción .....	14
5.2.1.- Sistemas de distribución .....	15
5.2.1.1 Sistema monotubular .....	15
5.2.1.2 Sistema bitubular .....	15
5.2.1.3 Circuladores .....	16
5.2.1.4 Vasos de expansión.....	16
5.2.1.5 Válvulas de seguridad.....	16
5.2.1.6 Cuadro de control .....	16
5.2.1.7 Purgadores y separadores de aire.....	16
5.2.1.8 Emisores .....	17
5.2.1.8.1 Radiadores .....	17
5.2.1.8.2 Suelo Radiante .....	18
5.2.1.9 Dilatadores.....	18
5.3.- Condiciones específicas de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir los generadores de calor y frío y de sus instalaciones auxiliares y anexas .....	18
5.3.1.- Generador de calor .....	18
5.3.2.- Generador de frío .....	19
5.3.3.- Salas de máquinas.....	21
5.4.- Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones térmicas .....	22

5.4.1.- Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones de calefacción.....	24
5.4.2.- Controles a realizar en la recepción, sobre la documentación y de los distintivos de calidad de materiales y equipos. ....	25
5.4.2.1 Recepción de materiales y equipos en obra.....	25
5.4.2.2 Verificación de la documentación de materiales y equipos.....	25
5.4.2.3 Control de recepción de materiales y equipos mediante distintivos de calidad .....	26
5.4.2.4 Tipos de controles a efectuar por cada elemento.....	26
6. DE LA EJECUCIÓN O MONTAJE DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA .....	28
6.1.- Condiciones generales.....	28
6.2.- Comprobaciones iniciales .....	29
6.3.- Control durante la ejecución de la instalación.....	29
6.4.- Montaje de los elementos .....	29
6.4.1.- Condiciones acústicas a satisfacer y contemplar en el montaje de los elementos .....	29
6.4.2.- Instalación de calefacción .....	30
6.4.2.1 Vasos de expansión.....	31
6.4.2.2 Suelos radiantes .....	31
6.4.2.3 Circuito hidráulico (tuberías, bombas, vasos de expansión, purga de aire, drenaje).....	32
6.4.2.3.1 Redes de tuberías .....	32
6.4.2.3.2 Uniones y juntas .....	34
6.4.2.3.3 Protección contra las condensaciones .....	35

6.4.2.3.4 Protecciones térmicas .....	35
6.4.2.3.5 Protección contra esfuerzos mecánicos.....	35
6.4.2.3.6 Protección contra ruidos.....	36
6.4.2.4 Accesorios .....	36
6.4.2.4.1 Grapas y abrazaderas .....	36
6.4.2.4.2 Soportes .....	36
6.4.2.5 Sistemas de medición del consumo. Contadores.....	37
6.4.2.5.1 Condiciones generales .....	37
6.4.2.6 Sistemas de control de la presión.....	37
6.4.2.6.1 Bombas.....	37
6.4.2.6.2 Depósito de presión.....	37
6.4.2.6.3 Ejecución y montaje del reductor de presión .....	38
6.4.2.7 Montaje de los filtros .....	39
6.4.2.7.1 Instalación de aparatos dosificadores .....	39
6.4.2.7.2 Montaje de los equipos de descalcificación .....	39
6.4.2.8 Sistema de control .....	39
6.4.2.9 Protección contra retornos.....	40
6.4.2.10 Señalización .....	41
6.4.2.11 Requisitos a satisfacer por los materiales de la construcción necesarios para la ejecución de la instalación térmica .....	41
6.4.2.12 Condiciones particulares de las conducciones .....	41
6.4.2.13 Aislantes térmicos .....	42
6.4.2.14 Válvulas y llaves .....	42

6.4.2.15 Acumuladores e Interacumuladores.....	42
6.5.- Señalización .....	43
7. ACABADOS, CONTROL Y ACEPTACIÓN, MEDICIÓN Y ABONO .....	43
7.1.- Acabados.....	43
7.2.- Control y aceptación.....	44
7.2.1.- Controles funcionales en los sistemas de calefacción y climatización .....	44
7.3.- Medición y abono .....	44
8. RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS Y ENSAYOS .....	45
8.1.- Reconocimiento de las obras .....	45
8.2.- Pruebas y ensayos.....	45
8.2.1.- Prueba de estanqueidad de las redes de tuberías (instalaciones interiores) .....	46
8.2.2.- Pruebas finales.....	49
8.2.3.- Pruebas de eficiencia energética .....	50
9. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO .....	50
9.1.- De la dirección facultativa .....	50
9.2.- De la empresa instaladora autorizada o contratista .....	50
9.3.- Condiciones de índole administrativo.....	51
9.3.1.- Antes del inicio de las obras.....	51
9.3.2.- Antes del inicio de las obras.....	51
9.4.- Certificación de dirección y finalización de obra .....	52
9.5.- Certificación de la instalación.....	52
9.6.- libro de órdenes.....	53

9.7.- Incompatibilidades.....	53
9.8.- Instalaciones ejecutadas por más de una empresa instaladora .....	54
9.9.- Subcontratación .....	54
9.10.- Libro del edificio .....	54

## **4.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA INSTALACIONES DE GEOTERMIA**

1. CONSIDERACIONES GENERALES .....	2
2. NORMATIVAS DE APLICACIÓN .....	3
2.1 Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.....	3
2.2 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) .....	3
2.3 Real decreto 235/2013, de 5 de abril que modifica al RD 47/2007, de 19 de enero 4	
2.4 Real Decreto 486/1997, de 14 de abril .....	4
2.5 RGNBSM, reglamento general de normas básicas de seguridad minera. RD 863/1985 de 2 de abril.....	4
2.6 ITC, instrucciones técnicas complementarias. ....	4
2.7 Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.....	4
2.8 Norma UNE-EN 1264 .....	5
2.9 Norma UNE-EN 12831 .....	5
2.10 Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre.....	5

2.11 Real Decreto 485/1997 de 14 de abril.....	5
2.12 Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio .....	5
2.13 Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto.....	5
2.14 Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril.....	5
2.14.1 Condiciones generales .....	5
2.14.2 Medidas Preventivas y Correctoras .....	6
2.14.3 Puesta en Marcha y Protección de Vegetación .....	7
3. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....	8
3.1 Perforaciones .....	8
3.2 Sondas .....	8
3.3 Fluido caloportador .....	10

## 5.PLANOS

1. Situación y emplazamiento.....	S-0
2. Cotas Planta Sótano.....	C-1
3. Cotas Planta Baja.....	C-2
4. Cotas Planta Alta.....	C-3
5. Instalación Geotérmica Planta Baja.....	GE-1
6. Instalación Geotérmica y Suelo Radiante Planta Sótano.....	GE-2
7. Instalación de Suelo Radiante Planta Baja.....	SR-1
8. Instalación de Suelo Radiante Planta Alta.....	SR-2
9. Esquema Instalación Geotérmica.....	EG-1

10.	Instalación de Suelo Radiante Planta Baja.....	SR-1
11.	Instalación Eléctrica de Alumbrado y Fuerza Planta Sótano.....	AF-1
12.	Esquemas Unifilares.....	EU-1
13.	Detalle de Instalaciones.....	D-1
14.	Distribución de Vivienda y Orientaciones de Fachadas Planta Baja.....	OD-1
15.	Distribución de Vivienda y Orientaciones de Fachadas Planta Alta.....	OD-2

## 6.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1.	Instalación geotermia.....	1
2.	Instalación suelo radiante.....	2
3.	Sistema de inercia y valvulería sala de máquinas.....	4
4.	Instalación eléctrica.....	5
5.	Seguridad y salud.....	7
6.	Varios.....	8
7.	Resumen del presupuesto.....	9

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Recurso geotérmico superficial de Tenerife.....	18
<b>Figura 2.</b> Suelos y sedimentos lacustres en San Cristóbal de La Laguna.....	19
<b>Figura 3.</b> Instalación de un sistema de captación horizontal.....	24
<b>Figura 4.</b> Instalación de sistema de captación vertical.....	25
<b>Figura 5.</b> Instalación de sistema de captación abierta.....	26
<b>Figura 6.</b> Esquema de la bomba de calor aire-aire.....	29
<b>Figura 7.</b> Esquema de la bomba de calor agua-agua para calefacción.....	30
<b>Figura 8.</b> Esquema de la bomba de calor aire-agua.....	30
<b>Figura 9.</b> Esquema de la bomba de calor tierra-agua.....	31
<b>Figura 10.</b> Esquema del funcionamiento y los componentes de una bomba de calor.....	34
<b>Figura 11.</b> Ciclo termodinámico de una bomba de calor.....	35
<b>Figura 12.</b> Instalación de suelo radiante.....	37
<b>Figura 13.</b> Esquemas del funcionamiento de un Fan coil.....	38
<b>Figura 14.</b> Depósito de inercia de 500 L.....	39
<b>Figura 15.</b> Colector de suelo radiante de ida y retorno.....	40
<b>Figura 16.</b> Termostato para suelo radiante.....	40
<b>Figura 17.</b> Vaso de expansión.....	41
<b>Figura 18.</b> Vista aérea ampliada de la ubicación de la parcela.....	42
<b>Figura 19.</b> Gráfico del promedio de temperaturas anuales en San Cristóbal de La Laguna.....	43
<b>Figura 20.</b> Gráfico del promedio de precipitaciones anuales en San Cristóbal de La Laguna.....	43

<b>Figura 21.</b> Gráfico del promedio de luz diurna anuales en San Cristóbal de La Laguna.....	44
<b>Figura 22.</b> Promedio de la velocidad media del viento anual en San Cristóbal de La Laguna.....	44
<b>Figura 23.</b> Porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de <i>1,6 km/h</i> en San Cristóbal de La Laguna.....	44
<b>Figura 24.</b> Orientaciones de las fachadas según CTE.....	45
<b>Figura 25.</b> Orientación de las fachadas de la planta alta de la vivienda.....	46
<b>Figura 26.</b> Orientación de las fachadas de la planta baja de la vivienda.....	46
<b>Figura 27.</b> Ficha técnica de la bomba de calor VAILLANT flexo THERM exclusive WWF 157.....	52
<b>Figura 28.</b> Equipo de perforación Comacchio MC 900P.....	54
<b>Figura 29.</b> Grupo de bombeo Ferco FLPA32/8P.....	58
<b>Figura 30.</b> Curva de trabajo grupo de bombeo Ferco FLPA32/8P.....	58
<b>Figura II.1.</b> Gráfico de calefacción idónea vs suelo radiante y calefacción por radiadores.....	Anexo II.13

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de la energía geotérmica.....	16
<b>Tabla 2.</b> Valores estandarizados de la capacidad térmica específica de extracción.....	20
<b>Tabla 3.</b> Valores orientativos de conductividad y capacidad térmica para distintos tipos de materiales.....	22
<b>Tabla 4.</b> Propiedades físicas de los fluidos más empleados como caloportadores en sistemas geotérmicos.....	36
<b>Tabla 5.</b> Coordenadas UTM donde se encuentra ubicada la parcela de la vivienda.....	42
<b>Tabla 6.</b> Superficies que constituyen la vivienda.....	47
<b>Tabla 7.</b> Resumen cargas térmicas de la vivienda.....	49
<b>Tabla 8.</b> Resumen cálculos instalación suelo radiante.....	56
<b>Tabla 9.</b> Resumen resultados cálculos colectores e inercia instalación de suelo radiante.....	57
<b>Tabla 10.</b> Caudales de purgado (tubería PE <sub>100</sub> ).....	63
<b>Tabla 11.</b> Diagrama de Gantt.....	64
<b>Tabla I.1.</b> Principales características de las tuberías PE100.....	Anexo I.4
<b>Tabla II.2.</b> Especificaciones técnicas bomba de calor flexoTHERM exclusive VWF 157.....	Anexo II.6
<b>Tabla II.3.</b> Principales características de las tuberías PE100.....	Anexo II.8
<b>Tabla II.4.</b> Resumen cargas térmicas por estancias instalación de suelo radiante.....	Anexo II.12
<b>Tabla II.5.</b> Resumen temperaturas máximas de solado en estnacias.....	Anexo II.12

<b>Tabla II.7.</b> Resumen circuitos armarios colectores instalación de suelo radiante.....	.....Anexo II.15
<b>Tabla II.8.</b> Resumen parámetros de cálculo instalación de suelo radiante.....	Anexo II.19
<b>Tabla II.9.</b> Resumen temperaturas estancias instalación de suelo radiante.....	Anexo II.20
<b>Tabla II.10.</b> Resumen cálculos circuitos instalación de suelo radiante.....	.....Anexo II.22
<b>Tabla III.1.</b> Tipo de cable eléctrico empleado .....	.....Anexo III.5

# MEMORIA

# ÍNDICE DE MEMORIA

<b>1.</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETO .....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b>NORMATIVA DE APLICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>6.</b>	<b>SOFTWARE EMPLEADOS.....</b>	<b>6</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA (REFERENCIAS).....</b>	<b>6</b>
<b>8.</b>	<b>DEFINICIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>9.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
9.1.	Concepto de la energía geotérmica .....	9
9.2.	Clasificación de la energía geotérmica.....	10
9.3.	Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica.....	11
9.4.	Potencial de la energía geotérmica de baja entalpía en canarias.....	12
9.4.1	Tenerife .....	12
9.5.	Propiedades térmicas del terreno .....	15
9.5.1	Conductividad .....	15
9.5.2	Capacidad térmica .....	16
9.5.3	Difusividad .....	18
<b>10.</b>	<b>COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA .....</b>	<b>18</b>
10.1.	Funcionamiento de una instalación geotérmica .....	18
10.2.	Sistemas de captación.....	19
10.2.1.	Captación horizontal.....	19
10.2.2.	Captación vertical .....	20
10.2.3	Captación abierta .....	21
10.3.	Sondas geotérmicas .....	21
10.4.	Bomba de calor.....	22
10.4.1.	Clasificación de las bombas de calor.....	23
10.4.2.	Componentes de las bombas de calor .....	27

10.4.3. Ciclo termodinámico de una bomba de calor .....	29
10.5. Fluido caloportador en sistemas geotérmicos .....	30
10.6. Sistemas de emisión .....	31
10.6.1. Suelo radiante .....	31
10.6.2. Fan coil.....	32
10.6.3. Radiadores convencionales.....	34
10.6.4. Radiadores de baja temperatura .....	34
10.7. Depósito de inercia .....	34
10.8. Colector de suelo radiante .....	35
10.9. Termostato .....	36
10.10. Vaso de expansión .....	36
<b>11. CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO.....</b>	<b>37</b>
11.1. Localización de la vivienda .....	37
11.2. Zona climática .....	38
11.3. Orientación de la vivienda.....	40
<b>12. SOLUCIÓN ADOPTADA.....</b>	<b>42</b>
12.1. Descripción de la vivienda .....	42
12.1.1. Superficies de la vivienda .....	43
12.1.2. Clasificación de los espacios .....	43
12.1.3. Cargas térmicas de la vivienda.....	44
12.2. Elección de la bomba de calor intercambiador enterrado .....	45
12.3. Perforación de sondeos .....	47
12.4. Instalación de suelo radiante .....	49
12.4.1. Elección de la bomba de impulsión de suelo radiante.....	52
12.5. Instalación eléctrica .....	54
12.5.1. Alcance .....	54
12.5.2. Descripción de la instalación .....	55
12.5.3. Alumbrado normal.....	56
12.5.4. Alumbrado de emergencia.....	56
<b>13. CONSIDERACIONES EN LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN ..</b>	<b>57</b>

13.1.	Ejecución y relleno de zanja para intercambiadores verticales .....	57
13.2.	Pruebas de presión en las sondas verticales .....	58
<b>14.</b>	<b>PLANIFICACION (DIAGRAMA DE GANTT) .....</b>	<b>58</b>
<b>15.</b>	<b>RESUMEN DE PRESUPUESTO .....</b>	<b>60</b>
<b>16.</b>	<b>ORDEN DE PRIORIDAD EN DOCUMENTOS.....</b>	<b>61</b>

## **1. RESUMEN**

Dado que el archipiélago canario está asentado sobre suelo volcánico y que este suelo conserva una temperatura media alta en profundidades muy cercanas a la superficie, se está estudiando, cada vez con mayor interés, aprovechar esta energía procedente del subsuelo para climatizar espacios interiores habitables.

En base a lo dicho se propone un trabajo fin de grado en el que se diseña, describe y calcula la instalación de climatización de una vivienda unifamiliar, utilizando energía geotérmica.

## **2. ABSTRACT**

The Canary Islands are settled on volcanic soil and this soil maintains a high average temperature at depths very close to the surface. For this reason it is being studied with increasing interest the use of this energy from the subsoil to air-condition interior habitable spaces.

Based on what has been said, a final degree project is proposed in which the air conditioning installation of a single-family home is designed, described and calculated, using geothermal energy.

## **3. OBJETO**

El objeto del presente Trabajo Final de Grado es diseñar, describir y calcular la instalación necesaria para climatizar una vivienda unifamiliar, mediante energía geotérmica.

## **4. ALCANCE**

El proyecto se basa en definir, dimensionar y proyectar la instalación para climatización de una vivienda unifamiliar en Tenerife, mediante energía geotérmica. Esta instalación estará formada por pozos verticales y suelo radiante. Se tienen en cuenta algunos elementos constructivos a la hora de definir cerramientos y suelos de la vivienda, pero no se considera el cálculo estructural completo de la vivienda, así como tampoco el resto de las siguientes instalaciones: contra incendios, saneamiento, ventilación, abastecimiento de agua fría sanitaria, agua caliente sanitaria.

Las instalaciones que sí pertenecen al alcance del presente trabajo serán: climatización/calefacción por suelo radiante, geotermia y la instalación eléctrica necesaria para alimentar los equipos de las instalaciones anteriores y para definir los circuitos de alumbrado y fuerza de la planta sótano.

## 5. NORMATIVA DE APLICACIÓN

La presente instalación se ajustará a la legislación vigente y, en particular, a las normas y reglamentos que se indican a continuación:

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénicos sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios
- 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.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición..
- UNE-EN 15450:2017 Sistemas geotérmicos poco profundos. Diseño y ejecución de instalaciones.
- UNE-EN 15316-4-2:2020 Cálculo del rendimiento energético de los sistemas de climatización en edificios. Parte 4-2: Sistemas de calefacción y producción de agua caliente sanitaria (ACS) por bombas de calor. Módulo M2-12, M2-14, M2-16, M2-18.
- UNE-EN 12828:2013 Sistemas de calefacción en edificios. Diseño de sistemas de agua caliente a baja temperatura.
- UNE-EN 15316-4-3:2020 Cálculo del rendimiento energético de los sistemas de climatización en edificios. Parte 4-3: Sistemas de climatización combinados y multifuncionales, sistemas híbridos.
- UNE-EN 14511-4:2014 Unidades de tratamiento de aire. Parte 4: Unidades de tratamiento de aire con bombas de calor.
- UNE-EN 15832:2010 Calefacción y refrigeración de espacios ocupados en edificios comerciales y residenciales. Métodos para la evaluación de la carga térmica.
- Guía técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2012

## 6. SOFTWARE EMPLEADOS

- Auto CAD: programa de diseño para dibujo 2D y modelado 3D, se ha utilizado para la elaboración de los planos del presente Proyecto.
- Excel: programa de elaboración de hojas de cálculos, utilizado para los cálculos de tuberías, secciones, potencias y líneas eléctricas, Diagrama de Gantt, así como las tablas del presente Proyecto.
- Arquímedes: software empleado para la elaboración de mediciones y presupuestos de un proyecto.
- Alpha 3: programa de cálculo de instalaciones de suelo radiante según la norma UNE EN 1264 por la “Confederación Nacional de Instaladores” (CNI).
- Daisa: programa de cálculo de iluminación de emergencia elaborado por la empresa de luminarias Daisalux.
- DIALux 4.13: software de cálculo para alumbrado normal.

## 7. BIBLIOGRAFÍA (REFERENCIAS)

- [1] Llopis, G., & Rodrigo, V. (2008). Guía de la energía geotérmica.
- [2] Energía Geotérmica – Concepto, características, tipos y ejemplos. (2020, 3 Enero). Conceptoabc.com. <https://conceptoabc.com/energia-geotermica/>
- [3] ¿Qué es la energía geotérmica? PrecioGas. Recuperado el 10 de septiembre de 2023. <https://preciogas.com/instalaciones/geotermia>
- [4] Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (2020). Estrategia de la geotermia en Canarias.
- [5] Paud, D. (2002) Geothermal energy and heat storage.
- [6] Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. (2012). Guía técnica Diseño de sistemas de intercambio Geotérmico de circuito cerrado.
- [7] Sondas de captación geotérmicas. (s. f.). Síliter. Recuperado 26 de agosto de 2023, de <https://www.siliter.com/producto/sondas-de-captacion-geotermicas/>
- [9] Suministros especiales para la construcción. (s. f.). Cymper. Recuperado 13 de octubre de 2023, de <https://www.cymper.com/blog/geotermia-i-aplicaciones-de-la-energia-geotermica/geotermia-024-esquema-captacion-acuifero-somero-c/>
- [10] Hepbasli, A., & Kalinci, Y. (2008). A review of heat pump water heating systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19.

- [11] Rey, F. J., & Velasco, E. (2005). Bombas de calor y energías renovables en edificios.
- [12] Esquema de instalación de un sistema de aerotermia. (s. f.). Vilssa. <https://vilssa.com/esquema-de-instalacion-de-un-sistema-de-aerotermia>
- [13] Sistema de geotermia «ferroterm». (s. f.). Ferro Systems. [https://www.ferrosystems.com/productos/aplicacion/geotermia/index.html?\\_\\_locale=es%20](https://www.ferrosystems.com/productos/aplicacion/geotermia/index.html?__locale=es%20)
- [14] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). Energía. <https://www.miteco.gob.es/es.html>
- [15] Arnabat, I. (2020, 17 diciembre). Suelo Radiante Refrescante: Una solución integral de Climatización. Calor y Frío. <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/suelo-radiante/suelo-radiante-refrescante-solucion-integral-climatizacion.html>
- [16] González, O. M. (2024, 22 mayo). Fancoil: Qué es, cómo funciona y cuánto cuesta instalarlo. Preciogas. <https://preciogas.com/instalaciones/equipamiento/fancoil>
- [17] Carlos. (2015, 13 abril). Radiadores de baja temperatura: ¿son una buena opción? Nergiza. <https://nergiza.com/radiadores-de-baja-temperatura-son-una-buena-opcion/>
- [18] Productos. (s. f.). IGF. Recuperado 8 de enero de 2024, de [https://www.enerxia-solar.com/deposito-de-inercia-higienico-de-500-litros-hyg-500-20\\_fe3247.html](https://www.enerxia-solar.com/deposito-de-inercia-higienico-de-500-litros-hyg-500-20_fe3247.html)  
[21] <https://www.que-es.info>
- [19] Colectores. (s. f.). Pressman Pipe Systems. Recuperado 25 de junio de 2023, de <https://sistemasdetuberiapressman.com/suelo-radiante/equipamientos/colectores/>
- [20] Termostatos. (s. f.). Simon. Recuperado 3 de mayo de 2023, de <https://www.simonelectric.com/10000811-138-termostato-suelo-radiante-electrico-io-sonda-incluida-negro-brillante-simon-100.html>
- [21] Sistema de Información Territorial de Canarias. (s. f.). GRAFCAN. Recuperado 7 de febrero de 2023, de <https://www.grafcan.es/>
- [22] National Centers for Environmental Information. (s. f.). National Oceanic And Atmospheric Administration. Recuperado 4 de abril de 2023, de <https://www.ncei.noaa.gov/>

- [23] El clima y el tiempo promedio en todo el año en San Cristóbal de La Laguna. (s. f.). Weather Spark. Recuperado 14 de mayo de 2023, de <https://es.weatherspark.com/y/31608/Clima-promedio-en-San-Crist%C3%B3bal-de-La-Laguna-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [24] Código Técnico de la Edificación [CTE]. [https://www.boe.es/biblioteca\\_juridica/codigos/codigo.php?id=424&modo=2&no ta=0](https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?id=424&modo=2&no ta=0)
- [25] Perforación geotérmica. (s. f.). Geotermia Vertical. Recuperado 24 de agosto de 2023, de <https://www.geotermiavertical.es/perforacion-geotermica/>
- [26] Yepes, V. (2014). Perforación a percusión con cable. Universitat Politècnica de València. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/05/15/perforacion-a-percusion-con-cable/>
- [27] Yepes, V. (2019, enero). Principios de las perforaciones a rotación. Universitat Politècnica de València. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/05/15/perforacion-a-percusion-con-cable/>
- [31] ¿Qué son y cómo funcionan las sondas de geotermia? (s. f.). Plastifer. Recuperado 9 de julio de 2023, de <https://www.plastifer.es/amplia/26.html>
- [32] Lomoschitz, A. (1997). Caracterización geotécnica del terreno, con ejemplos de Gran Canaria y Tenerife.

## 8. DEFINICIONES

Capacidad térmica volumétrica: cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 m<sup>3</sup> de terreno 1 K. Se expresa en J/ m<sup>3</sup> K.

Calor específico de una sustancia (Cp) (kJ/Kg.K): indica la capacidad de un material para almacenar energía interna en forma de calor; o dicho de manera formal, es la energía necesaria para incrementar en una unidad de temperatura una cantidad de sustancia.

COP (Coefficient of performance): ratio que indica la relación entre la potencia térmica producida por la bomba de calor y la potencia eléctrica consumida para suministrarla.

Conductividad térmica: es el flujo de calor transmitido por conducción a través de un cuerpo sometido a un gradiente de temperatura de un grado Kelvin por metro. Se expresa en W/mK o W/m°C.

Densidad fluido (g/cm<sup>3</sup>): normalmente se representa por la letra ( $\rho$ ) y se define como la cantidad de masa contenida en una unidad de volumen.

Difusividad térmica: ratio entre la capacidad de conducción del terreno y la capacidad térmica del terreno. Se mide en m<sup>2</sup>/s.

Entalpía: parámetro termodinámico que indica el contenido de energía útil de una sustancia. Aplicada a un agente frigorígeno confinado en el interior de un circuito frigorífico se interpreta como indicador del contenido de calor total del fluido, en cada condición de estado en las que puede encontrarse a lo largo de su evolución en el circuito. Se mide en J/kg.

Gradiente geotérmico: es la variación de temperatura en función de la profundidad expresado en °C/km.

Nº Reynolds (Re): valor adimensional que permite definir el carácter turbulento de un fluido.

Permeabilidad: capacidad de un material para ser atravesado por un fluido. Se expresa en m/s. La permeabilidad de los suelos permite determinar la velocidad de los flujos de agua subterránea.

Punto congelación de un fluido (°C): es la temperatura a la que dicho fluido se solidifica.

Punto ebullición de un fluido (°C): es la temperatura a la que dicho fluido se evapora, esto ocurre cuando la presión de vapor iguala a la presión atmosférica.

Rendimiento estacional: relación entre la energía producida por el sistema geotérmico en un periodo determinado de funcionamiento, normalmente periodo de calefacción o refrigeración, y la energía total consumida por el mismo, incluyendo todos los elementos (compresores, grupos hidráulicos, etc.).

Viscosidad ( $\mu$ ) (Pa·s): es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales; caracterizado por su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

## 9. INTRODUCCIÓN

### 9.1. Concepto de la energía geotérmica

“La energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la Tierra”.

Esta definición ha sido adoptada por el Consejo Europeo de Energía Geotérmica (CEG). Engloba el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas,

cualquiera que sea temperatura, profundidad y procedencia. No incluye el calor obtenido en aguas superficiales, continentales o marinas.

El calor terrestre es una fuente de energía inagotable y sostenible para la producción de calor y electricidad. Debido a que la energía proviene de la diferencia de temperatura existente entre el interior de la tierra y su superficie, su obtención no depende de factores como las condiciones climatológicas, de la estación anual, de la radiación solar ni del momento del día. Por lo tanto, se encuentra disponible las 24 horas del día, los 365 días al año.

Este sistema de captación de energía es ideal para cualquier parte del planeta debido a que el manto terrestre se encuentra a unas temperaturas más o menos estables durante todo el año independientemente del lugar o la estación en la que se encuentre.

## 9.2. Clasificación de la energía geotérmica

En función de la temperatura que el fluido puede alcanzar bajo la corteza terrestre para obtener energía, existen varios tipos:

- Geotermia de alta temperatura

Los yacimientos geotérmicos que alcanzan temperaturas mayores a los 150 °C se les denominan fuentes de energía geotérmica de alta temperatura. Este tipo de yacimientos son los que proporcionan mejor rendimiento a las centrales que buscan la producción de energía geotérmica.

- Geotermia de media temperatura

Los yacimientos geotérmicos con temperaturas comprendidas entre los 100 y 150 °C se conocen como fuentes de energía geotérmica de temperatura media. Al igual que en el caso anterior, este tipo de yacimientos se utilizan por las centrales geotérmicas para generar energía eléctrica, no obstante, alcanza niveles de rendimiento menores. Igualmente, estas fuentes de energía pueden ser utilizadas para proporcionar calefacción a espacios residenciales e industriales.

- Geotermia de baja temperatura

Este tipo de energía geotérmica se obtiene en yacimientos con temperaturas que se sitúan entre los 30 y 100 °C. Generalmente son aprovechados para proporcionar calefacción a espacios residenciales, industriales y balnearios.

- Geotermia de muy baja temperatura

Se refiere a los yacimientos de poca profundidad (entre 2 y 4 metros) que permiten obtener temperaturas entre 15 y 30 °C. Este tipo de yacimiento es utilizado para la instalación de bombas de calor residenciales.

**Tabla 1 | Clasificación de la energía geotérmica.**

Tipo	Temperatura	Uso
Alta temperatura	> 150 °C	Generación de electricidad
Media temperatura	100-150 °C	Generación de electricidad y utilización térmica industrial
Baja temperatura	30-100 °C	Aprovechamiento térmico en industrias, en calefacción y ACS
Muy baja temperatura	< 30 °C	Calefacción, refrigeración y ACS (mediante bombas de calor)

Fuente: Elaboración propia.

### 9.3. Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica

Este tipo de producción de energía renovable presenta muchas ventajas, que son de importante consideración, de cara al presente y futuro de la producción de energía renovable. De entre muchas de estas destacan:

- Es una fuente de energía inagotable y constante durante todo el año independientemente de la meteorología o estación del año.
- No produce gases de efecto invernadero al no haber proceso de combustión.
- Es una energía que se produce en el propio lugar, lo que lo hace independiente de los precios de la energía.
- Supone un ahorro a largo plazo y por consiguiente reduce la dependencia energética.
- Requiere de un mantenimiento mínimo.
- Resulta bastante fácil predecir la cuánta energía se va a generar, a diferencia de otras energías como la solar o la eólica que dependen de la meteorología.
- Su extracción no genera ruidos ni contaminación acústica.

Son pocos los inconvenientes que se pueden generar al producir energía mediante el aprovechamiento de la temperatura del subsuelo, los más significativos son:

- Implica un alto coste inicial, aunque a largo plazo resulta más rentable que otros tipos de energías renovables.
- No es posible transportar la instalación.
- Dependiendo del tipo de instalación, existe el riesgo de que pueda contaminar aguas cercanas.
- Requiere de un estudio de la geografía, clima y carga energética de la vivienda.
- No es apta para todas las localizaciones, depende del tipo de suelo.

#### **9.4. Potencial de la energía geotérmica de baja entalpía en canarias**

Canarias presenta zonas de alto potencial para el uso de la geotermia de muy baja entalpía ( $T < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y, en menor medida, para geotermia de baja entalpía ( $T: 30\text{-}150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) siendo posible el uso de esta tecnología para dar soporte a demandas generalmente de climatización a través de diferentes tipos de captadores.

En el siguiente apartado se presentan las estimaciones de potencial geotérmico superficial para la isla de Tenerife, desarrollado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) a través de los datos recabados, tratados y facilitados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el marco de tres informes concretos:

- Síntesis de almacenes de muy baja entalpía. Proyecto: Investigación Geotérmica dentro del programa 243 (Otras fuentes de energía).
- Las aguas subterráneas en España.
- Unidades hidrológicas de España. Mapas y Datos básicos.

##### **9.4.1 Tenerife**

Para la isla de Tenerife se alcanzan de manera promedio condiciones geotérmicas superficiales de entre 35 y 50 W/m. Las zonas de mayor recurso coinciden con Adeje y San Cristóbal de La Laguna-La Esperanza, lo cual incrementa las posibilidades de éxito al ubicarse en regiones densamente pobladas o donde hay una alta presencia de complejos turísticos.

En el mapa también se resaltan las zonas donde se ha reconocido potencial geotérmico de alta temperatura. Tal como se analiza en el documento de la estrategia de geotérmica de alta entalpía, la isla de Tenerife es una de las Islas Canarias donde más se ha avanzado en el reconocimiento del potencial geotérmico existente, habiéndose desarrollado múltiples estudios en fase de exploración desde

el año 1970 e incluso sondeos en los cuales se alcanzaron profundidades de 1.000 metros.

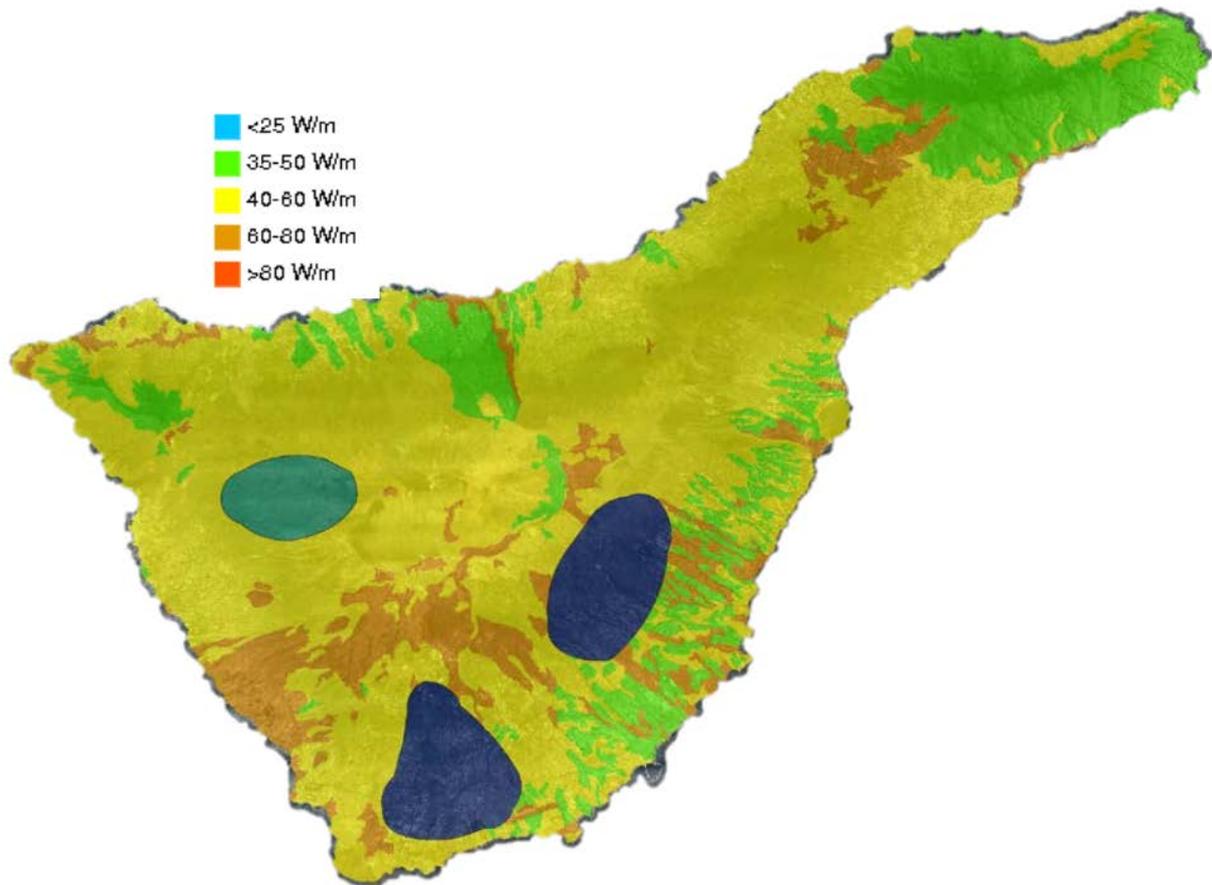


Figura 1 | Recurso geotérmico superficial de tenerife

Fuente. Geotermia somera

Gracias a los trabajos de investigación de L.I. González de Vallejo, J.A. Jiménez Salas y S. Leguey Jiménez (1981) se han llegado a conocer con cierto detalle las propiedades geotécnicas de los suelos volcánicos de La Laguna.

Tal y como se recoge en el libro “Caracterización geotécnica del terreno con ejemplos de Gran Canaria y Tenerife”, por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de las Palmas de Gran Canaria cuyo autor es Alejandro Lomoschitz Mora-Figueroa, Dr. en Ciencias Geológicas.

*“Las arcillas lacustres se encuentran en La Laguna y parte baja del Valle de Las Mercedes, el cual tiene una pendiente inferior al 2% y una extensión de unos 6.5 km. Su origen se debe a la colmatación volcano-sedimentaria de un gran barranco excavado en el Macizo de Anaga, cuya salida fue cerrada por la emisión de unas coladas basálticas procedentes del campo volcánico de La Esperanza y que se derramaron con dirección N. Y E. Se trata de limos arcillosos, con ausencia de*

granulometrías gruesas y espesor variable, que superan en algunos sitios, hacia el centro del valle, los 30m. de espesor.”

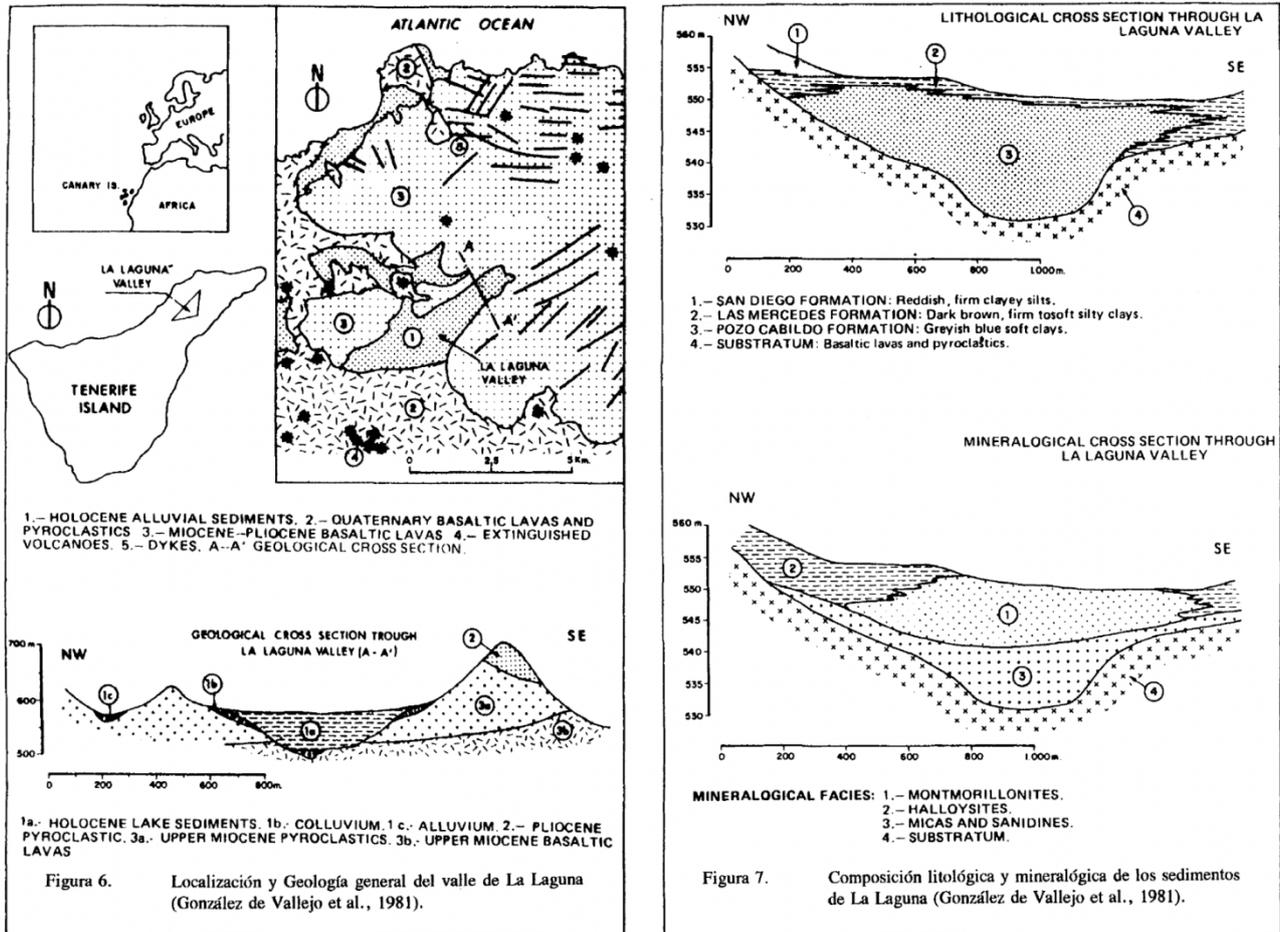


Figura 2 | Suelos y sedimentos lacustres en San Cristóbal de La Laguna.

Fuente: Libro “Caracterización geotécnica del terreno con ejemplos de Gran Canaria y Tenerife”, por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de las Palmas de Gran Canaria.

De acuerdo con los estudios geológicos mencionados, la conductividad de la tierra en el valle de La Laguna es de tipo Limos arcillosos.

En la sección 2 de la norma VDI 4640 se pueden encontrar los valores estandarizados de la capacidad térmica de extracción de algunas rocas, tal y como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 | Valores estandarizados de la capacidad térmica específica de extracción.

Horas de funcionamiento Subsuelo	1800 h	2400 h
<b>Capacidad térmica específica en W/m de sonda</b>		
<b>Valores orientativos generales:</b>		
Subsuelo inapropiado (sedimento seco) ( $\lambda < 1,5$ W/mK)	25	20
Subsuelo normal de roca consolidada y sedimento saturado con agua ( $\lambda < 3,0$ W/mK)	60	50
Roca consolidada con elevada conductividad térmica ( $\lambda < 3,0$ W/mK)	84	70
<b>Rocas aisladas:</b>		
Gravilla, arena, secas	< 25	< 20
Gravilla, arena, con contenido en agua	65 - 80	55 - 85
Corriente freática fuerte a través de gravilla y arena, para instalaciones individuales	80 - 100	80 - 100
Arcilla, limo, húmedos	35 - 50	30 - 40
Piedra caliza (maciza)	55 - 70	45 - 60
Piedra arenisca	65 - 80	55 - 65
Magmatitas ácidas (p.ej. granito)	65 - 85	55 - 70
Magmatitas básicas (p.ej. basalto)	40 - 65	35 - 55
Gneis	70 - 85	60 - 70

Para Arcilla, limo y húmedos la capacidad térmica específica en W/m de sonda varía según las horas de funcionamiento del sistema de captación, por tanto, para unas 1.800 horas de funcionamiento la capacidad térmica estipulada de sonda será de unos 40 W/m.

## 9.5. Propiedades térmicas del terreno

### 9.5.1 Conductividad

La conductividad térmica es una propiedad física característica de cada material que mide la capacidad de conducción de calor. Se puede expresar según la ley de Fourier, como el calor que atraviesa en la dirección x un espesor de 1 m del material como consecuencia de una diferencia de 1 grado de temperatura, entre los extremos

opuestos, expresado en  $W/m^{\circ}C$  o  $W/mK$ . Esta ley afirma que hay una proporcionalidad entre el flujo de energía y el gradiente de temperatura.

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

k: conductividad térmica (constante del material)

$Q_x$ : calor difundido por unidad de tiempo

A: área de la superficie

$\frac{dT}{dx}$ : gradiente de temperatura

Varios estudios demuestran que, para los materiales usuales en el terreno, la conductividad térmica aumenta normalmente con el grado de humedad de este hasta alcanzar los valores de conductividad correspondientes a un terreno saturado, aunque no es fácil establecer la dependencia entre ambos factores. Algunos de los valores más usuales para la conductividad térmica de acuerdo con el tipo de terreno se recogen en la Tabla 3.

El cálculo de la conductividad térmica para el diseño de un sistema de bomba de calor geotérmica se puede estimar a partir de tablas, medir en laboratorio mediante pruebas de conductividad sobre parte de terreno recogido o determinar realizando un test de respuesta térmica del terreno (Thermal Response Test, TRT), siendo este último el más fiable y el único recomendado para instalaciones medianas o grandes. Se realiza forzando pulsos de inyección de calor o pulsos de extracción de calor en un bucle enterrado y midiendo su respuesta en temperatura. Con el empleo de ecuaciones analíticas se puede obtener el valor de conductividad efectiva del terreno.

### 9.5.2 Capacidad térmica

La capacidad térmica o calorífica es el cociente entre el calor que se suministra a un sistema y la variación de temperatura provocada y se expresa en  $J/m^3 \cdot ^{\circ}K$ , mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

La capacidad térmica del terreno expresa el calor que es capaz de almacenar un volumen de terreno al incrementarse su temperatura, pero también de la oposición a dicho cambio de temperatura en la medida en que cuanto mayor sea la capacidad

térmica mayor habrá de ser el calor suministrado para lograr la misma variación de temperatura.

Tabla 3 | Valores orientativos de conductividad y capacidad térmica para distintos tipos de materiales.

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/ mK)			Capacidad térmica volumétrica (MJ/m <sup>3</sup> K)
	Min.	Valor típico	Máx.	
<b>Rocas magmáticas</b>				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Gabro	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
<b>Rocas metamórficas</b>				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Mica esquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
<b>Rocas sedimentarias</b>				
Caliza	2,5	2,8	4	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,1-2,2
Halita	5,2	5,4	6,4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
<b>Rocas no consolidadas</b>				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4

Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8
<b>Otros materiales</b>				
Bentonita	0,5	0,6	0,8	aprox. 3,9
Hormigón	0,9	1,6	2	aprox. 1,8
Hielo (-10°C)		2,32		1,87
Plástico (PE)		0,39		
Aire (0-20°C, seco)		0,02		0,0012
Acero		60		3,12
Agua (+10°C)		0,58		4,19

Fuente: Elaboración propia.

### 9.5.3 Difusividad

La difusividad térmica se define como el ratio entre la capacidad de conducción del terreno y la capacidad térmica del terreno. Se mide en  $m^2/s$ .

## 10. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

### 10.1. Funcionamiento de una instalación geotérmica

Para extraer calor del suelo, las tuberías, o las sondas, enterradas transportan un líquido caloportador, que absorbe el calor del terreno, este líquido es impulsado por la bomba de calor hacia el evaporador, el cual posee un fluido refrigerante, normalmente con una temperatura de alrededor de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El fluido refrigerante se calienta, sin mezclarse, por intercambio de temperatura con el fluido caloportador, se evapora y pasa por el compresor lo que hace que, aumentando la presión de vapor del fluido refrigerante, aumente aún más su temperatura.

El siguiente paso es entrar en un condensador donde la tubería de vapor cede su calor al sistema de emisión, tubería por la que circula el agua o fluido, que proporciona calefacción a la vivienda, o edificio.

Al perder el calor el refrigerante vuelve a su estado líquido, reduce su presión, y su temperatura, pasando por una válvula de expansión, y llega de nuevo al evaporador en condiciones de repetir el ciclo.

## 10.2. Sistemas de captación

Existen varios tipos de sistemas de captación de energía geotérmica según las necesidades y requerimientos constructivos.

Los sistemas de captación de energía geotérmica necesitan realizar excavaciones, para poder obtener la energía, y se clasifican según la profundidad de excavación y la distribución de los sistemas de captación.

### 10.2.1. Captación horizontal

Es un sistema de captación que requiere una profundidad de excavación bastante reducida, profundidad media de 1,5 metros, lo que hace que la necesidad de superficie de terreno sea grande, alrededor de 1,5 veces la superficie a climatizar.

Como desventaja, en la superficie donde se encuentran los captadores, al tener poca profundidad de excavación, no se puede edificar, ni tampoco plantar árboles. Además su rendimiento se ve más afectado por las condiciones climáticas, al estar más cerca de la superficie.

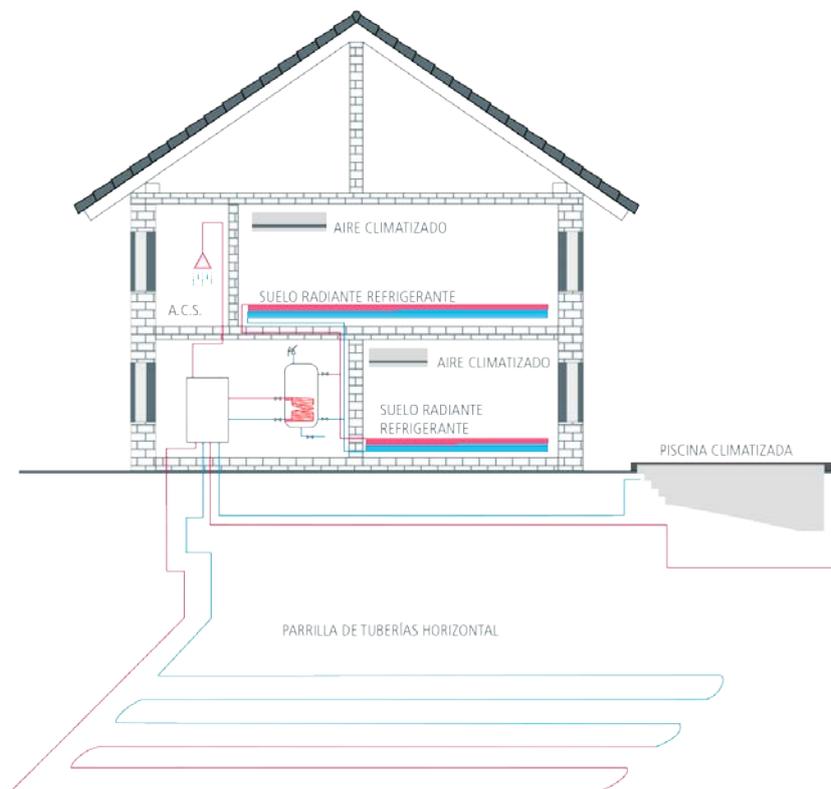


Figura 3 | Instalación de un sistema de captación horizontal.

Fuente: <https://www.siliter.com/producto/sondas-de-captacion-geotermicas/>

### 10.2.2. Captación vertical

Este tipo de sistema de captación obtiene la energía de un pozo o sonda a una profundidad de hasta 200-300 metros y se caracteriza por necesitar menor superficie longitudinal.

La principal ventaja es que se puede obtener un mayor rendimiento en comparación con los otros sistemas debido a que la temperatura del suelo se mantiene constante entre los 10 y 20 metros de profundidad con unas temperaturas en torno a 10 °C - 15 °C. Es decir, que su rendimiento no se ve muy afectado por las condiciones climáticas.

Como desventaja está el aumento considerable del costo de la instalación debido a la necesidad de originar pozos.

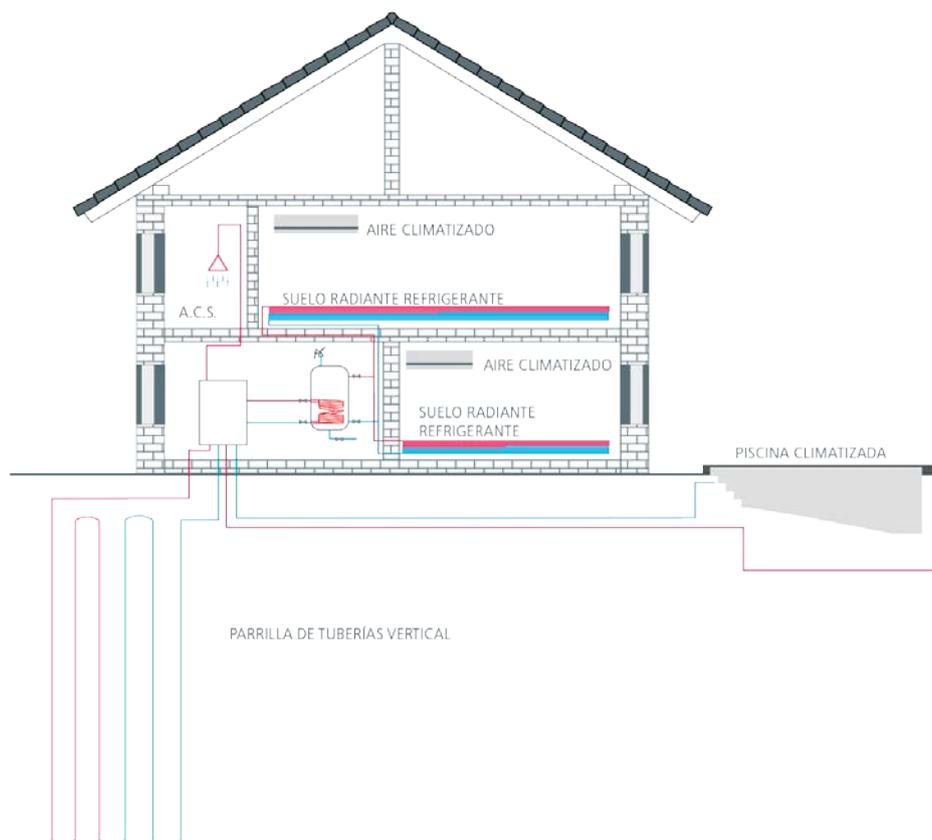


Figura 4 | Instalación de sistema de captación vertical.

Fuente: <https://www.siliter.com/producto/sondas-de-captacion-geotermicas/>

### 10.2.3 Captación abierta

Utiliza las características térmicas del agua para captar la energía de climatización en lugar de las del suelo. El gran inconveniente de este tipo de captación es la necesidad de estar cerca de algún acuífero o corriente subterránea.

Su funcionamiento se basa en dos tomas de agua, una que bombea el agua del acuífero a la bomba y otra que la vuelve a verter.

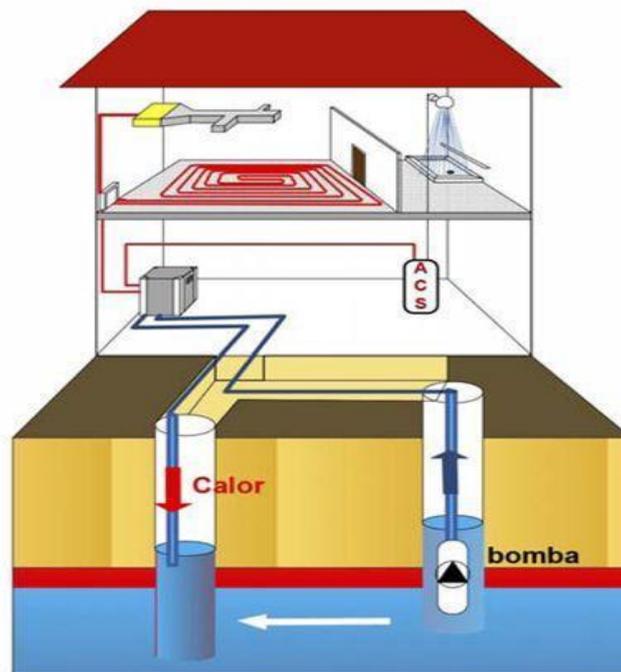


Figura 5 | Instalación de sistema de captación abierta.

Fuente: <https://www.cymper.com/blog/geotermia-i-aplicaciones-de-la-energia-geotermica/geotermia-024-esquema-captacion-acuifero-somero-c/>

### 10.3. Sondas geotérmicas

Como norma general, los intercambiadores geotérmicos verticales están conformados por sondas, compuestas de tubos de polietileno de alta densidad (PE-100) y de un pie de sonda en forma de U simple o doble. En las sondas simples hay un tubo de entrada y otro de salida, en las dobles hay dos tubos de entrada y dos de salida.

El polietileno de alta densidad es el material más usado para las sondas geotérmicas. Es uno de los plásticos más baratos y comunes. El fuerte incremento

experimentado en los últimos años en la utilización en tuberías manifiesta su idoneidad técnica en todo tipo de conducciones de fluidos a presión.

Algunas de las características de estas sondas de polietileno de alta densidad PE-100 son:

- Soporta temperaturas habituales de trabajo de 45°C y puntuales de hasta 80°C.
- Resistencia a presiones elevadas.
- Larga vida útil.
- No le afecta la corrosión ni la erosión. Resistente a rozaduras.
- Ligereza y flexibilidad.
- Elevada conductividad térmica
- Mínimas pérdidas de carga.
- No se producen adherencias e incrustaciones.
- Máxima estanqueidad e impermeabilización.
- Soporta agua glicolada

Los tubos que conforman las sondas están fabricados siguiendo los requisitos de la norma UNE-EN 12201-2 y sus diámetros habituales son de 32 o 40 mm, resistentes a altas presiones PN16 SDR11. Por otro lado, el pie de sonda es un accesorio electro soldable de polietileno de alta densidad que cumple los requisitos establecidos en el RP 01.81 y en la norma UNE-EN 12201-3.

Al recibir las sondas en la obra, se someten, en primer lugar, a una prueba de estanqueidad, con aire o agua, y a una prueba de caudal para comprobar que no hay ninguna resistencia atípica en su interior.

Antes de su introducción en el sondeo, se rellenan con agua, o con agua y anticongelante, para evitar que los tubos puedan aplastarse por diferencias de presión entre el interior y exterior de los tubos en caso de existir agua o lodos de sondeo, o cuando se realice la cementación. Para facilitar el descenso en el sondeo se cuelga un lastre en el pie de sonda.

#### **10.4. Bomba de calor**

Técnicamente, una bomba de calor es una máquina que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Para lograr este transporte es necesario un aporte de trabajo según la segunda ley de la termodinámica, la cual dictamina que el calor siempre se dirige de un foco caliente a un foco frío, y nunca al revés, hasta que sus temperaturas se igualan.

Este fenómeno de transferencia de calor se realiza principalmente por medio de un sistema de refrigeración por compresión de gases refrigerantes, cuya particularidad radica en una válvula inversora de ciclo que forma parte del sistema, la cual puede invertir el sentido del flujo de refrigeración, transformando el condensador en evaporador y viceversa, esto se resume a la capacidad de la bomba de calor para dar calefacción y refrigeración con una simple válvula.

El rendimiento de una bomba de calor geotérmica en modo calefacción se evalúa mediante el Coeficiente de Rendimiento (COP), que es la relación entre la cantidad de calor producido y la energía eléctrica consumida. El COP suele estar en el rango de 3 a 6. Por ejemplo, una bomba de calor con un COP de 5 proporciona 5 kW de energía térmica al edificio por cada kW de energía eléctrica consumida por el motor del compresor, las bombas de circulación y otros componentes. Esto significa que 4 kW provienen de la energía geotérmica, que es gratuita.

$$COP = \frac{\text{Potencia calorífica aportada (kW)}}{\text{Potencia calorífica absorbida (kW)}}$$

En el caso de la refrigeración, se utiliza un valor llamado EER (Efficiency Energy Ratio) en lugar del COP. El EER indica la eficiencia de refrigeración de la bomba de calor y se calcula como la relación entre la potencia frigorífica total y la potencia útil absorbida por la bomba de calor.

$$EER = \frac{\text{Potencia frigorífica aportada (kW)}}{\text{Potencia frigorífica absorbida (kW)}}$$

La gran ventaja de las bombas de calor radica en su eficiencia en calefacción, ya que son capaces de proporcionar más energía de la que consumen, aproximadamente de 2 a 3 veces más. Esto se debe a que recuperan la energía del ambiente exterior y la utilizan como energía útil para la calefacción. Por lo tanto, consumen menos energía en comparación con otros sistemas de calefacción para lograr el mismo efecto.

#### 10.4.1. Clasificación de las bombas de calor

La clasificación más común hace referencia a la fuente de energía de origen, las cuales pueden ser aire, agua o tierra:

- AIRE-AIRE:

Como su propio nombre indica, las bombas de calor Aire-Aire son aquellas que absorben la energía térmica que se encuentra en el aire o en el ambiente. El aire interactúa con el fluido de trabajo que se encuentra en los intercambiadores (tanto en el exterior como en el interior) por medio de un serpentín, ya sea para absorber su calor o para entregarlo.

Este tipo de bomba de calor es la más utilizada debido a que la fuente fría de donde se toma el calor es inagotable y su instalación muy sencilla, su funcionamiento es susceptible a las condiciones meteorológicas, pudiendo disminuir el coeficiente de prestación COP de la bomba. Consta de una unidad exterior y una unidad interior con conductos de distribución interiores.

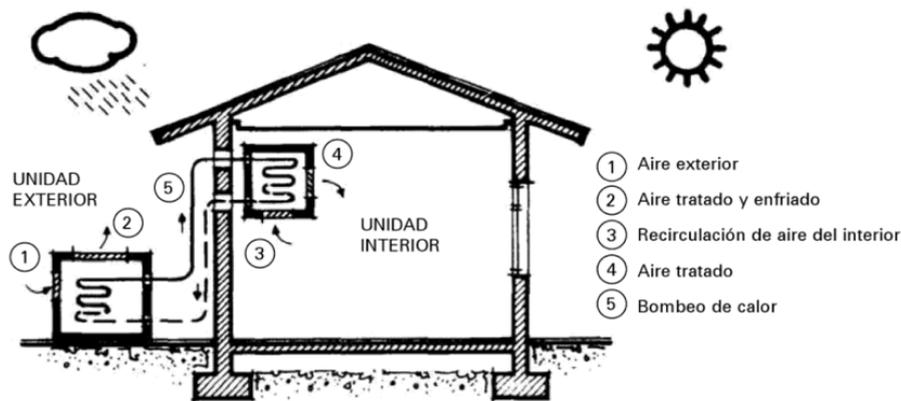


Figura 6 | Esquema de la bomba de calor aire-aire.

Fuente: <https://books.google.es/books?id=HqIwQqzDKsIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- AGUA-AGUA:

Estas bombas obtienen su energía de un circuito de agua y su principal objetivo es transportar energía térmica desde un cuerpo de agua hasta otro cuerpo utilizando intercambiadores de calor o serpentines en ambos lados del sistema.

El calor se toma de un circuito de agua en contacto con un elemento que le proporcionará el calor (la tierra, capa freática) para transferirlo a otro circuito de agua. Es el sistema generalmente adoptado por las bombas de calor geotérmicas.

Los cuerpos de agua utilizados para este tipo de bombas suelen ser subterráneos, aunque en algunos casos se utiliza el agua de lagos o ríos. La ventaja que tienen estos sistemas es que la temperatura de los acuíferos subterráneos se mantiene más o menos constante a lo largo del año, por lo que la eficiencia de este sistema no es tan propensa a los cambios como el de la bomba de calor aire-aire, es decir, permite obtener COP más constantes. Pero, la inversión inicial para su instalación es mayor debido a la necesidad de cavar pozos, la utilización de acumuladores y los circuitos hidráulicos de entrada y retorno de agua.

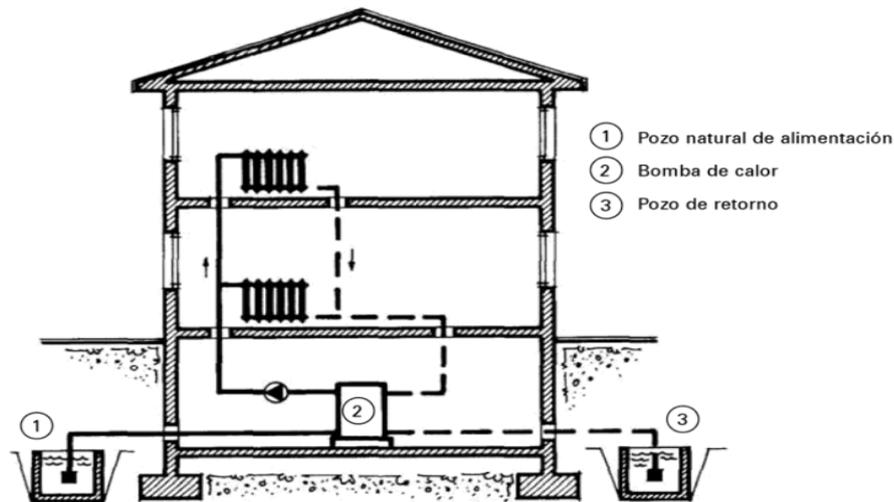


Figura 7 | Esquema de la bomba de calor agua-agua para calefacción.

Fuente: <https://books.google.es/books?id=HqlwQqzDKsIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- AGUA-AIRE:

Al igual que la anterior (agua-agua), esta bomba permite aprovechar la energía contenida en aguas subterráneas, residuales, ríos, mares, etc. Difieren en el funcionamiento, ya que éstas extraen el calor de un circuito de agua y lo transfieren a un circuito de aire. Sumándose además el equivalente calorífico del trabajo del compresor.

- AIRE- AGUA:

Aprovecha la energía contenida en el aire que hay en el aire. La energía recogida en el exterior la traslada uno o varios depósitos de agua. Se utilizan para producir agua fría para refrigeración o agua caliente para calefacción y agua sanitaria (por ejemplo, para el calentamiento de piscinas).

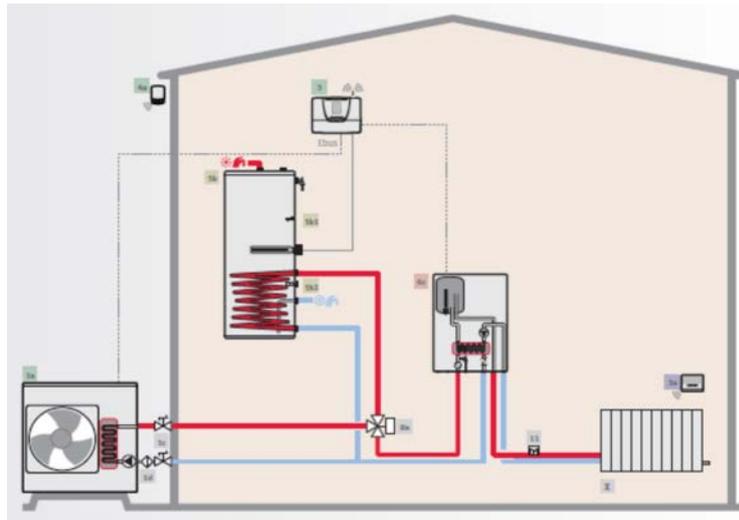


Figura 8 | Esquema de la bomba de calor aire-agua.

Fuente: <https://vilssa.com/esquema-de-instalacion-de-un-sistema-de-aeroterminia>

- TIERRA-AGUA:

Aprovechan la energía térmica del suelo. A través de una red de tuberías enterradas en un terreno se disipa la energía que se ha recogido del interior de la vivienda, o a la inversa. Los usos principales a los que se destinan son a base de agua refrigerada o calentada. Tanto en calefacción y climatización doméstica, de oficinas y negocios, como procesos industriales u otros.

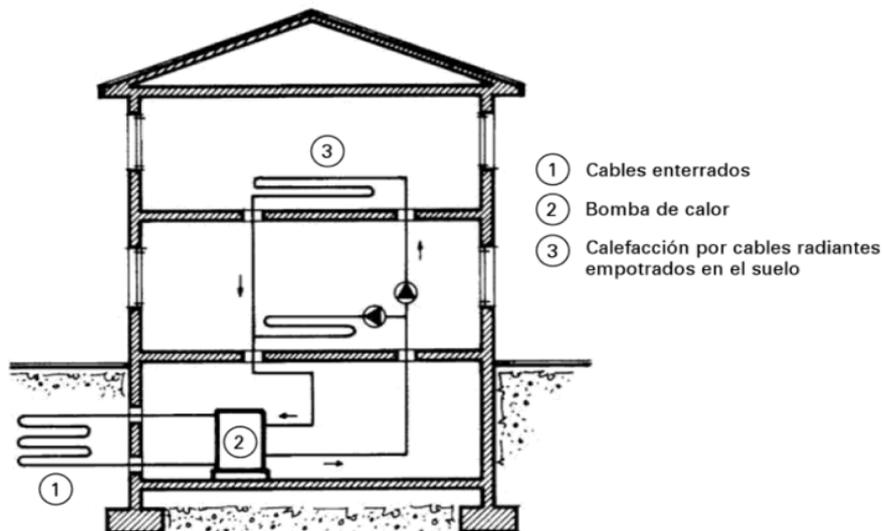


Figura 9 | Esquema de la bomba de calor tierra-agua.

Fuente: <https://books.google.es/books?id=HqlwQqzDKsIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Se consideran bombas de calor bastante eficientes ya que, a diferencia del aire y el agua, que sufren cambios bruscos de temperatura, la tierra es mucho más estable en este sentido. Aunque también se pueden encontrar bombas de calor tierra-aire, son mucho más habituales las bombas de calor tierra-agua.

- TIERRA-AIRE:

Al igual que las bombas tierra-agua, son geotérmicas y utilizan la energía obtenida de la tierra para climatizar el ambiente mediante aire acondicionado. Tanto las bombas de tierra-agua como las de tierra-aire son instalaciones poco habituales, debido a su coste y a la necesidad de disponer de grandes superficies de terreno.

#### **10.4.2. Componentes de las bombas de calor**

Los principales componentes de las bombas de calor son:

- Compresor:

Su tarea principal es aumentar la presión del vapor refrigerante desde una presión de aspiración a una presión de descarga más alta. Por lo tanto, actúa como una especie de punto de conexión entre el lado de baja presión y el lado de alta presión del circuito de la bomba de calor. En términos sencillos, su trabajo es retirar los vapores que se producen en el evaporador mientras los comprime, lo que aumenta la temperatura y la presión del vapor.

El compresor utiliza una fuente de energía externa, como un motor eléctrico, un motor de combustión o una turbina de vapor, para proporcionar el trabajo necesario para realizar esta tarea.

- Evaporador

Los evaporadores son intercambiadores de calor que transfieren el flujo de calor del medio a enfriar el refrigerante. Este absorbe el flujo a una temperatura constante liberando su calor latente de evaporación, lo que resulta en la evaporación del refrigerante líquido dentro del evaporador. En resumen, los evaporadores son dispositivos que permiten la evaporación del refrigerante mediante la absorción del flujo de calor del medio a enfriar.

- Condensador

El condensador, al igual que el evaporador, es un componente que actúa como intercambiador de calor. Su función es permitir la transferencia de carga térmica desde el gas refrigerante sobrecalentado hacia un medio condensante externo. El

vapor que llega al condensador se encuentra sobrecalentado debido al calor recogido por el evaporador y el trabajo efectuado por el compresor para comprimirlo. El funcionamiento del condensador puede ser dividido en tres etapas principales:

1ª - El refrigerante ingresa al condensador en forma de vapor sobrecalentado donde disminuye su temperatura hasta la de saturación para poder ser condensado.

2ª - Una vez alcanzada la temperatura de vapor saturado, se produce la condensación, es decir, el cambio del estado de vapor a líquido sin variación de temperatura.

3ª - Después de la condensación, el líquido es subenfriado para evitar la reevaporación del refrigerante antes de que alcance el dispositivo de expansión y aumentar el efecto refrigerante neto.

- Válvula de expansión

La válvula de expansión constituye otro punto de división entre el lado de alta y baja presión.

El líquido refrigerante que se encuentra a elevada presión y temperatura debe ser devuelto al evaporador para continuar el proceso cíclico, pero en ese estado no está listo para ser evaporado, porque su presión y su temperatura son muy altas.

Por ello, se utilizan los dispositivos de expansión, de forma que disminuya la presión del líquido de forma brusca y que se produzca la repentina formación de vapor denominado flash-gas, que para generarse absorbe calor latente de la misma masa del líquido en forma de calor sensible y por lo tanto disminuye la temperatura.

De esa manera, se produce la entrada de refrigerante líquido al evaporador a baja presión y temperatura, listo para absorber calor del aire ambiente y reiniciar el ciclo.

- Refrigerante

Es un compuesto químico fácilmente licuable que actúa como medio transmisor de calor entre dos elementos. Los fluidos refrigerantes poseen propiedades termodinámicas específicas que les permiten condensar y evaporar a las temperaturas adecuadas para cumplir su función.

Aunque un fluido puede evaporarse a temperaturas más elevadas al aumentar su presión, los compresores tienen límites de presión y los evaporadores y condensadores no deben trabajar con sobrepresiones o depresiones excesivas, respectivamente.

Los líquidos refrigerantes más comunes son los denominados hidrofluorocarbonos (HFC) como el R410A, R134a, R407C, etc. debido a que son fluidos inflamables, no son tóxicos ni reaccionan con los demás componentes del sistema.

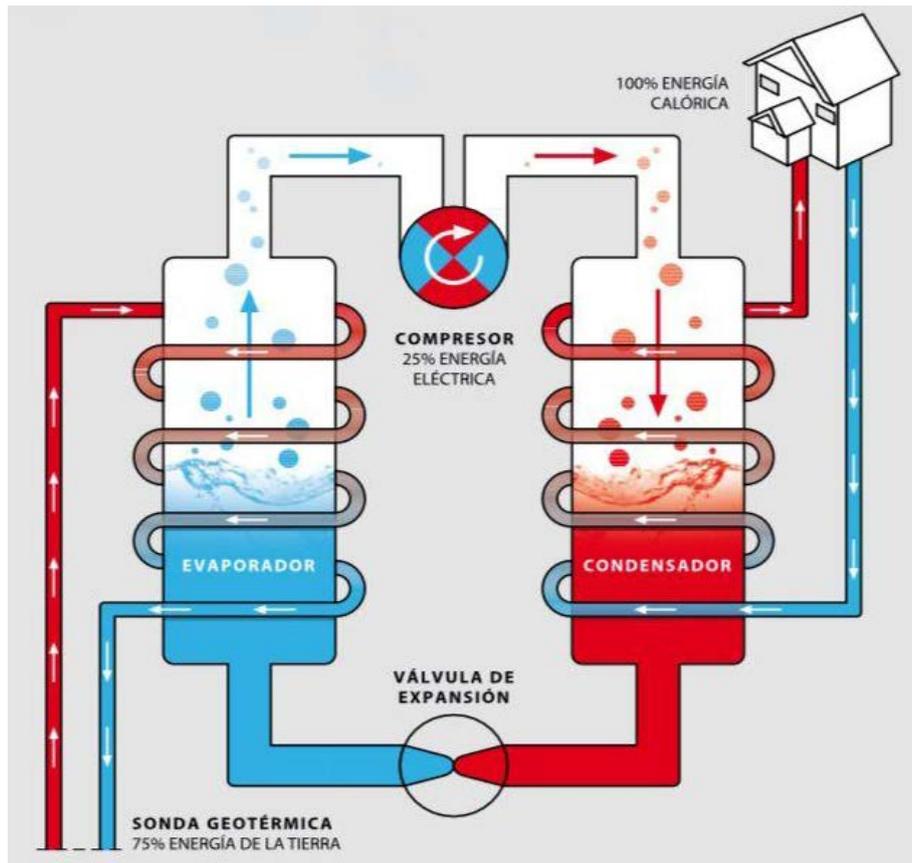


Figura 10 | Esquema del funcionamiento y los componentes de una bomba de calor.

Fuente: [https://www.ferrosystems.com/productos/aplicacion/geotermia/index.html?\\_\\_locale=es](https://www.ferrosystems.com/productos/aplicacion/geotermia/index.html?__locale=es)

### 10.4.3. Ciclo termodinámico de una bomba de calor

El ciclo termodinámico de una bomba de calor es similar al de un sistema de refrigeración, pero con la particularidad de que se invierte el sentido del flujo de calor, es decir, en lugar de extraer calor de un espacio para disiparlo en otro, se transfiere calor de un espacio a otro con la ayuda del compresor y un fluido refrigerante.

Consta de cuatro etapas principales:

- Etapa de compresión: el compresor aumenta la presión del fluido refrigerante, lo que provoca un aumento de su temperatura.
- Etapa de condensación: el fluido refrigerante caliente circula a través de un intercambiador de calor, donde cede su calor al ambiente que se quiere calentar. Como resultado, el fluido se enfría y se condensa, transformándose de gas a líquido.
- Etapa de expansión: el fluido refrigerante líquido se hace pasar por una válvula de expansión, lo que reduce su presión y temperatura.

- Etapa de evaporación: el fluido refrigerante frío circula a través de otro intercambiador de calor, donde absorbe calor del ambiente que se quiere enfriar. Como resultado, el fluido se calienta y se evapora, transformándose de líquido a gas. El ciclo se repite de forma continua, permitiendo que la bomba de calor transfiera calor de un ambiente a otro.

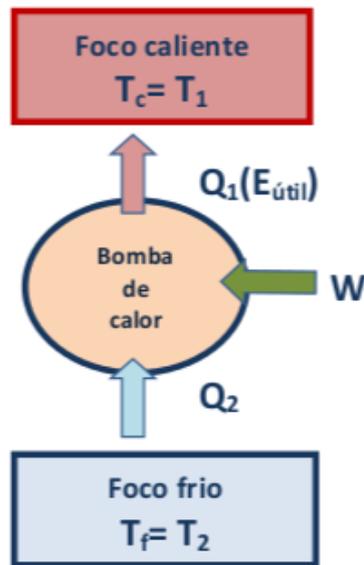


Figura 11 | Ciclo termodinámico de una bomba de calor.

Fuente: <https://makinandovelez.wordpress.com/2019/11/12/eficiencia-en-una-bomba-de-calor/>

### 10.5. Fluido caloportador en sistemas geotérmicos

Como se indicó al inicio del punto 6, el fluido caloportador en una instalación geotérmica es el encargado de absorber el calor del terreno, para posteriormente calentar el fluido refrigerante por intercambio de temperatura.

Los fluidos caloportadores más utilizados en sistemas geotérmicos pueden ser agua o agua con anticongelante y su elección está condicionada por las temperaturas límite de diseño. Se emplea anticongelante si se prevé, en diseño, que el intercambiador geotérmico puede tener riesgo de congelación (elevado funcionamiento en calefacción, temperaturas frías de terreno, etc.); esto es cuando se estima que la temperatura mínima de salida del evaporador va a ser inferior a 5 °C. Los anticongelantes más empleados en las mezclas con agua son etilenglicol y propilenglicol. Las propiedades físicas de estos fluidos se muestran en la Tabla 4. La elección del fluido dependerá de distintos factores:

1. Características de transferencia de calor (conductividad térmica y viscosidad)
2. Punto de congelación
3. Requerimientos de presión y caídas de presión por rozamiento

4. Corrosividad, toxicidad e inflamabilidad
5. Coste

**Tabla 4 | Propiedades físicas de los fluidos más empleados como caloportadores en sistemas geotérmicos.**

	Agua	Etilenglicol	Propilenglicol
Densidad a 20 °C (g/cm <sup>3</sup> )	1	0,9259	0,8630
Punto congelación °C (30% volumen)	0	-13	-12
Punto ebullición °C	100	197	187
Calor Específico a 15 °C (kJ/Kg.K)	4,187	2,185	2,50371
Viscosidad a 0 °C (Pa.s) ·10 <sup>-3</sup>	1,79	57,4	243
Viscosidad a 20 °C (Pa.s) ·10 <sup>-3</sup>	1,01	20,9	60,5
Viscosidad a 40 °C (Pa.s) ·10 <sup>-3</sup>	0,655	9,5	18,0
Conductividad térmica a 20 °C (kW/m.K) ·10 <sup>-3</sup>	0,60	0,26	0,20

**Fuente: Guía técnica IDAE: Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado.**

El fluido que se utilizará como fluido caloportador en el subsistema de intercambio será una mezcla de agua con propilenglicol al 25 o 30% aproximadamente. Como alternativa también se puede utilizar el etilenglicol al 25 o 30% aprox. En resumen, las características del anticongelante serán las necesarias para conseguir que aguante temperaturas de congelación estén entorno los - 20°C.

## 10.6. Sistemas de emisión

En los siguientes puntos se describen los diferentes sistemas de emisión que se pueden emplear para una instalación geotérmica en una vivienda unifamiliar.

### 10.6.1. Suelo radiante

El suelo radiante está compuesto por una red de tuberías plásticas de entre 15 y 20 milímetros de diámetro que se encuentran embebidos a la placa de hormigón que conforma el suelo. Por dichos tubos circula agua caliente o fría, actuando como una fuente de emisión y consiguiendo como resultado la climatización de toda la superficie en la que se encuentra dispuesta.

La principal característica de este sistema, aparte de ser “invisible” a los ojos debido a que se encuentra por debajo del suelo, es que es un sistema reversible. Es decir, con un único sistema se puede tener calefacción y refrigeración según se considere oportuno o dependiendo de la estación del año. Las temperaturas ideales del agua que recorre la red para el verano varían entre los 14-18 °C mientras que para el invierno se elevan en torno a los 35-40 °C.

Cuando se necesita utilizar temperaturas mucho más bajas que las obtenidas con los radiadores o fan coils, el suelo radiante es una solución más eficiente y rentable para la climatización de una vivienda unifamiliar o un edificio.



Figura 12 | Instalación de suelo radiante.

Fuente: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/suelo-radiante/suelo-radiante-refrescante-solucion-integral-climatizacion.html>

### 10.6.2. Fan coil

Un Fan coil, o en español Ventilocolector, es un equipo que pertenece a los sistemas de climatización agua-aire. Está formado por un ventilador (fan) y por una batería que actúa como un intercambiador de calor (coil). Este dispositivo es capaz de generar aire frío, aire caliente o ambos dependiendo del tipo de instalación.

El ventilador impulsa el aire de entrada por el intercambiador de calor donde según se requiera enfriar o calentar el aire, circulará por el interior de los tubos del intercambiador de calor agua caliente o fría, así a la salida mediante el uso de un filtro de aire (puede estar ubicado a la entrada o a la salida del fan coil) se consiga el estado del aire deseado, frío o caliente. En la Figura 13 se refleja de forma esquematizada el funcionamiento de este dispositivo.

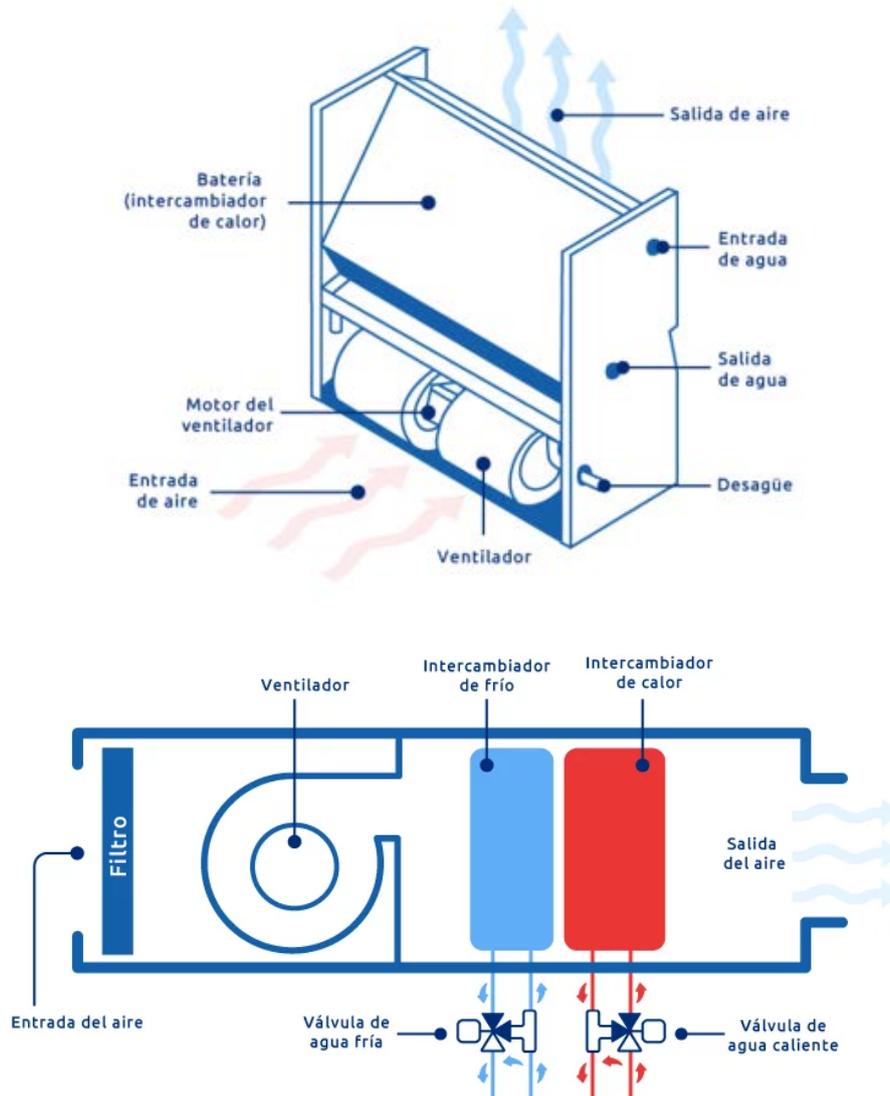


Figura 13 | Esquemas del funcionamiento de un Fan coil.

Fuente: <https://preciogas.com/instalaciones/equipamiento/fancoil>

Según el tipo de instalación que se utilice se puede distinguir entre:

- **Fan coil de 2 tubos:** como su propio nombre indica está formado por dos tubos, uno de impulsión y otro de retorno, por el que circula el agua caliente o fría. Se utilizan en sistemas de climatización donde hay una única fuente de producción de agua, o caliente o frío, como es el caso de la geotermia.
- **Fan coil de 4 tubos:** para este tipo de instalación, dos tubos se emplean para la impulsión y otros dos para el retorno. La característica de este dispositivo es que cada circuito funciona de forma independiente pudiéndose así obtener tanto aire caliente como aire frío de forma simultánea. Se utilizan cuando hay varias fuentes de producción de agua.

También se distinguen diferentes tipos de fan coil según la ubicación donde se encuentra instalado: de techo, suelo, pared, conductos o de cassette.

### **10.6.3. Radiadores convencionales**

Son los sistemas de emisión más habituales y la opción más económica. Generalmente son fabricados en aluminio, aunque también es posible encontrarlos en fundición o chapa de acero. Se caracterizan por necesitar una alta temperatura de trabajo (80°C), generar poca homogeneidad de temperatura en la estancia, ser muy visibles y no tener posibilidad de refrigeración.

### **10.6.4. Radiadores de baja temperatura**

Son radiadores con un funcionamiento similar a los convencionales, pero con la diferencia que están diseñados para trabajar con temperaturas de entre 35 y 45 °C, por lo tanto, se ahorra energía con respecto a los convencionales al trabajar a menor temperatura, aunque son de mayor tamaño y tienen un mayor coste. Su modo de trabajo es muy simple, ya que circula agua caliente por su interior aumentando la temperatura del radiador transmitiendo calor a la habitación. La transmisión de calor se realiza por convección. Se caracterizan por poseer baja inercia térmica y una amplia gama de configuraciones.

## **10.7. Depósito de inercia**

La función principal de un depósito de inercia es almacenar y distribuir el calor de manera uniforme a lo largo del tiempo.

Un depósito de inercia, en un sistema de suelo radiante se utiliza para almacenar calor y permitir un funcionamiento más eficiente del sistema y una mejor regulación térmica. Este se conecta al circuito de calefacción y cuando el sistema de calefacción está en funcionamiento, el agua caliente o el fluido térmico circula a través del depósito, calentando su contenido. El calor almacenado en el depósito actúa como una reserva de energía térmica, que asegura un caudal constante de agua en momentos de pico de demanda.

A medida que el sistema de suelo radiante demanda calor, el fluido circula desde el depósito hacia el suelo radiante, transfiriendo calor a la superficie del suelo. Así se asegura una temperatura constante y confortable en la vivienda.

El depósito de inercia reduce la frecuencia de encendido y apagado del generador de calor, lo que disminuye el consumo de energía y aumenta la durabilidad del equipo. Además, se consigue: ahorro energético, ahorro de agua y ahorro económico.



Figura 14 | Depósito de inercia de 500 L.

Fuente: [https://www.enerxia-solar.com/deposito-de-inercia-higienico-de-500-litros-hyg-500-20\\_fe3247.html](https://www.enerxia-solar.com/deposito-de-inercia-higienico-de-500-litros-hyg-500-20_fe3247.html)

### 10.8. Colector de suelo radiante

Se encarga de distribuir el fluido que circula por un circuito (conducto) en diferentes circuitos secundarios (planta baja o primera planta).

Los colectores se dividen en colectores de ida (color rojo) y otro colector de retorno (color azul), y en estos se conecta cada uno de los circuitos de tuberías. El colector de ida tiene la función de distribuir el agua caliente proveniente de la caldera a la red de tubos suelo radiante, y el colector de retorno regresa el agua, que ya se ha enfriado en el circuito, a la caldera. Por lo general, los colectores suelen trabajar con temperaturas menores a 40°C.



Figura 15 | Colector de suelo radiante de ida y retorno.

Fuente: <https://sistemasdetuberiapressman.com/suelo-radiante/equipamientos/colectores/>

## 10.9. Termostato

Un termostato es un aparato o dispositivo que se conecta a una fuente de calor (o frío) y que permite, posteriormente, poder regular la temperatura de manera automática manteniéndola constante.

En una instalación geotérmica, el termostato se emplea para controlar la temperatura emitida por el suelo radiante.



Figura 16 | Termostato para suelo radiante.

Fuente: <https://www.simonelectric.com/series-mecanismos/termostatos.html>

## 10.10. Vaso de expansión

La función principal de un vaso de expansión es absorber el incremento de volumen que ocurre cuando el fluido en el circuito se expande debido al calentamiento. Al calentarse el circuito primario, una parte del fluido se desplaza hacia el vaso de expansión y regresa al circuito cuando este se enfría. Esto mantiene la presión en el circuito dentro del rango admisible, siempre por encima de la presión atmosférica, evitando la entrada de aire en el sistema cuando se enfría.

El vaso de expansión es un recipiente cerrado que consta de dos secciones: una que contiene el agua del circuito primario de calefacción, agua caliente sanitaria (A.C.S.) o geotermia, según su ubicación, y otra que contiene aire o gas nitrógeno. Estas dos secciones están separadas por una membrana impermeable que comprime el aire cuando es necesario, logrando así una presión de funcionamiento estable.

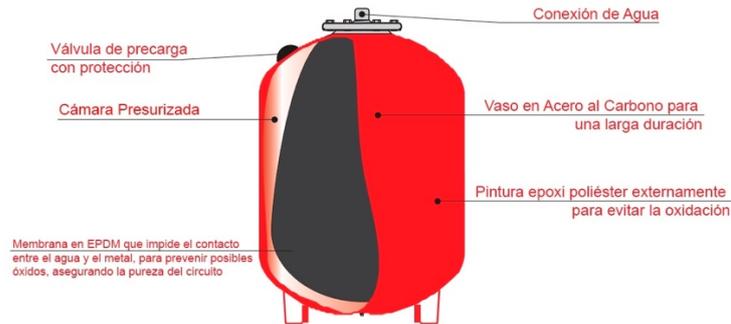


Figura 17 | Vaso de expansión.

Fuente: <https://www.saincal.com/sabes-para-sirve-tu-vaso-de-expansion/>

## 11. CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO

### 11.1. Localización de la vivienda

La parcela objeto de estudio donde estará construida la vivienda unifamiliar se encuentra en la isla de Tenerife, Islas Canarias, concretamente en la calle Joaquín Turina 53, perteneciente al municipio de San Cristóbal de La Laguna con C.P. 38208.

En la siguiente tabla se reflejan las coordenadas UTM de la parcela donde se encuentra ubicada la vivienda.

Tabla 5 | Coordenadas UTM donde se encuentra ubicada la parcela de la vivienda

Coordenadas UTM	
X	Y
370.638,72	3.153.229,59

Fuente: Grafcan

La parcela tiene forma rectangular y está formada por 660 m<sup>2</sup> con unas dimensiones aproximadas de 33x20 m.



Figura 18 | Vista aérea ampliada de la ubicación de la parcela

Fuente: Grafcan

## 11.2. Zona climática

Con el fin de determinar la demanda energética de una vivienda y conocer los requisitos necesarios para una climatización adecuada, es fundamental obtener información sobre las condiciones climáticas de la zona en estudio. Esto permite evitar el sobredimensionamiento de los sistemas de calefacción y refrigeración.

La clasificación de la zona climática se establece de acuerdo con el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE). Este documento tiene como objetivo garantizar que la demanda energética del edificio, calculada a partir de las pérdidas y ganancias térmicas, se encuentre por debajo o igual a los valores de referencia establecidos.

Para cada edificio, se asigna una zona climática específica representada por una letra (A a E) y un número (1 al 4). La letra indica la severidad climática en invierno, mientras que el número se refiere a la severidad climática en verano. Cada capital de comarca en España tiene asignada una zona específica, y para el resto de las localidades se puede determinar la zona climática en función de la latitud respecto a la capital de provincia correspondiente.

En la tabla a-Anejo B del DBHE para la provincia de Santa Cruz de Tenerife y una altitud sobre el nivel del mar de 550 metros, se indica que la zona climática correspondiente es **A2**.

En las siguientes figuras (18, 19, 20, 21 y 22) se muestran algunas condiciones climáticas anuales promedio en San Cristóbal de La Laguna.

Temperaturas ( °C)

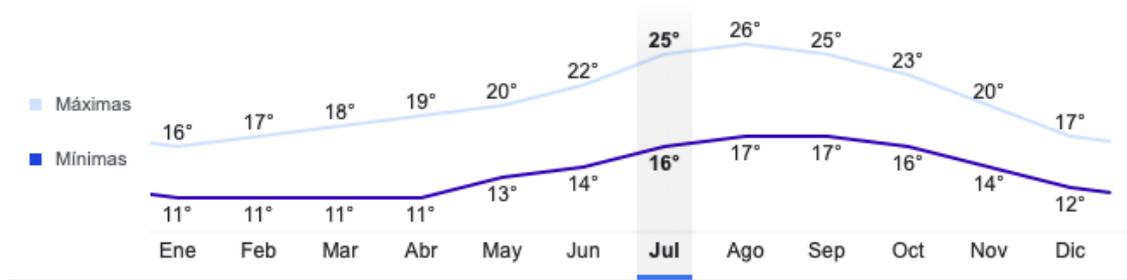


Figura 19 | Gráfico del promedio de temperaturas anuales en San Cristóbal de La Laguna

Precipitaciones (mm)

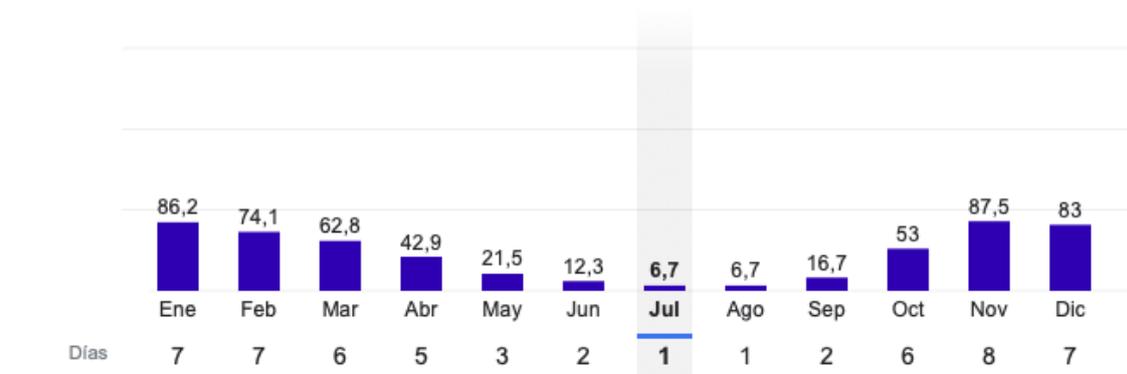


Figura 20 | Gráfico del promedio de precipitaciones anuales en San Cristóbal de La Laguna

Luz diurna

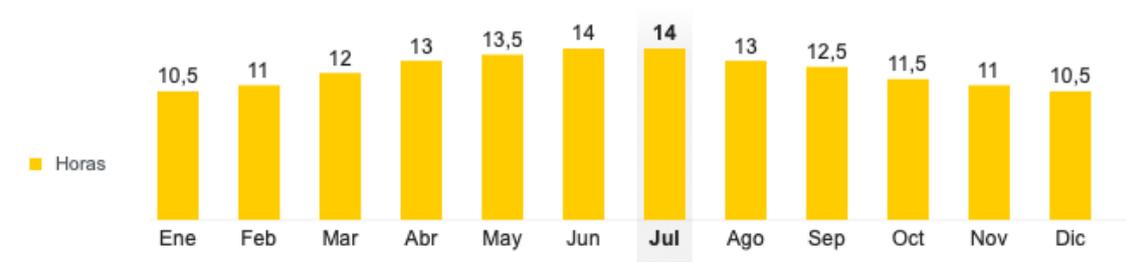


Figura 21 | Gráfico del promedio de luz diurna anuales en San Cristóbal de La Laguna.

Fuente: <https://www.nci.noaa.gov>

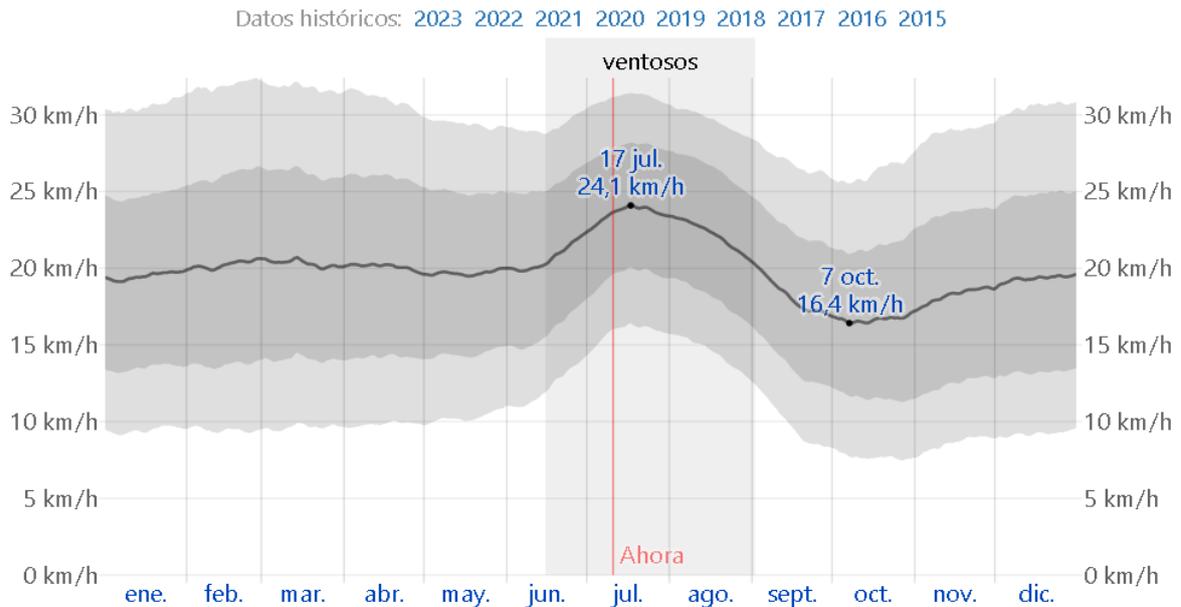


Figura 22 | Promedio de la velocidad media del viento anual en San Cristóbal de La Laguna.

Fuente: <https://www.ncei.noaa.gov>

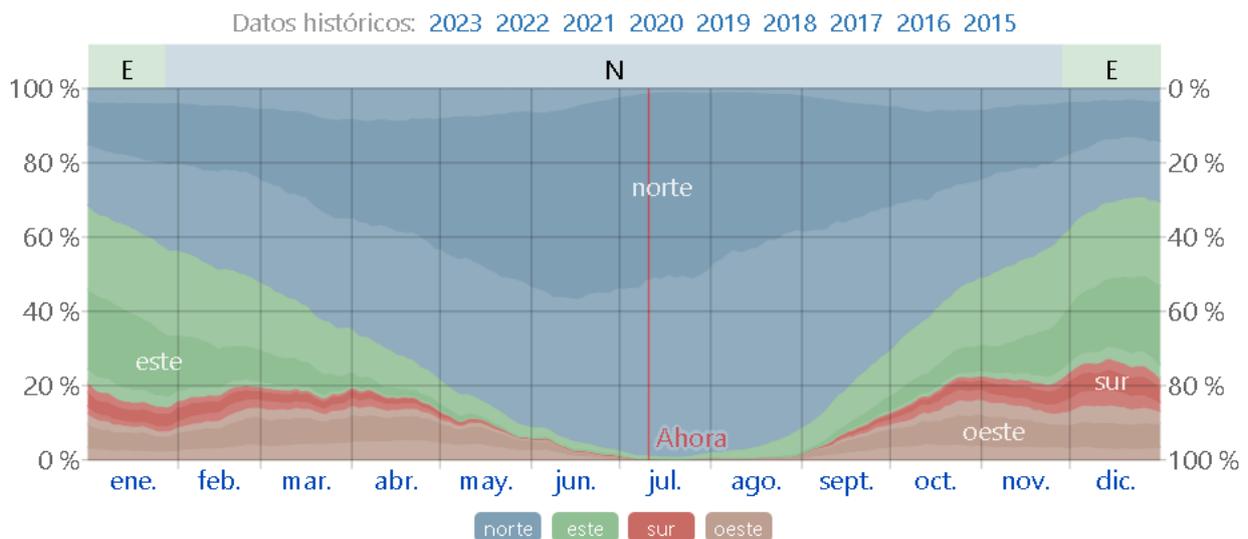


Figura 23 | Porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h en San Cristóbal de La Laguna.

Fuente: <https://www.ncei.noaa.gov>

### 11.3. Orientación de la vivienda

La vivienda se encuentra orientada hacia al suroeste, debido a las características de la parcela. Las orientaciones de las fachadas se determinan según el ángulo ( $\alpha_0$ )

que forma la normal a la fachada con el norte geográfico, de acuerdo con la tabla del CTE.

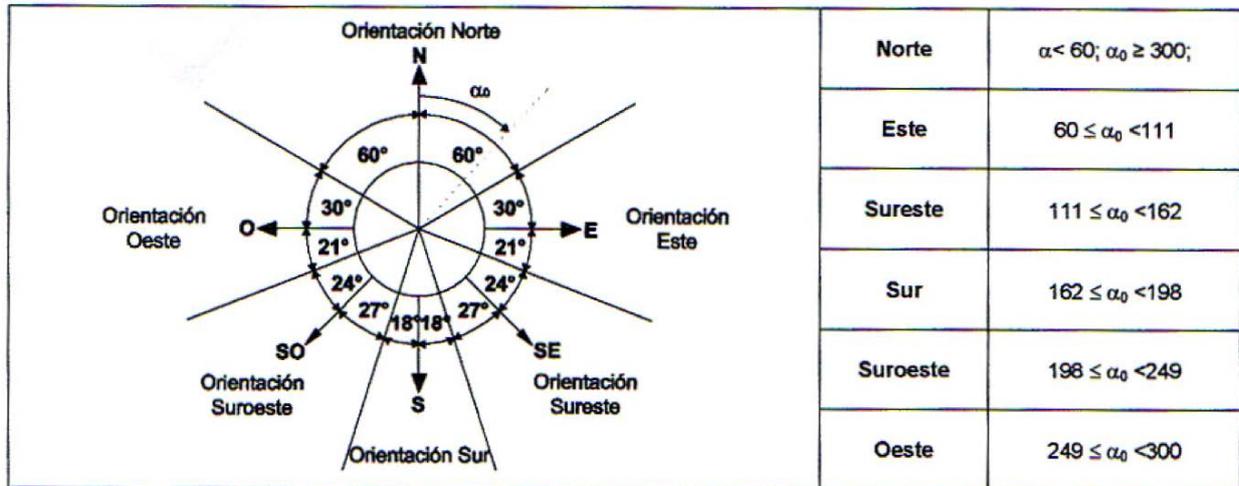


Figura 24 | Orientaciones de las fachadas según CTE.

Fuente: Código Técnico de la Edificación

En las siguientes figuras se muestra la orientación de las fachadas de la vivienda, que también se adjuntan en el Anexo de planos.

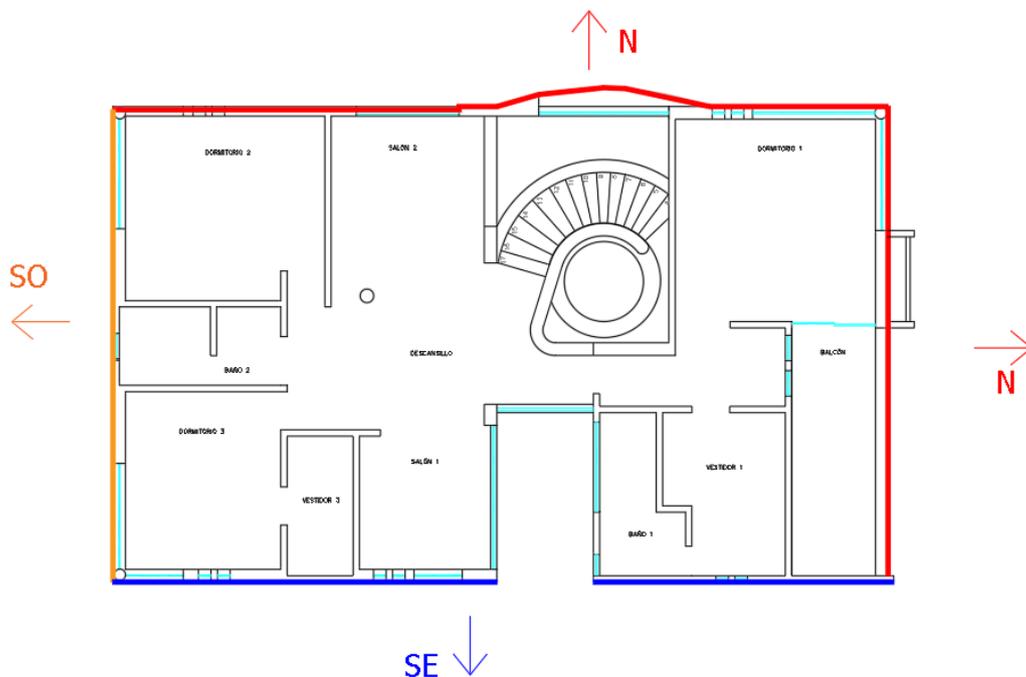


Figura 25 | Orientación de las fachadas de la planta alta de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia

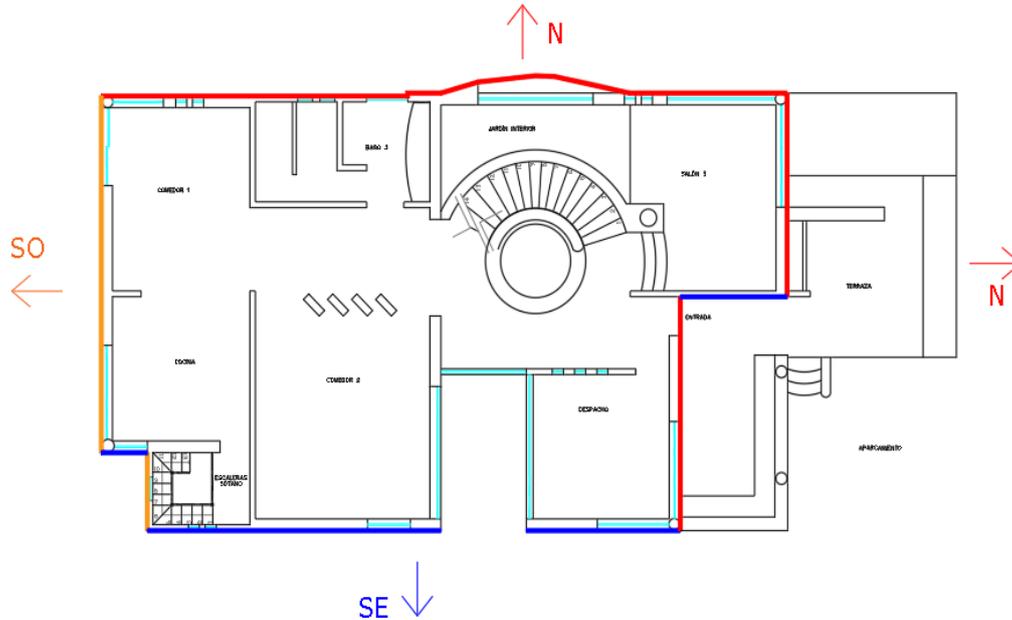


Figura 26 | Orientación de las fachadas de la planta baja de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia

## 12. SOLUCIÓN ADOPTADA

### 12.1. Descripción de la vivienda

La vivienda unifamiliar está constituida por tres plantas:

- Planta sótano: se encuentra bajo rasante, se accede desde las escaleras de la cocina y en ella se ubicará tanto la bomba de calor geotérmica, como el colector principal de las sondas de captación y el depósito de inercia por el que partirán las canalizaciones a los colectores de planta del circuito de suelo radiante.
- Planta baja: está integrada por una cocina, un comedor, dos salones y un despacho, un baño y un pasillo. Dispondrá de un colector para suelo radiante situado a la salida del salón principal.
- Planta alta: en ella se encuentran tres dormitorios, dos baños, 2 vestidores y dos salones, un despacho y un pasillo. También dispondrá de un colector de planta ubicado antes de la entrada del dormitorio principal.

Los planos de la vivienda se encuentran adjuntos en el documento PLANOS.

### 12.1.1. Superficies de la vivienda

Las superficies que conforman la vivienda se reflejan en la siguiente tabla:

**Tabla 6 | Superficies que constituyen la vivienda**

<b>Superficies de la vivienda</b>	
Planta Sótano	
Superficie Planta Sótano: 36 m <sup>2</sup>	
Planta Baja	
Comedor	20 m <sup>2</sup>
Cocina	14 m <sup>2</sup>
Baño 1	20 m <sup>2</sup>
Pasillo	20 m <sup>2</sup>
Despacho	16 m <sup>2</sup>
Salón 1	14 m <sup>2</sup>
Salón 2	16 m <sup>2</sup>
Superficie Planta Baja: 200 m <sup>2</sup>	
Planta Alta	
Dormitorio 1	25,5 m <sup>2</sup>
Baño 1	20 m <sup>2</sup>
Vestidor 1	20 m <sup>2</sup>
Despacho 1	20 m <sup>2</sup>
Dormitorio 2	16 m <sup>2</sup>
Vestidor 2	20 m <sup>2</sup>
Baño 2	20 m <sup>2</sup>
Dormitorio 3	25 m <sup>2</sup>
Salón 3	14 m <sup>2</sup>
Salón 4	9 m <sup>2</sup>
Pasillo	20 m <sup>2</sup>
Superficie Planta Alta: 200 m <sup>2</sup>	
<b>Superficie total interior:</b>	
<b>Superficie total parcela: 660 m<sup>2</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia.

### 12.1.2. Clasificación de los espacios

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE), se deben realizar distinciones previas al cálculo de las demandas energéticas de un edificio. Estas distinciones incluyen:

- Clasificación de los espacios: Se deben clasificar los espacios en habitables o no habitables. En el caso de una vivienda de uso privado, todos los espacios se consideran habitables.
- Cálculo de la demanda energética: Los espacios habitables deben clasificarse en función de la cantidad de calor disipada en su interior, teniendo en cuenta la actividad realizada y el período de utilización de cada espacio. En el caso de una vivienda, los espacios se considerarían de baja carga interna, ya que se disipa poco calor y están principalmente destinados a la residencia ocasional o permanente.
- Comprobación de la limitación de condensaciones: Según el CTE, los espacios habitables se caracterizan por un exceso de humedad interior. Siguiendo la clasificación de la norma EN ISO 13788:2002, los espacios de la vivienda se clasificarían como "espacios de clase de higrometría 3 o inferior", lo que indica una alta producción de humedad prevista.

Estas distinciones son relevantes para el cálculo de las demandas energéticas y para garantizar el confort y la calidad del ambiente interior en una vivienda de acuerdo con las normativas establecidas.

### **12.1.3. Cargas térmicas de la vivienda**

El cálculo de las cargas térmicas de un edificio implica determinar la cantidad de calor que se necesita agregar o extraer a un espacio específico, con dimensiones y características particulares, ubicado en una zona geográfica y climática determinada. El objetivo es mantener condiciones óptimas de habitabilidad y confort en el interior del edificio para sus ocupantes.

La temperatura en un edificio, vivienda o local sin sistemas de climatización está directamente relacionada con la temperatura exterior. Si hace frío fuera, también hará frío dentro, y de manera similar, si hace calor afuera y el sol incide directamente en la estructura, hará calor en el interior.

En general, la temperatura ambiente dentro de una vivienda será más alta que la temperatura exterior debido a la radiación solar en techos, paredes y ventanas, así como al calor generado por los ocupantes, iluminación y dispositivos electrónicos.

Es importante tener en cuenta que el calor siempre fluye desde un cuerpo de mayor temperatura hacia uno de menor temperatura, es decir, del más caliente al más frío, buscando igualar su temperatura con el entorno. Por lo tanto, se produce una transferencia de calor a través de paredes, ventanas, suelos, techos y el aire de ventilación, lo que tiende a igualar la temperatura interior con la exterior.

Las condiciones habitables de temperatura establecidas para una vivienda suelen ser entre 21 y 24 °C, mientras que la temperatura del agua caliente sanitaria (ACS) se sitúa en 45 °C. Estas condiciones se utilizan como base para realizar los cálculos necesarios que definirán la instalación requerida.

En Canarias el clima es suave por lo tanto la demanda de calefacción promedio es de 80 W/m<sup>2</sup>. Como la demanda de calefacción suele ser mayor que la demanda de refrigeración se utiliza esta para realizar los cálculos pertinentes.

Debido a que la vivienda es de nueva construcción, se puede considerar que va a disponer de un buen aislamiento térmico dado las exigencias térmicas que existen para edificios de nueva construcción. De esta forma podrá también tener una mejor eficiencia energética, lo que permite un menor consumo de energía.

Según se obtiene en Anexo I “CÁLCULO DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS”

La demanda energética de la vivienda objeto del trabajo es de 13.200 W.

En la siguiente tabla se puede apreciar los valores de carga térmica para cada zona a climatizar de la vivienda según el Anexo I.

Tabla 7 | Resumen cargas térmicas de la vivienda

ESTANCIA	COLECTOR	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	CARGA TÉRMICA (W)	FLUJO TÉRMICO (W/m <sup>2</sup> )
COMEDOR	COLECTOR 1	20	1600	84,2
COCINA	COLECTOR 1	14	1120	88,9
SALÓN 1	COLECTOR 1	25	2000	84,2
SALÓN 2	COLECTOR 1	16	1280	84,2
DESPACHO	COLECTOR 1	16	1280	84,2
DORMITORIO 1	COLECTOR 2	25	2000	84,2
DORMITORIO 2	COLECTOR 2	18	1440	84,2
DORMITORIO 3	COLECTOR 2	16	1280	84,2
SALÓN 3	COLECTOR 2	14	1120	84,2
SALÓN 4	COLECTOR 2	9	720	84,2
DESPACHO 2	COLECTOR 2	7	560	84,2

Fuente: Elaboración propia.

## 12.2. Elección de la bomba de calor intercambiador enterrado

Una vez conocida la demanda energética máxima que necesitará la vivienda para la calefacción, se procede a elegir la bomba de calor geotérmica. En este caso se ha optado por una bomba de calor trifásica de la marca VAILLANT, concretamente el modelo “flexo THERM exclusive VWF 157” que es capaz de producir hasta un máximo de 16 kW en calefacción, potencia superior a los 13,2 kW necesarios para

calefactar la vivienda, y 17,4 kW de potencia frigorífica con unos coeficientes de rendimiento COP de 5,5 para calefacción y 5,9 para refrigeración. Además puede alcanzar caudal de 3,59 m<sup>3</sup>/h lo cual es suficiente para las necesidades térmicas de la vivienda.

Se adjunta la ficha técnica de la bomba de calor:

## flexoTHERM exclusive



**10 AÑOS DE GARANTÍA DEL COMPRESOR**

1.183 x 595 x 600 mm

**ERP**

-  EVI. La mejor tecnología disponible en geotermia
-  Frío/calor. Equipos reversibles
-  Regulador balance de energía
-  Bomba de circulación de alta eficiencia de clase A del circuito de la fuente de calor
-  Bomba de circulación de alta eficiencia de clase A del circuito de calefacción
-  Limitador de corriente de arranque
-  Resistencia adicional de apoyo a la calefacción y protección Legionella
-  Gestión de lectura de temperatura exterior, calefacción y ACS para la gestión integral de la instalación
-  Dispositivo de control remoto por VR 920, para la gestión del equipo vía internet

-  Infimo nivel sonoro, apto ubicación en cocina
-  Circuito de refrigeración totalmente controlado por sensores
-  Puesta en marcha gratuita
-  A++ máxima clasificación energética
-  Válvula diversora para la producción de ACS
-  multiMATIC VRC 700 incluido de serie

### Máxima clasificación energética posible

Sistema flexible: una única referencia para geotermia y para evaporación por aire o agua, mediante combinación de accesorios ad hoc con conexión plug & play. Equipo reversible con producción de agua caliente sanitaria.

Módulo plug & play para refrescamiento gratuito, integrado en el armario de la bomba de calor. Perfecto para hibridación con gestión del coste energético (integración eBus con generadores ecoTEC) o rehabilitación (hasta 65°C), y en sistemas wellCONFORT con recoVAIR, mediante el regulador común, multiMATIC VRC 700.

Equipos silenciosos con gestión del nivel sonoro piHarmonic, mediante el control de la frecuencia para evitar molestias al oído humano. Todo en un moderno diseño para su integración en cualquier espacio de la vivienda.

Modelo	Unidad	VWF 57	VWF 87	VWF 117	VWF 157	VWF 197
Peso en vacío	kg	145	160	168	176	187
Eficiencia energética 35°C/55°C		A++	A++	A++	A++	A++
<b>Pozo cerrado</b>						
Eficiencia energética sistema 55°C		A++	A+++	A+++		
Ref. 230 V + multiMATIC inal.		00 2027 5156	00 2027 5157	00 2027 5158		
Ref. 230 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1528	00 2023 1529	00 2023 1530		
Potencia calorífica <sup>1</sup> /frigorífica <sup>2</sup>	kW	5,8/7,1	9,3/10,2	12,7/15,2		
Coef. de rendimiento COP <sup>1</sup> /EER <sup>2</sup>		4,9/6,3	4,9/5,3	5,2/6,0		
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	930	1.450	1.930		
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.300	2.110	2.870		
Nivel de presión sonora <sup>3</sup>	dB(A)	36	38	41		

Modelo	Unidad	VWF 57	VWF 87	VWF 117	VWF 157	VWF 197
<b>Pozo cerrado</b>						
Eficiencia energética sistema 55°C		A++	A+++	A+++	A+++	A+++
Ref. 400 V + multiMATIC inal.		00 2027 5159	00 2027 5160	00 2027 5161	00 2027 5162	00 2027 5163
Ref. 400 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1520	00 2023 1521	00 2023 1522	00 2023 1523	00 2023 1524
Potencia calorífica <sup>1</sup> /frigorífica <sup>2</sup>	kW	5,9/7,1	9,8/9,2	12,4/15,8	16,0/17,4	22,0/24,1
Coef. de rendimiento COP <sup>1</sup> /EER <sup>2</sup>		5,2/6,4	5,6/5,2	5,6/6,9	5,5/5,9	5,3/5,5
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	920	1.530	1.960	2.450	3.320
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.290	2.320	3.000	3.590	4.780
Nivel de presión sonora <sup>3</sup>	dB(A)	32	34	37	42	40
<b>Pozo abierto + fluoCOLLECT</b>						
Eficiencia energética sistema 55°C		A+++	A+++	A+++	A+++	A+++
Ref. 230 V + multiMATIC inal.		00 2027 5164	00 2027 5165	00 2027 5166	No disponible en monofásico	
Ref. 230 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1542	00 2023 1543	00 2023 1544		
Potencia calorífica <sup>4</sup> /frigorífica <sup>2</sup>	kW	5,9/6,9	9,9/10,3	13,1/14,5		
Coef. de rendimiento COP <sup>4</sup> /EER <sup>2</sup>		4,6/5,2	4,6/4,7	4,7/4,8		
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	1.025	1.730	2.270		
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.300	2.160	3.100		
Nivel de presión sonora <sup>3</sup>	dB(A)	35	39	42		
Ref. 400 V + multiMATIC inal.		00 2027 5167	00 2027 5168	00 2027 5169	00 2027 5170	00 2027 5171
Ref. 400 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1534	00 2023 1535	00 2023 1536	00 2023 1537	00 2023 1538
Potencia calorífica <sup>4</sup> /frigorífica <sup>2</sup>	kW	6,4/7,0	10,0/9,4	12,9/15,5	16,8/18,1	23,0/23,8
Coef. de rendimiento COP <sup>4</sup> /EER <sup>2</sup>		4,8/5,3	5,2/4,7	5,1/5,6	5,4/5,0	5,2/4,7
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	1.100	1.720	2.170	2.920	3.990
Caudal nominal circuito captadores	l/h	1.450	2.240	3.520	4.540	5.480
Nivel de presión sonora <sup>3</sup>	dB(A)	33	40	37	42	43
Intercamb. aire-agua aroCOLLECT*		1x VML 11 SA	1x VML 11 SA	1x VML 11 SA	2x VML 11 SA	2x VML 11 SA
Eficiencia energética sistema 55°C		A++	A++	A++	A++	A++
Ref. 400 V + multiMATIC inal.		00 2027 5172	00 2027 5173	00 2027 5174	00 2027 5175	00 2027 5176
Ref. 400 V + multiMATIC cabl.		00 2023 1548	00 2023 1549	00 2023 1550	00 2023 1551	00 2023 1552
Potencia calorífica <sup>5</sup> /frigorífica <sup>6</sup>	kW	6,2/6,6	8,8/8,6	11,5/12,1	15,3/15,8	19,8/22,3
Coef. de rendimiento COP <sup>5</sup> /EER <sup>6</sup>		4,8/4,3	4,6/3,2	4,6/3,4	4,8/3,9	4,4/3,4
Caudal nominal circuito calefacción	l/h	1.070	1.510	1.990	2.650	3.440
Presión sonora unidad interior <sup>3</sup>	dB(A)	32	38	36	41	40
Presión sonora ud. ext. aroCOLLECT <sup>3</sup>	dB(A)	35	43	48	45	48

Figura 27 | Ficha técnica de la bomba de calor VAILLANT flexo THERM exclusive VWF 157

### 12.3. Perforación de sondeos

Para acceder al recurso energético de origen térmico es necesario realizar perforaciones. Se va a optar por un sistema de captación vertical, que va a consistir en 3 perforaciones verticales con profundidades de 120 metros en las que se introducen los captadores, sondas de PE100 de 40 mm de diámetro y PN16, de

simple U, y colector de 90 mm de diámetro con 3 salidas de 40 mm de diámetro y una entrada de 40 mm.

La localización de los mismos está reflejada en el plano GE-1.

Este tipo de instalación requiere muy poca superficie disponible y su rendimiento es alto, comparado, por ejemplo, con el de colectores horizontales. Como desventaja se encuentra el coste, debido a la necesidad de llevar a cabo las perforaciones verticales.

El procedimiento que se sigue para la perforación de los sondeos geotérmicos es prácticamente el mismo que para un sondeo de captación de aguas subterráneas, con la diferencia de que este último requiere un diámetro bastante superior.

Los métodos utilizados actualmente en la perforación para el alumbramiento de aguas subterráneas son los siguientes:

- Perforación por percusión (consiste en elevar un útil pesado "trépano" y dejarle caer sobre la roca a perforar)
- Perforación rotatoria (consiste en aplicar energía al terreno haciendo rotar un útil de corte o destroza junto a la acción de una fuerza de empuje)
- Perforación a rotopercusión (es la combinación de las dos anteriores)

El sistema elegido para la instalación de este proyecto será la perforación rotatoria, en concreto la doble rotación, que es empleado por los equipos específicos para la instalación de sondas geotérmicas.

Estos equipos permiten garantizar las profundidades necesarias para optimizar rendimientos del sistema en cualquier tipo de terreno y abaratar el coste de perforación.

Constan de una doble cabeza de rotación, con dos unidades que giran en sentido contrario. La unidad superior arrastra el varillaje interior con el martillo de fondo, o con una herramienta de corte, mientras que la unidad inferior arrastra la tubería de revestimiento del sondeo de forma simultánea.

Van dotadas de triple mordaza, para facilitar la manipulación y extracción de la tubería de revestimiento y de un sistema de evacuación de detritos.

La máquina perforadora elegida es la Comacchio MC900P. Se trata de un equipo especialmente diseñado para geotermia, capaz de perforar independientemente de las formaciones a atravesar, hasta profundidades superiores a 300 metros y 150 metros con revestimiento simultáneo.



Figura 28 | Equipo de perforación Comacchio MC 900P.

Fuente: <https://www.geotermiavertical.es/perforacion-geotermica/>

Dispone de herramientas adaptadas para optimizar el proceso e introducir las sondas geotérmicas.

#### **12.4. Instalación de suelo radiante**

La solución adoptada para climatizar la vivienda mediante la captación de energía del terreno es la instalación de suelo radiante en las diferentes estancias que componen la vivienda.

La instalación del suelo radiante influye directamente sobre la eficiencia del sistema de energía geotérmica ya que a menor distancia entre tubo y tubo, mayor potencia calorífica se obtiene, lo hace posible obtener potencias caloríficas elevadas con bajas temperaturas de agua en los tubos del suelo radiante. De esta forma, aumenta considerablemente el rendimiento de la instalación geotérmica.

Dicha instalación estará compuesta por 2 armarios colectores, uno en la planta baja y otro en la planta alta, con 9 y 10 circuitos respectivamente, que acometerán cada una de las estancias de la vivienda a excepción de los baños.

En la planta sótano estará ubicada la bomba y el colector de impulsión /retorno de los circuitos de suelo radiante, desde el depósito de inercia. El replanteo se puede ver en los correspondientes planos del proyecto.

Para la elaboración de los cálculos y dimensiones de la instalación se ha empleado el programa de cálculo de instalaciones de suelo radiante, "ALPHA 3". El programa está elaborado por la "Confederación Nacional de Instaladores" (CNI) y se rige según la norma UNE EN 1264 (*Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies*).

Para las consideraciones de cálculo se ha estimado que el material de solado de acabado de la vivienda es de Parquet de 15 mm de espesor para todas las estancias excepto para la cocina y el comedor que se ha considerado cerámica como material de suelo.

También se ha considerado que el elemento estructural del suelo está formado por una Losa de 15 cm, con aislante de PROFITHERM 40/70-7,5 y que el acabado de la estancia inferior es XPS 30 mm. Con estos parámetros se ha calculado la temperatura de solado, que nunca será superior a 29 °C, cubriendo siempre la demanda por encima del 100% para cada estancia tal y como se puede observar en las tablas del anexo de cálculo.

El recubrimiento de los tubos de los circuitos de suelo radiante será de cemento con un espesor medio de 5 cm.

La temperatura de impulsión resultante para garantizar las necesidades térmicas de la instalación es de 48,9 °C.

En la siguiente tabla se reflejan los resultados de cálculo:

**Tabla 8 | Resumen cálculos instalación suelo radiante**

Colector	Circuito	Estancia	Temp. Impulsión (°C)	Temp. Suelo (°C)	Salto Impulsión-Retorno (°C)	Paso de tubos (cm)	Potencia requerida (W)	Potencia emitida (W)	Demanda cubierta (%)	Longitud circuito (m)	Distancia colector-estancia (m)
COLECTOR 1	C1.1-C1.2	COMEDOR	40	27,9	5	15	1600	1685,1	105%	155	7
COLECTOR 1	C2	COCINA	40	27,9	5	15	1120	1117,5	100%	98	7
COLECTOR 1	C3.1-C3.2	SALÓN 1	40	27,9	5	15	2000	2106,3	105%	162	1
COLECTOR 1	C4.1-C4.2	SALÓN 2	40	27,9	5	15	1280	1348,1	105%	115	7
COLECTOR 1	C5.1 - C5.2	DESPACHO 1	40	27,9	5	15	1280	1348,1	105%	113	6
COLECTOR 2	C6.1 - C6.2- C6.3	DORMITORIO 1	40	27,8	6	7,5	2000	2058,9	103%	337	5
COLECTOR 2	C7.1-C7.2	DORMITORIO 2	40	27,9	5	15	1440	1516,6	105%	138	6
COLECTOR 2	C8.1-C8.2	DORMITORIO 3	40	27,9	5	15	1280	1348,1	105%	113	6
COLECTOR 2	C9	SALÓN 3	40	27,9	5	15	1120	1179,5	105%	95	3
COLECTOR 2	C10	SALÓN 4	40	27,9	5	15	720	758,3	105%	61	2
COLECTOR 2	C11	DESPACHO 2	40	27,9	5	15	560	589,8	105%	52	4

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de cálculos de colectores y capacidad de inercia:

Tabla 9 | Resumen resultados cálculos colectores e inercia instalación de suelo radiante

COLECTOR 1	
PLANTA	BAJA
Nº CIRCUITOS	9
CAUDAL COLECTOR	1.712,7 l/h
PÉRDIDAS DE CARGA COLECTOR	1,7 m.c.a
LONGITUD TUBERÍA A COLECTOR	6 m
MATERIAL TUBERÍA	Multicapa
DIÁMETRO	32 mm
PÉRDIDAS DE CARGA TUBERÍAS	0,6 m.c.a

BOMBA 1	
CAUDAL	1.712,7 l/h
PÉRDIDAS DE CARGA	2,3 m.c.a
DIÁMETRO TUBERÍA	32 mm
MATERIAL TUBERÍA	Multicapa

COLECTOR 2	
PLANTA	ALTA
Nº CIRCUITOS	10
CAUDAL COLECTOR	1.698,2 l/h
PÉRDIDAS DE CARGA COLECTOR	2,3 m.c.a
LONGITUD TUBERÍA A COLECTOR	10 m
MATERIAL TUBERÍA	Multicapa
DIÁMETRO	32 mm
PÉRDIDAS DE CARGA TUBERÍAS	0,9 m.c.a

BOMBA 2	
CAUDAL	1.698,2 l/h
PÉRDIDAS DE CARGA	3,2 m.c.a
DIÁMETRO TUBERÍA	32 mm
MATERIAL TUBERÍA	Multicapa

CAPACIDAD DE INERCIA Y OTROS	
DEPÓSITO DE INERCIA	60,0 L
CONTENIDO TOTAL DE AGUA	329,3 L
VASO DE EXPANSIÓN MÍN.	13,3 L
POTENCIA EMITIDA SUELO	17,8 kW
CAUDAL TOTAL	3.410,9 l/h
PÉRDIDA DE CARGA	3,2 m.c.a
LONGITUD TUBERÍAS	1,428 m
DIÁMETROS TUB. CIRCUITOS	20 mm

Fuente: Elaboración propia.

#### 12.4.1. Elección de la bomba de impulsión de suelo radiante

Se elegido una bomba de circulación de la marca FERCO, concretamente el modelo FLPA32/8P que básicamente es un grupo de mezcla con una válvula de 3 vías

automática, una bomba circuladora y dos válvulas con termómetro una para impulsión y otra para retorno (0-80 °C), todo ello ya prefabricado.

La temperatura máxima del fluido que soporta el grupo son 110 °C y la presión nominal de 10 bar. Los diámetros de de las tuberías de impulsión y de retorno son de 32 mm.

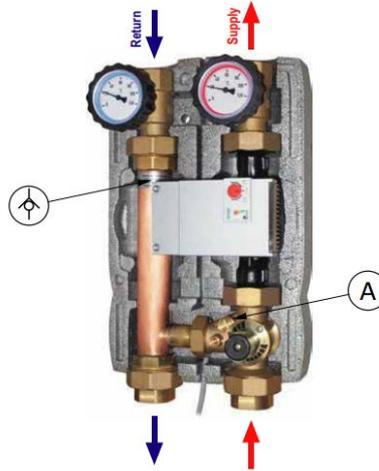


Figura 29 | Grupo de bombeo Ferco FLPA32/8P.

Fuente: <https://www.fercofloor.com/suelo-radiante/grupos-de-bombeo>

Este grupo permite llegar hasta un caudal de 4,2 m<sup>3</sup>/h con unas pérdidas de carga por columna de agua de hasta 8 m.c.a. lo cual óptimo para el presente proyecto debido a que tal y como se refleja en las tablas de los colectores de suelo radiante el caudal máximo de trabajo será de 3.410,9 m<sup>3</sup>/h con 5,5 m.c.a. total.

Se adjunta curva de la bomba:

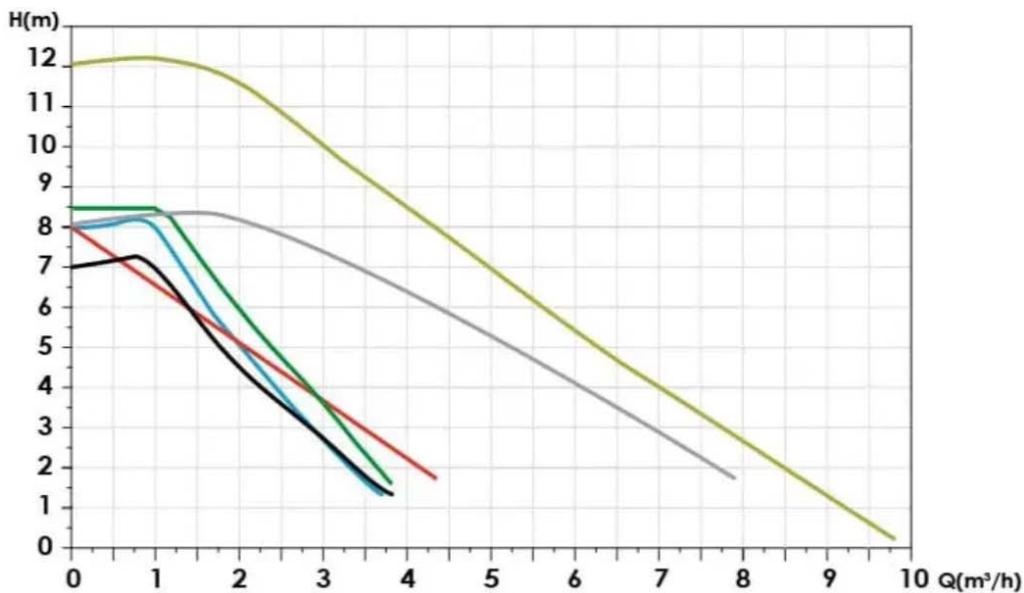


Figura 30 | Curva de trabajo grupo de bombeo Ferco FLPA32/8P

## **12.5. Instalación eléctrica**

### **12.5.1. Alcance**

En este apartado se describe la instalación de electricidad que alimenta a los equipos de la sala de máquinas que componen la instalación geotérmica objeto de este Proyecto. Por tanto el contenido del Proyecto se limita exclusivamente, dentro de las instalaciones interiores de la vivienda, a las de la planta sótano y lo que concierne a los equipos mencionados.

En lo que respecta a la Guía de contenidos mínimos en los proyectos de instalaciones receptoras de B.T., (Anexo IX del Decreto 161/2006, de 8 de noviembre, que regula la autorización, conexión y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias), no son de aplicación, los siguientes apartados:

1.7.2. Centro de Transformación.

1.7.5. Acometida.

1.7.6. Caja general de protección (CGP).

1.7.7. Caja general de protección y medida (CPM).

1.7.8. Interruptor de protección contra incendios (IPI).

1.7.9. Línea general de alimentación (LGA)

1.7.15. Instalación de uso común.

1.7.17. Instalaciones en garajes y establecimientos ATEX.

1.7.19. Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes.

1.7.20. Instalaciones de alumbrado exterior, (descripción, ubicación y cálculo).

1.7.22. Locales afectos a un servicio eléctrico.

1.7.23. Aparatos de caldeo.

1.7.24. Cables y folios radiantes en viviendas.

1.7.25. Aire Acondicionado.

1.7.27. Instalaciones eléctricas en muebles.

1.7.28. Instalaciones de bañeras de hidromasajes, cabinas de duchas y aparatos análogos.

1.7.29. Instalaciones de sistemas de automatización.

1.7.31. Sistema de protección frente al rayo.

1.7.32. Equipos de corrección de energía reactiva.

1.7.33. Suministro de energía fotovoltaica.

## 12.5.2. Descripción de la instalación

La instalación eléctrica proyectada tiene su origen en el cuadro eléctrico general de la vivienda, el cual no es objeto de este proyecto, se preverá una salida a un nuevo cuadro denominado “Sala de máquinas” que albergará los equipos que sí son objeto del trabajo, así como previsión de alumbrado normal, de emergencia y tomas de corriente a modo de previsión de la mencionada sala de máquinas.

Se entiende por consiguiente que el resto de la instalación eléctrica de la vivienda cuenta con las protecciones tanto como contra contactos indirectos, como directos, protecciones frente a sobretensiones y frente a sobrecargas y sobreintensidades. Y que dicha instalación contará con una puesta a tierra conforme a la normativa actual.

Los conductores que se empleen en la instalación serán de cobre electrolítico con aislamiento especial libre de halógenos ZH, tipo RZ1-K 0,6/1 KV o H07Z1-K 450/750V, (Cca-s1b, d1, a1 según clasificación CPR), bajo tubo protector capaz de resistir después de su colocación fuertes presiones y golpes repetidos, ofreciendo una resistencia a la penetración de objetos puntiagudos, teniendo un grado de protección contra los daños mecánicos 7 ó 9, según Norma UNE 20.324.

La sección de los conductores se ha calculado teniendo en cuenta el apartado 2.2.2. de la Instrucción ITC-BT 19 y el 3.2 de la ITC-BT 47.

Los conductores empleados serán unipolares y de distintos colores para las fases, (negro, marrón y gris), empleándose el azul para el neutro.

La intensidad máxima de servicio normal permitida para cada sección viene fijada por la tabla C.52.1 (UNE-HD 603645-52) de la Instrucción ITC-BT 19.

En cuanto a la caída de tensión, se han considerado las ITC-BT-14 e ITC-BT-15 para las instalaciones de enlace y la ITC-BT-19 para la instalación interior. Al compensarse la caída de tensión de la Derivación individual con las de la instalación interior, la caída máxima para alumbrado será de  $1.5+3=4.5\%$  y para otros usos de  $1.5+5=6.5\%$ , medida desde el CBT del Centro de Transformación acumulando por tramos.

Los empalmes y derivaciones de los conductores se realizarán en cajas de derivación o registro estancas mediante regletas de conexión, no pudiéndose realizar éstos por retorcimiento.

Los tubos protectores serán corrugados y empotrados en las paredes o por falso techo colocados con grapas al mismo. El diámetro de los tubos viene dado por la tabla 2 de la ITC-BT-21.

En la elección de canalizaciones se ha tenido en cuenta el análisis de influencias externas.

En toda la instalación se ha previsto utilizar conductores con aislamiento ZH libre de halógenos y no propagador de la llama, tipo H07Z1-K 450/750 V y RZ1-K, 0,6/1 kV,

(Cca-s1b, d1, a1 según clasificación CPR), en la totalidad de los circuitos, tal como exige el REBT.

En cuanto a la canalización del cableado se ha proyectado bajo tubo visto de PVC con diámetros definidos en las tablas de cálculos, véase Anexo.

En el diseño de la instalación se ha tenido en cuenta todo lo preceptuado en la Instrucción ITC-BT-25 al tratarse de una vivienda.

Tanto los circuitos de fuerza como de alumbrado normal y de emergencia aparecen reflejados en el plano de planta correspondiente, así como en el esquema eléctrico.

La potencia eléctrica instalada, correspondiente al subcuadro de “Sala de Máquinas” asciende a **5.896 W**.

En el ANEXO II CÁLCULOS DE POTENCIAS Y LÍNEAS ELÉCTRICAS, se adjunta un cálculo desglosado de dicho cuadro con sus receptores. La potencia prevista se calcula aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,80.

### **12.5.3. Alumbrado normal**

Las características y posición de los diferentes tipos de luminarias pueden consultarse en planos. Se cumplirá con lo establecido en la sección del CTE-DB-HE-3 Eficiencia Energética de las instalaciones de iluminación. En el ANEXO II CÁLCULOS DE POTENCIAS Y LÍNEAS ELÉCTRICAS se justifica que los niveles de iluminación proporcionados por la instalación de alumbrado proyectada satisfacen los requisitos reglamentarios, incluyendo los niveles mínimos según la Norma UNE 12464.1.

Las luminarias serán de lámparas LED con el fin de ahorrar energía.

La distribución de alumbrado se realizará con tubos vistos de PVC rígidos en el techo del sótano de la vivienda.

### **12.5.4. Alumbrado de emergencia**

La planta sótano contará con alumbrado de emergencia con alimentación automática de corte breve, que cumplirá la función de alumbrado de seguridad para la evacuación fácil y segura de los ocupantes.

Este alumbrado se proyecta mediante luminarias autónomas, con baterías de 1 hora de duración, conectadas a la red eléctrica mediante circuitos independientes. Dichas luminarias cumplirán lo establecido tanto en el CTE como en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

En particular, proporcionarán 1 lux en los ejes de los recorridos de evacuación, 0,5 lux en el resto de las zonas hasta 1 m de altura y 5 lux junto a los medios manuales

de lucha contra el fuego o en los cuadros eléctricos. Entrarán en funcionamiento a una tensión inferior al 70% de la nominal.

El alumbrado de emergencia y señalización estará conectado a la red eléctrica mediante circuitos independientes.

Su distribución y tipos se indican en planos; su justificación se muestra en el ANEXO II CÁLCULOS DE POTENCIAS Y LÍNEAS ELÉCTRICAS.

## **13. CONSIDERACIONES EN LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

En la ejecución de los intercambiadores de calor verticales, se deberán tener en cuenta una serie de aspectos. En primer lugar, se deben determinar los accesos a la obra, delimitar el espacio para acopio del material, tener en cuenta las necesidades de agua y energía y planificar correctamente la gestión de lodos, detritus y agua extraída de la perforación.

Además, se realizará el replanteo de las perforaciones quedando consignado los siguientes datos:

- Ubicación de las perforaciones (plano de planta)
- Sección y profundidad y previsión de acuíferos atravesados durante la perforación
- Tipo de relleno

### **13.1. Ejecución y relleno de zanja para intercambiadores verticales**

En el diseño del trabajo, se evitará en lo posible ubicar la instalación del intercambiador en la zona de afección de otros servicios enterrados. Cuando esto no sea posible, se tomarán las siguientes precauciones:

- El cruce de otros servicios con tuberías del intercambiador siempre será superior, de forma que, si se tuvieran que realizar trabajos de reparación de éstos, nunca quedará al descubierto la tubería de intercambiador enterrado. La distancia entre la generatriz superior de la tubería geotérmica y la generatriz inferior del otro servicio será superior a 40 cm, siendo recomendable interponer entre ambos servicios elementos de protección como pueden ser placas de polipropileno.
- En el paralelismo con otros servicios se mantendrá una distancia superior a 40 cm entre generatrices. Los casos de paralelismo nunca podrán darse en el interior de la configuración del intercambiador, es decir, nunca se podrá

interponer una tubería de otro servicio entre los colectores de ida y retorno de la instalación geotérmica.

La ejecución necesaria requiere una retirada previa de la capa vegetal (si la hubiese). Además, se debe realizar una limpieza del fondo y las paredes de la zanja, para evitar cualquier daño a las tuberías. Se deben realizar en las tuberías las pruebas correspondientes para detectar posibles errores, cortes, torceduras, ... El relleno de arena posterior a la instalación de la tubería para cubrirla se realizará en varias pasadas del modo más uniforme posible, compactando, limpiando suciedad y bolos y allanando cada capa. Por último, se señala el trazado de la tubería mediante una cinta plástica y se rellena con materiales procedentes de la excavación previamente seleccionados (sin cantos punzantes, con diámetros inferiores a 5 cm, etc.), procurando obtener la máxima compactación posible.

### 13.2. Pruebas de presión en las sondas verticales

Una vez introducidas las sondas de presión en las perforaciones y antes de proceder al relleno de estas se realizan las correspondientes pruebas de presión. Para ello, en primer lugar, se limpia el interior de las tuberías con agua a presión hasta que el agua salga transparente en vez de blanca. Se deben emplear diferentes caudales en función de los diámetros de sondas empleados:

Tabla 10 | Caudales de purgado (tubería PE<sub>100</sub>)

DN (mm)	Q (m <sup>3</sup> /h)
25	0,7
32	1,2
40	1,8

Fuente: Elaboración propia.

Luego se realiza una prueba conjunta de estanqueidad y resistencia en cada sonda geotérmica que durará una hora. En ella, la presión debe ser como mínimo 3 veces la presión de servicio y como máximo el 80% de la presión nominal de la tubería. Además, la caída de presión máxima admisible será del 3%.

## 14. PLANIFICACION (DIAGRAMA DE GANTT)

El siguiente diagrama de Gantt muestra la duración de cada actividad de la instalación y la relación de inicio-fin entre ellas. Además, se indican las actividades

precedentes, definiendo claramente el orden de las tareas para una mejor planificación de la obra.

Tabla 11 | Diagrama de Gantt

PROYECTO	PRIMER MES				SEGUNDO MES			
	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana
Estudio de viabilidad	■	■						
Compra de materiales		■	■					
Obra Civil			■					
<b>FASE I: INSTALACIÓN GEOTÉRMICA</b>								
Perforaciones del terreno			■	■				
Canalizaciones				■				
Obra Civil				■	■			
Instalación equipos				■	■			
Pruebas y puesta en marcha					■			
<b>FASE II: SUELO RADIANTE</b>								
Montaje de tuberías y aislamientos				■	■	■		
Montaje de colectores					■	■		
Instalación de bomba de calor						■		
Pruebas hidráulicas						■	■	
Regulación y control						■	■	
Instalación eléctrica							■	■
Puesta en marcha							■	■

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración del diagrama se ha tenido en cuenta jornadas laborales de 8 horas.

## 15. RESUMEN DE PRESUPUESTO

### RESUMEN PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL

CAPITULO	IMPORTE
1	
1.1 INSTALACIÓN GEOTÉRMIA	52.093,78
1.2 INSTALACIÓN SUELO RADIANTE	9.666,61
1.3 SISTEMA DE INERCIA Y VALVUELRÍA SALA MÁQUINAS	1.034,38
1.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	3.409,81
1.5 SEGURIDAD Y SALUD	902,80
1.6 VARIOS	110,24
TOTAL 1 .....	67.217,62
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL</b>	<b>67.217,62€</b>
<b>GASTOS GENERALES (17%)</b>	<b>11.426,99€</b>
<b>BENEFICIO INDUSTRIAL (7%)</b>	<b>4.705,23€</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>83.349,84€</b>
<b>IGIC (7%)</b>	<b>5.834,48€</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>89.184,32€</b>

Se adjunta presupuesto total del Proyecto que asciende a la cantidad de **OCHENTA Y NUEVE MIL CIENTO OCHENTA Y CUATRO EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS (89.184,32 €)**.

## 16. ORDEN DE PRIORIDAD EN DOCUMENTOS

Frente a posibles discrepancias que se pueden originar en el presente Proyecto o en la ejecución del mismo, y siguiendo las indicaciones de la norma UNE 157001 “Criterios Generales para la Elaboración de Proyectos” concretamente en el punto 10 del apartado “6. Memoria”, el orden de prioridad de documentos básicos para el presente Proyecto será:

- 5.1.1.1. Planos
- 5.1.1.2. Pliego de Condiciones
- 5.1.1.3. Presupuesto
- 5.1.1.4. Memoria

# ANEXOS

# **ANEXO I**

# **CÁLCULO DE LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS**

## INDICE ANEXO I

<b>3. OBJETO.....</b>	<b>Anexo I.2</b>
<b>4. NORMATIVA.....</b>	<b>Anexo I.2</b>
4.1. Cálculos de la demanda energética de la vivienda.....	Anexo I.2

## 1. OBJETO

El objeto del presente anexo es el cálculo de la demanda energética que sirva de base para el posterior cálculo de la instalación geotérmica para climatizar la vivienda unifamiliar objeto del presente trabajo, de acuerdo con la normativa vigente.

## 2. NORMATIVA

### 2.1. Cálculos de la demanda energética de la vivienda

La vivienda cuya demanda energética se calcula en este anexo está distribuida según las superficies que aparecen en la tabla 1

Tabla I.1 | Superficies que constituyen la vivienda

Superficies de la vivienda	
Planta Baja	
Comedor	20 m <sup>2</sup>
Cocina	14 m <sup>2</sup>
Baño 1	20 m <sup>2</sup>
Pasillo	20 m <sup>2</sup>
Despacho	16 m <sup>2</sup>
Salón 1	14 m <sup>2</sup>
Salón 2	16 m <sup>2</sup>
Superficie Planta Baja: 200 m <sup>2</sup>	
Planta Alta	
Dormitorio 1	25,5 m <sup>2</sup>
Baño 1	20 m <sup>2</sup>
Vestidor 1	20 m <sup>2</sup>
Despacho 1	20 m <sup>2</sup>
Dormitorio 2	16 m <sup>2</sup>

Vestidor 2	20 m <sup>2</sup>
Baño 2	20 m <sup>2</sup>
Dormitorio 3	25 m <sup>2</sup>
Salón 3	14 m <sup>2</sup>
Salón 4	9 m <sup>2</sup>
Pasillo	20 m <sup>2</sup>
Superficie Planta Alta: 200 m <sup>2</sup>	
<b>Superficie total interior:</b>	
<b>Superficie total parcela: 660 m<sup>2</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia.

Se ha optado por utilizar un método simplificado y aproximado para calcular el valor promedio de la demanda energética de la vivienda según los parámetros que se verán a continuación.

La fórmula para calcular la demanda energética de la vivienda quedaría representada por la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda energética (W)} = A \times B \times C \times D \times 80$$

Donde:

- A: es el área total que se requiere aclimatar.
- B: es la orientación de la vivienda, que se rige por los siguientes valores:
  - Norte = 1,12
  - Este = 1
  - Sur = 0,92
  - Oeste = 1
- C: es el valor de aislamiento, en función de:
  - Buen aislamiento = 0,93
  - Aislamiento sencillo = 1
  - Sin aislamiento = 1,10

- D: es la zona climática donde se encuentre ubicada la vivienda según el CTE.  
De tal forma sería para:
  - Zona A = 0,88
  - Zona B = 0,95
  - Zona C = 1,04
  - Zona D = 1,12
  - Zona E = 1,16
  
- 80 W/m<sup>2</sup> correspondiente al valor de una vivienda con aislamiento medio.

Debido a que la vivienda es de nueva construcción, se puede considerar que va a disponer de un buen aislamiento térmico dado las exigencias térmicas que existen para edificios de nueva construcción.

Por tanto, para este caso resultaría:

$$\text{Demanda energética} = 180 \times 1,12 \times 0,93 \times 0,88 \times 80 = \mathbf{13.200 \text{ W.}}$$

## **ANEXO II**

# **CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA**

## INDICE ANEXO II

<b>1. OBJETO.....</b>	<b>Anexo II.2</b>
<b>2. NORMATIVA.....</b>	<b>Anexo II.2</b>
<b>3. CÁLCULOS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR ENTERRADO</b> <b>.....</b>	<b>Anexo II.3</b>
3.1. Elección de los diámetros de tubería.....	Anexo II.3
3.2. Cálculo de la temperatura máxima y mínima del terreno.....	Anexo II.5
3.3. Cálculo de las temperaturas máximas y mínimas de entrada del fluido a la bomba de calor.....	Anexo II.6
3.4. Cálculo de diferencia de temperatura entre la tierra y el circuito .....	Anexo II.7
3.5. Cálculo de la resistencia de los tubos al flujo de calor.....	Anexo II.7
3.6. Cálculo de factor de utilización.....	Anexo II.8
3.7. Cálculo de la longitud del intercambiador Enterrado.....	Anexo II.9
<b>4. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE SUELO</b> <b>RADIANTE.....</b>	<b>Anexo</b> <b>II.10</b>
4.1. Cálculo de la longitud del intercambiador enterrado.....	Anexo II.18

## 1. OBJETO

El objeto del presente anexo es calcular y dimensionar la instalación de calor geotérmica objeto de este trabajo de acuerdo con la normativa vigente.

## 2. NORMATIVA

La instalación se ajustará a la legislación vigente y, en particular, a las Normas y Reglamentos que se indican a continuación:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, con su última modificación de Real Decreto 178/2021.
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la certificación de Eficiencia Energética de edificios de nueva construcción, (BOE núm. 27, de 31 de enero de 2007).
- 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.
- Resolución de 15 de julio de 1981 Diversos materiales aislantes térmicos. Sello INCE. BOE 11/09/81.
- Resolución de 25 de febrero de 1983. Complemento de las disposiciones reguladoras. Acristalamientos aislantes térmicos. Modifica la Resolución de 15/07/81. BOE 09/03/83.
- Orden de 25 de junio de 1984 del Ministerio de Industria y Energía Instalación equipos medida en instalaciones térmicas.
- Orden de 31 de mayo de 1985, del Ministerio de Industria y Energía, (BOE núm. 148, 21/06/1985), por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP11, del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente, fabricados en serie.
- Orden de 31 de mayo de 1985, del Ministerio de Industria y Energía, (BOE núm. 147, 20/06/1985), por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP12 del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a calderas de agua caliente.

- 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.
- Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre de 2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, (deroga el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio).
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición.
- Normas UNE de aplicación.
- Ordenanzas municipales.

### **3. CÁLCULOS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR ENTERRADO**

Para poder calcular y dimensionar el intercambiador de calor enterrado, se ha seguido en todo momento el apartado 5 de la Guía Técnica de Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado, realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

#### **3.1. Elección de los diámetros de tuberías**

Para seleccionar los diámetros adecuados de las tuberías se debe de tener en cuenta la caída de presión y el funcionamiento térmico.

Las tuberías deben ser lo suficientemente grandes para que las pérdidas de carga sean lo menos posible, lo que conlleva menor velocidad de bombeo, y lo suficientemente pequeñas para asegurar altas velocidades y garantizar turbulencia del fluido dentro del tubo, debido a que cuanto mayor sea la turbulencia mayor será el intercambio térmico.

La unidad adimensional que garantiza si el flujo es turbulento o laminar, es el número de Reynolds ( $Re$ ), y viene definida por la siguiente expresión:

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \vartheta \cdot D} > 2300$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s).

D = Diámetro del tubo (m).

$\vartheta$  = Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s).

Los diámetros comerciales de las sondas varían entre 32 o 40 mm de diámetro, ya que son valores normalizados. Para este caso se elegirán tuberías de Polietileno PE100 de 40 mm diámetro nominal y con una presión nominal de 16 Newton, siendo su diámetro interior según la siguiente tabla de 32,6 mm.

Tabla II.1 | Principales características de las tuberías PE<sub>100</sub>

Tubería HDPE PE 100							
Diámetro Nominal D (mm)	Diámetro Nominal Equivalente (pulgadas)	Relación dimensional estándar SDR					
		SDR 27,6	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9
		PRESIÓN NOMINAL PN					
		PN 6	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20
Espesor mínimo (mm)							
16	3/8	-	-	-	-	-	2,3
20	1/2	-	-	-	-	-	2,3
25	3/4	-	-	-	-	2,3	2,8
32	1	-	-	2,3	2,4	3	3,6
40	1 1/4	-	2,3	2,4	3	3,7	4,5
50	1 1/2	2,3	2,4	3	3,7	4,6	5,6
63	2	2,3	3	3,8	4,7	5,8	7,1
75	2 1/2	2,8	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4
90	3	3,6	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1
110	4	4	5,3	6,6	8,1	10	12,3
125	5	4,6	6	7,4	9,2	11,4	14
140	5 1/2	5,1	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7

Fuente: Guía técnica IDAE: Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado.

Con estos valores, el número de Reynolds será:

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \vartheta \cdot D} > 2300 \quad D = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \vartheta \cdot Re} = \frac{4 \cdot 0,009583}{\pi \cdot 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0326} = 35.989,50 > 2300$$

Como se puede observar este valor es mucho mayor que 2300 reynolds, por lo tanto se garantiza estar trabajando en régimen turbulento lo que implica una mayor transmisión de energía térmica.

### 3.2. Cálculo de la temperatura máxima y mínima del terreno

Haciendo uso de las siguientes ecuaciones se puede determinar las temperaturas máximas ( $T_H$ ) y las temperaturas mínimas ( $T_S$ ) del terreno que ocurren durante el ciclo anual para cualquier profundidad ( $X_S$ ).

$$T_L(X_S) = T_m - A_S \cdot e^{(-X_S \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}})}$$

$$T_H(X_S) = T_m + A_S \cdot e^{(-X_S \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}})}$$

La temperatura media del terreno ( $T_m$ ) se puede asumir como la temperatura seca media anual del lugar, la amplitud anual de la temperatura media diaria ( $A_S$ ) se puede determinar a partir de datos tabulares para localizaciones geográficas específicas, en los sistemas verticales se puede considerar igual a 0, y los valores de la difusividad térmica del terreno ( $\alpha$ ) dependen del tipo de suelo y del contenido de agua.

Para este caso al tratarse de un sistema de captación vertical se puede considerar la amplitud anual de la temperatura media diaria 0, y por tanto la temperatura máxima y mínima sería igual a la temperatura media, que según la AEMET:

$$T_L(X_S) = T_m = 17,12 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_H(X_S) = T_m = 17,12 \text{ }^\circ\text{C}$$

Por lo tanto, se puede concluir que la temperatura media del terreno, tanto para el cálculo en valores mínimos y máximos, es igual a la temperatura seca media anual que es de 17,12 °C.

### 3.3. Cálculo de las temperaturas máximas y mínimas de entrada del fluido a la bomba de calor

Para poder calcular las temperaturas de entrada a la bomba de calor se debe tener en cuenta los rangos de temperatura de operación de la bomba, la potencia de esta, el COP, el caudal y el calor específico del agua, tanto como para funcionamiento en calefacción como en refrigeración.

$$T_{\text{salida,c}} = T_{\text{entrada,c}} - \frac{1.000 \cdot P_c \cdot \frac{COP_c - 1}{COP_c}}{C_p \cdot (Q/3.600)}$$

$$T_{\text{salida,f}} = T_{\text{entrada,f}} + \frac{1.000 \cdot P_c \cdot \frac{COP_f + 1}{COP_f}}{C_p \cdot (Q/3.600)}$$

Donde:

T = Temperatura de entrada a la bomba (°C).

COP = Relación entre la capacidad térmica de la bomba de calor y la potencia eléctrica consumida.

P<sub>c</sub> = Potencia de la bomba de calor en calefacción (W).

C<sub>p</sub> = Calor específico a 15 °C (kJ/kg\*K).

Q = Caudal de la bomba (l/h).

Tabla II.2 | Especificaciones técnicas bomba de calor flexoTHERM exclusive VWF 157

<b>Bomba de calor flexoTHERM exclusive VWF 157</b>	
Potencia calorífica	16 kW
Coeficiente de rendimiento calefacción, COP <sub>c</sub>	5,5
Potencia frigorífica	17,4 kW
Coeficiente de rendimiento frigorífico, COP <sub>f</sub>	5,9
Caudal nominal circuito captadores	3.590 m <sup>3</sup> /h
Rango temperatura entrada, calefacción	7-10 °C
Rango temperatura entrada, refrigeración	30-35 °C

Fuente: Elaboración propia.

Según las especificaciones de la bomba seleccionada:

$$T_{\text{salida,c}} = 10 - \frac{1.000 \cdot 16 \cdot \frac{5,5-1}{5,5}}{4.186 \cdot (3.590/3.600)} = 6,86 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{salida,f}} = 30 + \frac{1.000 \cdot 17,4 \cdot \frac{5,9+1}{5,9}}{4.186 \cdot (3.590/3.600)} = 34,87 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Haciendo una media de los dos valores obtenidos, las temperaturas máximas y mínimas de entrada son:

$$T_{\text{MIN}} = \frac{1}{2} \cdot (10 + 6,86) = 8,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{MAX}} = \frac{1}{2} \cdot (30 + 34,87) = 32,44 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 3.4. Cálculo de diferencia de temperatura entre la tierra y el circuito

Es importante también calcular la diferencia de temperatura entre el mínimo de la temperatura del terreno ( $T_L$ ) y la temperatura mínima del agua de la bomba de calor ( $T_{\text{MIN}}$ ) para los ciclos de calefacción. En el caso de la refrigeración, hay que calcular la diferencia en la temperatura del agua máxima de la bomba de calor que entra ( $T_{\text{MAX}}$ ) y la temperatura máxima del terreno ( $T_H$ ).

$$\Delta T_c = T_L - T_{\text{MIN}} = 17,12 - 8,43 = 8,69 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_f = T_{\text{MAX}} - T_H = 32,44 - 17,12 = 15,32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 3.5. Cálculo de la resistencia de los tubos al flujo de calor

La siguiente expresión determina la resistencia térmica de las tuberías del intercambiador enterrado:

$$R_p = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_p} \cdot \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)$$

Donde:

$D_o$  = Diámetro exterior del tubo, en metros.

$D_i$  = Diámetro interior del tubo, en metros.

$k_p$  = Conductividad térmica material del tubo, en  $W/m \cdot K$

$\ln$  = Logaritmo neperiano.

Tabla II.3 | Principales características de las tuberías PE<sub>100</sub>

Tubería HDPE PE 100							
Diámetro Nominal D (mm)	Diámetro Nominal Equivalente (pulgadas)	Relación dimensional estándar SDR					
		SDR 27,6	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9
		PRESIÓN NOMINAL PN					
		PN 6	PN 8	PN10	PN 12,5	PN 16	PN 20
Espesor mínimo (mm)							
16	3/8	-	-	-	-	-	2,3
20	1/2	-	-	-	-	-	2,3
25	3/4	-	-	-	-	2,3	2,8
32	1	-	-	2,3	2,4	3	3,6
40	1 1/4	-	2,3	2,4	3	3,7	4,5
50	1 1/2	2,3	2,4	3	3,7	4,6	5,6
63	2	2,3	3	3,8	4,7	5,8	7,1
75	2 1/2	2,8	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4
90	3	3,6	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1
110	4	4	5,3	6,6	8,1	10	12,3
125	5	4,6	6	7,4	9,2	11,4	14
140	5 1/2	5,1	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7

Fuente: Guía técnica IDAE: Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado.

Como se puede observar de la tabla anterior, para un tubo de polietileno SDR11, presión nominal de 16 N y un diámetro de 40 mm, el espesor mínimo que debe tener el tubo es de 3,7 mm. Por tanto, la resistencia térmica de las tuberías del intercambiador enterrado será de:

$$R_p = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,37} \cdot \ln\left(\frac{0,040}{0,0326}\right) = 0,0879 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

### 3.6. Cálculo del factor de utilización

El factor de utilización de la bomba de calor se puede definir como la fracción de tiempo que está en marcha la bomba de calor.

Cuando la bomba de calor trabaja de manera intermitente, debido a que esta se dimensiona para las condiciones más desfavorables, condiciona perjudicialmente a la resistencia térmica del suelo ya que para dicho cálculo es necesario saber la cantidad total de calor que llega a introducirse o extraerse durante una estación. Por eso se debe considerar la fracción de tiempo que está en funcionamiento tanto en calefacción como en refrigeración.

Es difícil conocer con exactitud el tiempo que estará en funcionamiento la bomba de calor porque depende de muchos factores como el clima, materiales, aislamiento de la vivienda, etc.... pero sobre todo de la/s persona/s que viven en ella. Por consiguiente, para simplificar el cálculo, se ha adoptado el siguiente criterio en función del apartado 9.4.1 de este mismo documento:

$$F_u = \frac{\text{Horas de funcionamiento}}{\text{Horas de un año natural}} = \frac{1800 \text{ h}}{8760 \text{ h}} = 0,2055 = 20,55\%$$

Se estima que durante todo el año la bomba de calor esté en funcionamiento en torno al 20% del tiempo.

### 3.7. Cálculo de la longitud del intercambiador enterrado

La longitud del intercambiador enterrado se puede determinar a partir de los anteriores parámetros haciendo uso de las siguientes expresiones:

$$L_{\text{CALEFACCIÓN}} = \frac{Q_{\text{calefacción}} \cdot \frac{COP_{\text{calefacción}} - 1}{COP_{\text{calefacción}}} \cdot (R_p + R_s \cdot F_{\text{calefacción}})}{T_L - T_{MIN}}$$

$$L_{\text{REFRIGERACIÓN}} = \frac{Q_{\text{refrigeración}} \cdot \frac{COP_{\text{refrigeración}} + 1}{COP_{\text{refrigeración}}} \cdot (R_p + R_s \cdot F_{\text{refrigeración}})}{T_{MAX} - T_H}$$

Estas ecuaciones son válidas tanto para intercambiadores enterrados verticales como horizontales. Para intercambiadores de calor que trabajen en ambos modos se tomará la longitud más desfavorable.

$$L_{\text{CALEFACCIÓN}} = \frac{16.000 \cdot \frac{5,5-1}{5,5} \cdot (0,0879 + 1,6 \cdot 0,2055)}{8,69} = 627,87 \text{ m}$$

$$L_{\text{REFRIGERACIÓN}} = \frac{17.400 \cdot \frac{5,9+1}{5,9} \cdot (0,0879 + 1,6 \cdot 0,2055)}{15,32} = 553,59 \text{ m}$$

Para calcular el número de pozos necesarios se tendrá en cuenta la longitud más desfavorable (calefacción), que el recorrido de las tuberías es de ida y vuelta a la bomba de calor, por lo que los metros necesarios serán la mitad de la longitud calculada; y también que la longitud máxima de recorrido por fabricante suele variar de entre los 120 metros y los 150 metros. El número de pozos necesarios, considerando una longitud máxima de 120 metros será:

$$N^{\circ}\text{Pozos} = \frac{(627,87/2)}{120} = 2,62 \text{ pozos} = 3 \text{ pozos}$$

Por consiguiente, se realizarán 3 perforaciones de 120 metros de profundidad con sondas de PE100 de 40 mm de diámetro y PN16, de simple U.

### 3.8. Dimensionado del colector de impulsión/retorno del circuito

El colector se dimensionará teniendo en cuenta el sumatorio de las secciones del número de circuitos que hay en la instalación incrementado por un coeficiente de seguridad, tal y como se muestra en la siguiente fórmula:

$$S_{\text{colector}} \geq 1,4 * (S_{\text{circuito 1}} + S_{\text{circuito 2}} + S_{\text{circuito 3}})$$

Siendo la sección de una tubería:

$$S = \frac{\pi}{4} * D^2$$

La sección mínima del colector para circuitos de diámetro 40 mm será:

$$S = \frac{\pi}{4} * 0,0326^2 = 0,000834 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{colector}} \geq 1,4 * (0,00834 + 0,000834 + 0,000834) \geq 0,0035 \text{ m}^2$$

El diámetro mínimo del colector tendrá que ser mayor a:

$$D_{\text{colector}} \geq \sqrt{\frac{4*S}{\pi}} \geq \sqrt{\frac{4*0,0035}{\pi}} \geq 0,06675 \text{ m} \geq 66,75 \text{ mm}$$

El diámetro comercial inmediatamente superior a 66,75 mm para tuberías de PE 100 es la de diámetro nominal 90 mm, pues su diámetro interno es de 73,6 mm.

Por ende, el colector elegido será de 90 mm de diámetro con 3 salidas de 40 mm de diámetro y una entrada de 40 mm.

## 4. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

Para el dimensionamiento de la instalación de suelo radiante se ha empleado un programa de cálculo de suelo radiante elaborado por la Confederación de Nacional de Instaladores, CNI, que utiliza como base la norma UNE EN 1264.

El programa realiza con precisión el dimensionado de una instalación de suelo radiante de los tipos A y C definidos en la Norma UNE-EN 1264 (tuberías embutidas en un mortero de cemento) realizando el cálculo únicamente en modo calefacción.

### 4.1. Bases de cálculo del suelo radiante

A partir de las cargas térmicas, se describe la información necesaria para realizar el diseño de la instalación para cada estancia:

**Tabla II.4 | Resumen cargas térmicas por estancias instalación de suelo radiante**

ESTANCIA	COLECTOR	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	CARGA TÉRMICA (W)	FLUJO TÉRMICO (W/m <sup>2</sup> )
COMEDOR	COLECTOR 1	20	1600	84,2
COCINA	COLECTOR 1	14	1120	88,9
SALÓN 1	COLECTOR 1	25	2000	84,2
SALÓN 2	COLECTOR 1	16	1280	84,2
DESPACHO 1	COLECTOR 1	16	1280	84,2
DORMITORIO 1	COLECTOR 2	25	2000	84,2
DORMITORIO 2	COLECTOR 2	18	1440	84,2
DORMITORIO 3	COLECTOR 2	16	1280	84,2
SALÓN 3	COLECTOR 2	14	1120	84,2
SALÓN 4	COLECTOR 2	9	720	84,2
DESPACHO 2	COLECTOR 2	7	560	84,2

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el cálculo de la instalación de suelo radiante, se debe partir de una temperatura máxima de la superficie del suelo de la estancia a climatizar:

**Tabla II.5 | Resumen temperaturas máximas de solado en estancias**

TIPO DE ESTANCIA	TEMP. MÁX. SOLADO (°C)	TEMP. ESTANCIA (°C)	FLUJO TÉRMICO LÍMITE (W/m <sup>2</sup> )
Zona de permanencia (ocupada)	29	20	100
Cuartos de baño y similares	33	24	100
Zona periférica	35	20	175

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente gráfico se muestra la comparación de temperaturas obtenidas mediante una instalación tradicional de radiadores y una con suelo radiante, y su diferencia con la calefacción considerada como ideal. Es evidente la gran aproximación del sistema de suelo radiante al ideal térmico de temperaturas:

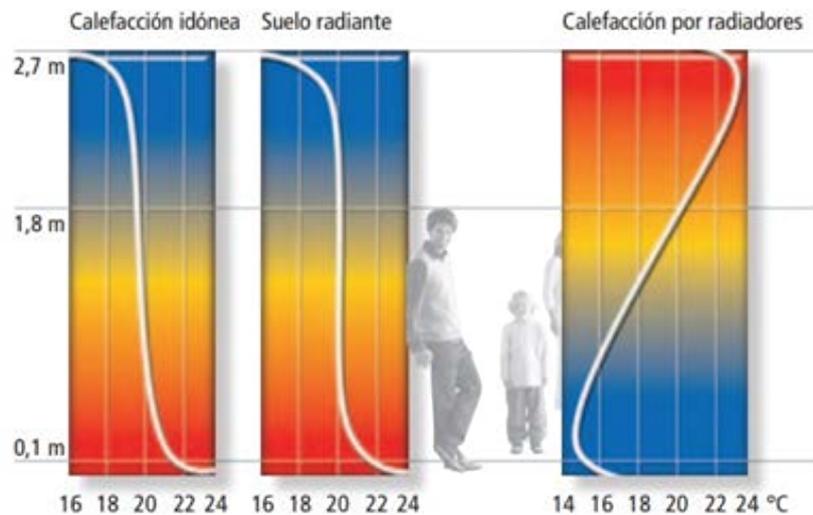


Figura II.1 | Gráfico de calefacción idónea vs suelo radiante y calefacción por radiadores

Se considera el valor de temperatura operativa como la media de la temperatura radiante de los cerramientos de una estancia y la temperatura seca del aire en ella presente ( $T_o$ ) =  $(T_{rm} + T_a) / 2$ . El RITE establece que la temperatura operativa de diseño en invierno ha de estar comprendida entre 21 y 23 °C.

$$T_o = \frac{T_{rm} + T_a}{2}$$

Normalmente se toma como temperatura seca de diseño la temperatura operativa, pero en el caso del suelo radiante, una menor temperatura seca nos ofrecerá la misma temperatura operativa, debido a la existencia de una mayor superficie radiante.

La temperatura radiante media de los cerramientos puede calcularse con la expresión:

$$T_{rm} = \frac{T_{suelo}}{2} + 0,075 \cdot \sum T_{paredes} + 0,2 \cdot T_{techo}$$

Una buena aproximación consiste en considerar que las temperaturas superficiales de las paredes y del techo de la estancia son iguales a la del aire interior,  $T_a$ .

Considerando una temperatura del aire  $T_a = 20$  °C, las paredes y techo tendrán esa misma temperatura, y suponiendo que la temperatura del suelo  $T_s = 27$  °C (valor habitual), la temperatura radiante media será:

$$T_{rm} = \frac{27}{2} + 0,075 \cdot (20 + 20 + 20 + 20) + 0,2 \cdot 20 = 23,5 \text{ °C}$$

Por tanto, el valor de temperatura operativa resultará:

$$T_o = \frac{23,5 + 20}{2} = 21,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Esa temperatura se encuentra dentro de los parámetros de diseño establecidos en el RITE.

La temperatura ambiente con la que se ha calculado la instalación es de 20 °C, que permite obtener una temperatura operativa acorde con el RITE, según se ha demostrado anteriormente. El grado de confort es el equivalente al que se obtendría con una instalación de radiadores a 22 °C. Las estancias en las que se desee una temperatura menor se controlarán mediante termostatos individuales. La densidad de flujo térmico límite se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$q = 8,92 \cdot (T_{suelo} - T_{ambiente})^{1,1}$$

La temperatura máxima en la superficie limita que el suelo radiante pueda cubrir el total de las cargas térmicas. Para este caso, es posible dividir las estancias en varias zonas, o disponer de emisores térmicos auxiliares para complementar el sistema de suelo radiante. Para el caso de las estancias que superan la densidad máxima de flujo térmico, se considera el límite descrito como valor de diseño.

La instalación dispone de colectores de impulsión y de retorno, que comunican el equipo productor con los circuitos de suelo radiante.

La localización de los armarios introducidos en el proyecto y el número de circuitos que abastecen es la siguiente:

**Tabla II.7 | Resumen circuitos armarios colectores instalación de suelo radiante**

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Recinto	Planta
	CC 1	C1.1	Comedor	Baja
		C1.2	Comedor	Baja
		C2	Cocina	Baja
		C3.1	Salón 1	Baja
		C3.2	Salón 1	Baja
		C4.1	Salón 2	Baja
		C4.2	Salón 2	Baja
		C5.1	Despacho 1	Baja
		C5.2	Despacho 1	Baja
	CC 2	C6.1	Dormitorio 1	Alta
		C6.2	Dormitorio 1	Alta
		C6.3	Dormitorio 1	Alta
		C7.1	Dormitorio 2	Alta
		C7.2	Dormitorio 2	Alta
		C8.1	Dormitorio 3	Alta
		C8.2	Dormitorio 3	Alta
		C9	Salón 3	Alta
		C10	Salón 4	Alta
		C11	Despacho 2	Alta

**Fuente: Elaboración propia.**

La longitud de la tubería (m) para cada circuito se calcula mediante la expresión:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot d$$

Con las limitaciones de longitud máxima de 90, 120 o 160 metros, y mínima de 20, 30 o 40 metros, dependiendo de la tubería empleada.

Donde:

- $A$  = área de la estancia a climatizar, cubierta por el circuito ( $m^2$ )
- $e$  = separación entre tuberías (m)
- $d$  = distancia entre el colector y la estancia a climatizar (m)

En determinadas circunstancias, para compensar la longitud de los circuitos, se podrá optar, si la zonificación lo permite, por unir algún circuito de una estancia con otro circuito de una estancia pequeña, con poca carga térmica, como un baño a un dormitorio adjunto, si ello facilita el equilibrado de la instalación.

El dimensionado de una instalación de suelo radiante se basa en determinar la separación a la que hay que colocar los tubos para que, con una determinada temperatura de impulsión, se pueda aportar la energía necesaria al local.

Así, para un suelo radiante con distancias (pasos) de separación pequeñas, se necesitarán temperaturas del fluido caloportador más bajas, aumentando el rendimiento del generador de calor, pero incrementándose la inversión al realizar más longitud de tubería. Y viceversa, si se aumenta la separación (paso) entre tuberías, la inversión será inferior, pero la temperatura del fluido será mayor, reduciéndose, en algunos casos, el rendimiento de los sistemas de generación de calor (especialmente en las bombas de calor).

El método se basa a partir de la ecuación que relaciona la densidad de flujo de calor con la diferencia media logarítmica de la temperatura del aire y del agua que transportan las tuberías, y así ir determinando la separación necesaria entre los tubos para los diferentes locales.

La ecuación general de cálculo es:

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta T_{DMLT}$$

Donde:

- $B$  es el coeficiente del sistema, y se mide en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ . Este valor debe calcularse en función de factores como la conductividad del tubo y el espesor de la pared.
- $a_B$  es el factor de cubierta superficial, dependiendo por ello del revestimiento del suelo.
- $a_T$  es el factor de espaciado, que dependerá de la resistencia superficial.
- $m_T$  es el exponente corrector, que dependerá del paso (separación) entre tuberías.
- $a_u$  es el factor de recubrimiento de la tubería, y que dependerá de la separación entre tubos y de la resistencia superficial.

- $\mu$  es el factor de corrección en función del espesor de la capa de mortero.
- $aD$  es el factor de diámetro exterior de la tubería, que depende de la separación entre tubos y de la resistencia superficial.
- $mD$  es el factor de corrección en función del diámetro exterior de la tubería.
- $\Delta T_{DMLT}$  es la diferencia logarítmica de temperaturas entre el circuito y la estancia.

Al producto de factores que multiplica a la diferencia de temperaturas  $\Delta T_{DMLT}$  se le llama coeficiente de transmisión equivalente  $K_H$ , y así se puede expresar la ecuación como:

$$q = K_H \cdot \Delta T_{DMLT}$$

Los cálculos se comienzan por los recintos o zona perimetral que precisa mayor flujo de calor, y se determina el valor de  $\Delta T_{DMLT}$  máximo (con la separación de tubos más grande posible, si se pretende ahorro en tubería), y el salto térmico en las tuberías lo más bajo posible, que se tomará igual a 5 °C.

Según la ecuación general, la diferencia media logarítmica  $\Delta T_{DMLT}$  será función del flujo de calor y los factores característicos de la instalación:

$$\Delta T_{DMLT} = \frac{q}{B \cdot \prod i \cdot (a_i^{m_i})}$$

Para calcular la temperatura de impulsión de los circuitos, se parte de la estancia que demanda mayor densidad de flujo térmico, a excepción de los cuartos de baño. En este caso, la estancia más desfavorable precisa una densidad de flujo térmico de 88,9 W/m<sup>2</sup>.

Dicha temperatura de impulsión se calcula con la expresión:

$$T_{impulsión} = T_{ambiente} + \frac{\Delta T}{1 - e^{\left(\frac{-\Delta T}{\Delta T_{DMLT}}\right)}}$$

Teniendo en cuenta que se considerará el menor salto térmico entre impulsión y retorno (5 °C, idóneo para un suelo radiante), y una temperatura ambiente de 20 °C, y atendiendo a los distintos pasos de tubería (múltiplos de 7,5 cm), obtendremos los diferentes resultados de la temperatura de impulsión, todos ellos válidos para aportar el flujo de calor necesario.

Una vez definida la temperatura de impulsión, se comprobará su validez para el resto de estancias, donde se irá variando el paso de tubería y se comprobará que el salto térmico entre impulsión y retorno, quede entre 5 y 15 °C.

En este caso, la temperatura de impulsión elegida será igual a 40 °C.

Los parámetros necesarios para el diseño de cada uno de los circuitos de la instalación se detallan en la siguiente tabla (Tabla II.6).

**Tabla II.8 | Resumen parámetros de cálculo instalación de suelo radiante**

Colector	Circuito	Estancia	Temp. Impulsión (°C)	Temp. Suelo (°C)	Salto Impulsión- Retorno (°C)	Paso de tubos (cm)	Potencia requerida (W)	Potencia emitida (W)	Demanda cubierta (%)	Longitud circuito (m)	Distancia colector- estancia (m)
COLECTOR 1	C1.1- C1.2	COMEDOR	40	27,9	5	15	1600	1685,1	105%	155	7
COLECTOR 1	C2	COCINA	40	27,9	5	15	1120	1117,5	100%	98	7
COLECTOR 1	C3.1- C3.2	SALÓN 1	40	27,9	5	15	2000	2106,3	105%	162	1
COLECTOR 1	C4.1- C4.2	SALÓN 2	40	27,9	5	15	1280	1348,1	105%	115	7
COLECTOR 1	C5.1 - C5.2	DESPACHO 1	40	27,9	5	15	1280	1348,1	105%	113	6
COLECTOR 2	C6.1 - C6.2- C6.3	DORMITORIO 1	40	27,8	6	7,5	2000	2058,9	103%	337	5
COLECTOR 2	C7.1- C7.2	DORMITORIO 2	40	27,9	5	15	1440	1516,6	105%	138	6
COLECTOR 2	C8.1- C8.2	DORMITORIO 3	40	27,9	5	15	1280	1348,1	105%	113	6
COLECTOR 2	C9	SALÓN 3	40	27,9	5	15	1120	1179,5	105%	95	3
COLECTOR 2	C10	SALÓN 4	40	27,9	5	15	720	758,3	105%	61	2
COLECTOR 2	C11	DESPACHO 2	40	27,9	5	15	560	589,8	105%	52	4

Fuente: Elaboración propia.

Con los anteriores valores de temperatura de suelo obtenidos mediante el cálculo, se comprueba en la siguiente tabla (Tabla II.7) que están dentro de los valores permitidos por la norma UNE-EN ISO 7730:

**Tabla II.9 | Resumen temperaturas estancias instalación de suelo radiante**

Colector	Circuito	Estancia	Temp. Ambiente (°C)	Temp. Suelo (°C)	Calidad ambiente
COLECTOR 1	C1.1- C1.2	COMEDOR	20	27,9	B
COLECTOR 1	C2	COCINA	20	27,9	B
COLECTOR 1	C3.1-C3.2	SALÓN 1	20	27,9	B
COLECTOR 1	C4.1-C4.2	SALÓN 2	20	27,9	B
COLECTOR 1	C5.1-C5.2	DESPACHO	20	27,9	B
COLECTOR 2	C6.1-C6.2- C6.3	DORMITORIO 1	20	27,8	B
COLECTOR 2	C7.1-C7.2	DORMITORIO 2	20	27,9	B
COLECTOR 2	C8.1-C8.2	DORMITORIO 3	20	27,9	B
COLECTOR 2	C9	SALÓN 3	20	27,9	B
COLECTOR 2	C10	SALÓN 4	20	27,9	B
COLECTOR 2	C11	DESPACHO 2	20	27,9	B

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Dimensionado hidráulico

La potencia térmica total de un sistema de calefacción por suelo radiante está compuesta por una emisión térmica específica y una pérdida de calor hacia abajo.

Teniendo en cuenta lo anterior, el caudal de diseño del flujo de agua de un circuito de calefacción, se calcula a partir de la expresión:

$$\dot{m} = \frac{A_F \cdot q}{\Delta T_{ida-ret} \cdot C_{esp}} \cdot \left(1 + \frac{R_O}{R_U} + \frac{T_i - T_U}{q \cdot R_U}\right)$$

Donde:

- AF es el área calefactada por el suelo radiante, en m<sup>2</sup>.
- q es el flujo de calor del suelo radiante, en W/m<sup>2</sup>.
- ΔT<sub>ida-ret</sub> es el salto térmico del fluido caloportador, en °C.
- C<sub>esp</sub> es el calor específico del fluido caloportador.
- Ro y Ru son las resistencias ascendente y descendente respectivamente, en m<sup>2</sup>·K/W.
- Ti y Tu son las temperaturas del ambiente interior y en la estancia bajo la calefactada con el suelo radiante, en °C.

El dimensionado de las tuberías se realiza obteniendo la pérdida de carga lineal, empleando la fórmula de Colebrook, en donde el coeficiente de fricción f se obtiene mediante la fórmula de Blassius.

Los grupos de bombeo se calculan con el valor obtenido con la fórmula anterior, más las pérdidas en los colectores de distribución y las de las tuberías generales hasta el generador de calor, añadiendo las pérdidas de carga localizadas en accesorios (racores, valvulería, codos, derivaciones).

Los tramos desde los colectores a las estancias se realizarán con tubería MULTICAPA DN20 mm, mientras que los tramos desde el generador de calor a cada colector, se calcularán aparte.

En todo momento, la velocidad de circulación del agua no superará 1 m/s.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left[ \frac{k}{\frac{D}{3,71}} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right]$$

$$F_a = 0,316 \cdot Re^{-0,25}$$

El cálculo de la instalación se muestra a continuación:

.

**Tabla II.10 | Resumen cálculos circuitos instalación de suelo radiante**

Colector	Circuito	Estancia	Longitud (m)	Nº de circuitos	Diámetro nominal (mm)	Caudal (l/h)	Pérdidas de carga (m.c.a)	Velocidad (m/s)	Reglaje detentores (vueltas)	Panel aislante (m <sup>2</sup> )	Bandeja perimetral (m)	Grapas (ud)	Aditivo (kg)
COLECTOR 1	C1	COMEDOR	155	2 (de 77 m)	20	189,9	0,3	0,8	5	20	21	340	3,2
COLECTOR 1	C2	COCINA	98	1	20	251,9	0,4	1,7	10	14	17	216	2,2
COLECTOR 1	C3	SALÓN 1	162	2 (de 81 m)	20	237,4	0,37	1,3	7	25	23	357	4
COLECTOR 1	C4	SALÓN 2	115	2 (de 58 m)	20	151,9	0,24	0,4	2	16	18	254	2,6
COLECTOR 1	C5	DESPACHO	113	2 (de 57 m)	20	151,9	0,24	0,4	2	16	18	249	2,6
COLECTOR 2	C6	DORMITORIO 1	337	3 (de 112 m)	20	129,2	0,2	0,6	3	25	23	741	4
COLECTOR 2	C7	DORMITORIO 2	138	2 (de 69 m)	20	170,9	0,27	0,6	3	18	20	304	2,9
COLECTOR 2	C8	DORMITORIO 3	113	2 (de 57 m)	20	151,9	0,24	0,4	2	16	18	249	2,6
COLECTOR 2	C9	SALÓN 3	95	1	20	265,9	0,42	1,8	10	14	17	208	2,2
COLECTOR 2	C10	SALÓN 4	61	1	20	170,9	0,27	0,5	3	9	14	134	1,4
COLECTOR 2	C11	DESPACHO 2	52	1	20	133	0,21	0,3	2	7	12	115	1,1

**Fuente: Elaboración propia.**

# **ANEXO III**

## **CÁLCULO DE POTENCIAS Y LÍNEAS ELÉCTRICAS**

## INDICE ANEXO III

<b>1. OBJETO</b> .....	<b>Anexo III.2</b>
<b>2. NORMATIVA</b> .....	<b>Anexo III.2</b>
<b>3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS</b> .....	<b>Anexo III.3</b>
3.1. Potencia generada.....	Anexo III.3
3.2. Cálculo de los conductores.....	Anexo III.3
3.2.1. Intensidades y caídas de tensiones admisibles.....	Anexo III.3
3.2.2. Intensidades de cortocircuito.....	Anexo III.6
3.3. Protecciones.....	Anexo III.7

## 1. OBJETO

El objeto del presente anexo calcular la potencia eléctrica de la línea eléctrica que alimenta a la instalación objeto del proyecto, definir las secciones de las líneas y protecciones de la instalación así como su puesta en marcha, de acuerdo con la normativa vigente.

## 2. NORMATIVA

La instalación se ajustará a la legislación vigente y, en particular, a las Normas y Reglamentos que se indican a continuación:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Decreto 141/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias (BOC nº 230 de 24 de noviembre de 2009) y posterior corrección de errores (BOC nº 232 de 26 de noviembre de 2009).
- Guías de contenidos mínimos del Decreto 161/2006, de 8 de noviembre, por el que se regulan la autorización, conexión y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias, modificado por la Orden, de 13 de julio de 2007, de la Consejería de Empleo, Industria y Comercio, por la que se modifica el Anexo IX Guía de contenidos mínimos en los proyectos de instalaciones receptoras de B.T.
- Resolución de 5 de diciembre de 2018, de la Dirección General de Industria y la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se aprueban las especificaciones particulares y proyectos tipo de Endesa Distribución Eléctrica, SLU. (Especificación Particular NRZ103\_EP Instalaciones Privadas Consumidores BT).
- Decreto 133/2011, de 17 de mayo, sobre el dimensionamiento de las acometidas eléctricas y las extensiones de redes de distribución en función de la previsión de carga simultánea.
- Normas NRZ103 para instalaciones de enlace conectadas a la red de distribución. Consumidores en Baja Tensión.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

- Reglamento Delegado 364/2016 que establece las clases de posible reacción al fuego de los cables eléctricos.
- Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre Disposiciones mínimas para la protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo que adopta la Norma UNE 12464.
- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva (UE) 2017/2102 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de noviembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Normas UNE de aplicación.
- Ordenanzas municipales.

## 3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### 3.1. Potencia generada

La potencia generada es la calculada según se refleja en las tablas adjuntas al final de este Anexo.

### 3.2. Cálculo de los conductores

#### 3.2.1. Intensidades y caídas de tensión admisibles

Se calculan los conductores de la instalación de manera que no circule por ellos una intensidad superior a la permitida y que la caída de tensión en los mismos esté dentro de los límites normativos que se fijan.

Los conductores a usar serán del tipo RZ1-K 0,6/1 kV ó H07Z1-K 450/750 V ( $C_{ca-s1b}$ , d1, a1 según clasificación CPR) de cobre. Las intensidades admisibles consideradas para los mismos son las señaladas en las tablas de las ITC

correspondientes del REBT y en la Norma UNE-HD 60364-5-52:2022, según el tipo de instalación y el número de conductores de cada línea.

Aunque no sea de aplicación para este proyecto, las caídas de tensión admisibles serán del 0,5% en líneas generales de alimentación (ITC-BT-14), del 1% en derivaciones individuales (ITC-BT-15), del 3% para alumbrado y del 5% para demás usos en las líneas secundarias (ITC-BT-19). En las redes de distribución y acometidas se tomará como máxima caída de tensión entre el Centro de Transformación y la CGP el 5%.

En función de lo permitido por la ITC-BT-19, la caída de tensión de entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización de esta será menor de un 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de la vivienda, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos.

Las intensidades admisibles serán las indicadas en las tablas de la ITC-BT-19, además de lo indicado en la UNE-HD 60364-5-52:2022.

Según la Norma ITC-BT-47 la intensidad a considerar en el cálculo de los conductores que alimentan a receptores a motor debe tomarse igual a la de plena carga multiplicada por 1,25.

Las fórmulas usadas para el cálculo son:

$$\text{monofásica} \quad I = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

$$\text{trifásica} \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

- Caída de tensión porcentual.-

$$\text{monofásica} \quad e = \left( \frac{2 L P}{C_{\theta} S} \right) \times \left( \frac{100}{U^2} \right) \%$$

$$\text{trifásica} \quad e = \left( \frac{L P}{C_{\theta} S} \right) \times \left( \frac{100}{U^2} \right) \%$$

Siendo:

*I* = INTENSIDAD EN AMPERIOS.

P = Potencia instalada en vatios.

U = Tensión nominal en voltios.

L = Longitud en metros.

S = Sección en mm<sup>2</sup>.

E = Caída de tensión en %.

cos φ = Factor de potencia.

C<sub>θ</sub> = Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo θ.

El valor de la conductividad se determina a partir de la resistividad del conductor calculada según:

$$\rho_{\theta} = \rho_{20}(1 + \alpha(\theta - 20))$$

Siendo:

$\rho_{\theta}$  = Resistividad a la temperatura θ.

$\rho_{20}$  = Resistividad a 20°C, (0,0176 Ω·mm<sup>2</sup>/m para el cobre y 0,0286 Ω·mm<sup>2</sup>/m para el aluminio).

α = 0,00392 °C<sup>-1</sup> para el cobre y 0,00403 °C<sup>-1</sup> para el aluminio.

Las temperaturas de trabajo previstas y los valores de conductividad tomados para el cálculo en función de éstas son:

Tabla III.1 | Tipo de cable eléctrico empleado

Línea	Tipo de instalación	Tipo de cable	Temperatura de trabajo, θ (°C)	Conductividad C <sub>θ</sub> (S·m/mm <sup>2</sup> )
Líneas secundarias	Bajo bandeja o tubo plástico	<b>Cu RZ1-K 0,6/1 Kv</b> (Cca-S1b, d1, a1, según clasificación CPR)	90	44
		<b>Cu H07Z1-K 450/750 v</b> (Cca-S1b, d1, a1, según clasificación CPR)	70	

Fuente: Elaboración propia.

La caída de tensión se verifica tanto en condiciones de cálculo como en condiciones reales de utilización. Para esta última se utiliza el valor de resistividad para la temperatura siguiente:

$$T = T_0 + \Delta T_{\max} (I / I_{\max})^2$$

Siendo:

$T_0$  Temperatura de referencia del conductor (subterráneo 25°C, aéreo 40°C).

$\Delta T_{\text{máx}} = T - T_0$  ( $T = 90^\circ\text{C}$  termoestables y  $70^\circ\text{C}$  termoplásticos).

$I$  Intensidad de cálculo.

$I_{\text{máx}}$  Intensidad máxima admisible.

## TABLAS DE CÁLCULO.-

En las páginas adjuntas al final de este Anexo se exponen tablas en las que se muestran los resultados del cálculo de las líneas, comprobando su sección por intensidad admisible y caída de tensión.

### 3.2.2. Intensidades de cortocircuito

#### a) Procedimiento de cálculo

Se han calculado las corrientes de cortocircuito tripolar, (corto entre fases), en los tramos de línea proyectados. El cálculo se ha efectuado mediante un método simplificado basado en las siguientes hipótesis:

- Se desprecia la impedancia de la red de Media Tensión al ser la potencia del transformador muy inferior a la potencia de cortocircuito de aquella, (> 500 MVA).
- Se desprecia la impedancia resistiva del transformador, teniendo en cuenta únicamente la inductiva.
- Se aplica un coeficiente corrector de 1,2 para la impedancia a la salida del transformador, en compensación de las aproximaciones enunciadas en los puntos anteriores.
- Para los cables sólo se considera la componente resistiva de la impedancia.

Las fórmulas empleadas son las que se muestran a continuación:

$$I_{cct} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} \text{ (kA)}$$

$$X = 1,2 \frac{uU^2}{100S}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Siendo:

$I_{cct}$ : Intensidad de cortocircuito tripolar, kA.

U: tensión nominal = 0,400 kV.

u: tensión de cortocircuito del transformador expresada en %.

S: potencia aparente del transformador, MVA.

Z: impedancia desde bornas secundario transformador,  $\Omega$ .

R: impedancia resistiva desde bornas secundario transformador,  $\Omega$ .

X: impedancia inductiva desde bornas primario transformador,  $\Omega$ .

### *b) Resultados del cálculo*

En las tablas al final de este Anexo se muestran los valores de intensidad de cortocircuito fase/tierra calculados.

### *c) Comprobaciones*

Una vez obtenidas las intensidades de cortocircuito en cada punto, se procede a la comprobación tanto de los conductores de cada una de las líneas como de los dispositivos de protección previstos.

Para cada punto se compara la  $I_{cc}$  permanente en cortocircuito en el caso más desfavorable con el poder de corte de los dispositivos de protección aguas abajo y se comprueba además que la  $I_{cc}$  es superior a la mínima que garantiza el disparo de las protecciones aguas arriba.

## **3.3. Protecciones**

Aunque no sean dentro del ámbito de aplicación del presente proyecto, se considerará que el cuadro general de la vivienda ya tiene incorporado fusibles DC, tipo gPV, para la protección contra sobreintensidades y contra cortocircuitos.

PROYECTO:  
**INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR**

**CÁLCULO DE POTENCIAS**

Cuadro: **GENERAL VIVIENDA**

SALIDA CUADRO Nº	Clave circuito	Función	Ubicación	Tipo Receptor	Ud.	Potencia Unitaria W	Pot. Parcial W	Suma Circuito W	Int. (A)	Control Potencia	Mando	Diferenc A/mA	Int. Autom. (A)	Sección mm²	Conductor	Observaciones	L	Ø
1	G-1	Derivación a Subcuadro	SALA DE MAQUINAS		1	5.896	5.896	5.896	10,64			4x40/300	4x32	5x10	3P+N+T	RZ	32	40

Cuadro: **SALA DE MAQUINAS**

SALIDA CUADRO Nº	Clave circuito	Función	Ubicación	Tipo Receptor	Ud.	Potencia Unitaria W	Pot. Parcial W	Suma Circuito W	Int. (A)	Control Potencia	Mando	Diferenc A/mA	Int. Autom. (A)	Sección mm²	Conductor	Observaciones	L	Ø
1	SM-1	Alumbrado	Sótano	LED	5	49	245	245	1,07								14	20
2	SM-2	Alumbrado emergencia	Sótano	LED	3	5	15	15	0,07								11	20
3	SM-3	Tomas de corriente	Sótano	Previsión	1	500	500	500	2,17								16,5	20
4	SM-4	Fuerza	Bomba de suelo radiante	Previsión	1	200	200	200	0,87								16,5	20
5	SM-5	Fuerza	Cajas de alimentación suelo radiante		1	70	70	70	0,30								24	20
6	SM-6	Fuerza	Válvula mezcladora SR		1	140	140	140	0,61								12	20
7	SM-7	Fuerza	Bomba de calor Geotermin	Compresor	1	5.600	5600	5.600	10,10								9	32
8	SM-8	Fuerza	Bomba de calor Geotermin	Regulador principal	1	450	450	450	0,81								9	20
9	SM-9	Fuerza	Válvula solenoide	Electroimán	1	150	150	150	0,65								11,5	20
10	SM-10	Fuerza	Previsión Hidrocompresor	Previsión	1		0	0	0,00									
11	SM-11	Fuerza	Previsión Descalcificador	Previsión	1		0	0	0,00									
12	SM-12	Reserva					0	0	0,00									
13	SM-13	Reserva					0	0	0,00									

2x40/30	2x10	3x1,5	P+N+T	H07	14	20
	2x10	2x1,5	P+N		11	20
	2x16	3x2,5	P+N+T		16,5	20
2x40/30	G	2x1,5	P+T	RZ	16,5	20
	2x10	3x1,5	P+N+T		24	20
	2x10	3x1,5	P+N+T		12	20
4x40/30	4x25	5x6	3P+N+T	H07	9	32
	2x16	3x2,5	P+N+T		9	20
2x40/30	2x10	3x1,5	P+N	H07	11,5	20
	2x16	---	P+N+T			
	2x16	---	P+N+T			
2x40/30	2x16	---	P+N+T	H07		
	2x16	---	P+N+T			

TOTAL INSTALADA:

**7.370** 13,30

SIM:

0,80

POTENCIAL SIMULTÁNEA:

**5.896** 10,64 Interruptor General :

4x32 5x10 3P+N+T RZ

PROYECTO:  
**INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR**

**CÁLCULO DE LÍNEAS POR INTENSIDAD Y CAÍDA DE TENSIÓN**

CIRCUITO	FUNCIÓN	UBICACIÓN	FASES	TENSIÓN V	POTENCIA W	COS. PHI	LONGIT. m	INTENS. A	COEF. MOTOR k2 (3)	INTENS. CORREG. A	SECC. CABLE mm <sup>2</sup>	Nº COND. POR FASE	AISL. V	MAT. (1)	Tipo inst. (2)	Intens. permit.				ΔV en condiciones reales de funcionamiento						R acum. (Ω)	Z acum. (Ω)	Icc (kA)	
																I.P. REBT	k1 (3)	k2 (3)	k.I.P. A	C <sub>0</sub> (S·m/m m <sup>2</sup> )	ΔV %	ΔV acum. %	T <sub>0</sub> (°C)	T (°C)	ρ <sub>0</sub> (Ω·mm <sup>2</sup> /m)				ΔV (%)
<b>CUADRO GENERAL</b>																													
G-1	Derivación a Subcuadro	SALA DE MAQUINAS	3	400	5.896	1	32	10	1	10	10	1	1.000	Cu	B2-7b	54	1	1	54	44	0,27	0,27	40	42	0,0191	0,23	0,0932	0,0942	2,45

<b>SUBCUADRO SALA DE MÁQUINAS</b>																													
SM-1	Alumbrado	Sótano	1	230	245	1	14	1	1	1	1,5	1	750	Cu	B1-6a	14,5	1	1	15	44	0,20	0,46	40	40	0,0190	0,16	0,2705	0,2708	0,85
SM-2	Alumbrado emergencia	Sótano	1	230	15	1	11	0	1	0	1,5	1	750	Cu	B1-6a	14,5	1	1	15	44	0,01	0,28	40	40	0,0190	0,01	0,2324	0,2328	0,99
SM-3	Tomas de corriente	Sótano	1	230	500	1	17	2	1	2	2,5	1	750	Cu	B1-6a	20	1	1	20	44	0,28	0,55	40	40	0,0190	0,24	0,2187	0,2191	1,05
SM-4	Fuerza	Bomba de suelo radiante	1	230	200	1	17	1	1	1	1,5	1	750	Cu	B1-6a	14,5	1	1	15	44	0,19	0,46	40	40	0,0190	0,16	0,3021	0,3024	0,76
SM-5	Fuerza	Cajas de alimentación suelo radiante	1	230	70	1	24	0	1	0	1,5	1	750	Cu	B1-6a	14,5	1	1	15	44	0,10	0,36	40	40	0,0190	0,08	0,3969	0,3972	0,58
SM-6	Fuerza	Válvula mezcladora SR	1	230	140	1	12	1	1	1	1,5	1	750	Cu	B1-6a	14,5	1	1	15	44	0,10	0,36	40	40	0,0190	0,08	0,2451	0,2455	0,94
SM-7	Fuerza	Bomba de calor Geotermia	3	400	5.600	1	9	8	1,25	10	6	1	1.000	Cu	B2-7b	39	1	1	39	44	0,12	0,39	40	42	0,0191	0,10	0,1219	0,1227	1,88
SM-8	Fuerza	Bomba de calor Geotermia	1	230	450	1	9	2	1	2	2,5	1	1.000	Cu	B2-8b	24	1	1	24	44	0,14	0,41	40	40	0,0190	0,12	0,1616	0,1622	1,42
SM-9	Fuerza	Válvula solenoide	1	230	150	1	12	1	1	1	1,5	1	750	Cu	B1-6a	14,5	1	1	15	44	0,10	0,37	40	40	0,0190	0,08	0,2388	0,2392	0,97
SM-10	Fuerza	Previsión Hidrocompresor																											
SM-11	Fuerza	Previsión Descalcificador																											
SM-12	Reserva	0																											
SM-13	Reserva	0																											

Máx. cdt Alumbrado (%)	0,46	< 3%
Máx. cdt Fuerza (%)	0,55	< 5%

**NOTAS:**  
 (1) Material de los conductores. Al = Aluminio; Cu = Cobre  
 (2) Tipo de instalación según ITC-BT-19. Tabla C.52.1 UNE-HD 60364-5-52 (ST = SUBTERRÁNEA, según ITC-BT-07)  
 (3) k1 = Factor de corrección para cables enterrados en el interior de tubos; k2 = Factor de corrección para circuitos alimentando a motores

# **ANEXO IV**

# **CÁLCULOS ALUMBRADO**

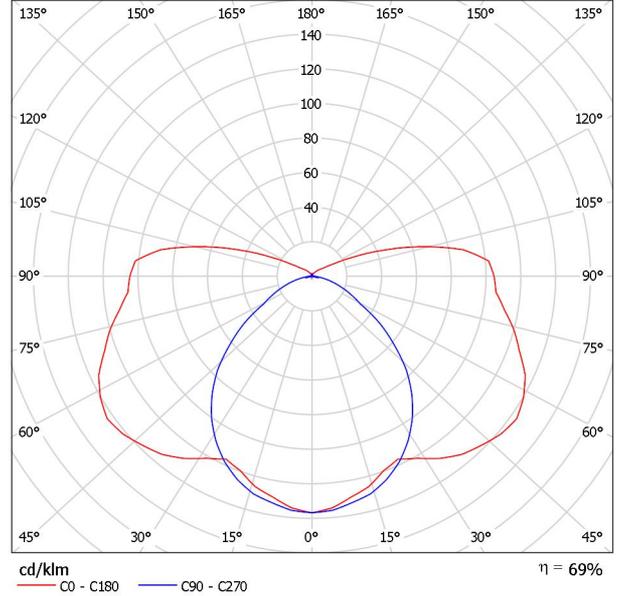
# **NORMAL**

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## PHILIPS TCW060 1xTL5-49W HF / Hoja de datos de luminarias

### Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 84  
Código CIE Flux: 31 59 82 84 69

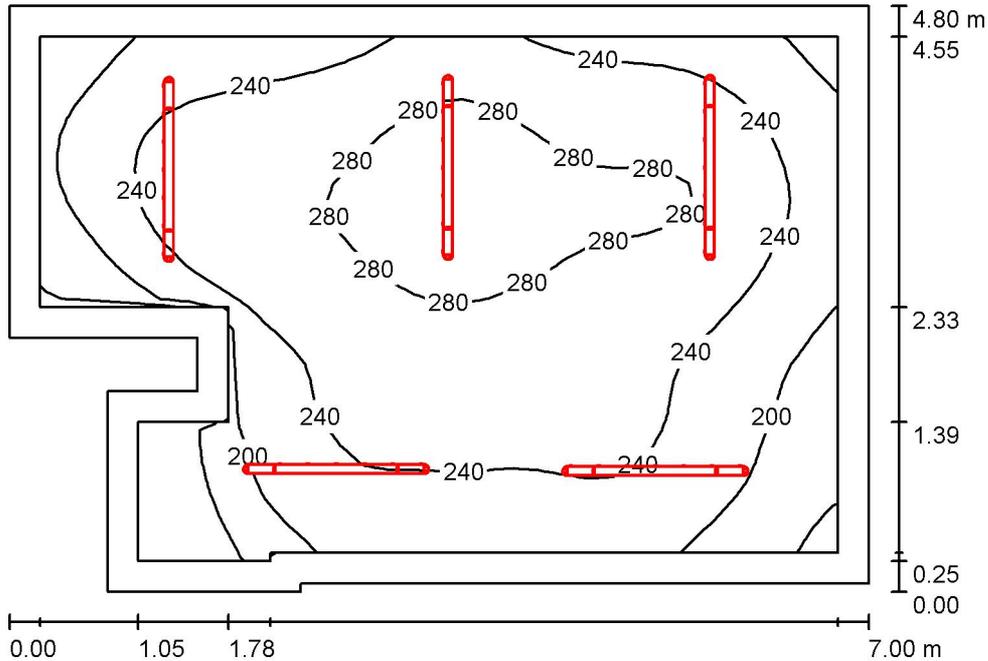
Philips Estanca TCW060 Diseñada para el uso en entornos exigentes, TCW060 es una luminaria estanca compacta y económica. Hay versiones especiales disponibles para lámparas TL-D y TL5. Esta solución tiene un grado de protección IP65 y funciona exclusivamente con un equipo electrónico; su bajo consumo resulta competitivo para ambientes con polvo y/o humedad... al mismo precio que una solución electromagnética. Un sencillo clip de techo simplifica la instalación y el mantenimiento.

### Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.3	19.6	18.8	20.1	20.7	14.1	15.4	14.6	15.9	16.5
	3H	20.9	22.1	21.5	22.7	23.3	15.1	16.3	15.7	16.9	17.5
	4H	22.2	23.3	22.8	23.9	24.5	15.5	16.7	16.1	17.2	17.9
	6H	23.4	24.5	24.0	25.1	25.8	15.8	16.8	16.3	17.4	18.1
	8H	24.0	25.1	24.6	25.7	26.4	15.8	16.9	16.4	17.4	18.1
12H	24.7	25.7	25.3	26.3	26.9	15.8	16.8	16.5	17.4	18.1	
4H	2H	18.9	20.0	19.4	20.6	21.2	16.0	17.2	16.6	17.8	18.4
	3H	21.7	22.7	22.4	23.3	24.0	17.6	18.6	18.2	19.2	19.9
	4H	23.2	24.1	23.8	24.7	25.5	18.2	19.1	18.9	19.8	20.5
	6H	24.7	25.5	25.3	26.1	26.9	18.6	19.4	19.2	20.1	20.8
	8H	25.4	26.2	26.1	26.8	27.6	18.7	19.4	19.3	20.1	20.9
12H	26.1	26.8	26.8	27.5	28.3	18.7	19.4	19.4	20.1	20.9	
8H	4H	23.5	24.3	24.2	25.0	25.7	19.8	20.5	20.4	21.2	21.9
	6H	25.3	25.9	26.0	26.6	27.4	20.6	21.2	21.2	21.9	22.7
	8H	26.2	26.7	26.9	27.4	28.3	20.8	21.4	21.5	22.1	22.9
	12H	27.1	27.6	27.8	28.3	29.1	21.0	21.5	21.7	22.2	23.1
	12H	4H	23.6	24.2	24.2	24.9	25.7	20.1	20.8	20.8	21.5
6H	25.4	25.9	26.1	26.6	27.5	21.2	21.7	21.9	22.4	23.3	
8H	26.3	26.9	27.1	27.6	28.4	21.6	22.1	22.4	22.9	23.7	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.2 / -0.2					+0.2 / -0.2					
S = 2.0H	+0.3 / -0.3					+0.4 / -0.6					
Tabla estándar	BK11					BK13					
Sumando de corrección	9.6					3.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4375lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Local 2 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:62

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	240	121	312	0.503
Suelo	20	182	97	235	0.534
Techo	70	127	50	397	0.391
Paredes (10)	50	164	49	430	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.250 m

### Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	PHILIPS TCW060 1xTL5-49W HF (1.000)	3019	4375	54.0
			Total: 15094	Total: 21875	270.0

Valor de eficiencia energética:  $8.63 \text{ W/m}^2 = 3.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $31.30 \text{ m}^2$ )

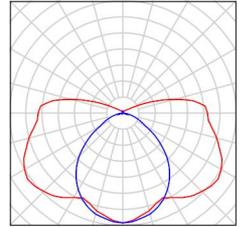


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Local 2 / Lista de luminarias

5 Pieza PHILIPS TCW060 1xTL5-49W HF  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 3019 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4375 lm  
Potencia de las luminarias: 54.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 84  
Código CIE Flux: 31 59 82 84 69  
Lámpara: 1 x TL5-49W/840 (Factor de corrección  
1.000).

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Local 2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 15094 lm  
Potencia total: 270.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.250 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	148	92	240	/	/
Suelo	101	81	182	20	12
Techo	56	70	127	70	28
Pared 1	57	74	131	50	21
Pared 2	98	71	169	50	27
Pared 3	24	55	79	50	13
Pared 4	41	57	98	50	16
Pared 5	75	54	128	50	20
Pared 6	12	66	79	50	13
Pared 7	118	70	188	50	30
Pared 8	103	70	173	50	28
Pared 9	102	73	175	50	28
Pared 10	112	70	182	50	29

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.503 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.386 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $8.63 \text{ W/m}^2 = 3.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $31.30 \text{ m}^2$ )

# **ANEXO V**

# **CÁLCULOS ALUMBRADO DE EMERGENCIAS**

**Proyecto :** Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

## Catálogo DAISALUX

No es correcto utilizar este programa para efectuar informes con referencias que no estén introducidas en los catálogos Daisalux. En ningún caso se pueden extrapolar resultados a otras referencias de otros fabricantes por similitud en lúmenes declarados. Los mismos lúmenes emitidos por luminarias de distinto tipo pueden producir resultados de iluminación absolutamente distintos. La validez de los datos se basa de forma fundamental en los datos técnicos asociados a cada referencia: los lúmenes emitidos y la distribución de la emisión de cada tipo de aparato.

**Catálogo Daisalux utilizado:**Catálogo España - 2022-11-18

## Objetivos lumínicos

Siguiendo las normativas referentes a la instalación de emergencia (entre ellas el Código Técnico de la Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos. De esta forma, el programa DAISA efectúa un cálculo de mínimos. Asegura que el nivel de iluminación recibido sobre el suelo es siempre, igual o superior al calculado.

**Cálculos realizados según norma \*:** CTE

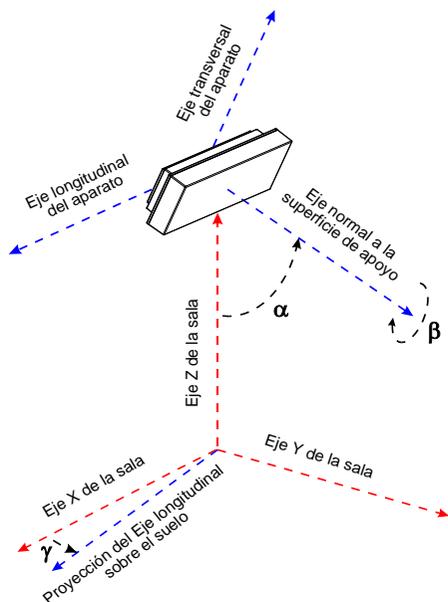
**Puntos de seguridad:** Cálculo realizado en el Punto de Seguridad o Cuadro Eléctrico a su altura de utilización (h). La iluminancia puede ser horizontal o vertical según exija norma. En el caso vertical, se necesita especificar el ángulo gamma de orientación de la superficie en el plano.

**Nota:** DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa

(\*) Es posible que algún plano tenga sus objetivos lumínicos diferentes a los del proyecto.

Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

## Definición de ejes y ángulos



$\gamma$ : Ángulo que forman la proyección del eje longitudinal del aparato sobre el plano del suelo y el eje X del plano (Positivo en sentido contrario a las agujas del reloj cuando miramos desde el techo). El valor 0 del ángulo es cuando el eje longitudinal de la luminaria es paralelo al eje X de la sala.

$\alpha$ : Ángulo que forma el eje normal a la superficie de fijación del aparato con el eje Z de la sala. (Un valor 90 es colocación en pared y 0 colocación en techo).

$\beta$ : Autogiro del aparato sobre el eje normal a su superficie de amarre.

## PLANTA SÓTANO

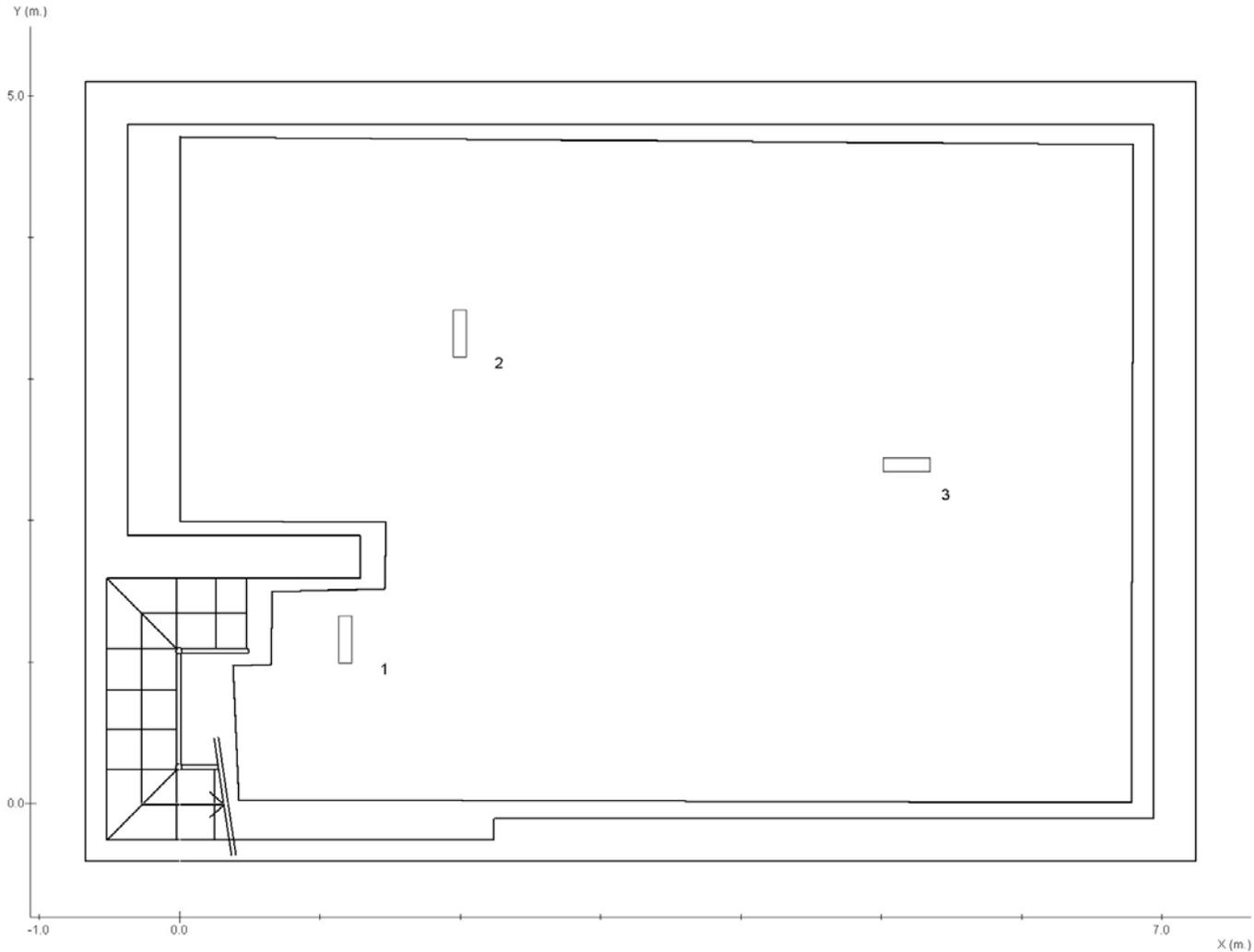
Plano de situación de luminarias	1
Situación de luminarias	2
Iluminación antipánico	3
Recorridos de evacuación	4
Puntos de seguridad y cuadros eléctricos	5
Lista de productos	6

Factor de mantenimiento: 1.000

Resolución del cálculo: 0.33 m.

Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO



Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

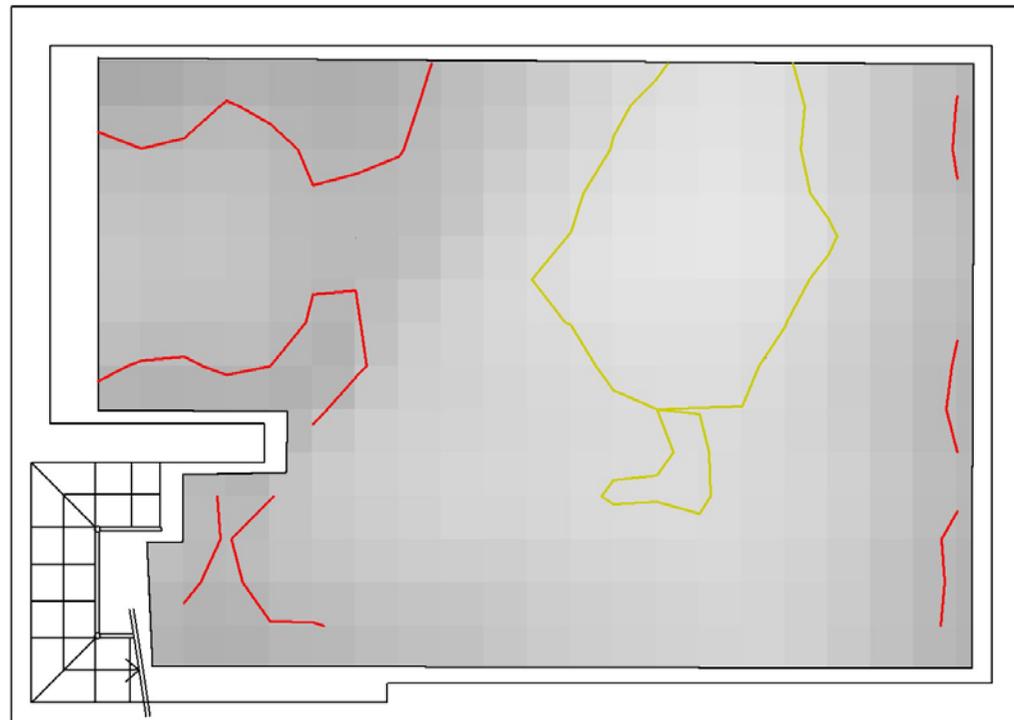
Plano : PLANTA SÓTANO

Nº	Referencia	Coordenadas					
		m.		°			
		x	y	h	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$
1	NOVA LD N6	1.18	1.16	2.50	90	0	0
2	NOVA LD N6	2.00	3.32	2.50	90	0	0
3	NOVA LD N6	5.18	2.39	2.50	0	0	0

Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO

Tramas e isolux a 0.00 m.



Uniformidad:  
Superficie cubierta:  
Iluminación media:

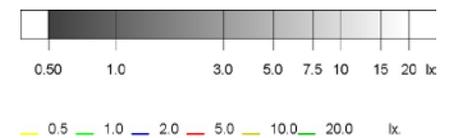
**Objetivos**

40.00 mx/mn.  
con 0.50 lx. o más  
----

**Resultados**

3.34 mx/mn  
100.0 % de 31.2 m<sup>2</sup>  
7.45 lx

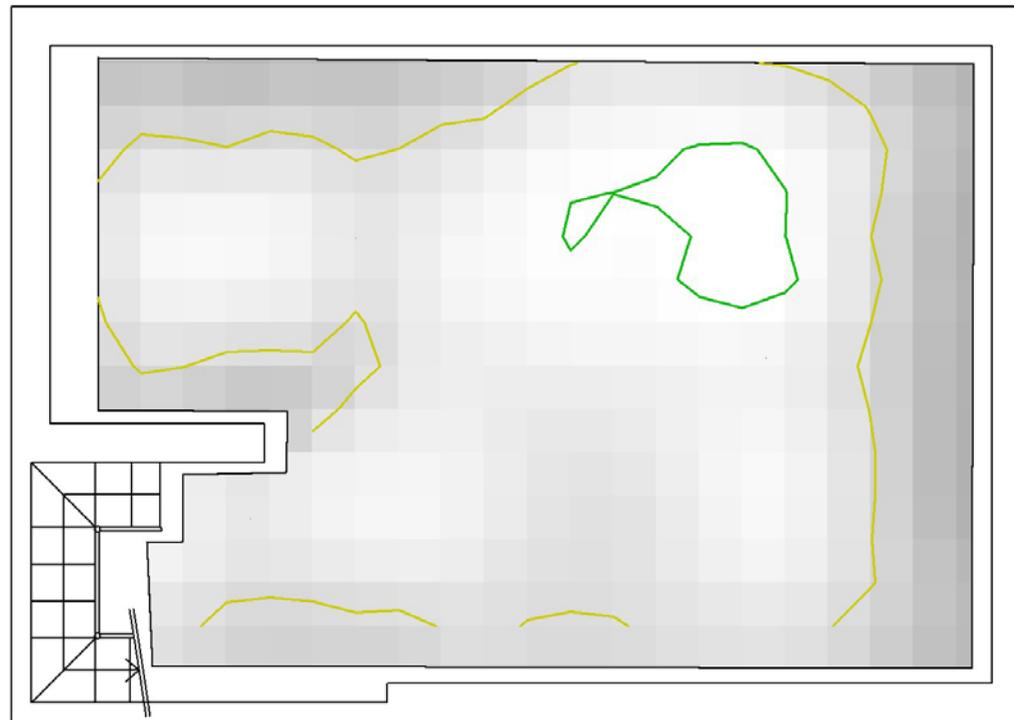
Leyenda:



Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO

Tramas e isolux a 1.00 m.



Uniformidad:  
Superficie cubierta:  
Iluminación media:

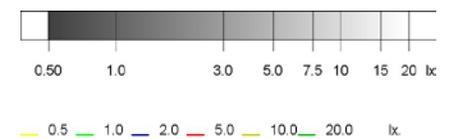
**Objetivos**

40.00 mx/mn.  
con 0.50 lx. o más  
----

**Resultados**

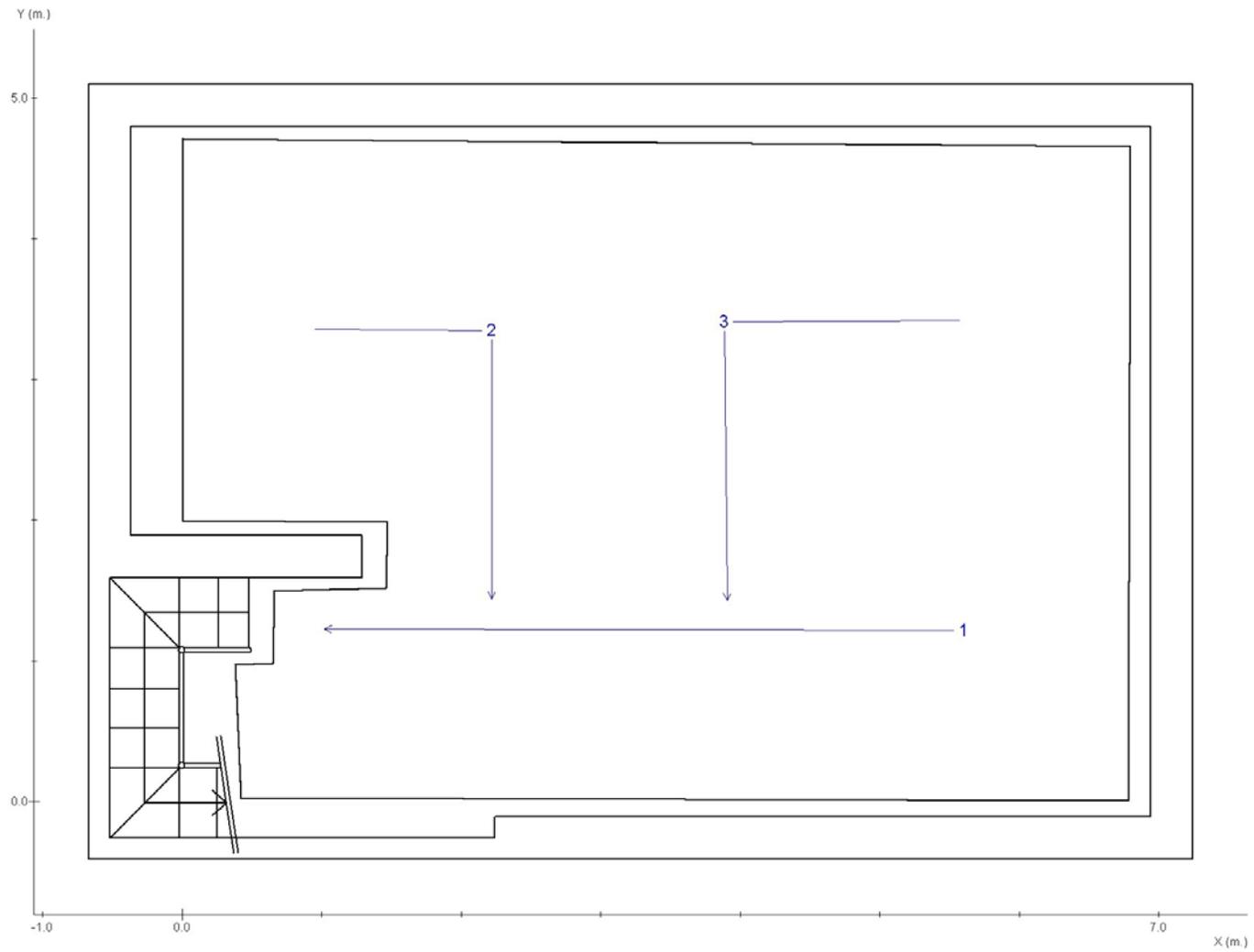
4.30 mx/mn  
100.0 % de 31.2 m<sup>2</sup>  
12.42 lx

Leyenda:



Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

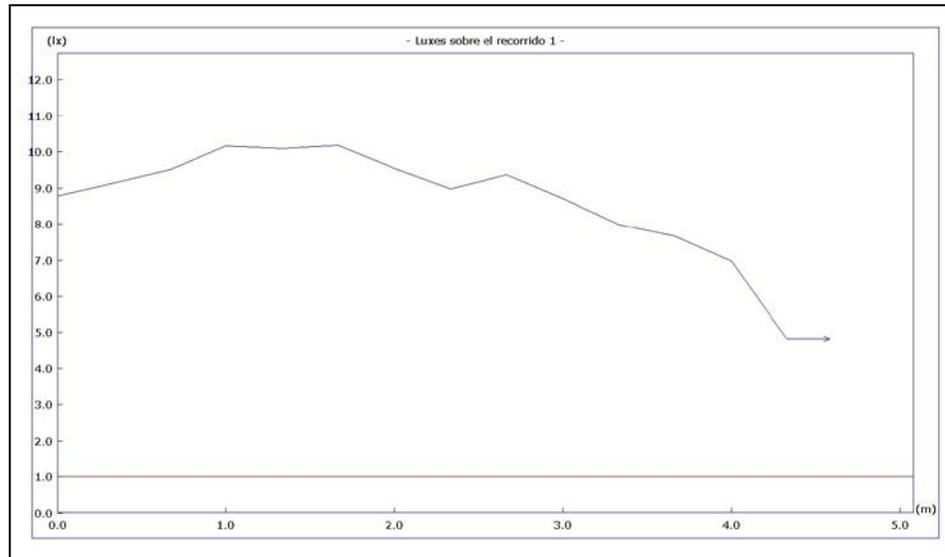
Plano : PLANTA SÓTANO



Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO

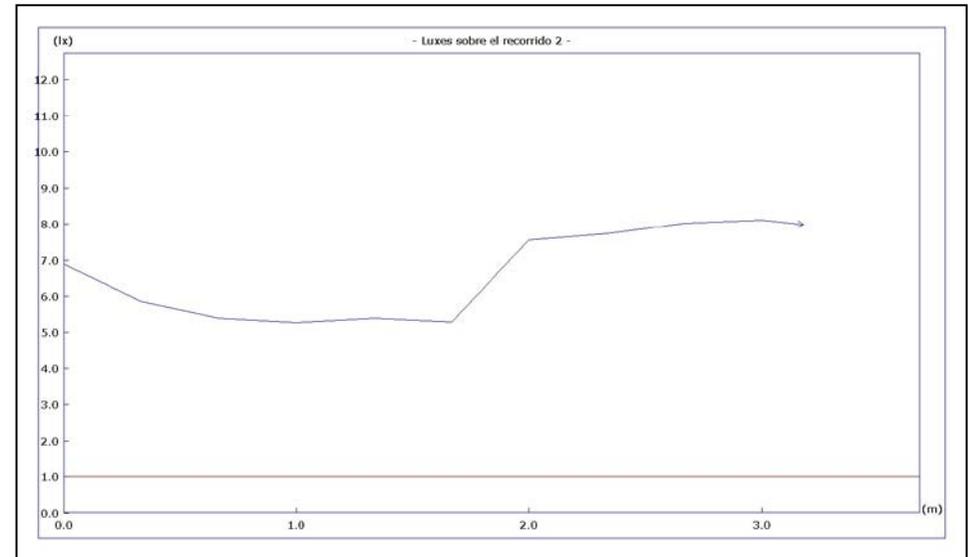
Recorrido 1



	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniform. en recorrido:	40.00 mx/mn	2.12 mx/mn
lx. mínimos:	1.00 lx.	4.81 lx.
lx. máximos:	----	10.18 lx.
Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Altura del plano de medida: 0.00 m.

Recorrido 2



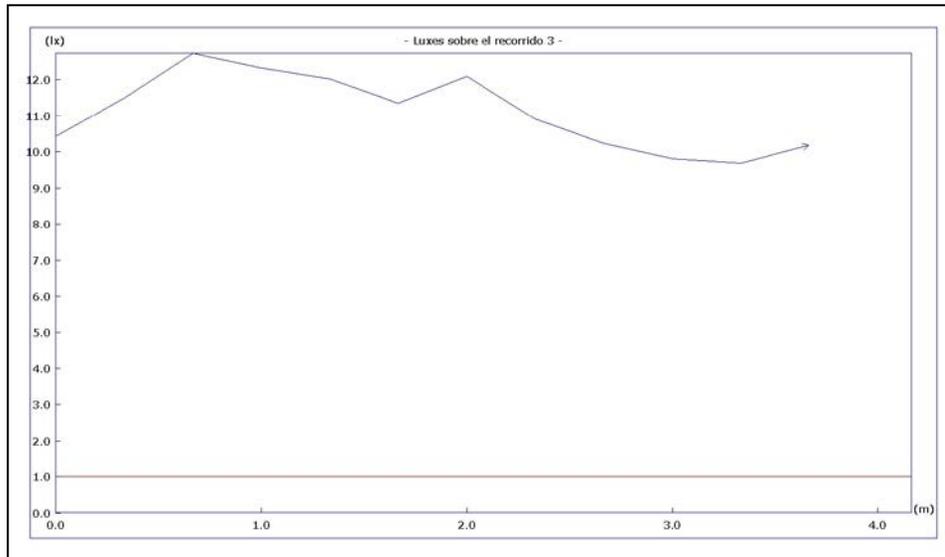
	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniform. en recorrido:	40.00 mx/mn	1.54 mx/mn
lx. mínimos:	1.00 lx.	5.28 lx.
lx. máximos:	----	8.11 lx.
Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Altura del plano de medida: 0.00 m.

Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO

Recorrido 3

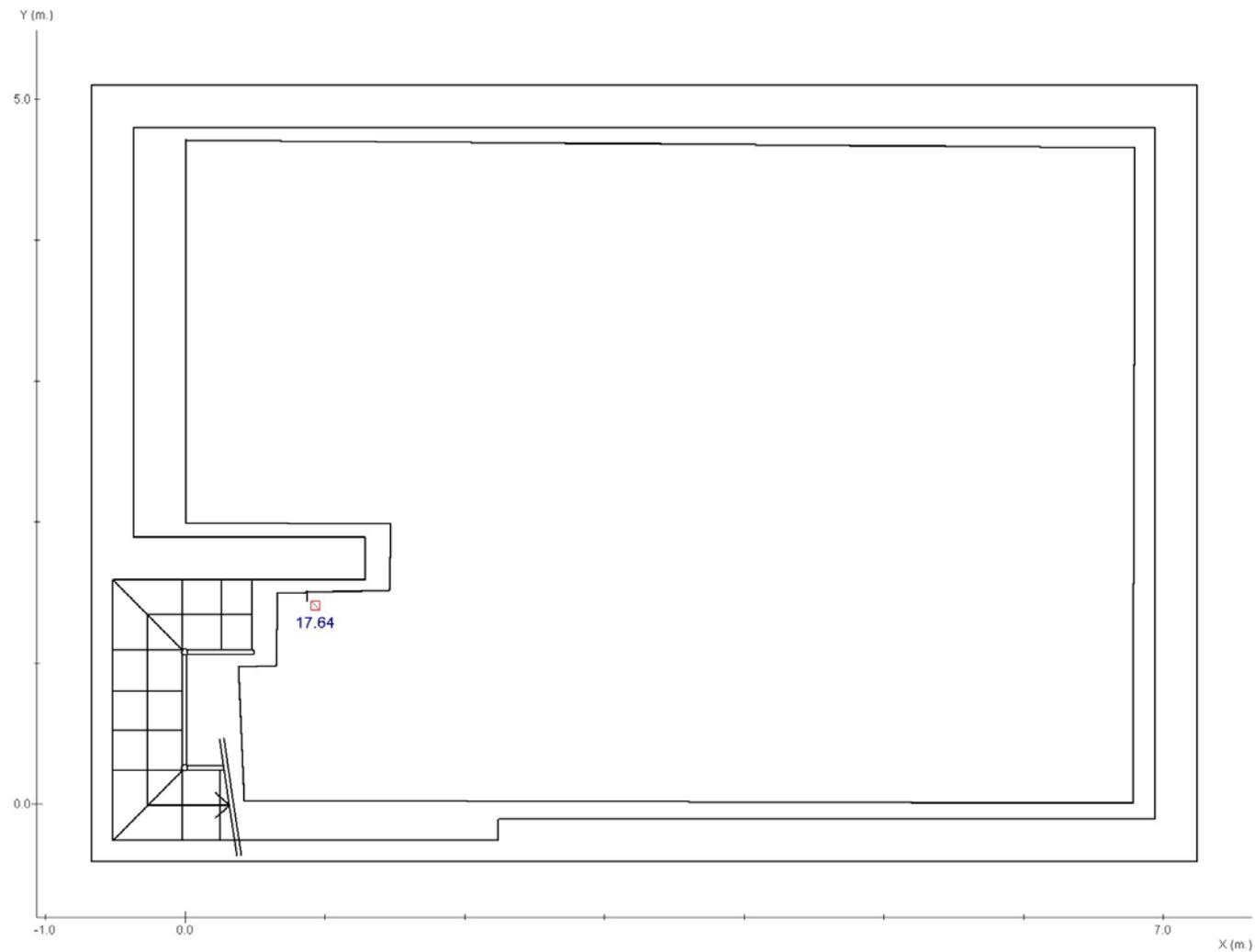


	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniform. en recorrido:	40.00 mx/mn	1.31 mx/mn
lx. mínimos:	1.00 lx.	9.69 lx.
lx. máximos:	----	12.74 lx.
Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Altura del plano de medida: 0.00 m.

Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO



▣ Cuadro Eléctrico

Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO

<u>Nº</u>	<u>Coordenadas</u>				<u>Objetivo</u>	<u>Resultado</u>
	x	y	h	$\gamma$		
1	0.93	1.41	1.20	0.00	5.00	17.64 (H)

Proyecto : Instalación Geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar

Plano : PLANTA SÓTANO

<u>Cantidad</u>	<u>Referencia</u>	<u>Precio (€)</u>
3	NOVA LD N6	219.99
		_____
	Precio Total (PVP)	219.99

# **ANEXO VI**

## **PUESTA EN MARCHA**

## INDICE ANEXO VI

<b>1. OBJETO.....</b>	<b>Anexo VI.2</b>
<b>2. PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS.....</b>	<b>Anexo VI.2</b>
2.1. Pruebas de estanqueidad y resistencia de la instalación.....	Anexo VI.2
2.2. Puesta en marcha de la bomba de calor.....	Anexo VI.3

## 1. OBJETO

El objeto del presente anexo es establecer los pasos y procesos a realizar para la puesta en marcha de la instalación de calor geotérmica, objeto de este trabajo, de acuerdo con la normativa vigente.

## 2. PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS

Antes de poner en funcionamiento el sistema, se deben realizar una serie de procesos y comprobaciones para asegurar el buen funcionamiento de la instalación, entre los que se incluyen:

- La limpieza del circuito de tuberías, para eliminar los residuos procedentes del montaje
- La purga del aire de la instalación, que se realiza introduciendo agua en el sistema de tuberías a una velocidad de 0,6 m/s, eliminando por completo cualquier burbuja de aire atrapada. Si la bomba de circulación de la instalación no está diseñada para alcanzar estas especificaciones, se conectará un grupo hidráulico externo (unidad de purga) que servirá también para la introducción (en su caso) de anticongelante.
- La verificación de las condiciones de diseño (presión y caudal)
- La carga del intercambiador de calor con anticongelante (cuando sea necesario)
- La presurización de la instalación y la puesta en marcha de la bomba de calor, con la correspondiente comprobación de parámetros.

### 2.1. Pruebas de estanqueidad y resistencia de la instalación

Se realizará una prueba preliminar de estanquidad para detectar fallos de continuidad de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica, empleando el mismo fluido transportado, generalmente agua, a la presión de llenado. Se deberá verificar la estanquidad de todas las uniones.

A continuación, 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. La presión de prueba será equivalente a 1,5 veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar.

Se repararán las anomalías encontradas y se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red se estanca.

## **2.2. Puesta en marcha de la bomba de calor**

Una vez que se haya limpiado, agregado el anticongelante y presurizado el sistema se realizará la puesta en marcha de la bomba de calor. Se probará la instalación en todos sus modos de funcionamiento durante el tiempo suficiente, comprobando temperaturas de ida y retorno del intercambiador enterrado, presiones, caudal en el circuito y potencia eléctrica absorbida.

# **ANEXO VII**

# **MANUAL DE CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO**

## INDICE ANEXO VII

<b>1.- MANUAL DE CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO.....</b>	<b>Anexo VII.3</b>
1.1.- Plan de vigilancia .....	Anexo VII.4
1.2.- Plan de mantenimiento.....	Anexo VII.5
1.3.- Limpieza y programa de desinfección.....	Anexo VII.5
1.4.- Limpieza y desinfección en caso de brote de legionella .....	Anexo VII.5
1.5.- Prevención de riesgos laborales .....	Anexo VII.6
1.6.- Interrupción del servicio .....	Anexo VII.7
1.7.- Nueva puesta en servicio.....	Anexo VII.7
1.8.- Certificado de mantenimiento.....	Anexo VII.7
1.9.- Reparación. Reposición .....	Anexo VII.8
<b>2.- Inspecciones.....</b>	<b>Anexo VII.8</b>
2.1.- Inspecciones iniciales.....	Anexo VII.8
2.2.- inspecciones periódicas de Eficiencia Energética .....	Anexo VII.9
2.2.1.- Alcance de las Inspecciones de Eficiencia Energética .....	Anexo VII.9
2.2.1.1 Generador de calor .....	Anexo VII.9
2.2.1.2 Generador de Frío.....	Anexo VII.9
2.2.1.3 Instalación térmica completa .....	Anexo VII.10
2.2.2.- Periodicidad de las inspecciones .....	Anexo VII.10
2.2.2.1 Generadores de calor .....	Anexo VII.10
2.2.2.2 Generadores de frío .....	Anexo VII.11
2.2.2.3 Instalación térmica completa .....	Anexo VII.11
2.3.- Calificación de las instalaciones en función del resultado de la inspección de eficiencia energética y emisión del certificado de inspección .....	Anexo VII.11
2.4.- De los plazos de entrega y de validez de los certificados de inspección OCA. ....	Anexo VII.12
2.5.- Tipos de defectos detectados en las inspecciones de las instalaciones térmicas y de las obligaciones del titular y de la empresa	

instaladora..... Anexo VII.12

**3.- Condiciones de índole facultativo .....Anexo VII.13**

3.1.- De la responsabilidad de las partes en el cumplimiento

reglamentario..... Anexo VII.13

3.2.- Del titular de la instalación térmica y sus obligaciones ..... Anexo VII.13

3.3.- De la empresa mantenedora autorizada..... Anexo VII.14

3.4.- De los organismos de control autorizado ..... Anexo VII.15

3.5.- Certificado de mantenimiento..... Anexo VII.15

3.6.- Manual de Uso y Mantenimiento..... Anexo VII.16

# 1.-MANUAL DE CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO

Las actuaciones de mantenimiento sobre las instalaciones térmicas en los edificios son independientes de las inspecciones periódicas que preceptivamente se tengan que realizar.

Las operaciones de mantenimiento de las instalaciones sujetas al RITE se realizarán por empresas mantenedoras autorizadas.

Las instalaciones térmicas se utilizarán adecuadamente, de conformidad con las instrucciones de uso contenidas en el Manual de Uso y Mantenimiento, absteniéndose realizar un uso incompatible con el previsto.

Al hacerse cargo del mantenimiento, el titular de la instalación entregará al representante de la empresa mantenedora una copia del Manual de Uso y Mantenimiento de la instalación térmica, contenido en el Libro del Edificio.

La empresa mantenedora será responsable de que el mantenimiento de la instalación térmica sea realizado correctamente de acuerdo con las instrucciones del Manual de Uso y Mantenimiento y con las exigencias del RITE.

Las instrucciones de uso y mantenimiento, de acuerdo con las características específicas de la instalación, quedarán reflejadas mediante la elaboración de un "*Manual de Uso y Mantenimiento*" anteriormente mencionado, que contendrá las instrucciones de seguridad, manejo y operación, así como los programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética de la instalación proyectada, de acuerdo con la IT 3.

Será obligación del mantenedor autorizado y del Ingeniero-Director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, la actualización y adecuación permanente de la documentación contenida en el Manual de Uso y Mantenimiento a las características técnicas de la instalación.

Las instalaciones mantendrán sus características originales. Si son necesarias reformas, éstas deben ser efectuadas por empresas autorizadas para ello de acuerdo a lo prescrito por el Reglamento RITE.

Los equipos que necesiten operaciones periódicas de mantenimiento, tales como elementos de medida, control, protección y maniobra, así como válvulas, compuertas, unidades terminales, que deban quedar ocultos, se situarán en espacios que permitan la accesibilidad.

Las tuberías se emplazarán en lugares que permitan la accesibilidad a lo largo de su recorrido para facilitar la inspección de las mismas y de sus accesorios.

Si fuese necesario interrumpir el funcionamiento de un generador, por desarrollar operaciones de mantenimiento o reparación, por razones de seguridad o explotación, etc., también deberá interrumpirse el funcionamiento de todos los equipos accesorios y/o auxiliares directamente relacionados con el mismo.

El mantenimiento de las instalaciones sujetas al RITE será realizado de acuerdo con lo establecido en la IT 3:

- a) Instalaciones térmicas con potencia térmica nominal total instalada en generación de calor o frío igual o superior a 5kW e inferior o igual a 70kW. Se mantendrán por una empresa mantenedora, que debe realizar su mantenimiento de acuerdo con las instrucciones contenidas en el «Manual de Uso y Mantenimiento».

El titular de la instalación podrá realizar con personal de su plantilla el mantenimiento de sus propias instalaciones térmicas siempre y cuando acredite cumplir con los requisitos exigidos en el artículo 41 para el ejercicio de la actividad de mantenimiento, y sea autorizado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación, para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- a) Plan de vigilancia.  
b) Plan de mantenimiento preventivo.  
c) Programa de gestión energética

### 1.1.- Plan de vigilancia

Se define como el conjunto de operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación son los correctos. Es un plan de observación simple (Inspecciones Visuales) de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, con el siguiente alcance:

Elemento	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas
	Purgador manual	3	Vaciado del botellín
<b>CIRCUITO SECUNDARIO</b>	Termómetro	Diario	IV Temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV Ausencia de humedad y fugas
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito

IV = Inspección Visual

## **1.2.- Plan de mantenimiento**

Se definen como el conjunto de operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación permitan mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

Implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación. Se realizará por personal técnico competente con conocimientos.

El mantenimiento incluirá todas las operaciones y la sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

## **1.3.- Limpieza y programa de desinfección**

Durante la realización de los tratamientos de desinfección se han de extremar las precauciones para evitar que se produzcan situaciones de riesgo tanto entre el personal que realice los tratamientos como todos aquellos ocupantes de las instalaciones a tratar.

En general para los trabajadores se cumplirán las disposiciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y su normativa de desarrollo. El personal deberá haber realizado los cursos autorizados para la realización de operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario para la prevención y control de la legionelosis, según Orden SCO 317/2003, de 7 de febrero.

Se distinguen tres tipos de actuaciones en la instalación:

1. Limpieza y programa de desinfección de mantenimiento.
2. Limpieza y desinfección de choque.
3. Limpieza y desinfección en caso de brote.

## **1.4.- Limpieza y desinfección en caso de brote de legionella**

En el caso de producirse un brote se realizará un tratamiento en todo el sistema de distribución de Agua Caliente Sanitaria, tal y como se especifica en el anexo 3 del Real Decreto 865/2003.

Todas las actividades realizadas con motivo de la aparición de un brote de legionelosis en una instalación han de quedar reflejadas en el registro de mantenimiento de forma que estén siempre disponibles para las Autoridades Sanitarias.

Todos los elementos desmontables deberán tratarse según lo establecido en anteriores apartados, teniendo en cuenta que sólo puede utilizarse cloro, procediendo a la renovación de aquellos elementos de la red en los que se aprecie alguna anomalía, en especial los que se vean afectados por procesos de corrosión e incrustación.

## 1.5.- Prevención de riesgos laborales

Con el fin de prevenir los accidentes de trabajo y los riesgos para la salud de los operarios de las instalaciones y del personal de mantenimiento, limpieza y desinfección, especialmente los riesgos derivados de la inhalación de aerosoles con legionella y de la exposición a productos químicos y agentes físicos utilizados en el tratamiento de las instalaciones y del agua de las mismas, deben tomarse las siguientes precauciones.

Planificar y diseñar las tareas de revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección de forma que los riesgos para los trabajadores sean mínimos, mediante procedimientos de trabajo escritos. Aquellas tareas en las cuales el riesgo pueda ser importante, como, por ejemplo, las que se realicen en espacios confinados, o las que impliquen la utilización de agentes químicos o la exposición a agentes físicos, no deben realizarse nunca en solitario. Aunque sean llevadas a cabo por un solo trabajador, siempre debe haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual (EPI) y medios apropiados para que, en caso de producirse un accidente o una exposición excesiva, pueda socorrer al afectado sin que ella misma se exponga al riesgo.

Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas y adiestrarles en la ejecución segura de sus tareas y la observancia de las medidas de prevención.

Guardar los productos químicos en un almacén a ellos dedicado y deben existir normas escritas sobre su almacenamiento y manipulación, redactadas de acuerdo a las fichas de seguridad suministradas por los fabricantes.

Suministrar a los trabajadores equipos de protección individual acordes al riesgo al que puedan estar expuestos en la realización de sus tareas, que no supongan un riesgo o esfuerzo añadido o sean penosos de llevar.

Los trabajadores deben ser adiestrados en su uso, limpieza, descontaminación, mantenimiento y conservación adecuados. Es recomendable que existan procedimientos escritos para ello. De acuerdo a la tarea que se realice y a los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos y biológicos, se recomienda la utilización de los equipos de protección individual que se señalan en la siguiente tabla.

TAREA	FACTOR DE RIESGO	EPI	
		Protección respiratoria	Ropa de protección
Revisión	Aerosol	Mascarilla autofiltrante contra partículas	No es necesaria
Limpieza y tratamiento químico en espacio bien ventilado	Aerosol y concentración baja de cloro u otros agentes químicos	Mascarilla con filtro contra partículas, gases y vapores	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas
Limpieza y tratamiento químico en espacio ventilado, sin movimiento de aire	Aerosol y concentración no muy alta de cloro u otros agentes químicos	Mascarilla completa con filtro contra partículas, gases y vapores	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas
Limpieza y tratamiento químico en espacio confinado	Aerosol y concentración alta de cloro u otros agentes químicos; posible falta de oxígeno	Equipo de protección respiratoria aislante autónomo, con adaptador facial tipo máscara completa	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas

## **1.6.- Interrupción del servicio**

En las instalaciones que no se pongan en servicio después de 4 semanas desde su terminación, o aquellas que permanezcan fuera de servicio más de 6 meses, se cerrará su conexión y se procederá a su vaciado.

Las acometidas que no sean utilizadas inmediatamente tras su terminación o que estén paradas temporalmente, deben cerrarse. Las acometidas que no se utilicen durante 1 año deben ser taponadas.

## **1.7.- Nueva puesta en servicio**

Las instalaciones que hayan sido puestas fuera de servicio y vaciadas provisionalmente deben ser lavadas a fondo para la nueva puesta en servicio. Para ello se podrá seguir el procedimiento siguiente:

- a) Para el llenado de la instalación se abrirán al principio solo un poco las llaves de cierre, empezando por la llave de cierre principal. A continuación, para evitar golpes de ariete y daños, se purgarán de aire, durante un tiempo, las conducciones por apertura lenta de cada una de las llaves de toma, empezando por la más alejada o la situada más alta, hasta que no salga más aire. A continuación, se abrirán totalmente las llaves de cierre y lavarán las conducciones.
- b) Llenadas y lavadas las conducciones y con todas las llaves de toma cerradas, se comprobará la estanqueidad de la instalación por control visual de todas las conducciones accesibles, conexiones y dispositivos de consumo.

## **1.8.- Certificado de mantenimiento**

Anualmente el mantenedor autorizado titular del carné profesional y el Director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de mantenimiento, que será enviado, si así se determina, al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quedando una copia del mismo en posesión del titular de la instalación. La validez del certificado de mantenimiento expedido será como máximo de un año.

El certificado de mantenimiento, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- a) Identificación de la instalación.
- b) Identificación de la empresa mantenedora, mantenedor autorizado responsable de la instalación y del director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva.
- c) Resultados de las operaciones realizadas de acuerdo con la IT 3 del RITE.
- d) Declaración expresa de que la instalación ha sido mantenida de acuerdo con el «Manual de Uso y Mantenimiento » y que cumple con los requisitos exigidos en la IT 3 del RITE.

Las comprobaciones y chequeos a realizar por los responsables del mantenimiento se efectuarán con la periodicidad acordada, atendiendo al tipo de instalación, su nivel de riesgo y el entorno ambiental, todo ello sin perjuicio de las otras actuaciones que proceda realizar para corrección de anomalías o por exigencia de la reglamentación. Los detalles de las averías o defectos detectados, identificación de los trabajos efectuados, lista de piezas o dispositivos reparados o sustituidos y el resultado de las verificaciones correspondientes deberán quedar registrados en soporte auditable por la Administración.

### **1.9.- Reparación. Reposición**

Siempre que se revisen las instalaciones, se repararán los defectos encontrados y, en el caso que sea necesario, se repondrán las piezas que lo precisen.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

## **2.-INSPECCIONES**

Las inspecciones, iniciales y periódicas de eficiencia energética sobre las instalaciones térmicas son independientes de las actuaciones de mantenimiento que preceptivamente se tengan que realizar.

Serán realizadas, bien por personal facultativo de los servicios de Seguridad Industrial del órgano competente de la Comunidad Autónoma, o mediante Organismos o Entidades de Control Autorizadas (O.C.A.) en este campo reglamentario, siendo, en este último caso, de libre designación y elección por parte de La Propiedad o titular de la instalación.

Las inspecciones incluirán el análisis y evaluación del rendimiento y la revisión del registro oficial de las operaciones de mantenimiento.

Dos serán los tipos de inspecciones a realizar sobre las instalaciones térmicas, clasificándose en *Inspecciones Iniciales* e *Inspecciones Periódicas de Eficiencia Energética*.

Como resultado de la inspección, se emitirá el correspondiente *Certificado de Inspección*, el cual señalará si el proyecto o memoria técnica y la instalación ejecutada cumple los preceptos del RITE, la posible relación de defectos, la calificación de la instalación y plazo de subsanación.

### **2.1.- Inspecciones iniciales**

Ejecutada la instalación térmica y presentada la documentación de la misma para la solicitud de su puesta en marcha, el órgano competente de la Comunidad

Autónoma podrá disponer de una inspección inicial de estas instalaciones con la finalidad de comprobar el cumplimiento reglamentario del RITE.

Ésta se realizará sobre la base del cumplimiento de las condiciones de bienestar e higiene, eficiencia energética y de seguridades establecidas por el RITE y contempladas en el presente Pliego de Condiciones, asimismo acorde a la reglamentación industrial en vigor, y para las instalaciones que empleen gases combustibles, a través de su específica reglamentación.

## **2.2.- inspecciones periódicas de Eficiencia Energética**

Se inspeccionarán con la finalidad de verificar su cumplimiento reglamentario, según tipología, potencia, contenidos, plazos, criterios de valoración y medidas a adoptar como resultado de las mismas, en función de las características de la instalación.

El órgano competente de la Comunidad Autónoma establecerá:

- a) El calendario de inspecciones periódicas de eficiencia energética, coordinando su realización con otras inspecciones a las que vengán obligadas por razón de otros reglamentos.
- b) Los requisitos de los agentes autorizados para llevar a cabo estas inspecciones, que podrán ser, entre otros, organismos o entidades de control autorizadas para este campo reglamentario, o técnicos independientes, cualificados y acreditados por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, elegidos libremente por el titular de la instalación de entre los autorizados para realizar estas funciones.

### **2.2.1.- Alcance de las Inspecciones de Eficiencia Energética**

#### **2.2.1.1 GENERADOR DE CALOR**

Se inspeccionarán aquellos generadores de Potencia instalada  $\geq 20$  kW, comprendiendo las siguientes tareas:

- a) Análisis y evaluación del rendimiento (no tendrá un valor inferior a 2 unidades con respecto al rendimiento determinado en la puesta en servicio).
- b) Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento establecidas en la IT3 del RIT, relacionadas con el generador de calor y la energía solar.
- c) Incluirá la instalación de energía solar térmica, caso de existir y comprenderá la evaluación de la contribución mínima en la producción de agua caliente sanitaria y calefacción solar.

#### **2.2.1.2 GENERADOR DE FRÍO**

Se inspeccionará los generadores de frío de potencia **térmica nominal  $> 12$  kW** y comprenderá las siguientes actuaciones:

- a) Análisis y evaluación del rendimiento

- b) Inspección de registro oficial de operaciones de mantenimiento establecidas en la IT3 del RITE, relacionadas con el generador de frío para verificar su realización periódica y el cumplimiento y adecuación del “Manual de Uso y Mantenimiento” a la instalación existente.

### 2.2.1.3 Instalación térmica completa

Transcurridos quince (15) años desde la emisión del primer certificado de instalación, y con **potencia térmica nominal > 20kW en calor o 12kW en frío**, se realizará una inspección global, comprendiendo ésta las siguientes tareas:

- a) Inspección del sistema relacionado con la eficiencia energética según la IT1 del RITE.
- b) Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento establecidas en la IT3 del RITE para la instalación térmica completa y comprobación del cumplimiento y adecuación del “Manual de Uso y Mantenimiento” a la instalación existente.
- c) Elaboración de informe-dictamen de asesoramiento y de adopción de mejoras de la eficiencia energética con posibilidad de incorporar energía solar. Este informe será entregado a La Propiedad y contemplará propuestas de rentabilidad energética, económica y de sostenibilidad medioambiental.

## 2.2.2.- Periodicidad de las inspecciones

### 2.2.2.1 Generadores de calor

Los generadores de calor de las instalaciones existentes deberán superar su primera inspección de acuerdo con el calendario que al respecto establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma en función de la potencia, tipo de comestible y antigüedad.

Potencia Térmica Nominal (kW)	Tipo de combustible	Periodo de Inspección
20 ≤ P <	Gases y combustibles renovables	Cada 5 años
	Otros combustibles	Cada 5 años
P > 70	Gases y combustibles renovables	Cada 4 años
	Otros combustibles	Cada 2 años

### 2.2.2.2 Generadores de frío

Los generadores de frío de las instalaciones térmicas de potencia térmica nominal superior a 12 kW, se inspeccionarán periódicamente de acuerdo con el calendario que al respecto establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma, en función de su antigüedad y de que su potencia térmica nominal sea mayor de 70 kW o igual, o inferior a dicho valor.

### 2.2.2.3 Instalación térmica completa

Esta inspección se hará coincidir con la primera inspección del generador de calor o frío, una vez que la instalación haya superado los quince (15) años de antigüedad. Posteriormente, este tipo de inspección completa se hará cada 15 años

## 2.3.- Calificación de las instalaciones en función del resultado de la inspección de eficiencia energética y emisión del certificado de inspección

**Aceptable:** Si no se determina la existencia de algún defecto grave o muy grave, donde los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que debe establecer los medios para subsanarlos, acreditando su subsanación antes de tres (3) meses.

**Condicionada:** Si se detecta la existencia de, al menos, un defecto grave o de un defecto leve descubierto en otra inspección anterior y que no se haya corregido. En este caso:

- a) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta calificación no podrán entrar en servicio y ser suministradas de energía en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de aceptable.
- b) A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, acreditando su subsanación antes de quince (15) días. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el organismo que haya efectuado ese control debe remitir el certificado de inspección al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quién podrá disponer la suspensión del suministro de energía hasta la obtención de la calificación de aceptable.

**Negativa:** cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

- a) Las instalaciones nuevas objeto de esta calificación no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de aceptable.
- b) A las instalaciones ya en servicio se les emitirá certificado de calificación negativa, que se remitirá inmediatamente al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quién deberá disponer la suspensión del suministro de energía hasta la obtención de la calificación de aceptable.

Los certificados de inspección periódica se presentarán ante el órgano competente de la Administración de la Comunidad Autónoma haciendo mención expresa al grado de cumplimiento de las condiciones reglamentarias, la calificación del resultado de la inspección, la propuesta de las medidas correctoras necesarias y el plazo máximo de corrección de anomalías, según proceda.

Los certificados deberán ser firmados por los autores de la inspección estando visados por el Colegio Oficial correspondiente en el plazo máximo de UN (1) MES desde su realización. Cuando se trate de un técnico adscrito a un OCA, éste estampará su sello oficial.

Los certificados se mantendrán en poder del titular de las instalaciones, quien deberá enviar copia a la Administración competente en materia de energía durante el mes siguiente al cumplimiento de los plazos máximos establecidos en el párrafo anterior.

## **2.4.- De los plazos de entrega y de validez de los certificados de inspección OCA**

El OCA hará llegar, en el plazo de CINCO (5) días de la inspección, el original del certificado al titular de la instalación y copia a los profesionales presentes en la inspección. En cada acto de inspección, el OCA colocará, en el generador de frío o de calor, una etiqueta identificativa o placa adhesiva de material indeleble con la fecha de la intervención.

Si la inspección detecta una modificación en la instalación que no haya sido previamente legalizada o autorizada, según corresponda, deberá ser calificada como negativa por defecto grave. Para instalaciones nuevas, tal circunstancia implicará la no autorización de su puesta en servicio, y para instalaciones en servicio será considerado un incumplimiento grave, todo ello sin perjuicio de las infracciones en que incurran los sujetos responsables, conforme a las leyes vigentes.

Los profesionales habilitados adscritos a los OCA estarán obligados a cumplimentar y firmar los certificados de las inspecciones, ya sean periódicas, iniciales o extraordinarias, de las instalaciones donde intervengan, debiendo consignar y certificar expresamente los resultados de la revisión y custodiar las plantillas de control utilizadas y las notas de campo de tales reconocimientos.

## **2.5.- Tipos de defectos detectados en las inspecciones de las instalaciones térmicas y de las obligaciones del titular y de la empresa instaladora**

Los defectos en las instalaciones térmicas se clasificarán en: muy graves, graves o leves.

**Defecto muy grave:** es aquel que suponga un peligro inmediato para la seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente.

**Defecto grave:** es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes o del medio ambiente, pero el defecto puede reducir de

modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación térmica o su eficiencia energética, así como la sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves.

**Defecto leve:** es aquel que no perturba el funcionamiento de la instalación y por el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

Para la puesta en servicio de una instalación con Certificado de Inspección "negativo", será necesaria la emisión de un nuevo Certificado de Inspección sin dicha calificación, por parte del mismo OCA una vez corregidos los defectos que motivaron la calificación anterior. En tanto no se produzca la modificación en la calificación dada por dicho Organismo, la instalación deberá mantenerse fuera de servicio. Con independencia de las obligaciones que correspondan al titular, el OCA deberá remitir a la Administración competente en materia de energía el certificado donde se haga constar la corrección de las anomalías.

Si en una inspección los defectos técnicos detectados implicasen un riesgo grave, el OCA está obligado a requerir, al titular de la instalación y a la empresa instaladora, que dejen fuera de servicio la parte de la instalación o aparatos afectados, procediendo al precinto total o parcial de la instalación y comunicando tal circunstancia a la Administración competente en materia de energía. La inspección del OCA para poner de nuevo en funcionamiento la instalación se hará dentro de las 24 horas siguientes a la comunicación del titular de que el defecto ha sido subsanado.

Si a pesar del requerimiento realizado el titular no procede a dejar fuera de servicio la parte de la instalación o aparatos afectados, el OCA lo pondrá en conocimiento de la Administración competente en materia de energía, identificando a las personas a las que comunicó tal requerimiento, a fin de que adopte las medidas necesarias.

### **3.-CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO**

#### **3.1.- De la responsabilidad de las partes en el cumplimiento reglamentario**

La responsabilidad del cumplimiento del RITE recae sobre:

1. Los agentes que participan en el diseño, dimensionado, montaje y puesta en marcha de las instalaciones.
2. Los agentes que participan en el mantenimiento e inspección de las instalaciones.
3. Las entidades e instituciones que intervienen en el visado, supervisión o informes de los proyectos o memorias técnicas.
4. Los titulares y usuarios de las instalaciones

#### **3.2.- Del titular de la instalación térmica y sus obligaciones**

Son obligaciones y responsabilidades del titular/usuario de la instalación térmica, las siguientes:

Es responsable del cumplimiento del RITE desde el momento en que se realiza su recepción provisional, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 12.1.c) de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, en lo que se refiere a su uso y mantenimiento, y sin que este mantenimiento pueda ser sustituido por la garantía.

No está autorizado a realizar operaciones de modificación, reparación o mantenimiento. Estas actuaciones deberán ser ejecutadas siempre por una empresa instaladora autorizada.

Mantener, durante la vida útil de la instalación, y con carácter permanente, su buen estado de seguridad y funcionamiento, utilizándola de acuerdo con sus características funcionales.

Se pondrá en conocimiento del responsable de mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal de las instalaciones térmicas.

Asimismo, será responsable de que se realicen las siguientes acciones:

- a) Encargar a una empresa mantenedora, la realización del mantenimiento de la instalación térmica.
- b) Realizar las inspecciones obligatorias y conservar su correspondiente documentación.
- c) Conservar la documentación de todas las actuaciones, ya sean de reparación o reforma realizadas en la instalación térmica, así como las relacionadas con el fin de la vida útil de la misma o sus equipos, consignándolas en el Libro del Edificio.

También podrá realizar, con personal de su plantilla el mantenimiento de sus propias instalaciones térmicas siempre y cuando acredite cumplir con los requisitos exigidos en el artículo 41 del RITE, para el ejercicio de la actividad de mantenimiento, y sea autorizado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

### **3.3.- De la empresa mantenedora autorizada**

Se define como “Empresa mantenedora autorizada” a la persona física o jurídica que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional, realiza las actividades industriales relacionadas realiza con el mantenimiento y la reparación de las instalaciones térmicas en el ámbito del RITE.

Para el ejercicio de esta actividad, deben, además de haber sido autorizadas para ello, encontrarse inscritas en el Registro de empresas mantenedoras autorizadas, en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique su sede social.

Las empresas mantenedoras registradas están obligadas a tener una copia del certificado de registro a disposición del público y deben hacerlo constar en sus documentos técnicos y comerciales.

El certificado de registro de empresa mantenedora tendrá validez por un período de cinco (5) años, siempre y cuando se mantengan las condiciones que permitieron su concesión, debiendo ser renovado, a solicitud del interesado, antes de la finalización de dicho plazo.

Formalizará un contrato de mantenimiento con el titular o Propietario de una instalación térmica, y tendrá las siguientes obligaciones, sin perjuicio de las que establezcan otras legislaciones:

- a) Comunicar al órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente, y en el plazo de un (1) mes, las altas y bajas de los trabajadores con carné profesional.
- b) Mantener permanentemente las instalaciones en adecuado estado de seguridad y funcionamiento.
- c) Interrumpir el servicio a la instalación, total o parcialmente, en los casos en que se observe el inminente peligro para las personas o las cosas, o exista un grave riesgo medioambiental inminente. Sin perjuicio de otras actuaciones que correspondan respecto a la jurisdicción civil o penal, en caso de accidente deberán comunicarlo al Centro Directivo competente en materia de energía, manteniendo interrumpido el funcionamiento de la instalación, hasta que se subsanen los defectos que han causado dicho accidente.
- d) Atender con diligencia los requerimientos del titular para prevenir o corregir las averías que se produzcan en la instalación térmica.
- e) Poner en conocimiento del titular, por escrito, las deficiencias observadas en la instalación, que afecten a la seguridad de las personas o de las cosas, a fin de que sean subsanadas.
- f) Comunicar al titular de la instalación, con una antelación mínima de UN (1) MES, la fecha en que corresponde realizar la revisión periódica de eficiencia energética a efectuar por un Organismo OCA, cuando fuese preceptivo.
- g) Dimensionar suficientemente tanto sus recursos técnicos y humanos, como su organización en función del tipo, localización y número de instalaciones bajo su responsabilidad.

### **3.4.- De los organismos de control autorizado**

Un OCA es aquella entidad que realiza el ámbito reglamentario, en materia de seguridad industrial, actividades de certificación, ensayo, inspección o auditoria, en base a lo definido en el artículo 41 del Reglamento de las Infraestructuras para la Calidad y la Seguridad Industrial aprobado por Real Decreto 2.200/1995, de 28 de diciembre, autorizada en el campo de las instalaciones térmicas e inscrita en el Registro Especial de esta Comunidad Autónoma.

### **3.5.- Certificado de mantenimiento**

Anualmente el mantenedor autorizado titular del carné profesional y el director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de mantenimiento, que será enviado, si así se determina, al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quedando una copia del mismo en posesión del titular de la instalación. La validez del certificado de mantenimiento expedido será como máximo de un año.

El certificado de mantenimiento, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- a) Identificación de la instalación.
- b) Identificación de la empresa mantenedora, mantenedor autorizado responsable de la instalación y del director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva.
- c) Resultados de las operaciones realizadas de acuerdo con la IT 3.
- d) Declaración expresa de que la instalación ha sido mantenida de acuerdo con el “Manual de Uso y Mantenimiento” y que cumple con los requisitos exigidos en la IT 3.

### **3.6.- Manual de Uso y Mantenimiento**

La redacción del “Manual de Uso y Mantenimiento”, que contendrá las instrucciones de manejo y seguridad, así como los programas de mantenimiento y gestión energética, será redactado al finalizar las obras, por la empresa instaladora, dado que se trata de una instalación menor de 70kW, junto con la redacción de la memoria definitiva y de los planos “*as-built*”.

Al finalizar las obras, dentro del Manual de Uso y Mantenimiento, se incluirá también un documento que contenga todos los folletos de los equipos instalados, con sus características técnicas. No serán aceptables, en general, los catálogos que comprendan toda la serie de productos del fabricante.

En el Manual de Uso y Mantenimiento se tendrán que incluir también las Fichas Técnicas de todos los equipos y aparatos que forman parte de la instalación.

San Cristóbal de La Laguna, julio 2024

**Pablo Armas González**

## **ANEXO VIII**

# **ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## INDICE ANEXO VIII

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>Anexo VIII.4</b>
1.1 Objeto .....	Anexo VIII.4
1.2 Datos de la obra .....	Anexo VIII.4
1.3 Centros sanitarios.....	Anexo VIII.5
1.4 Disposiciones mínimas. Servicios higiénicos .....	Anexo VIII.5
1.5 Control de seguridad en la obra .....	Anexo VIII.5
1.6 Vigilante de seguridad .....	Anexo VIII.5
1.7 Señalización general .....	Anexo VIII.5
1.8 Prevención de riesgos de daños a terceros. ....	Anexo VIII.6
1.9 Formación.....	Anexo VIII.6
1.10 Medidas preventivas y primeros auxilios.....	Anexo VIII.6
1.11 Disposiciones legales de aplicación.....	Anexo VIII.7
1.12 Obligaciones de las partes implicadas .....	Anexo VIII.8
1.12.1 Obligaciones de los contratistas y subcontratistas .....	Anexo VIII.8
1.12.2 Obligaciones de los trabajadores autónomos.....	Anexo VIII.9
1.13 Condiciones de los medios de protección.....	Anexo VIII.9
1.13.1 Protecciones personales.....	Anexo VIII.10
1.13.2 Protecciones colectivas y medidas a tomar.....	Anexo VIII.10
1.14 Plan de seguridad y salud en el trabajo .....	Anexo VIII.11
1.1.1 Previsiones del contratista o constructor. ....	Anexo VIII.11

1.15 Régimen de responsabilidades y atribuciones en materia de seguridad y salud.....	Anexo VIII.12
<b>2. ESTUDIO DE RIESGOS EN CADA FASE DE LA OBRA</b>	
.....	<b>Anexo VIII.13</b>
2.15 Normas básicas para todos los trabajos: .....	Anexo VIII.13
2.15.1 Protecciones personales.....	Anexo VIII.13
2.15.2 Protecciones colectivas y medidas a tomar.....	Anexo VIII.13
2.16 Levantado de instalaciones.....	Anexo VIII.13
2.16.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.13
2.16.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.13
2.17 Demolición de revestimientos .....	Anexo VIII.14
2.17.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.14
2.17.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.15
2.18 Cierres.....	Anexo VIII.16
2.18.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.16
2.18.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.16
2.19 Particiones.....	Anexo VIII.17
2.19.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.17
2.19.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.17
2.20 Calefacción.....	Anexo VIII.19
2.20.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.19
2.20.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.19
2.21 Revestimientos.....	Anexo VIII.22
2.21.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.22

2.21.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.22
2.22 Pinturas .....	Anexo VIII.23
2.22.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.23
2.22.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.24
2.23 Revestimientos de suelos y escaleras .....	Anexo VIII.25
2.23.1 Riesgos laborales.....	Anexo VIII.25
2.23.2 Planificación de la prevención .....	Anexo VIII.25
<b>3. ANEJOS AL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA EDIFICACIÓN .....</b>	<b>Anexo VIII.26</b>

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 Objeto

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, este estudio tiene por objeto el establecer las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables en el marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Para ello se enumerarán para cada fase o tipo de oficio la descripción de los trabajos a realizar, los riesgos más frecuentes que ellos conllevan (a profesionales y a terceros), las normas básicas de seguridad que se han de seguir para disminuir el número de accidentes y su gravedad, las protecciones personales y colectivas a emplear y por último, los principios generales que serán aplicables durante la ejecución de las obras.

Se tendrá en cuenta, a su vez, el correcto montaje de las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores, como son los vestuarios, aseos, etc.

## 1.2 Datos de la obra

- **Tipo de construcción:** Instalación geotérmica para climatización de una vivienda unifamiliar
- **Situación:** C\ Joaquín Turina 53, 38208, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife
- **Propietario de la obra:**
- Bajo la calle a la que da frente a la vivienda existen instalaciones de electricidad y alcantarillado realizadas todas ellas con las protecciones adecuadas.
- **Plazo de ejecución:** 3 meses
- **Autor del proyecto de ejecución:** Pablo Armas González
- **Presupuesto estimado de ejecución:** El presupuesto de ejecución material de la obra, según valoración del proyecto de ejecución, asciende a la cantidad *ochenta y tres mil trescientos cuarenta y nueve euros con ochenta y cuatro céntimos (83.349,84 €), sin igr.*
- **Número de trabajadores.** Para el plazo de ejecución indicado se prevé un número medio de 5 operarios en la obra.
- **Interferencias y servicios afectados.** No hay servicios afectados dentro de la vivienda. Las posibles canalizaciones de instalaciones que pudiesen aparecer y cuyo trazado no hubiera sido previsto se puentearán previamente antes del continuar con los trabajos.

- **Servicios urbanísticos.** La vivienda citada dispone de acceso rodado y de abastecimiento de energía eléctrica.
- **Fases de la construcción.** Instalaciones.

### 1.3 Centros sanitarios

El centro hospitalario más próximo a la ubicación de las obras es: el Hospital Universitario de Canarias, situado a 8,8 km de distancia.

El centro de salud más próximo a la ubicación de las obras es: Centro de salud Las Mercedes, situado a 1,3 km de distancia.

Las farmacias más próximas a la ubicación de las obras son:

Farmacia El Camino, calle Arzobispo Elías Yanes nº1

Farmacia San Benito, Avenida de Lucas de Vega nº98

### 1.4 Disposiciones mínimas. Servicios higiénicos

Existirá en un lugar visible y de fácil acceso de la obra un botiquín portátil que contenga como mínimo: desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables. El material de primeros auxilios deberá adaptarse a las atribuciones profesionales del personal habilitado para su prestación.

Este material se revisará periódicamente y se irá reponiendo tan pronto como caduque o sea utilizado.

### 1.5 Control de seguridad en la obra

Se dará información al personal por medio de charlas específicas para determinados trabajos, sobre los riesgos que existen, formas de prevenirlos y como utilizar las protecciones en sus respectivos trabajos.

### 1.6 Vigilante de seguridad

Debido a la poca complejidad de la construcción que nos ocupa, las funciones de éste serán desarrolladas por el mismo encargado de obra.

Este debe promover el interés de los trabajadores y su cooperación para hacer cumplir las normas de Seguridad e Higiene aquí comentadas, comunicando a la Dirección Facultativa de la obra los riesgos detectados y su prevención.

Debe examinar las condiciones relativas a la limpieza, orden y perfecto estado de las instalaciones de obra y prestará los primeros auxilios a los accidentados.

El vigilante de seguridad debe ser obedecido y respetado.

### 1.7 Señalización general

Señal de STOP en el acceso.

Señal obligatoria de uso del casco, cinturón de seguridad, gafas, mascarilla, protector auditivo, gafas y guantes.

Señal de riesgo eléctrico, caída de objetos, cargas suspendidas, maquinaria en movimiento, etc.

Señal de prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido hacer fuego y fumar.

Vallado general de la obra.

Señales de seguridad: Advertencia, Prohibición y Obligación.

Señal indicativa de botiquín y extintor.

### **1.8 Prevención de riesgos de daños a terceros.**

Se vallará la zona de excavación para los pozos de la geotermia de forma que solo el personal de dicha instalación pueda estar en ella, evitando posibles peligros con la maquinaria..

Se señalarán los accesos a obra con "prohibido el paso a toda persona ajena a la obra".

Si fuera preciso, en determinados momentos, se desviará el paso de personas junto a la valla de obra.

### **1.9 Formación**

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pueden entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear, para su trabajo y el de los demás.

### **1.10 Medidas preventivas y primeros auxilios**

Botiquín: Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material específico en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Asistencia a accidentados: Se deberá informar a la obra, del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios Propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde debe trasladarse a los accidentados para un rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista de teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

Reconocimiento médico: Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, específico para los trabajos a realizar (demolición, pozos, estructura, etc.).

## 1.11 Disposiciones legales de aplicación

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en la relación siguiente, en lo que afecten a los trabajos a realizar:

Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Ley 31/1995. Normativa básica sobre prevención de riesgos en el trabajo. Contiene, operativamente, la base para:

- Servicio de Prevención de las empresas.
- Consulta y participación de los trabajadores.
- Responsabilidades y sanciones.

Reglamento de los Servicios de Prevención, R.D. 39/1997.

R.D. 485/1997, del 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

R.D. 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los centros de trabajo.

R.D. 487/1997, de 14 de Abril sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso-lumbares para los trabajadores.

R.D. 773/1997 de 30 de Mayo sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de protección individual (B.O.E. 12/06/97).

R.D. 1215/1997 de 18 de Julio sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (B.O.E. 07/08/97). Deroga algunos capítulos de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo. O. 09/03/1971.

R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (B.O.E, 25/10/97). Deroga al R.D. 555/86.

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

RD 286/2006 de 10 Mar. (protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido).

R.D. 664/1997 de 12 de Mayo sobre protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (B.O.E. 24/05/1997).

R.D. 665/1997 de 12 de Mayo sobre Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (B.O.E. 24/05/97).

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Real decreto 2291/1985, de 8 de noviembre por el que se aprueba el reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos.

Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.

Ordenanzas Municipales en lo que se refiere a seguridad y salud en las obras y que no contradigan lo relativo al R.D. 1627/1997.

Regulación de la Jornada del Trabajo, Jornadas Especiales y Descansos, R.D. 2001/1983, de 28 de Julio.

## **1.12 Obligaciones de las partes implicadas**

### **1.12.1 Obligaciones de los contratistas y subcontratistas**

- 1) Los contratistas y subcontratistas estarán obligados a:
  - a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
  - b) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud al que se refiere el artículo 7 del Real Decreto 1627/1997.
  - c) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, durante la ejecución de la obra.
  - d) Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
  - e) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.
- 2) Los contratistas y los subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Además, los contratistas y los subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- 3) Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

### **1.12.2 Obligaciones de los trabajadores autónomos**

1. Los trabajadores autónomos estarán obligados a:
  - a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
  - b) Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud establecidas en el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, durante la ejecución de la obra.
  - c) Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
  - d) Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
  - e) Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a los dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
  - f) Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
  - g) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, o, en su caso, de la dirección facultativa.
2. Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

### **1.13 Condiciones de los medios de protección**

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en si mismo.

### **1.13.1 Protecciones personales**

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación siempre que exista en el mercado.

En los casos en que no exista Norma de homologación oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

### **1.13.2 Protecciones colectivas y medidas a tomar**

Vallas autónomas de limitación y protección: Tendrán como mínimo 90 cm. de altura y 150 Kg/m, construyéndose con tubos metálicos y formando rodapié.

Dispondrán de patas para mantener su verticalidad.

Marquesinas de Seguridad: Tendrán la resistencia y vuelo adecuado para soportar el impacto de los materiales y su proyección hacia el exterior.

Plataformas de trabajo: Tendrán como mínimo 60 cm. de ancho y serán independientes de la obra a demoler, con el piso bien cuajado. Las situadas a más de 2 m. de suelo dotadas de barandillas de 90 cm., de altura como mínimo, listón intermedio y rodapié.

Se prohibirá expresamente la demolición trabajando sobre los propios muros.

Huecos para vertido: No coincidirán verticalmente de una planta a otra al menos a partir de dos plantas. Las dimensiones no superarán 1,50 m. de largo y su anchura será la del entrevigado.

Malla tupida en andamio: Tendrá la resistencia y fijación suficiente para resistir el esfuerzo del viento, impidiendo asimismo la proyección de polvo y materiales.

Rampa de acceso: La rampa de acceso se hará con caída hacia el muro de contención. Los camiones circularán lo más cerca posible a él.

Pasillos de seguridad: Podrán realizarse a base de pórticos con pies derechos y dintel a base de tablonos embridados, firmemente sujetos al terreno y cubierta cuajada de tablonos. Estos elementos también podrán ser metálicos (los pórticos a base de tubo o perfiles y la cubierta de chapa).

Serán capaces de soportar el impacto de los objetos que se prevea puedan caer, pudiendo colocar elementos amortiguadores sobre la cubierta.

Escaleras de mano: Deberán ir provistas de zapatas antideslizantes.

Cables de sujeción de cinturón de seguridad, sus anclajes y soportes:

Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos de acuerdo con su función protectora.

Interruptores diferenciales y tomas de tierra: La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será para alumbrado de 30 mA. y para fuerza de 300 mA. La resistencia de las tomas de tierra no será superior a la que garantice, de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial, una tensión máxima de 24 V.

Se medirá su resistencia periódicamente y, al menos, en la época más seca del año.

Extintores: Serán adecuados en agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, y se revisarán cada 6 meses como máximo.

## **1.14 Plan de seguridad y salud en el trabajo**

El contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio con sus medios y métodos de ejecución.

### **1.1.1 Previsiones del contratista o constructor.**

El constructor, para la elaboración del plan adoptará las siguientes previsiones:

- 1) Previsiones técnicas. Las previsiones técnicas del Estudio son obligatorias por los Reglamentos Oficiales y las Normas de buena construcción en el sentido de nivel mínimo de seguridad. El constructor en cumplimiento de sus atribuciones puede proponer otras alternativas técnicas. Si así fuere, el plan estará abierto a adaptarlas siempre que se ofrezcan las condiciones de garantía de Prevención y Seguridad orientadas en este Estudio.
- 2) Previsiones económicas. Si las mejoras o cambios en la técnica, elementos o equipos de prevención se aprueban para el Plan de Seguridad y Salud, estas no podrán presupuestarse fuera del Estudio de Seguridad, a no ser que así lo establezca el contrato de Estudio.
- 3) Certificación de la obra del plan de seguridad. La percepción por parte del constructor del precio de las partidas de obra del Plan de Seguridad será ordenada a través de certificaciones complementarias a las certificaciones propias de la obra general expendidas en la forma y modo que para ambas se haya establecido en las cláusulas

contractuales del Contrato de obra y de acuerdo con las normas que regulan el Plan de Seguridad de la obra.

La Dirección Facultativa, en cumplimiento de sus atribuciones y responsabilidades, ordenara la buena marcha del Plan, tanto en los aspectos de eficiencia y control como en el fin de las liquidaciones económicas hasta su total saldo y finiquito.

- 4) Ordenación de los medios auxiliares de obra. Los medios auxiliares que pertenecen a la obra básica permitirán la buena ejecución de los capítulos de obra general y la buena implantación de los capítulos de Seguridad, cumpliendo adecuadamente las funciones de seguridad, especialmente en la entibación de tierras y en el apuntalamiento y sujeción de los encofrados de la estructura de hormigón.
- 5) Previsiones en la implantación de los medios de seguridad. Los trabajos de montaje, conservación y desmontaje de los sistemas de seguridad, desde el primer replanteo hasta su total evacuación de la obra, ha de disponer de una ordenación de seguridad e higiene que garantice la prevención de los trabajos dedicados a esta especialidad de los primeros montajes de implantación de la obra.

### **1.15 Régimen de responsabilidades y atribuciones en materia de seguridad y salud**

El contratista o constructor principal de la obra quedará obligado a elaborar un plan de seguridad en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de las obras las previsiones contenidas en estudio citado.

El plan es, por ello, el documento operativo y que se aplicará, de acuerdo con la legislación, en la ejecución de esta obra, cumpliendo con los pasos para su aprobación y con los mecanismos instituidos para su control.

Además de implantar en obra el plan de seguridad y salud, es de responsabilidad del Contratista o Constructor la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad e higiene.

Las demás responsabilidades y atribuciones dimanarán de:

- Incumplimiento del derecho por el empresario.
- Incumplimiento del deber por parte de los trabajadores.
- Incumplimiento del deber por parte de los profesionales.

De acuerdo con el Reglamento de Servicios de Previsión R.D. 39/1997, el contratista o constructor dispondrá de técnicos con atribución y responsabilidad para la adopción de medidas de seguridad e higiene en el trabajo.

## **2 ESTUDIO DE RIESGOS EN CADA FASE DE LA OBRA**

### **2.15 Normas básicas para todos los trabajos:**

Orden y limpieza en cada uno de los trabajos, estando las superficies de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc....) los cuales pueden provocar golpes o caídas, obteniéndose de esta forma un mayor rendimiento y seguridad.

#### **2.15.1 Protecciones personales**

Ropa de trabajo.

Casco de seguridad homologado para todo el personal.

Botas de seguridad.

Guantes de goma para el mortero de cemento.

Guantes de cuero, para el manejo de materiales y objetos.

Gafas de seguridad antiproyecciones.

Mascarillas antipolvo y filtros.

#### **2.15.2 Protecciones colectivas y medidas a tomar**

Protecciones de huecos, barandillas y visera de protección.

Adecuado montaje, colocación y uso de andamios.

Uso de plataformas voladas, correctamente articuladas y ancladas para acopio de materiales.

### **2.16 Levantado de instalaciones**

#### **2.16.1 Riesgos laborales**

Caídas al mismo nivel por falta de limpieza y desescombro.

Caídas a distinto nivel y desde altura.

Caída de objetos por desprendimiento o en manutención manual.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas y/o posturas forzadas.

Golpes y cortes por objetos y herramientas.

#### **2.16.2 Planificación de la prevención**

##### **Organización del trabajo y medidas preventivas**

La realización de los trabajos cumplirá el Anejo 1.

De forma general y con carácter previo se tendrán en cuenta las medidas señaladas en el Anejo 4.

Antes de iniciar el desmontaje de instalaciones alimentadas por la energía eléctrica, se comprobará no solo que estén fuera de servicio sino que no llegue a ellas la energía eléctrica.

Extremar las condiciones de orden y limpieza a fin de evitar tropiezos y caídas.

Se dispondrá de iluminación adecuada de forma que los trabajos puedan realizarse con facilidad y sin riesgos.

El levantado de instalaciones (mobiliario de cocina, sanitarios, radiadores, etc.), se llevará a cabo por el número de operarios adecuado en función de su ubicación, dimensiones y peso. Se cumplirá lo enunciado en el Anejo 2.

El levantamiento de bajantes y canalones se realizará al mismo tiempo que los cerramientos que los soportan. En caso de un levantamiento independiente, este se efectuará mediante la utilización de las preceptivas medidas de protección colectiva, y únicamente cuando estos resulten insuficientes se simultanearán o sustituirán por los de protección individual.

### **Protecciones colectivas**

En caso de utilizar medios auxiliares (andamios, plataformas, etc.), éstos serán adecuados y dotados de los preceptivos elementos de seguridad y en concreto cumplirán lo enunciado en el Anejo 3. Nunca se utilizarán escaleras u otros elementos no seguros (bancos, bidones, etc.).

### **Protección personal (con marcado CE)**

Casco de seguridad.

Calzado de seguridad con puntera de protección.

Guantes contra riesgos mecánicos.

Cinturones de seguridad anticaída amarrados a puntos de anclaje seguros.

## **2.17 Demolición de revestimientos**

### **2.17.1 Riesgos laborales**

Caídas al mismo nivel por falta de orden y limpieza.

Caídas a distinto nivel y de altura por existencia de huecos sin proteger.

Proyección de partículas en ojos.

Golpes y cortes por objetos y herramientas.

Caídas de objetos por desprendimiento o desplome.

Inhalación de polvo.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas pesadas y/o posturas forzadas.

## 2.17.2 Planificación de la prevención

### Organización del trabajo y medidas preventivas

La realización de los trabajos cumplirá el Anejo 1.

De forma general y con carácter previo se tendrán en cuenta las medidas señaladas en el Anejo 4.

Adecuada elección de medios auxiliares, y en caso de riesgo de caída a distinto nivel o de altura, y siempre que el empleo de las protecciones colectivas sean insuficientes, utilización de cinturones de seguridad ante caída con cables fiadores, todo ello amarrados a puntos de anclaje seguros.

Utilización por parte de los operarios de gafas o pantallas de protección contra impactos.

La recogida de escombros se realizará preferentemente por medios mecánicos. En caso de tener que hacerse manualmente se realizará por los operarios utilizando “técnicas de levantamiento” y usando guantes de protección contra riesgos mecánicos. Se tendrá en cuenta lo enunciado en el Anejo 2.

En trabajos con cortadora de juntas se tendrá en cuenta:

Tendrá todos sus órganos móviles protegidos.

Antes de iniciar el corte se procederá al marcado exacto de la línea a ejecutar.

Se ejecutará el corte en vía húmeda.

Según su fuente de alimentación (eléctrica o por combustibles líquidos) se tomarán las medidas mas adecuadas para la prevención de los riesgos eléctricos o de incendio-explosión.

En trabajos de levantamiento de firmes con bulldozer:

Se tendrán en cuenta todas las medidas relativas a maquinaria para movimiento de tierras.

El manejo de la maquinaria se realizará por personal cualificado.

En ningún caso permanecerá operario alguno en la zona de influencia de la máquina.

Se prohíbe el transporte de personas sobre el bulldozer.

El conductor no abandonará la máquina sin previamente apoyar en el suelo la cuchilla y el escarificador.

### Protección personal (con marcado CE)

Casco de seguridad.

Guantes, gafas o pantallas faciales y mascarilla autofiltrante.

Calzado de seguridad con puntera y plantilla.

Auriculares o tapones de protección antirruído.

Cinturones de seguridad anticaída amarrados a puntos de anclaje seguros.

## **2.18 Cierres**

### **2.18.1 Riesgos laborales**

Caídas al mismo nivel por falta de orden y limpieza.

Caídas a distinto nivel en la utilización de escaleras de mano y/o plataformas de trabajo.

Caída de altura en instalación de cierres en ventanas y puertas balconeras.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas pesadas y/o posturas forzadas.

Cortes por manejo de máquinas-herramientas manuales.

Golpes por objetos o herramientas manuales.

Pisadas sobre objetos punzantes por falta de orden en la obra.

Contacto con la energía eléctrica por manejo de máquinas-herramientas manuales.

Proyección de partículas por manejo de herramientas manuales y eléctricas.

### **2.18.2 Planificación de la prevención**

#### **Organización del trabajo y medidas preventivas**

Se tendrá en cuenta el Anejo 1.

En el manejo de cargas y/o posturas forzadas se tendrá en cuenta lo enunciado en el Anejo 2.

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

Las zonas de trabajo dispondrán de una iluminación mínima general (natural o artificial) de 100-150 lux.

El cuelgue de los cierres se efectuará como mínimo por dos operarios.

Los trabajadores se protegerán ante el riesgo de caída a distinto nivel o de altura, mediante barandillas, redes, o protección colectiva equivalente. En su defecto portarán arnés de seguridad anclado a punto fijo de forma permanente.

#### **Protecciones colectivas**

En las zonas de trabajo se dispondrá de cuerdas o cables de retención o argollas, fijos a la estructura de la vivienda, para el enganche de los cinturones de seguridad.

A nivel del suelo se acotarán las áreas de trabajo y se colocarán señales de: "Riesgo de caída de objetos" y "Peligro: Cargas suspendidas", protegiendo los accesos a la vivienda con pantallas o viseras adecuadas.

### **Protección personal (con marcado CE)**

Casco de seguridad certificado.

Guantes específicos para el manejo del vidrio.

Calzado de seguridad.

Gafas de protección.

## **2.19 Particiones**

### **2.19.1 Riesgos laborales**

Caídas al mismo nivel por falta de orden y limpieza.

Caídas a distinto nivel en la utilización de escaleras, plataformas o andamios.

Caídas de altura en trabajos en borde de forjado o próximos a huecos horizontales o verticales.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas, movimientos repetitivos y/o posturas forzadas.

Cortes por manejo de máquinas-herramientas manuales.

Golpes por objetos o herramientas manuales.

Contactos eléctricos por manejo de herramientas eléctricas.

Inhalación de polvo en las operaciones de corte de piezas de arcilla cocida.

Dermatitis o alergias por contacto con el cemento.

### **2.19.2 Planificación de la prevención**

#### **Organización del trabajo y medidas preventivas**

Se tendrá en cuenta el Anejo 1.

En el manejo de cargas y/o posturas forzadas se tendrá en cuenta lo enunciado en el Anejo 2.

El suministro a plantas de las piezas de arcilla cocida se realizará debidamente paletizado y flejado o en su defecto en recipientes que eviten su desplome o desprendimiento.

Su distribución en planta se efectuará por medios mecánicos (transpaletas, carretillas, etc.), que eviten posibles sobreesfuerzos a los trabajadores.

Todos los trabajos se planificarán y temporizarán de forma que no supongan para los operarios riesgo por movimientos repetitivos o posturas forzadas. A este respecto, se dispondrán de los medios adecuados para que los operarios siempre puedan trabajar posicionando los brazos a una altura inferior a la de sus hombros.

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

Las zonas de trabajo dispondrán de una iluminación mínima general (natural o artificial) de 100-150 lux.

Antes de la utilización de cualquier máquina herramienta se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y con todos los mecanismos y protectores de seguridad contra riesgos de cortes y atrapamientos instalados en perfectas condiciones. La utilización de dicha maquinaria herramienta se limitará a operarios debidamente cualificados y autorizados.

Las herramientas eléctricas portátiles deberán ser de doble aislamiento o protegidas contra contactos eléctricos indirectos constituido por sistema de toma de tierra y disyuntor diferencial.

Periódicamente se revisaran las mismas a fin de comprobar su protección contra contactos eléctricos indirectos.

Dichas máquinas en todos los casos dispondrán de los adecuados cables y clavijas de conexión. Nunca deberán efectuarse las conexiones directas sin clavija ni se anularán las protecciones.

En todos los casos se emplearán las herramientas manuales mas adecuadas a la operación a realizar, utilizándose éstas de forma adecuada. Para su uso los operarios deberán disponer de cajas, bolsas o cinturón portaherramientas.

El corte de piezas de arcilla cocida mediante máquinas o herramientas manuales eléctricas, se realizará por vía húmeda, o en su defecto los operarios utilizarán para realizar dichas operaciones de mascarillas provistas de filtros mecánicos, o mascarillas autofiltrantes.

Todas las operaciones con proyección de partículas deberán realizarse utilizando gafas de protección contra impactos.

Los operarios con alergia o especial sensibilidad al cemento por la realización de operaciones que precisen entrar en contacto con él, usarán guantes de goma apropiados.

### **Protecciones colectivas**

Todas las operaciones que precisen realizarse sobre el nivel del suelo, se efectuarán desde andamios tubulares o de borriquetas debidamente conformados y con todos sus elementos de seguridad instalados.

Sobre las plataformas de trabajo, en ningún caso se sobrecargarán de materiales u objetos a fin de no provocar a los operarios resbalones o tropiezos, no sobrepasando nunca sus limitaciones de carga.

### **Protección personal (con marcado CE)**

Casco de seguridad.

Calzado de seguridad con puntera y plantilla.

Guantes de seguridad contra riesgos mecánicos o químicos.

Mascarilla con filtro mecánico o mascarilla antipolvo.

Ropa de trabajo.

## **2.20 Calefacción**

### **2.20.1 Riesgos laborales**

Caídas al mismo nivel por suelo sucio, resbaladizo o con objetos que dificultan el paso.

Caídas a distinto nivel y de altura (escaleras, tejados, andamios, aberturas en pisos o paredes, etc).

Golpes y cortes por objetos o herramientas.

Pisadas sobre objetos y pinchazos.

Atrapamiento entre piezas pesadas.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas y/o posturas forzadas.

Quemaduras.

Los inherentes a trabajos de soldadura (Radiaciones, contacto con objetos calientes, proyección de partículas, inhalación de sustancias peligrosas, etc.).

### **2.20.2 Planificación de la prevención**

#### **Organización del trabajo y medidas preventivas**

Se tendrá en cuenta el Anejo 1.

En el manejo de cargas y/o posturas forzadas se tendrá en cuenta lo enunciado en el Anejo 2.

Se habilitarán zonas adecuadas para la recepción y almacenamiento de todos los elementos de la instalación (bombas de calor, paneles, radiadores, tuberías, accesorios, etc.). Su almacenamiento se realizará de forma estable.

Todos los elementos se izarán a planta perfectamente eslingados, utilizando los equipos de elevación y medios auxiliares precisos para su transporte seguro, depositándose en lugares de resistencia adecuada y previamente habilitados para ello. Su reparto en planta o su ubicación definitiva se realizará preferentemente con medios mecánicos. En caso de tener que realizarse manualmente se establecerá el procedimiento más adecuado, los medios auxiliares a utilizar y número de operarios necesarios para que dichas operaciones no supongan riesgos de caída o atrapamiento de o por la pieza o la necesidad de que los operarios realicen sobreesfuerzos o tengan que adoptar posturas forzadas.

Todas las máquinas y equipos a utilizar deberán poseer marcado CE o adaptados a la normativa referente a “Equipos de Trabajo” (R.D. 1215/97) y utilizarlas según dicha norma, únicamente para la finalidad indicada por el fabricante y según sus instrucciones de uso, revisión y almacenamiento.

Cuando sea preciso el uso de aparatos o herramientas eléctricas, preferentemente estarán dotadas de doble aislamiento, o estarán alimentadas por tensiones igual o inferior a 24 voltios, mediante transformadores de seguridad. En caso contrario estarán conexionadas a la red general de tierra y protegidas mediante interruptores diferenciales.

Deberán eliminarse suciedades por las que puedan resbalar y obstáculos contra los que se pueda tropezar. Asimismo todas las zonas de trabajo deberán estar suficientemente iluminadas debiendo existir un nivel mínimo de 100-150 lux. La iluminación portátil se efectuará preferentemente mediante receptores alimentados a 24 voltios.

Los conductos de chapa se cortarán y montarán en lugares previamente determinados para ello. El manejo de chapas metálicas se realizará preferentemente por dos operarios y siempre utilizando guantes de cuero de protección contra riesgos mecánicos. El corte de chapas mediante cizalla se realizará estando éstas bien apoyadas y sujetas al banco de trabajo.

Los recortes sobrantes de los conductos se irán retirando al vertedero al efecto conforme se produzcan.

Los operarios extremarán las medidas de utilización de las herramientas para la conformación de los conductos (cuchillas, cortadoras, grapadoras, remachadoras, etc.). Estas nunca deberán dejarse en el suelo o sobre elementos no apropiados.

Se tomarán las precauciones adecuadas para evitar los riesgos derivados de las operaciones de soldadura especialmente los correspondientes a contactos eléctricos, incendio o explosión, exposición a radiaciones no ionizantes, quemaduras, proyección de partículas e inhalación de sustancias peligrosas.

Los bancos de trabajo se mantendrán en buenas condiciones de uso. Los recortes sobrantes se irán retirando a vertedero conforme se vayan produciendo.

No se soldará con plomo en lugares cerrados. En cualquier caso estas operaciones se efectuarán estableciendo la ventilación y captación adecuadas.

Nunca se utilizará acetileno para soldar cobre o elementos que lo contengan, para evitar la generación de productos peligrosos como lo es el acetiluro de cobre.

Para la manipulación de sustancias y productos peligrosos (decapantes, disolventes, adhesivos, etc.), se tomarán precauciones tales como:

Exigir del fabricante la “Ficha de datos de Seguridad” del producto.

Seguir las instrucciones de uso indicadas en la ficha de seguridad.

Si se usan en espacios cerrados, prever ventilación y/o extracción.

Utilizar protección respiratoria, guantes y/o ropa de trabajo según las instrucciones.

Exigir etiquetado adecuado a los productos.

Antes de la puesta en marcha de la instalación:

Se instalarán las protecciones de las partes móviles.

Se eliminarán todas las herramientas que se hayan utilizado, especialmente sobre máquinas y elementos móviles.

Se notificará al personal las pruebas en carga.

Durante las pruebas de funcionamiento, en caso de tener que realizar operaciones de ajuste o mantenimiento, éstas se realizarán cortando el suministro eléctrico, enclavando dicho corte y en su defecto señalizándolo adecuadamente para que ningún operario pueda conectar inadvertidamente la instalación con el consiguiente riesgo para los operarios que están realizando las pruebas.

### **Protecciones colectivas**

Todas las zonas de trabajo dispondrán de adecuada protección contra caídas de altura, adoptándose las medidas siguientes:

No se efectuará la instalación de equipo alguno sobre cubiertas hasta que ésta disponga del peto o protección definitiva contra el riesgo de caída de altura.

Instalar protecciones en los bordes de las superficies elevadas, escaleras, huecos de luz y aperturas en la pared.

Poner barreras en zonas próximas a lugares elevados donde no se realicen trabajos.

En caso de uso de escaleras manuales se extremarán las medidas de utilización tales como: asegurarlas contra hundimientos y deslizamientos; prestar atención al ángulo de colocación; abrir completamente la escalera de tijera; no enganchar la extensión de la escalera en el peldaño más alto, etc.

Todas las plataformas de trabajo y andamio se montarán correctamente dotándose de barandillas y plintos.

Utilizar protección individual contra caída si fuese necesario.

Anclar el equipo de parada de caída (cuerdas, cinturones, etc.), en la forma adecuada y a un punto de anclaje seguro.

No posicionarse ni circular por tejados o superficies no resistentes.

### **Protección personal (con marcado CE)**

Casco de seguridad.

Guantes de cuero.

Calzado de seguridad.

Cinturón de protección contra caída.

Ropa de trabajo.

Equipo de soldador (Gafas y pantalla, manoplas, mandil y polainas).

## **2.21 Revestimientos**

### **2.21.1 Riesgos laborales**

Cortes por el uso de herramientas manuales.

Golpes por el uso de herramientas manuales y manejo de objetos.

Caídas al mismo nivel.

Caídas de altura.

Proyección de cuerpos extraños en los ojos.

Dermatitis de contacto por el uso de cemento u otros aglomerantes.

Contactos directos e indirectos con la corriente eléctrica.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas y/o posturas forzadas.

Inhalación de polvo y aire contaminado.

Riesgos derivados del uso de medios auxiliares, que debe definir y evaluar el usuario.

### **2.21.2 Planificación de la prevención**

#### **Organización del trabajo y medidas preventivas**

Se utilizarán plataformas de trabajo con barandilla de 1 m en todo su contorno (mínimo 70 cm junto al paramento).

Cable o cuerda fiador para sujeción de cinturón o arnés anticaída.

Anclaje de seguridad.

Protecciones contra el riesgo eléctrico, en caso de utilización de herramientas y equipos o receptores eléctricos.

En el manejo de cargas y/o posturas forzadas se tendrá en cuenta lo enunciado en el Anejo 2.

Vigilancia permanente del cumplimiento de normas preventivas y del funcionamiento correcto de las protecciones eléctricas.

Utilizar accesos seguros para entrar y salir de las plataformas.

Montaje seguro de cada plataforma de trabajo a utilizar.

Prohibición de realizar trabajos en cotas superiores.

Señalización de riesgos en el trabajo.

### **Protección personal (con marcado CE)**

Casco.

Botas de seguridad.

Mandil y polainas impermeables.

Gafas de seguridad.

Fajas y muñequeras contra sobreesfuerzos.

Guantes de goma o PVC.

Cinturón o arnés anticaída.

Mascarilla contra el polvo.

## **2.22 Pinturas**

### **2.22.1 Riesgos laborales**

Caídas de personas al mismo y distinto nivel (por superficies de trabajo sucias o resbaladizas, desde escaleras o andamios).

Caídas de personas desde altura, en pintura de fachadas o asimilables.

Cuerpos extraños en ojos por proyección de gotas o partículas de pintura y sus componentes.

Intoxicaciones y riesgos higiénicos.

Contacto con sustancias químicas.

Ruido y proyección de objetos al utilizar compresores y elementos a presión.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas y/o posturas forzadas.

Contactos eléctricos.

### **2.22.2 Planificación de la prevención**

#### **Organización del trabajo y medidas preventivas**

Se tendrá en cuenta el Anejo 1.

En el manejo de cargas y/o posturas forzadas se tendrá en cuenta lo enunciado en el Anejo 2.

Todos los andamios que se utilicen cumplirán con lo enunciado en el Anejo 3 (tanto tubulares como colgados), serán seguros (con marcado CE), montados según las normas del fabricante, utilizando únicamente piezas o elementos originales, y sin deformaciones, disponiendo de barandillas y rodapiés en todas las plataformas con escaleras de acceso a las mismas. En caso necesario se utilizarán cinturones de seguridad contra el riesgo de caída amarrados a un punto de anclaje seguro.

La idoneidad del andamio se asegurará mediante certificado emitido por técnico competente.

El acceso a lugares altos se realizará mediante elementos adecuados, bien asentados y estables. Nunca se emplearán elementos inestables como sillas, taburetes, cajas, bidones, etc.

En caso de utilizar escaleras de mano, éstas se emplearán esporádicamente y siguiendo todas las medidas preventivas adecuadas para su uso.

Los lugares de trabajo estarán libres de obstáculos.

Las máquinas dispondrán de marcado CE, se utilizarán de acuerdo a las normas del fabricante y no se eliminarán sus resguardos y elementos de protección. Asimismo se revisará su estado frente a la protección eléctrica especialmente en lo referente a aislamiento eléctrico, estado de cables, clavijas y enchufes.

Referente a la utilización de pinturas y productos químicos:

Se almacenarán en lugares adecuados y previamente determinados.

Se tenderá a utilizar productos no peligrosos (intoxicación, incendio).

Se dispondrá de las fichas de seguridad de todos los productos.

Se elaborarán instrucciones de uso y manejo de los productos.

Toda manipulación se realizará siguiendo las instrucciones del fabricante.

Se mantendrá una adecuada utilización de los locales o lugares de trabajo.

Utilizar si es necesario, equipos de protección respiratoria.

No se deberá fumar o comer durante las operaciones de pintura.

## **Protección personal (con marcado CE)**

Casco de seguridad.

Guantes de PVC para trabajos con pinturas.

Gafas de protección contra salpicaduras.

Mascarillas de protección respiratoria (filtro mecánico o químico según los casos).

Auriculares antirruído por el uso de compresores.

Ropa de trabajo.

Fajas contra sobreesfuerzos en caso de posturas forzadas.

Cinturones de seguridad en caso de riesgo de caída en altura.

## **2.23 Revestimientos de suelos y escaleras**

### **2.23.1 Riesgos laborales**

Caída al mismo nivel.

Golpes en las manos.

Contactos eléctricos directos e indirectos.

Intoxicación por falta de ventilación en interiores.

Sobreesfuerzos por manejo de cargas y/o posturas forzadas.

Riesgos derivados del uso de medios auxiliares, que debe definir y evaluar el usuario.

### **2.23.2 Planificación de la prevención**

#### **Organización del trabajo y medidas preventivas**

Vigilancia permanente del cumplimiento de normas preventivas y del funcionamiento correcto de las protecciones eléctricas.

En el manejo de cargas y/o posturas forzadas se tendrá en cuenta lo enunciado en el Anejo 2.

Los locales de trabajo estarán adecuadamente iluminados y ventilados.

#### **Protecciones colectivas**

Protecciones contra el riesgo eléctrico, en caso de utilización de herramientas y equipos o receptores eléctricos.

#### **Protección personal (con marcado CE)**

Casco.

Botas de seguridad.

Gafas de seguridad.

Fajas y muñequeras contra sobreesfuerzos.

Guantes de goma o PVC.

### **3 ANEJOS AL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA EDIFICACIÓN**

#### **Anejo 1.- De carácter general**

1.- La realización de los trabajos deberá llevarse a cabo siguiendo todas las instrucciones contenidas en el Plan de Seguridad.

2.- Asimismo los operarios deberán poseer la adecuada cualificación y estar perfectamente formados e informados no solo de la forma de ejecución de los trabajos sino también de sus riesgos y formas de prevenirlos.

3.- Los trabajos se organizarán y planificarán de forma que se tengan en cuenta los riesgos derivados del lugar de ubicación o del entorno en que se vayan a desarrollar los trabajos y en su caso la corrección de los mismos.

#### **Anejo 2.- Manejo de cargas y posturas forzadas**

1.- Habrá que tener siempre muy presente que se manejen cargas o se realicen posturas forzadas en el trabajo, que éstas formas de accidente representan el 25% del total de todos los accidentes que se registran en el ámbito laboral.

2.- El trabajador utilizará siempre guantes de protección contra los riesgos de la manipulación.

3.- La carga máxima a levantar por un trabajador será de 25 kg En el caso de tener que levantar cargas mayores, se realizará por dos operarios o con ayudas mecánicas.

4.- Se evitará el manejo de cargas por encima de la altura de los hombros.

5.- El manejo de cargas se realizará siempre portando la carga lo más próxima posible al cuerpo, de manera que se eviten los momentos flectores en la espalda.

6.- El trabajador no debe nunca doblar la espalda para recoger un objeto. Para ello doblará las rodillas manteniendo la espalda recta.

7.- El empresario deberá adoptar las medidas técnicas u organizativas necesarias para evitar la manipulación manual de cargas.

8.- No se permitirán trabajos que impliquen manejo manual de cargas (cargas superiores a 3 kg e inferiores a 25 kg) con frecuencias superiores a 10 levantamientos por minuto durante al menos 1 hora al día. A medida que el tiempo de trabajo sea mayor la frecuencia de levantamiento permitida será menor.

9.- Si el trabajo implica el manejo manual de cargas superiores a 3 kg, y la frecuencia de manipulación superior a un levantamiento cada 5 minutos, se deberá realizar una Evaluación de Riesgos Ergonómica. Para ello se tendrá en cuenta el R.D. 487/97 y la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la Manipulación Manual de Cargas editada por el I.N.S.H.T.

10.- Los factores de riesgo en la manipulación manual de cargas que entrañe riesgo en particular dorsolumbar son:

- a) Cargas pesadas y/o carga demasiado grande.
- b) Carga difícil de sujetar.
- c) Esfuerzo físico importante.
- d) Necesidad de torsionar o flexionar el tronco.
- e) Espacio libre insuficiente para mover la carga.
- f) Manejo de cargas a altura por encima de la cabeza.
- g) Manejo de cargas a temperatura, humedad o circulación del aire inadecuadas.
- h) Período insuficiente de reposo o de recuperación.
- i) Falta de aptitud física para realizar las tareas.
- j) Existencia previa de patología dorsolumbar.

### **Anejo 3.- Andamios**

#### **Andamios de borriquetas**

1.- Estarán formados por elementos normalizados (borriquetas o caballetes) y nunca se sustituirán por bidones apilados o similares.

2.- Las borriquetas de madera, para eliminar riesgos por fallo, rotura espontánea o cimbreo, estarán sanas, perfectamente encoladas y sin oscilaciones, deformaciones o roturas.

3.- Cuando las borriquetas o caballetes sean plegables, estarán dotados de “cadenillas limitadoras de apertura máxima” o sistemas equivalentes.

4.- Se garantizará totalmente la estabilidad del conjunto, para lo cual se montarán perfectamente apoyadas y niveladas.

- 5.- Las plataformas de trabajo tendrán una anchura mínima de 60 cm, preferentemente 80 cm.
- 6.- Las plataformas de trabajo se sujetarán a los caballetes de forma que se garantice su fijación.
- 7.- Para evitar riesgos por basculamiento, la plataforma de trabajo no sobresaldrá más de 20 cm, desde su punto de apoyo en los caballetes.
- 8.- Se utilizará un mínimo de dos caballetes o borriquetas por andamio.
- 9.- La separación entre ejes de los soportes será inferior a 3,5 m, preferentemente 2,5 m.
- 10.- Se prohibirá formar andamios de borriquetas cuyas plataformas de trabajo deban ubicarse a 6 m o más de altura.
- 11.- Las condiciones de estabilidad del andamio, serán las especificadas por el fabricante, proveedor o suministrador. Si no es posible conocer dichas condiciones, en términos generales se considerará que un andamio de borriquetas es estable cuando el cociente entre la altura y el lado menor de la borriqueta sea:
  - a. Menor o igual a 3,5 para su uso en interiores.
  - b. Menor o igual a 3 para su uso en exteriores.
- 12.- Cuando se utilicen a partir de 3 m de altura, y para garantizar la indeformabilidad y estabilidad del conjunto, se instalará arriostramiento interior en los caballetes y soportes auto estables, tanto horizontal como vertical.
- 13.- Cuando se sobrepasen los límites de estabilidad, se establecerá un sistema de arriostramiento exterior horizontal o inclinado.
- 14.- Para la prevención del riesgo de caída de altura (más de 2 m) o caída a distinto nivel, perimetralmente a la plataforma de trabajo se instalarán barandillas sujetas a pies derechos o elementos acunados a suelo y techo. Dichas barandillas serán de 1 m de altura conformadas por pasamano, barra intermedia y rodapié de al menos 15 cm.
- 15.- El acceso a las plataformas de trabajo se realizará a través de escaleras de mano, banquetas, etc.
- 16.- Se protegerá contra caídas no sólo el nivel de la plataforma, sino también el desnivel del elemento estructural del extremo del andamio. Así, los trabajos en andamios, en balcones, bordes de forjado, cubiertas terrazas, suelos de la vivienda, etc., se protegerán contra riesgo de caídas de altura mediante barandillas o redes. En su defecto, los trabajadores usarán cinturones anti-caídas amarrados a puntos de anclaje seguros.

17.- Sobre los andamios de borriquetas se acopiarán los materiales mínimos imprescindibles que en cada momento resulten imprescindibles y repartidos uniformemente sobre la plataforma de trabajo.

18.- Se prohibirá trabajar sobre plataformas de trabajo sustentadas en borriquetas apoyadas a su vez sobre otro andamio de borriquetas.

19.- La altura del andamio será la adecuada en función del alcance necesario para el trabajo a realizar. Al respecto es recomendable el uso de borriquetas o caballetes de altura regulable. En ningún caso, y para aumentar la altura de la plataforma de trabajo, se permitirá el uso sobre ellos de bidones, cajones, materiales apilados u otros de características similares.

20.- Se realizarán las operaciones de revisión y mantenimiento indicados por el fabricante, proveedor o suministradores.

21.- Los andamios serán inspeccionados por personal competente antes de su puesta en servicio, a intervalos regulares, después de cada modificación o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o estabilidad.

#### **Anejo 4.- Organización del trabajo y medidas preventivas en derribos**

1.- Previamente al inicio de los trabajos se deberá disponer de un “Proyecto de demolición”, así como el “Plan de Seguridad y Salud” de la obra, con enumeración de los pasos y proceso a seguir y determinación de los elementos estructurales que se deben conservar intactos y en caso necesario reforzarlos.

2.- Asimismo previamente al inicio de los trabajos de demolición, se procederá a la inspección de la vivienda, anulación de instalaciones, establecimiento de apeos y apuntalamientos necesarios para garantizar la estabilidad tanto de la vivienda demoler como las viviendas colindantes. En todo caso existirá una adecuada organización y coordinación de los trabajos. El orden de ejecución será el que permita a los operarios terminar en la zona de acceso de la planta. La escalera será siempre lo último a derribar en cada planta de la vivienda.

3.- En la instalación de grúas o maquinaria a emplear se mantendrá la distancia de seguridad a las líneas de conducción eléctrica.

4.- Siempre que la altura de trabajo del operario sea superior a 2 m utilizará cinturones de seguridad, anclados a puntos fijos o se dispondrán andamios.

5.- Se dispondrán pasarelas para la circulación entre viguetas o nervios de forjados a los que se haya quitado el entrevigado.

## **Anejo 5.- Barandillas (Sistemas de protección de borde)**

### **Consideraciones generales**

1.- Los sistemas provisionales de protección de bordes para superficies horizontales o inclinadas (barandillas) que se usen durante la construcción o mantenimiento de edificios y otras estructuras deberán cumplir las especificaciones y condiciones establecidas en la Norma UNE EN 13374.

2.- Dicho cumplimiento deberá quedar garantizado mediante certificación realizada por organismo autorizado. En dicho caso quedará reflejado en el correspondiente marcado que se efectuará en los diferentes componentes tales como: barandillas principales, barandillas intermedias, protecciones intermedias (por ejemplo tipo mallazo); en los plintos, en los postes y en los contrapesos.

El marcado será claramente visible y disponerse de tal manera que permanezca visible durante la vida de servicio del producto. Contendrá lo siguiente:

EN 13374.

Tipo de sistema de protección; A, B o C.

Nombre / identificación del fabricante o proveedor.

Año y mes de fabricación o número de serie.

En caso de disponer de contrapeso, su masa en kg.

3.- La utilización del tipo o sistema de protección se llevará a cabo en función del ángulo  $\alpha$  de inclinación de la superficie de trabajo y la altura ( $H_f$ ) de caída del trabajador sobre dicha superficie inclinada.

De acuerdo con dichas especificaciones:

a) Las protecciones de bordes “Clase A” se utilizarán únicamente cuando el ángulo de inclinación de la superficie de trabajo sea igual o inferior a  $10^\circ$ .

b) Las de “Clase B” se utilizarán cuando el ángulo de inclinación de la superficie de trabajo sea menor de  $30^\circ$  sin limitación de altura de caída, o de  $60^\circ$  con una altura de caída menor a 2 m.

c) Las de “Clase C” se utilizarán cuando el ángulo de inclinación de la superficie de trabajo esté entre  $30^\circ$  y  $45^\circ$  sin limitación de altura de caída o entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$  y altura de caída menor de 5 m.

4.- Para altura de caída mayor de 2 m o 5 m los sistemas de protección de las clases B y C podrán utilizarse colocando los sistemas más altos sobre la superficie de la pendiente (por ejemplo cada 2 m o cada 5 m de altura de caída).

5.- El sistema de protección de borde (barandillas) no es apropiado para su instalación y protección en pendientes mayores de  $60^{\circ}$  o mayores de  $45^{\circ}$  y altura de caída mayor de 5 m.

6.- La instalación y mantenimiento de las barandillas se efectuará de acuerdo al manual que debe ser facilitado por el fabricante, suministrador o proveedor de la citada barandilla.

7.- En todos los casos el sistema de protección de borde (barandilla) se instalará perpendicular a la superficie de trabajo.

8.- El sistema de protección de borde (barandilla) deberá comprender al menos: postes ó soportes verticales del sistema, una barandilla principal y una barandilla intermedia o protección intermedia, y debe permitir fijarle un plinto.

9.- La distancia entre la parte más alta de la protección de borde (barandilla principal) y la superficie de trabajo será al menos de 1m medido perpendicularmente a la superficie de trabajo.

10.- El borde superior del plinto o rodapié estará al menos 15 cm por encima de la superficie de trabajo y evitará aperturas entre él y la superficie de trabajo o mantenerse tan cerca como fuera posible.

11.- En caso de utilizar redes como protección intermedia o lateral, estas serán del tipo U. de acuerdo con la Norma UNE-EN 1263-1.

12.- Si la barandilla dispone de barandilla intermedia, esta se dimensionará de forma que los huecos que forme sean inferiores a 47 cm. Si no hay barandilla intermedia o si esta no es continua, el sistema de protección de borde se dimensionará de manera que la cuadrícula sea inferior a 25 cm.

13.- La distancia entre postes o soportes verticales será la indicada por el fabricante. Ante su desconocimiento y en términos generales éstos se instalarán con una distancia entre postes menor a 2,5 m.

14.- Nunca se emplearán como barandillas cuerdas, cadenas, elementos de señalización o elementos no específicos para barandillas tales como tablones, palets, etc., fijados a puntales u otros elementos de la obra.

15.- Todos los sistemas de protección de borde se revisarán periódicamente a fin de verificar su idoneidad y comprobar el mantenimiento en condiciones adecuadas de todos sus elementos así como que no se ha eliminado ningún tramo. En caso necesario se procederá de inmediato a la subsanación de las anomalías detectadas.

16.- Las barandillas con postes fijados a los elementos estructurales mediante sistema de mordaza (sargentos o similar) y para garantizar su agarre, se realizará a través de tacos de madera o similar.

Inmediatamente tras su instalación, así como periódicamente, o tras haber sometido al sistema a alguna sollicitación (normalmente golpe o impacto),

se procederá a la revisión de su agarre, procediendo en caso necesario a su apriete, a fin de garantizar la solidez y fiabilidad del sistema.

17.- Los sistemas provisionales de protección de borde fijados al suelo mediante tornillos se efectuarán en las condiciones y utilizando los elementos establecidos por el fabricante. Se instalarán la totalidad de dichos elementos de fijación y repasarán periódicamente para garantizar su apriete.

18.- Los sistemas de protección de borde fijados a la estructura embebidos en el hormigón (suelo o canto) se efectuarán utilizando los elementos embebidos diseñados por el fabricante y en las condiciones establecidas por él. En su defecto siempre se instalarán como mínimo a 10 cm del borde.

19.- Los postes o soportes verticales se instalarán cuando los elementos portantes (forjados, vigas, columnas, etc.) posean la adecuada resistencia.

### **Montaje y desmontaje**

1.- El montaje y desmontaje de los sistemas provisionales de protección de bordes se realizará de tal forma que no se añada riesgo alguno a los trabajadores que lo realicen.

Para ello se cumplirán las medidas siguientes:

a) Se dispondrá de adecuados procedimientos de trabajo para efectuar en condiciones el montaje, mantenimiento y desmontaje de estos sistemas de protección de borde.

b) Dichas operaciones se realizarán exclusivamente por trabajadores debidamente autorizados por la empresa, para lo cual y previamente se les habrá proporcionado la formación adecuada, tanto teórica como práctica, y se habrá comprobado la cualificación y adiestramiento de dichos trabajadores para la realización de las tareas.

c) El montaje y desmontaje se realizará disponiendo de las herramientas y equipos de trabajo adecuados al tipo de sistema de protección sobre el que actuar.

Asimismo se seguirán escrupulosamente los procedimientos de trabajo, debiendo efectuar el encargado de obra o persona autorizada el control de su cumplimiento por parte de los trabajadores.

d) Se realizará de forma ordenada y cuidadosa, impidiendo que al instalar o al realizar alguno de los elementos se produzca su derrumbamiento o quede debilitado el sistema

e) El montaje se realizará siempre que sea posible previamente a la retirada de la protección colectiva que estuviera colocada (normalmente redes de seguridad). De no existir protección colectiva, las operaciones se llevarán a cabo utilizando los operarios cinturón de seguridad sujetos a

puntos de anclaje seguros, en cuyo caso no deberá saltarse hasta la completa instalación y comprobación de la barandilla.

f) No se procederá al desmontaje hasta que en la zona que se protegía, no se impida de alguna forma el posible riesgo de caída a distinto nivel.

g) Cuando en las tareas de colocación y retirada de sistemas provisionales de protección de borde se prevea la existencia de riesgos especialmente graves de caída en altura, con arreglo a lo previsto en el artículo 22 bis del RD 39/1997, de 17 de Enero, será necesaria la presencia de los recursos preventivos previstos en el artículo 32 bis de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de prevención de riesgos laborales; este hecho, así mismo deberá quedar perfectamente consignado en el propio Plan de Seguridad y Salud de la Obra.

## **Anejo 6.- Evacuación de escombros**

1.- Respecto a la carga de escombros:

a) Proteger los huecos abiertos de los forjados para vertido de escombros.

b) Señalizar la zona de recogida de escombros.

c) El conducto de evacuación de escombros será preferiblemente de material plástico, perfectamente anclado, debiendo contar en cada planta de una boca de carga dotada de faldas.

d) El final del conducto deberá quedar siempre por debajo de la línea de carga máxima del contenedor.

e) El contenedor deberá cubrirse siempre por una lona o plástico para evitar la propagación del polvo.

f) Durante los trabajos de carga de escombros, se prohibirá el acceso y permanencia de operarios en las zonas de influencia de las máquinas (pilas cargadoras, camiones, etc.).

g) Nunca los escombros sobrepasarán los cierres laterales del receptáculo (contenedor o caja del camión), debiéndose cubrir por una lona o toldo o en su defecto se regaran para evitar propagación de polvo en su desplazamiento hasta vertedero.

## **Anejo 7.- Escaleras manuales portátiles**

### **Aspectos generales**

1.- Las escaleras manuales portátiles tanto simples como dobles, extensibles o transformables, cumplirán las normas UNE-EN 131-1 "Escaleras: terminología, tipos y dimensiones funcionales" y UNE-EN 131-2 "Escaleras: requisitos, ensayos y marcado"

Dicho cumplimiento deberá constatarse en un marcado duradero conteniendo los siguientes puntos:

Nombre del fabricante o suministrador.

Tipo de escalera, año y mes de fabricación y/o número de serie.

Indicación de la inclinación de la escalera salvo que fuera obvio que no debe indicarse.

La carga máxima admisible.

2.- La escalera cumplirá y se utilizará según las especificaciones establecidas en el RD. 1215/97 “Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo” y su modificación por RD 2177/2004 de 12 de noviembre.

3.- La utilización de una escalera de mano como puesto de trabajo en altura, deberá limitarse a las circunstancias en que la utilización de otros equipos de trabajo más seguros no esté justificada por el bajo nivel de riesgo y por las características de los emplazamientos que el empresario no pueda modificar.

4.- No se emplearán escaleras de mano y, en particular escaleras de más de 5 m de longitud sobre cuya resistencia no se tenga garantías. Se prohibirá el uso de escaleras de mano de construcción improvisadas.

5.- Se prohibirá el uso como escalera de elemento alguno o conjunto de elementos que a modo de escalones pudiese salvar el desnivel deseado.

6.- Las escaleras de mano deberán tener la resistencia y los elementos necesarios de apoyo o sujeción o ambos, para que su utilización en las condiciones para las que han sido diseñadas no suponga un riesgo de caída por rotura o desplazamiento.

7.- Las escaleras de madera no se pintarán. Todas sus partes estarán recubiertas por una capa protectora transparente y permeable al vapor de agua.

8.- Los peldaños deben estar sólidos y duramente fijados a los largueros. Los de metal o plástico serán antideslizantes. Los de madera serán de sección rectangular mínima de 21 mm x 37 mm, o sección equivalente clavados en los largueros y encolados.

9.- Si la superficie superior de una escalera doble está diseñada como una plataforma, esta debe ser elevada por medio de un dispositivo cuando se cierre la escalera. Esta no debe balancearse cuando se está subido en su borde frontal.

10.- Todos los elementos de las escaleras de mano, construidas en madera, carecerán de nudos, roturas y defectos que puedan mermar su seguridad.

### Estabilidad de la escalera.

1.- Se colocarán de forma que su estabilidad durante su utilización esté asegurada. A este respecto, los puntos de apoyo de las escaleras de mano deberán asentarse sólidamente sobre un soporte de las siguientes características:

De dimensiones adecuadas y estables.

Resistente e inmóvil de forma que los travesaños queden en posición horizontal. Cuando el paramento no permita un apoyo estable, se sujetará al mismo mediante abrazaderas o dispositivos equivalentes.

2.- Las escaleras suspendidas se fijarán de forma segura y, excepto las de cuerda, de manera que no puedan desplazarse y se eviten los movimientos de balanceo.

3.- Se impedirá el deslizamiento de los pies de la escalera de mano durante su utilización mediante:

a) Su base se asentará sólidamente: mediante la fijación de la parte superior o inferior de los largueros.

b) La dotación en los apoyos en el suelo de dispositivos antideslizantes en su base tales como entre otras: zapatas de seguridad, espolones, repuntas, zapatas adaptadas, zuecos redondeados o planos, etc.

c) Cualquier otro dispositivo antideslizante o cualquiera otra solución de eficacia equivalente.

4.- Las tramas de escaleras dobles (de tijera) deben estar protegidas contra la apertura por deslizamiento durante su uso por un dispositivo de seguridad. Si se utilizan cadenas, todos sus eslabones a excepción del primero deben poder moverse libremente. Se utilizarán con el tensor totalmente extendido (tenso).

5.- Las escaleras dobles (de tijera) y las que están provistas de barandillas de seguridad con una altura máxima de ascenso de 1,80 m, deben estar fabricadas de manera que se prevenga el cierre involuntario de la escalera durante su uso normal.

6.- Las escaleras extensibles manualmente, durante su utilización no se podrán cerrar o separar sus tramas involuntariamente. Las extensibles mecánicamente se enclavarán de manera segura.

7.- El empalme de escaleras se realizara mediante la instalación de las dispositivos industriales fabricadas para tal fin.

8.- Las escaleras con ruedas deberán inmovilizarse antes de acceder a ellas.

9.- Las escaleras de manos simples se colocarán en la medida de lo posible formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal.

## Utilización de la escalera

- 1.- Las escaleras de mano con fines de acceso deberán tener la longitud necesaria para sobresalir, al menos, 1 m de plano de trabajo al que se accede.
- 2.- Se utilizarán de la forma y con las limitaciones establecidas por el fabricante, (evitando su uso como pasarelas, para el transporte de materiales, etc.)
- 3.- El acceso y descenso a través de escaleras se efectuará frente a estas, es decir, mirando hacia los peldaños
- 4.- El trabajo desde las escaleras se efectuará así mismo frente a estas, y lo más próximo posible a su eje, desplazando la escalera cuantas veces sea necesario. Se prohibirá el trabajar en posiciones forzadas fuera de la vertical de la escalera que provoquen o generen riesgo de caída. Deberán mantenerse los dos pies dentro del mismo peldaño, y la cintura no sobrepasara la altura del último peldaño.
- 5.- Nunca se apoyará la base de la escalera sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar su estabilidad.
- 6.- Nunca se suplementará la longitud de la escalera apoyando su base sobre elemento alguno. En caso de que la escalera resulte de insuficiente longitud, deberá proporcionarse otra escalera de longitud adecuada.
- 7.- Se utilizarán de forma que los trabajadores tengan en todo momento al menos un punto de apoyo y otro de sujeción seguros. Para ello el ascenso y descenso por parte de los trabajadores lo efectuaran teniendo ambas manos totalmente libres y en su consecuencia las herramientas u objetos que pudiesen llevar lo harán en cinturones o bolsas portaherramientas.
- 8.-Se prohibirá a los trabajadores o demás personal que interviene en la obra que utilicen escaleras de mano, transportar elementos u objetos de peso que les dificulte agarrarse correctamente a los largueros de la escalera.  
Estos elementos pesados que se transporten al utilizar la escalera serán de un peso como máximo de 25 kg.
- 9.- Se prohibirá que dos o más trabajadores utilicen al mismo tiempo tanto en sentido de bajada como de subida, las escaleras de mano o de tijera.
- 10.-Se prohibirá que dos o más trabajadores permanezcan simultáneamente en la misma escalera
- 11.- Queda rigurosamente prohibido, por ser sumamente peligroso, mover o hacer bailar la escalera.
- 12.- Se prohíbe el uso de escaleras metálicas (de mano o de tijera) cuando se realicen trabajos (utilicen) en las cercanías de instalaciones eléctricas no aisladas.

13.- Los trabajos sobre escalera de mano a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, con movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, se efectuarán con la utilización por su parte de un equipo de protección individual anticaída, o la adopción de otras medidas de protección alternativas; caso contrario no se realizarán.

14.- No se utilizarán escaleras de mano y, en particular de más de 5 m de longitud si no ofrece garantías de resistencia.

15.- El transporte a mano de las escaleras se realizará de forma que no obstaculice la visión de la persona que la transporta, apoyada en su hombro y la parte saliente delantera inclinada hacia el suelo. Cuando la longitud de la escalera disminuya la estabilidad del trabajador que la transporta, este se hará por dos trabajadores.

16.- Las escaleras de mano dobles (de tijera) además de las prescripciones ya indicadas, deberán cumplir:

- a) Se utilizarán montadas siempre sobre pavimentos horizontales
- b) No se utilizarán a modo de borriquetes para sustentar plataformas de trabajo.
- c) No se utilizarán si es necesario ubicar los pies en los últimos tres peldaños.
- d) Su montaje se dispondrá de forma que siempre esté en situación de máxima apertura.

#### Revisión y mantenimiento

1.- Las escaleras de mano se revisarán periódicamente, siguiendo las instrucciones del fabricante, o suministrador.

2.- Las escaleras de madera no se pintarán debido a la dificultad que ello supone para la detección de posibles defectos.

3.- Las escaleras metálicas se recubrirán con pinturas anti oxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie. Asimismo, se desecharán las que presenten deformaciones, abolladuras u otros defectos que puedan mermar su seguridad.

4.- Todas las escaleras se almacenarán al abrigo de mojaduras y del calor, situándolas en lugares ventilados, no cercanos a focos de calor o humedad excesivos.

5.- Se impedirá que las escaleras quedan sometidas a cargas o soporten pesos, que puedan deformarlas o deteriorarlas.

6.- Cuando se transporten en vehículos deberá, colocarse de forma que, durante el trayecto, no sufran flexiones o golpes.

7.- Las escaleras de tijera se almacenarán plegadas.

8.- Se almacenarán preferentemente en posición horizontal y colgada, debiendo poseer suficientes puntos de apoyo para evitar deformaciones permanentes en las escaleras.

9.- No se realizarán reparaciones provisionales. Las reparaciones de las escaleras, en caso de que resulte necesario, se realizarán siempre por personal especializado, debiéndose en este caso y una vez reparados, someterse a los ensayos que proceda.

### **Anejo 8.- Utilización de herramientas manuales**

La utilización de herramientas manuales se realizará teniendo en cuenta:

Se usarán únicamente las específicamente concebidas para el trabajo a realizar.

Se encontrarán en buen estado de limpieza y conservación.

Serán de buena calidad, no poseerán rebabas y sus mangos estarán en buen estado y sólidamente fijados.

Los operarios utilizarán portaherramientas. Las cortantes o punzantes se protegerán cuando no se utilicen.

Cuando no se utilicen se almacenarán en cajas o armarios portaherramientas.

### **Anejo 9.- Máquinas eléctricas**

Toda máquina eléctrica a utilizar deberá ser de doble aislamiento o dotada de sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos, constituido por toma de tierra combinada con disyuntores diferenciales.

### **Anejo 10.- Sierra circular de mesa**

La sierra circular de mesa para el corte de tableros o riostras de madera dispondrá en evitación de cortes, de capo protector y cuchillo divisor. Asimismo, dispondrá de las protecciones eléctricas adecuadas contra contactos eléctricos directos e indirectos.

### **Anejo 11.- Imprimación y pintura**

Las operaciones de imprimación y pintura se realizarán utilizando los trabajadores protección respiratoria debidamente seleccionada en función del tipo de imprimación y pintura a utilizar. Dichas medidas se extremarán en caso de que la aplicación sea por procedimientos de aerografía o pulverización.

## **Anejo 12.- Operaciones de soldadura**

Las operaciones de soldadura eléctrica se realizarán teniendo en cuenta las siguientes medidas:

No se utilizará el equipo sin llevar instaladas todas las protecciones. Dicha medida se extenderá al ayudante o ayudantes caso de existir.

Deberá soldarse siempre en lugares perfectamente ventilados. En su defecto se utilizará protección respiratoria.

Se dispondrán de protecciones contra las radiaciones producidas por el arco (ropa adecuada, mandil y polainas, guantes y pantalla de soldador). Nunca debe mirarse al arco voltaico.

Las operaciones de picado de soldadura se realizarán utilizando gafas de protección contra impactos.

No se tocarán las piezas recientemente soldadas.

Antes de empezar a soldar, se comprobará que no existen personas en el entorno de la vertical de los trabajos.

Las clemas de conexión eléctrica y las piezas portaelectrodos dispondrán de aislamiento eléctrico adecuado.

## **Anejo 13.- Operaciones de Fijación**

Las operaciones de fijación se harán siempre disponiendo los trabajadores de total seguridad contra golpes y caídas, siendo de destacar la utilización de:

- a) Plataformas elevadoras provistas de marcado CE y declaración de conformidad del fabricante.
- b) Castilletes o andamios de estructura tubular, estables, con accesos seguros y dotados de plataforma de trabajo de al menos 60 cm de anchura y con barandillas de 1 m de altura provistas de rodapiés.
- c) Jaulas o cestas de soldador, protegidas por barandillas de 1 m de altura provistas de rodapié y sistema de sujeción regulable para adaptarse a todo tipo de perfiles. Su acceso se realizará a través de escaleras de mano.
- d) Utilización de redes horizontales de protección debiendo prever los puntos de fijación y la posibilidad de su desplazamiento.
- e) Sólo en trabajos puntuales, se utilizarán cinturones de seguridad sujetos a un punto de anclaje seguro.

# **PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA INSTALACIONES TÉRMICAS**

## INDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>3. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4. CONDICIONES A SATISFACER POR LAS INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN .....</b>	<b>10</b>
4.1.- Condiciones de bienestar e higiene .....	10
4.2.- Condiciones de Eficiencia energética .....	11
4.3.- Condiciones de Seguridad .....	12
4.4.- Condiciones de Ahorro de Agua .....	12
4.5.- Protección frente a heladas.....	12
4.6.- Protección frente a sobrecalentamientos.....	13
4.7.- Protección contra quemaduras y altas temperaturas.....	13
4.8.- Comprobación de la limitación de la demanda de energía para régimen de calefacción y de refrigeración .....	13
4.9.- Comprobación del valor de la transmitancia térmica máxima en los cerramientos y particiones de la envolvente térmica U de los edificios .....	13
<b>5. CARACTERÍSTICAS, COMPONENTES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>14</b>
5.1.- Clasificación general de las instalaciones de ACS .....	14
5.2.- Instalación de calefacción .....	14
5.2.1.- Sistemas de distribución .....	15
5.2.1.1 Sistema monotubular .....	15
5.2.1.2 Sistema bitubular .....	15
5.2.1.3 Circuladores .....	16
5.2.1.4 Vasos de expansión.....	16
5.2.1.5 Válvulas de seguridad.....	16

5.2.1.6 Cuadro de control.....	16
5.2.1.7 Purgadores y separadores de aire.....	16
5.2.1.8 Emisores .....	17
5.2.1.8.1 Radiadores .....	17
5.2.1.8.2 Suelo Radiante.....	18
5.2.1.9 Dilatadores .....	18
5.3.- Condiciones específicas de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir los generadores de calor y frio y de sus instalaciones auxiliares y anexas .....	18
5.3.1.- Generador de calor .....	18
5.3.2.- Generador de frio .....	19
5.3.3.- Salas de máquinas.....	21
5.4.- Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones térmicas .....	22
5.4.1.- Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones de calefacción .....	24
5.4.2.- Controles a realizar en la recepción, sobre la documentación y de los distintivos de calidad de materiales y equipos. ....	25
5.4.2.1 Recepción de materiales y equipos en obra.....	25
5.4.2.2 Verificación de la documentación de materiales y equipos .....	25
5.4.2.3 Control de recepción de materiales y equipos mediante distintivos de calidad.....	26
5.4.2.4 Tipos de controles a efectuar por cada elemento.....	26
<b>6. DE LA EJECUCIÓN O MONTAJE DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA.....</b>	<b>28</b>
6.1.- Condiciones generales.....	28
6.2.- Comprobaciones iniciales .....	29
6.3.- Control durante la ejecución de la instalación.....	29
6.4.- Montaje de los elementos .....	29
6.4.1.- Condiciones acústicas a satisfacer y contemplar en el montaje de los elementos .....	29
6.4.2.- Instalación de calefacción .....	30

6.4.2.1 Vasos de expansión.....	31
6.4.2.2 Suelos radiantes .....	31
6.4.2.3 Circuito hidráulico (tuberías, bombas, vasos de expansión, purga de aire, drenaje) .....	32
Redes de tuberías .....	32
Uniones y juntas.....	34
Protección contra las condensaciones.....	35
Protecciones térmicas .....	35
Protección contra esfuerzos mecánicos .....	35
Protección contra ruidos.....	36
6.4.2.4 Accesorios.....	36
Grapas y abrazaderas.....	36
Soportes .....	36
6.4.2.5 Sistemas de medición del consumo. Contadores.....	37
Condiciones generales.....	37
6.4.2.6 Sistemas de control de la presión.....	37
Bombas .....	37
Depósito de presión .....	37
Ejecución y montaje del reductor de presión .....	38
6.4.2.7 Montaje de los filtros .....	39
Instalación de aparatos dosificadores.....	39
Montaje de los equipos de descalcificación .....	39
6.4.2.8 Sistema de control .....	39
6.4.2.9 Protección contra retornos.....	40
6.4.2.10 Señalización.....	41
6.4.2.11 Requisitos a satisfacer por los materiales de la construcción necesarios para la ejecución de la instalación térmica.....	41
6.4.2.12 Condiciones particulares de las conducciones.....	41
6.4.2.13 Aislantes térmicos.....	42
6.4.2.14 Válvulas y llaves .....	42
6.4.2.15 Acumuladores e Interacumuladores .....	42

6.5.- Señalización .....	43
<b>7. ACABADOS, CONTROL Y ACEPTACIÓN, MEDICIÓN Y ABONO .....</b>	<b>43</b>
7.1.- Acabados .....	43
7.2.- Control y aceptación.....	44
7.2.1.- Controles funcionales en los sistemas de calefacción y climatización .....	44
7.3.- Medición y abono .....	44
<b>8. RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS Y ENSAYOS .....</b>	<b>45</b>
8.1.- Reconocimiento de las obras .....	45
8.2.- Pruebas y ensayos.....	45
8.2.1.- Prueba de estanqueidad de las redes de tuberías (instalaciones interiores).....	46
8.2.2.- Pruebas finales.....	49
8.2.3.- Pruebas de eficiencia energética .....	50
<b>9. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO .....</b>	<b>50</b>
9.1.- De la dirección facultativa .....	50
9.2.- De la empresa instaladora autorizada o contratista.....	50
9.3.- Condiciones de índole administrativo .....	51
9.3.1.- Antes del inicio de las obras .....	51
9.3.2.- Antes del inicio de las obras .....	51
9.4.- Certificación de dirección y finalización de obra .....	52
9.5.- Certificación de la instalación.....	52
9.6.- libro de órdenes.....	53
9.7.- Incompatibilidades.....	53
9.8.- Instalaciones ejecutadas por más de una empresa instaladora .....	54
9.9.- Subcontratación .....	54
9.10.- Libro del edificio .....	54

## 1.OBJETO

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, el cual forma parte de la documentación del presente proyecto y que regirá las obras para la realización del mismo, determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de Instalaciones Térmicas en los Edificios, acorde a lo estipulado por el REAL DECRETO 1027/2007 de 20 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, el REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, y en cumplimiento de la Ley 1/2001 de 21 de mayo sobre construcción de edificios aptos para la utilización de energía solar, en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Las dudas que se planteasen en su aplicación o interpretación serán dilucidadas por el Ingeniero-Director de la obra. Por el mero hecho de intervenir en la misma, se presupone que la empresa instaladora y las subcontratas conocen y admiten el presente Pliego de Condiciones.

## 2.CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se refiere al suministro, instalación, pruebas, ensayos, verificaciones y mantenimiento de materiales necesarios en el montaje de Instalaciones Térmicas en los Edificios, extendiéndose a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de estas instalaciones reguladas por el REAL DECRETO 1027/2007 por el que se aprueba el Reglamento RITE anteriormente enunciado e Instrucciones Técnicas (IT), para garantizar el cumplimiento de las exigencias de ahorro y eficiencia energética, satisfacer los fines básicos de su funcionalidad para la cual es diseñada y construida, e incluyan todos los aspectos de su seguridad, atendiendo la demanda de bienestar (*bienestar térmico según CTE-HE 2 de "Rendimiento de las instalaciones térmicas"*) e higiene de las personas y mejorar asimismo la calidad del aire, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos, principios y objetivos básicos del Plan de Fomento de las Energías Renovables (2005-2010) y del Plan Energético de Canarias (PECAN 2006-2015).

En determinados supuestos se podrá adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en el presente Pliego de Condiciones Técnicas, siempre y cuando quede suficientemente justificada su necesidad, sean además aprobadas por el Ingeniero-Director y no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad y de eficiencia energética especificadas en el mismo.

Asimismo, su ámbito se extiende y aplica a las Instalaciones Térmicas en los Edificios de nueva construcción y a las de los edificios construidos, en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección, con las limitaciones que en el mismo se determinan, entendiéndose como reforma de una instalación térmica todo

cambio que se efectúe en ella y que suponga una modificación del proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada. En tal sentido, se consideran reformas las que estén comprendidas en alguno de los siguientes casos:

- a) La incorporación de nuevos subsistemas de climatización o de producción de agua caliente sanitaria o la modificación de los existentes.
- b) La sustitución por otro de diferentes características o ampliación del número de equipos generadores de calor o de frío.
- c) El cambio del tipo de energía utilizada o la incorporación de energías renovables.
- d) El cambio de uso previsto del edificio.

Igualmente será de aplicación a las instalaciones térmicas existentes en cuanto se refiere a su mantenimiento, uso e inspección.

En cumplimiento de limitación de la demanda energética, sección HE 1 del CTE, se aplicará a:

- a) Edificios de nueva construcción.
- b) Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25% del total de sus *cerramientos*.

Excluyéndose del campo de aplicación:

- a) Edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.
- b) Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- c) Edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.
- d) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- e) Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- f) Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.

Asimismo, y por aplicación de lo señalado por el CTE-HE-4 "*Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria*" se extiende este ámbito a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

### **3.NORMATIVA DE APLICACIÓN**

Además de las Condiciones Técnicas Particulares contenidas en el presente Pliego, serán de aplicación, a los efectos de garantizar la calidad, funcionalidad,

eficiencia y durabilidad de las instalaciones térmicas en los edificios, observándose en todo momento durante su ejecución, las siguientes normas y reglamentos:

**REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio**, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, (deroga al Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio).

**REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo**, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

**REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero**, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción (BOE Num. 27 de 31 de enero de 2007).

**ORDEN de 25 de mayo de 2007**, sobre instalaciones interiores de suministro de agua y de evacuación de aguas en los edificios.

**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.

**REAL DECRETO 1244/1979 de 4 de abril** por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión RAP (BOE núm. 154, 28/06/1979), modificado por el **REAL DECRETO 507/1982 de 15 de enero de 1982** por el que se modifica el Reglamento de Aparatos a Presión aprobado por el RD 1244/1979 de 4 de abril de 1979 y por el **REAL DECRETO 1504/1990** por el que se modifican determinados artículos del RAP.

**ORDEN de 6 de octubre de 1980**, del Ministerio de Industria y Energía por la que se aprueba la ITC-MIE-AP2 "Tuberías para fluidos relativos a calderas". (BOE núm. 265, 04/11/1980).

**RESOLUCIÓN de 15 de julio de 1981** Diversos materiales aislantes térmicos. Sello INCE. BOE 11/09/81.

**REAL DECRETO 3089/82** Radiadores y convectores de calefacción por medio de fluidos. Normas técnicas. (BOE 22/11/82).

**RESOLUCIÓN de 25 de febrero de 1983** Complemento de las disposiciones reguladoras. Acristalamientos aislantes térmicos. Modifica la RESOLUCION de 15/07/81. BOE 09/03/83.

**ORDEN de 10 de febrero de 1983** sobre Radiadores y convectores de calefacción por medio de fluidos. Normas técnicas sobre ensayos para la homologación. (BOE 15/02/83).

**RESOLUCIÓN de 30 de junio de 1983** Modifica la RESOLUCIÓN de 25/02/83. BOE 11/07/83.

**REAL DECRETO 363/1984** que modifica el R.D. 3089/82 (BOE 25/02/84).

**ORDEN de 8 de mayo de 1984** Aislantes térmicos en la edificación. Espumas de Urea-Formol. Normas técnicas (BOE 11/05/84).

**RESOLUCIÓN de 31 de mayo de 1984** Materiales aislantes térmicos, para uso en edificación. Sello INCE. 03/07/84.

**ORDEN de 25 de junio de 1984 del Ministerio de Industria y Energía** Instalación equipos medida en instalaciones térmicas.

**RESOLUCIÓN de 31 de mayo de 1984** Complementa las disposiciones reguladoras. Modifica la RESOLUCION de 15/07/81. BOE 03/07/84.

**RESOLUCIÓN de 19 de noviembre de 1984** Complementa las disposiciones reguladoras. Perlita expandida. Modifica la RESOLUCION de 15/07/81. BOE 03/12/84.

**ORDEN de 28 de marzo de 1985** (BOE núm. 89, 13/04/1985) que modifica la **ORDEN de 17 de marzo de 1981**, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 84, 08/04/1981) (BOE núm. 395, 22/12/1981) por la que se aprueba la ITC-MIE-AP1 "Calderas, economizadores, precalentadores, sobrecalentadores y recalentadores".

**ORDEN de 15 de abril de 1985**, sobre normas técnicas de las griferías para utilizar en locales de higiene corporal, cocinas y lavaderos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

**ORDEN de 31 de mayo de 1985**, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 148, 21/06/1985) por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP11, del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente, fabricados en serie.

**ORDEN de 31 de mayo de 1985**, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 147, 20/06/1985) por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP12 del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a calderas de Agua Caliente.

**RESOLUCIÓN de 13 de septiembre de 1985** Modifica disposiciones reguladoras. Modifica la RESOLUCIÓN de. 15/07/81. BOE 01/02/86.

**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.

**REAL DECRETO 2532/1985, de 18 de diciembre**, por la que se dictan especificaciones que deberán cumplir las chimeneas metálicas modulares para las instalaciones de calefacción, climatización y Agua Caliente Sanitaria y grupos electrógenos para usos no industriales. *BOE de 03-01-86.*

**ORDEN de 31 de julio de 1987** Nulidad de disposición 6ª. Modifica la Orden 08/05/84 (BOE 16/09/87).

**ORDEN de 11 de octubre de 1988**, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 253, 21/10/1988) por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP13 del Reglamento de aparatos a presión, referente a intercambiadores de calor con placas.

**ORDEN de 30 de diciembre de 1988** del Ministerio de Obras Públicas, por la que se regulan los contadores de agua caliente.

**ORDEN de 28 de febrero de 1989** Modifica la Orden 08/05/84.(BOE 03/03/89).

**LEY 21/1992, de 16 de julio**, de Industria.

**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. Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 73, 27/03/1995) (C.E. - BOE núm. 125, 26/05/1995).

**ORDEN de 8 de marzo de 1994**, por la que se establece la certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación de las chimeneas modulares metálicas. *BOE de 22-03-94.*

**REAL DECRETO 275/1995, de 24 de febrero**, por el que se dicta 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 27-03-95.*

**LEY 31/1995, de 8 de noviembre** de prevención de riesgos laborales; modificaciones por Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales e instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E. 8/3/1996).

**REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre**, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

**RESOLUCIÓN de 17 de mayo de 1999** Corrección de algunos errores. Modifica la RESOLUCION de 05/11/98. BOE 10/06/99.

**LEY 38/1999, de 5 de noviembre**, de Ordenación de la Edificación.

**ORDEN de 21 de junio de 2000**, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (BOE núm. 154, 28/06/2000) que modifica la ORDEN de 10 de febrero de 1983, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 39, 15/02/1983) por la que se aprueban las Normas técnicas de los tipos de radiadores y convectores de calefacción por medio de fluidos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

**REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril** sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE núm. 104 de 1 de mayo de 2001.

**LEY 1/2001, de 21 de mayo**, sobre construcción de edificios aptos para la utilización de energía solar (BOC 067/ 2001 de- Miércoles 30 de mayo de 2001).

**LEY 16/2002, de 1 de julio**, de prevención y control integrados de la contaminación, que modifica la LEY 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico.

**REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto de 2002**, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

**DIRECTIVA 2002/91/CE, de 16 de diciembre de 2002**, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

**REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero**, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

**REAL DECRETO 142/2003** Regula el etiquetado energético de los acondicionadores de aire de uso doméstico. (BOE 14/02/03).

Ordenanzas Municipales del lugar donde se ubique la instalación.

Y resto de normas o reglamentación que le sean de aplicación.

Salvo que se trate de prescripciones cuyo cumplimiento esté obligado por la vigente legislación, en caso de discrepancia entre el contenido de los documentos anteriormente mencionados se aplicará el criterio correspondiente al que tenga una fecha de aplicación posterior. Con idéntica salvedad, será de aplicación preferente, respecto de los anteriores documentos lo expresado en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Asimismo, se recomienda la aplicación de los siguientes documentos:

**PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2005-2010** del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio- IDAE-agosto 2005.

**Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones de Baja Temperatura** – Documento del IDAE. PET-REV octubre 2002.

**Comentarios RITE** – Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización 7 IDAE- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

**Guía Técnica** de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

## **4.CONDICIONES A SATISFACER POR LAS INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN**

### **4.1.- Condiciones de bienestar e higiene**

La instalación térmica se diseña, calcula, ejecuta, mantiene y debe utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de Agua Caliente Sanitaria aceptable para los usuarios de las edificaciones sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo los requisitos siguientes:

**Calidad térmica del ambiente:** Mantenimiento de los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de los edificios.

**Calidad del aire interior:** Mantenimiento de una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado. (Según las categorías de calidad del aire interior, IDA1 (óptima calidad),

**Higiene:** Proporcionar una dotación de agua caliente sanitaria, en condiciones adecuadas, para la higiene de las personas. La temperatura del agua de retorno al sistema de preparación y acumulación de agua caliente para usos sanitarios RACS será mayor que 50°C, ya que esta temperatura es suficiente para que la proliferación de la legionela esté controlada.

**Calidad del ambiente acústico:** Limitar, en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de estas instalaciones.

Se exigirá, en cumplimiento del apartado 3.4.1 del CTE, que los suministradores de equipos proporcionen la siguiente información técnica, de carácter obligatoria:

- Nivel de potencia acústica de equipos que producen ruidos estacionarios, como bombas, ventiladores, quemadores, maquinaria frigorífica, unidades terminales para el control y la difusión de aire, ventiloconvectores, inductores, etc.
- Rigidez mecánica y carga máxima de los lechos elásticos empleados en bancadas de inercia.
- Amortiguamiento, curva de transmisibilidad y carga máxima de los sistemas antivibratorios utilizados en el aislamiento de maquinaria y conducciones.
- Coeficiente de absorción acústica de los productos absorbentes empleados en conductos de ventilación.
- Atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdidas por inserción.
- Atenuación total de los silenciadores interpuestos en conductos o empotrados en elementos constructivos, como fachadas.

#### 4.2.- Condiciones de Eficiencia energética

Las instalaciones térmicas se diseñan, calculan, se ejecutan, mantienen y se utilizan de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las mismas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero (Cambio Climático) y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los requisitos siguientes:

**Rendimiento energético:** los equipos de generación de calor y frío, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento energético máximo.

**Distribución de calor y frío:** los equipos y las conducciones (redes de distribución de los fluidos portadores) de las instalaciones térmicas deben quedar aislados

térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.

**Regulación y control:** las instalaciones térmicas estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.

**Contabilización de consumos:** las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.

**Recuperación de energía:** las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de las energías residuales.

**Utilización de energías renovables:** las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

#### **4.3.- Condiciones de Seguridad**

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se prevenga y reduzca a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades.

#### **4.4.- Condiciones de Ahorro de Agua**

Los equipos que utilicen agua para consumo humano en la condensación de agentes frigoríficos, estarán equipados con sistemas de recuperación de agua.

#### **4.5.- Protección frente a heladas**

Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior soportarán la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura sea inferior a 0 °C, estará protegido contra las heladas.

La instalación estará protegida con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5°C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

#### **4.6.- Protección frente a sobrecalentamientos**

En el caso de dispositivos automáticos, se evitarán de manera especial las pérdidas de fluido anticongelante, el relleno con una conexión directa a la red y el control del sobrecalentamiento mediante el gasto excesivo de agua de red. Especial cuidado se tendrá con las instalaciones de uso estacional en las que en el periodo de no utilización se tomarán medidas que eviten el sobrecalentamiento por el no uso de la instalación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción se realiza de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras (concentración en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l), se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

#### **4.7.- Protección contra quemaduras y altas temperaturas**

Se instalará un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, en los puntos de consumo que puedan exceder de 60 °C.

Las superficies calientes de los emisores de calor accesibles a los usuarios tendrán una temperatura menor que 80 °C, salvo cuando estén protegidas contra contactos. En cualquier caso, la temperatura de las superficies con las que exista posibilidad de contacto no será mayor que 60 °C.

#### **4.8.- Comprobación de la limitación de la demanda de energía para régimen de calefacción y de refrigeración**

A través de la Opción general de la Sección HE 1 del CTE, se comprobarán que las demandas energéticas de la *envolvente térmica* de la vivienda, para régimen de calefacción y refrigeración, son ambas inferiores a las de la vivienda de referencia, entendiéndose por régimen de calefacción, como mínimo, los meses de diciembre a febrero ambos inclusive y por régimen de refrigeración los meses de junio a septiembre, ambos inclusive.

Como excepción, se admite que en caso de que para la vivienda objeto donde se emplace la instalación térmica, una de las dos demandas anteriores sea inferior al 10% de la otra, se ignore el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja.

#### **4.9.- Comprobación del valor de la transmitancia térmica máxima en los cerramientos y particiones de la envolvente térmica U de los edificios**

Se verificará que las particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto, con las zonas comunes de la vivienda no

calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a 1,2 W/m<sup>2</sup>K.

## **5. CARACTERÍSTICAS, COMPONENTES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES DE LA INSTALACIÓN**

Instalación de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Los sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS) son aquellos que distribuyen agua de consumo sometida a algún tratamiento de calentamiento y por ello, además de cumplir las especificaciones del Real Decreto 865/2003 deben cumplir los requisitos del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

### **5.1.- Clasificación general de las instalaciones de ACS**

#### ***A) Por su capacidad.***

Individuales - Cuando tienen capacidad para un grupo muy limitado de aparatos.

Centralizados.- Cuando están concebidos para abastecer a un importante número de aparatos; suelen colocarse en las salas de máquinas de los edificios, de ahí su nombre.

#### ***B) Por su función.***

Exclusivos.- Cuando la caldera o generador de calor sirve solo a la instalación de ACS.

Mixtos.- Cuando la caldera o generador sirve tanto a la instalación de ACS como a la de calefacción.

#### ***C) Por el sistema de producción de ACS.***

Instantáneos.- Cuando el agua se va calentando a medida que se produce su consumo.

De Acumulación.- Cuando el agua a utilizar se la prepara y acumula previamente en un depósito.

### **5.2.- Instalación de calefacción**

Son las instalaciones destinadas al calentamiento de recintos compuesto generalmente por un sistema de generación (caldera, bomba de calor, energía solar, etc.) de chapa de acero inoxidable, fundición, cobre, etc., pudiendo producir además ACS, de forma individual o colectiva, con acumulador o sin él. Podrán asimismo utilizar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos o bien mediante electricidad. Dispone además de un sistema de evacuación de productos de la combustión.

Los sistemas de calefacción utilizan principalmente agua o aire caliente para calentar el aire de los recintos.

Al agua, proveniente de una caldera o bomba, se hace circular por tuberías "remansándola" en unos elementos, estratégicamente situados, denominados

técnicamente "emisores", de modo que transfieran parte de su calor al aire del local.

La distribución puede realizarse mediante circuitos de tuberías de agua o conductos de aire, en materiales de cobre, acero estirado, acero negro, acero galvanizado, fibra de vidrio, polipropileno, polietileno reticulado de doble capa y pre-aislamiento, etc., disponiendo de un sistema de bombeo para la circulación del fluido, llaves de corte, etc.

Cuenta esta instalación con un sistema de control por válvulas termostáticas o termostatos situados en locales y/o en exteriores y de elementos auxiliares como equipos de presión y de regulación para el combustible, así como chimenea para evacuación de los productos de la combustión, normalmente en acero inoxidable, aislada de doble pared.

El sistema de regulación controlará la temperatura de impulsión en función de las condiciones exteriores con limitación de la temperatura mínima de retorno a la bomba de calor, disponiendo de sonda de temperatura de inmersión, sonda de temperatura exterior, central electrónica con reloj programable y sub-módulo de limitación de la temperatura mínima de retorno.

Los elementos de consumo normalmente son radiadores (circuitos a alta temperatura), convectores y ventiloconectores, aerotermos, paneles radiantes (circuitos a baja temperatura), rejillas difusoras, etc y en nuestro caso suelo radiante.

Como elementos accesorios de esta instalación se encuentran las válvulas (esfera, mariposa, de tres vías, de retención), dilatadores elásticos, filtros, purgadores, intercambiador, vaso de expansión, aislantes térmicos, termostatos, colectores, etc.

## **5.2.1.- Sistemas de distribución**

### **5.2.1.1 Sistema monotubular**

El sistema consiste básicamente en un anillo simple que va intercalando emisores a lo largo de su recorrido. Los emisores se conectan a los "bucles" en los que conecta con el anillo solo en un punto, dónde se coloca una válvula doble que permite la conexión y reglaje del tubo de entrada y la del de salida. El anillo suele tener un diámetro constante. Es apropiado para pequeñas instalaciones.

### **5.2.1.2 Sistema bitubular**

En este sistema no se reutiliza el agua que ya ha pasado por un radiador - como ocurre en el sistema monotubular - sino que se recoge mediante una red paralela para ser reconducida a la caldera. En este sistema no hay limitación en el número de radiadores. Es el apropiado para grandes instalaciones.

Ambos sistemas pueden combinarse.

### **5.2.1.3Circuladores**

Los circuladores son unas pequeñas electrobombas centrífugas intercaladas en los circuitos, cuya misión es impulsar el agua caliente y, a la vez, vencer las resistencias que tal impulsión genera.

Pueden ir tanto en la tubería de ida como en la de retorno. Para potencias de bombeo superiores a 5 kw. se recomienda la instalación de dos bombas en paralelo, una de ellas en reserva.

### **5.2.1.4Vasos de expansión**

Para evitar que al calentarse, el agua aumenta su volumen, las instalaciones de calefacción estarán dotadas de vaso de expansión, existiendo los de tipo abiertos y los cerrados, aunque los primeros se encuentran en desuso por elevadas pérdidas por evaporación, longitudes excesivas de tubos y por dificultades de montaje.

El orden de montaje adecuado es el siguiente: generador de calor-vaso de expansión-bomba de recirculación, para determinar la situación correcta de conexión del vaso de expansión abierto con respecto al generador de calor y a la bomba de recirculación, en el circuito.

### **5.2.1.5Válvulas de seguridad**

En general, los circuitos que no estén en contacto con la atmósfera llevarán una válvula de seguridad generalmente acompañada de un manómetro. Teniendo en cuenta que a mayor temperatura mayor presión suele colocarse en el tubo de ida y en las proximidades de la caldera.

### **5.2.1.6 Cuadro de control**

Deberá contar al menos con un termómetro, que indique la temperatura de ida del agua, y un hidrómetro que indique la presión a que está trabajando la caldera. Estos aparatos se complementan habitualmente con los siguientes:

Pulsadores-interruptores del circulador y del quemador.

Termostato regulable de la temperatura de ida.

Termostato de seguridad que actúe automáticamente.

Podrán contar además con central electrónica de programación del quemador (de tipo modular) donde la temperatura de diseño (y consecuentemente la del agua de ida) queda prefijada en función de la temperatura exterior, ajustándose las temperaturas de diseño en las horas diurnas y en las horas nocturnas.

### **5.2.1.7Purgadores y separadores de aire**

Para evitar la formación de burbujas de diferentes tamaños que ocasionan los siguientes indeseados efectos, se instalan purgadores y separadores de aire:

- Bolsas de aire que impiden la circulación del agua.
- Ruidos.
- Disminución del rendimiento de los circuladores, con posibilidad de daños en los rodetes por cavitación.
- Disminución del rendimiento de las calderas.
- Corrosiones.
- Normalmente se instalan
  - Purgador automático.
  - Separador.
  - Purgador en los emisores.
- Pendiente de la instalación.

Los purgadores automáticos consisten en un pequeño vaso que tiene en su interior un flotador que cierra o abre una válvula para la salida del aire. Todos los sistemas de agua caliente, incluidos los de ACS, deben prolongar sus montantes y colocar en el final un purgador.

### 5.2.1.8 Emisores

#### 5.2.1.8.1 Radiadores

Para todo tipo de calefacción, queda prohibido que las superficies calefactoras accesibles normalmente por el usuario tengan una temperatura superficial exterior superior a 90° C, sin estar protegidas contra contactos casuales.

La emisión calorífica, para un salto de 60° C, no será menor que la potencia calorífica nominal.

Estarán homologados por parte del Ministerio de Industria; Turismo y Comercio.

Se construirán de materiales resistentes a la corrosión y con todos sus elementos inalterables al agua caliente (formados por unión de módulos o elementos como chapa de acero, fundición, aluminio, termominerales, acero, etc.).

Estarán provistos de todos los soportes de fijación a la pared o suelo y con los accesorios adecuados para su instalación.

Dispondrán, en todo caso, de válvula de reglaje y detector. Dispondrán de purgador en aquellos casos en que se prevea una posible acumulación de aire que impida su buen funcionamiento.

#### ***Llaves de Reglaje.***

***Llaves monogiro:*** En los sistemas bitubulares la tubería de ida y la de retorno quedan unidas periódicamente mediante los radiadores, y por tanto deben equilibrarse las presiones de los puntos de encuentro - entrada y salida de los radiadores - para que los caudales circulantes sean los previstos en el cálculo.

***Detentores:*** Son llaves que se instalan a la salida de los emisores y que, en combinación con la monogiro, de entrada, permite retirar el bloque emisor o panel sin necesidad de vaciar el agua de la instalación.

**Llave monotubo:** En caso de instalaciones monotubo la llave tiene mayor complicación al disponer en la misma pieza las regulaciones de entrada y salida realizan en el conducto de salida, en vez del de entrada.

***Llaves termostáticas.***

#### **5.2.1.8.2 Suelo Radiante**

El sistema de suelos radiantes consta de uno o varios colectores de alimentación de los que arrancan distribuidores que se desarrollan en serpentines bajo los pavimentos que, después de aportar su calor al ambiente, convergen en uno o varios colectores de retornos.

Los elementos que componen un suelo radiante son, genéricamente los siguientes:

**Tubos:** Fabricados en acero mediante emparrillados, pudiendo ser también de cobre, igualmente en serpentines, dada su ductilidad tanto en suelos como, sobre todo, en techos radiantes; en este último caso se interpone entre el forjado y las tuberías una capa de aislamiento y, después de las necesarias fijaciones, se enyesan los serpentines desde abajo.

También con tubos de plásticos en rollos como el polietileno reticular (PEX), donde los empalmes son siempre soldados y las conexiones se realizan mediante accesorios de compresión.

**Servomotores:** que controlan el suministro de las válvulas de 3 vías, pudiendo ser del tipo "on-off" (dos posiciones) y válvulas de 3 vías del tipo "todo-nada", si bien, actualmente, son sustituidos por sistemas proporcionales.

#### **5.2.1.9 Dilatadores**

Por efecto de cambios de temperatura el movimiento axial de un tramo de tubería comprendido entre dos puntos de anclaje puede ser total o parcialmente impedido y, en consecuencia, generarse en el material de los mismos esfuerzos superiores al máximo admisible. Es necesario, entonces, intercalar un elemento flexible que absorba dicho movimiento.

Como elementos flexibles podrán utilizarse cambios de dirección de la tubería, preferentemente en forma de U, o bien dilatadores deslizantes o de fuelles.

### **5.3.- Condiciones específicas de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir los generadores de calor y frío y de sus instalaciones auxiliares y anexas**

#### **5.3.1.- Generador de calor**

Obligatoriamente deberán satisfacer los requisitos que el RITE establece en cuanto a eficiencia energética y de fraccionamiento de potencia.

No podrán instalarse calderas de las siguientes características a partir de las fechas indicadas:

- Calderas atmosféricas (01.01.2010).
- Calderas con marcado de prestación energética según RD 275/1995 de 24 de febrero, de 1 estrella (01.01.2010).
- Calderas con marcado de prestación energética según RD 275/1995 de 24 de febrero, de 2 estrellas (01.01.2012).

En función de la potencia térmica nominal de la instalación y del tipo de combustible (líquido o gaseoso), se instalará 1 generador (Pot < 400 Kw. para uso conjunto de calefacción y ACS) o se instalarán 2 generadores en instalaciones de Pot > 400 Kw.

Los requisitos de rendimiento energético de las calderas de 4 Kw. a 400 Kw. de potencia nominal, alimentadas con combustibles fósiles líquidos y gaseosos, a la potencia nominal y a la carga parcial del 30%, a la temperatura media del agua que indique el fabricante., quedan establecidos por el RD 275/1995 de 24 de febrero, transposición de la Directiva Europea 92/42/CEE (RD 275 de 1995).

Los generadores de calor que empleen combustibles gaseosos dispondrán obligatoriamente de certificación de conformidad.

Estarán equipados con un interruptor de flujo. Los que empleen combustibles líquidos (no gaseosos) tendrán dispositivos para interrumpir el funcionamiento del quemador, tanto en caso de retroceso de los productos de la combustión como en la situación de superarse la temperatura de diseño, siendo éste último de rearme manual.

Si se emplean biocombustibles, el generador de calor dispondrá de los siguientes elementos de seguridad: dispositivos para interrumpir el funcionamiento del quemador, tanto en caso de retroceso de los productos de la combustión como en la situación de superarse la temperatura de diseño, siendo éste último de rearme manual. También estará dotado con sistemas de eliminación del calor residual de la caldera y válvula de seguridad tarada 1 bar por encima de su presión de trabajo, siendo conducida su descarga a sumidero. Al menos su rendimiento será, a plena carga del 75%. En cualquier circunstancia, se exigirá el cumplimiento del reglamento de aparatos a presión, así como el marcado CE.

Los generadores de calor por radiación, aparatos de generación de aire caliente y equipos de absorción de llama directa, que empleen combustibles gaseosos incluidos en el RD 1428/1992 de 27 de noviembre cumplirán dicha reglamentación. La evacuación de los productos de la combustión y la ventilación de locales donde se instalen estos equipos, asimismo cumplirán la legislación vigente.

### **5.3.2.- Generador de frío**

Obligatoriamente deberán satisfacer los requisitos que el RITE establece en cuanto a eficiencia energética y de fraccionamiento de potencia.

Se exigirá al fabricante de los equipos frigoríficos las prestaciones energéticas de los mismos (EER para el régimen de refrigeración y COP para el de bomba de calor) al variar la carga desde el máximo hasta el límite inferior de parcialización en las condiciones de diseño.

Si el equipo dispone de etiquetado energético, éste indicará la clase de eficiencia energética del mismo.

Para una máquina de acondicionamiento de tipo doméstico deberá proporcionarse la siguiente información:

- Parte para la identificación del fabricante.
- Modelo de equipo.
- Clase energética a la que pertenece (de A a G).
- Logotipo de etiquetado ecológico (en su caso).
- Consumo anual en condiciones estándar, kWh/año.
- Potencia de refrigeración, kW.
- Índice de eficiencia energética.
- Tipo de aparato.
- Clase de eficiencia energética en bomba de calor.
- Ruido, dB.

Esta información es válida para sistemas aire-aire y agua-aire, con potencia frigorífica hasta 12 kW, de tipo split, multi-split, compactos y portátiles, en modo frío o bomba de calor.

Cuando se empleen torres de refrigeración, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los equipos deben instalarse en lugares aislados y alejados de lugares con riesgo de exposición, preferentemente en la cubierta de los edificios.
- Los aparatos deben situarse a sotavento de los lugares antes citados, en relación con los vientos dominantes en la zona de emplazamiento.
- Los equipos deben estar dotados de separadores de gotas de eficiencia muy elevada; el caudal de agua arrastrado será inferior al 0,05% del caudal de agua en circulación, como se ha comentado anteriormente.
- Los equipos se situarán en lugares accesibles y deben tener puertas amplias y de fácil acceso.
- Sus superficies interiores serán lisas y sin obstáculos para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección.
- Los paneles de cerramiento serán desmontables para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección del material de relleno.
- La bandeja tendrá un pozo en el que se acumule la suciedad; el pozo debe estar equipado de válvula de vaciado. Se recomienda que la bandeja trabaje en seco, recogiendo el agua por gravedad en un tanque cerrado situado en un lugar resguardado de la intemperie.

- Los materiales del aparato serán resistentes a fuertes concentraciones de desinfectantes, particularmente de cloro. Se recomienda evitar el empleo de materiales basados en celulosa.
- Asimismo las torres de refrigeración estarán dotas de los siguientes sistemas.
- Un sistema de filtración para eliminar la contaminación producida por sustancias sólidas procedentes del ambiente (hojas, insectos, etc.).
- Un sistema de tratamiento químico, físico-químico o físico con el fin de reducir la acumulación de depósitos calcáreos.
- Un sistema de tratamiento químico, físico-químico o físico para evitar la acción de la corrosión sobre las partes metálicas del circuito.
- Un sistema permanente de tratamiento por medio de agentes biocidas, sistema físico o químico-físico.

Además, las torres deben estar dotadas de un sistema de purga automática para controlar la concentración de sales en el circuito.

### 5.3.3.- Salas de máquinas

Se considera como “Sala de máquinas” aquel recinto donde se alojan los generadores térmicos y otros equipos auxiliares, así como los accesorios necesarios para su funcionamiento, cuando la suma de las potencias térmicas nominales instaladas de los generadores sea mayor que 70 kW.

Como la potencia máxima de la bomba de calor es de 22 kW, y por tanto menor que 70 kW, la planta garaje no se considerará como sala de máquinas. Por tanto no procede a la descripción de las características y requisitos mínimos a describir para la sala de máquinas.

No tendrán consideración de salas de máquinas:

- Los recintos que contengan equipos cuya suma de potencia sea menor que 70 kW.
- Los recintos con generadores de aire caliente, tubos radiantes de gas o aparatos similares, siempre que se tengan en cuenta los requisitos de ventilación de la norma UNE-EN 13410.
- Los equipos de generación de frío y calor de cualquier potencia, diseñados para ser instalados en exteriores, con fluido portador aire o agua. Alrededor de los cuatro lados de estos equipos se dejarán las distancias para ventilación y mantenimiento determinadas por el fabricante.

En todo caso se deberá cumplir las condiciones de riesgo de incendio, en función de las potencias, que para estas salas de máquinas impone el CTE (tabla 2.1 del DB-SI del CTE).

La sala de máquina tendrá un camino desde su interior hacia el exterior por el que se podrá pasar con el equipo más pesado y voluminoso contenido en la misma sin dificultad alguna y sin necesidad de tener que eliminar del camino elementos constructivos o puertas.

La distancia entre generadores de calor y entre éstos y las paredes de la sala de máquinas contemplará la posibilidad de abrir la puerta frontal sin necesidad de desmontar el quemador.

La distancia mínima entre equipos y entre éstos y los cerramientos no será nunca inferior a 80 cm.

En la parte frontal de calderas y máquinas frigoríficas deberá existir un espacio libre de longitud igual, por lo menos, a la del equipo, con el fin de poder efectuar las operaciones de limpieza de los tubos de los intercambiadores de calor. La altura de este espacio deberá ser la que marque el haz de tubos.

En cualquier caso, la altura mínima del techo de la sala de máquinas será de 2,5 m.

En caso de sala de máquinas para calderas de combustible sólido, el diseño de la situación de los generadores y el silo de almacenamiento y de los espacios alrededor de los diferentes componentes se hará siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los requisitos mínimos de ventilación de las salas de máquinas están indicados en el RAP (Reglamento de Aparatos a Presión, MIE-AP1 capítulo 5) para los generadores de calor y en el RSF (Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones Frigoríficas, MI IF 007) para generadores de frío.

Se procurará que las salas de máquinas estén situadas en contacto con el ambiente exterior, de manera que la ventilación tenga lugar siempre por medios naturales (ventilación natural directa por aperturas, por ejemplo en las cubiertas de los edificios).

En cualquier caso, todas las aberturas de ventilación estarán protegidas por medio de rejillas y mallas metálicas antiinsectos.

Las entradas de aire se harán en la parte inferior de las paredes, con área libre mínima de 5 cm<sup>2</sup> por cada kW de potencia térmica instalada.

Además, en la parte superior de las paredes se practicarán aberturas de superficie igual, por lo menos, a una milésima parte de la superficie en planta de la sala de máquinas.

Cuando sea posible, las aberturas se practicarán en diferentes fachadas, para favorecer la creación de corrientes de aire por efecto de los vientos.

En la sala de máquinas, concretamente, los elementos antivibratorios se deberán instalar a la salida de las tuberías de la misma.

En la sala de máquinas deberá figurar el esquema de principio de la instalación, dividido en uno o más planos, según el tamaño de los mismos.

Las instrucciones de seguridad, manejo y mantenimiento de la instalación deberán estar disponibles en cualquier momento, junto con la memoria técnica, los planos "as built" y los manuales de todos los equipos.

#### **5.4.- Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las**

## instalaciones térmicas

Los equipos y materiales que se incorporen con carácter permanente a los edificios, en función de su uso previsto, llevarán el marcado CE, siempre que se haya establecido su entrada en vigor, de conformidad con la normativa vigente. Por tanto, la Dirección Facultativa velará porque todos los materiales, productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación térmica en los edificios sean de marcas de calidad (UNE, EN, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que todas sus características (mecánicas, eléctricas, de eficiencia energética, etc.) se ajustan a la normativa vigente, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CE u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista y por lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

La Dirección Facultativa asimismo podrá exigir muestras de los materiales a emplear y sus certificados de calidad, ensayos y pruebas de laboratorios, rechazando, retirando, desmontando o reemplazando dentro de cualquiera de las etapas de la instalación los productos, elementos o dispositivos que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

Cuando proceda hacer ensayos para la recepción de los productos o verificaciones para el cumplimiento de sus correspondientes exigencias técnicas, según su utilización, estos podrán ser realizadas por muestreo u otro método que indiquen los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, además de la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, debiendo aportarse o incluirse, junto con los equipos y materiales, las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:

- Identificación del fabricante, representante legal o responsable de su comercialización.
- Marca y modelo.
- Potencia térmica nominal.
- Etiquetado energético y clase
- Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo, asignado por el fabricante.

El contratista o instalador autorizado entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en idioma español para facilitar su correcta interpretación.

Los equipos y materiales llevarán marcado CE, siempre que se haya establecido su entrada en vigor, de conformidad con la normativa vigente.

La certificación de conformidad de los equipos y materiales, con los reglamentos aplicables y con la legislación vigente, se realizará mediante procedimientos establecidos en la normativa correspondiente. Se aceptarán marcas, sellos,

certificaciones de conformidad u otros distintivos de calidad voluntarios, legalmente concedidos en cualquier Estado miembro de la Unión Europea, en un Estado integrante de la Asociación Europea de Libre Comercio que sea parte contratante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, o en Turquía, siempre que sean éstos reconocidos por la Administración pública competente así como garanticen un nivel de seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente, equivalente a las normas aplicables en España.

Se aceptan, para su instalación y uso en los edificios, los productos procedentes de otros Estados miembros de la Unión Europea o de un Estado integrante de la Asociación Europea de Libre Comercio que sea parte contratante del Espacio Económico Europeo, o de Turquía que cumplan lo exigido en cuanto a certificación de conformidad.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

El Ingeniero-Director rechazará todas aquellas partes de la instalación térmica que no cumplan los requisitos para ellas exigidas, obligándose la empresa instaladora autorizada o Contratista a sustituirlas a su cargo.

Se cumplirán, además, todas las disposiciones legales que sean de aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

#### **5.4.1.- Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones de calefacción**

Concretamente a continuación se indican las condiciones particulares de control para la recepción de los equipos y materiales de las instalaciones de calefacción.

Todos los equipos y materiales deberán llevar el marcado CE.

**Generadores de calor (calderas, bombas de calor):** - Identificación, según especificaciones de proyecto. - Distintivo de calidad: Marca de Calidad homologada por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICT). Por cada equipo se hará una inspección de la instalación de calderas, de su correcta colocación, uniones, dimensiones, etc. Asimismo se comprobará su anclaje a los soportes e instalación de mecanismos necesarios para no transmitir ruidos ni vibraciones.

**Tuberías:** Comprobación de diámetros, fijaciones, uniones y recubrimientos de minio, calorifugado, y distancias mínimas.

El resto de componentes de la instalación deberán recibirse en obra conforme a: la documentación del fabricante, marcado de calidad, la normativa si la hubiere, especificaciones del proyecto y a las indicaciones de la Dirección Facultativa durante la ejecución de las obras.

**Elementos terminales:** Identificación, según especificaciones de proyecto. - Distintivo de calidad, marcado CE.

Asimismo aquellos materiales no especificados en el presente proyecto que hayan de ser empleados para la realización del mismo, dispondrán de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

#### **5.4.2.- Controles a realizar en la recepción, sobre la documentación y de los distintivos de calidad de materiales y equipos.**

##### **5.4.2.1 Recepción de materiales y equipos en obra**

Por parte del Ingeniero-Director de las obras y en el momento de acopiar los materiales y equipos, se comprobarán que las características técnicas de los suministrados, satisfacen lo exigido en el presente proyecto (o memoria técnica) mediante control de la documentación de los suministros, control mediante distintivos de calidad y control mediante ensayos y pruebas.

Asimismo se comprobará que los equipos y materiales recibidos corresponden a los especificados en el presente pliego de condiciones del proyecto o en la memoria técnica, disponen de la documentación exigida, cumplen con las propiedades exigidas en el proyecto o memoria técnica y han sido sometidos a los ensayos y pruebas exigidos por la normativa en vigor o cuando así se establezca en el pliego de condiciones.

Se utilizarán materiales, en contacto con el agua de consumo humano, capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro u otros desinfectantes o por elevación de temperaturas, evitando aquellos que favorezcan el crecimiento microbiano y la formación de biocapa en el interior de la instalación.

##### **5.4.2.2 Verificación de la documentación de materiales y equipos**

El instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptiva, *verificará la documentación* facilitada por los suministradores de los equipos y materiales, los cuales entregarán los documentos de identificación exigidos por las disposiciones de obligado cumplimiento y por el proyecto o memoria técnica. En cualquier caso, esta documentación comprenderá al menos los siguientes documentos:

- a) Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- b) Copia del certificado de garantía del fabricante, de acuerdo con la Ley 23/2003, de 10 de julio, de garantías en la venta de bienes de consumo.
- c) Documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

Además, se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes que integran la instalación.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, las indicaciones, instrucciones, etiquetas, etc. de los mismos estarán en idioma español.

### **5.4.2.3 Control de recepción de materiales y equipos mediante distintivos de calidad**

También se realizará un *control de recepción mediante distintivos de calidad*, por parte del el instalador autorizado y el Ingeniero-Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, los cuales verificarán que la documentación proporcionada por los suministradores sobre los distintivos de calidad que ostenten los equipos o materiales suministrados, que aseguren las características técnicas exigidas en el proyecto o memoria técnica sea correcta y suficiente para la aceptación de los equipos y materiales amparados por ella.

Finalmente se realizará un *control de recepción mediante ensayos y pruebas*, al objeto de verificar el cumplimiento de las exigencias técnicas del RITE, puede ser necesario, en determinados casos y para aquellos materiales o equipos que no estén obligados al marcado CE correspondiente, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto o memoria técnica u ordenado por el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.

Se vigilará que todos los equipos que consumen energía lleven la correspondiente etiqueta de eficiencia energética que, en una escala de siete valores, de la letra A a la letra G, indique la categoría a la que pertenece el equipo.

### **5.4.2.4 Tipos de controles a efectuar por cada elemento**

#### ***Sistema de captación***

Certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.

Todos serán del mismo modelo y fabricante.

Coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de  $10 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ .

#### ***Aislantes Térmicos***

Los materiales aislantes térmicos empleados para aislamiento de conducciones, aparatos y equipos, así como los materiales para la formación de barreras antivapor, cumplirán lo especificado en la normativa que le sea de aplicación.

Las características básicas exigibles a los materiales empleados para el aislamiento térmico son: Conductividad térmica, Densidad aparente, Permeabilidad al vapor de agua y Absorción de agua por volumen.

### ***Tuberías y Accesorios***

Las tuberías y sus accesorios cumplirán los requisitos de las normas UNE correspondientes, en relación con el uso al que vayan a ser destinadas.

### ***Válvulas***

Cumplimiento de requisitos de las normas correspondientes. El fabricante deberá suministrar la pérdida de presión a obturador abierto (o el CV) y la hermeticidad a obturador cerrado a presión diferencial máxima.

### ***Conductos y Accesorios***

Las pruebas de recepción de conductos metálicos se realizarán bajo la norma UNE-EN 1507. Se verificarán el tipo de material suministrado en los conductos, así como la comprobación de la inexistencia de materiales sueltos dentro de los conductos y la comprobación de inexistencia de rugosidades en las superficies internas de los conductos.

Las canalizaciones de aire y accesorios cumplirán lo establecido en las normas UNE que les sean de aplicación. También cumplirán lo establecido en la normativa de protección contra incendios que les sea aplicable.

### ***Unidades de tratamiento y unidades terminales***

Se verificarán el tipo de material suministrado en las unidades, así como la comprobación de inexistencia de rugosidades en las superficies internas.

### ***Suelos y Techos radiantes***

Marcado AENOR.

El resto de componentes de las instalaciones térmicas deberán recibirse en obra conforme a: la documentación del fabricante, marcado de calidad, la normativa si la hubiere, especificaciones del proyecto y a las indicaciones de la Dirección Facultativa durante la ejecución de las obras.

Asimismo aquellos materiales no especificados en el presente proyecto que hayan de ser empleados para la realización del mismo, dispondrán de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

## 6.DE LA EJECUCIÓN O MONTAJE DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA

### 6.1.- Condiciones generales

La ejecución de las Instalaciones Térmicas en los Edificios se realizará por empresas instaladoras autorizadas y se llevará a cabo con sujeción al proyecto o memoria técnica, según corresponda, y se ajustará a la normativa vigente. Esta documentación deberá estar disponible al momento de completarse la instalación.

Las modificaciones que se pudieran realizar al proyecto (o memoria técnica) deberán ser autorizadas y documentadas por el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptivo, previa conformidad de La Propiedad o titular de la instalación.

Aquellas instalaciones que requieran la redacción de un proyecto, de acuerdo con el artículo 15 del RITE, se ejecutarán bajo la dirección de un técnico titulado competente (Ingeniero-Director), en funciones de Director de la obra.

Durante la ejecución e instalación de los materiales, accesorios y productos de construcción en la instalación interior, se utilizarán técnicas apropiadas al objeto de no empeorar la calidad del agua suministrada y en ningún caso incumplir los valores paramétricos establecidos en el Anexo I del Real Decreto 140/2003.

La ejecución de las instalaciones térmicas y preinstalaciones, entendidas como instalaciones especificadas pero no montadas parcial o totalmente, deben ser ejecutadas de acuerdo al proyecto (o memoria técnica) que las diseñó y dimensionó.

El instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptiva, realizarán los controles de recepción en obra de equipos y materiales, el control de la ejecución de la instalación y el control de la instalación terminada.

La instalación térmica incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la misma.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de forma que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas, asegurando incluso la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

Todos los componentes que sean suministrados con aislamiento de fábrica cumplirán su normativa específica en materia de aislamiento.

## **6.2.- Comprobaciones iniciales**

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la instalación térmica coinciden con su desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirá en presencia de la Dirección Facultativa. Se marcará por Instalador autorizado y en presencia de la Dirección Facultativa el lugar de montaje los diversos componentes de la instalación.

## **6.3.- Control durante la ejecución de la instalación**

Éste se realizará de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto (o de la memoria técnica sustitutiva), y las modificaciones autorizadas por el instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptiva.

Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles establecidos en el presente Pliego de Condiciones Técnicas.

Cualquier modificación o replanteo a la instalación que pudiera introducirse durante la ejecución de su obra, debe ser reflejada en la documentación de la obra.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del Ingeniero-Director de la instalación cuando la participación de este último sea preceptiva, quien debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas, pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará, a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas por parte del instalador autorizado o por el Ingeniero-Director de la obra a los que se refiere el RITE, y bajo su responsabilidad.

## **6.4.- Montaje de los elementos**

### **6.4.1.- Condiciones acústicas a satisfacer y contemplar en el montaje de los elementos**

Los equipos se instalarán sobre soportes elásticos antivibratorios cuando se trate de equipos pequeños y compactos. Cuando se trate de equipos que no posean una base propia y necesiten la alineación de sus componentes (por ejemplo, motor y ventilador o bomba), se necesitará una bancada suficientemente rígida para soportar los esfuerzos causados por el movimiento y de masa e inercia suficiente para evitar el paso de vibraciones al edificio.

Los equipos se conectarán a las conducciones mediante conexiones flexibles.

Las bombas deben instalarse de manera que la presión absoluta del fluido en la boca de succión sea siempre mayor que la presión de saturación del fluido a la temperatura de funcionamiento, para evitar que las burbujas de vapor colapsen y, en consecuencia, se produzcan ruidos y la eventual destrucción del rodete.

Se evitará el paso de las vibraciones de las conducciones a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios como pasamuros, coquillas, manguitos elásticos, abrazaderas y suspensiones elásticas.

Para las tuberías empotradas se emplearán siempre envolturas elásticas.

Las tuberías vistas estarán recubiertas por un material que proporcione un aislamiento acústico a ruido aéreo mayor que 15 dB.

El anclaje de tubería se realizará a elementos constructivos de masa unitaria mayor que 150 kg/m<sup>2</sup>.

La velocidad de circulación del agua en los sistemas mixtos (calefacción y refrigeración) situados en el interior de las viviendas se limitará a 1 m/s.

En conductos vistos se amortiguará adecuadamente la transmisión de ruido aéreo.

#### **6.4.2.- Instalación de calefacción**

Todos los equipos y componentes deben ser fácilmente accesibles para la revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección.

La bomba de calor quedará bien anclada a los soportes, disponiendo de los mecanismos necesarios para que no transmitan ruidos ni vibraciones, cumpliendo además lo expuesto en la condición acústica anterior.

Los tubos de calefacción se mantendrán a una distancia mínima de 25 cm. del resto de instalaciones, ejecutados con los recorridos más cortos posible evitando los cambios de dirección y sección. Se instalarán paralelos a la estructura o a escuadra, tendrán tres ejes perpendiculares, quedarán distanciados 3 cm. de los paramentos y en caso de conductos para líquidos tendrán pendientes del 0,5 %. Todos los conductos quedarán aislados térmicamente según condiciones establecidas por el RITE.

Si las uniones entre conductos se realizan con brida, se colocará una junta fibrosa o elástica para garantizar la unión. Si las uniones se realizan con rosca, éstas se recubrirán con cáñamo, teflón, u otro material. Si las uniones se realizan mediante soldadura, se asegurará de que están limpios los elementos a unir.

Las válvulas quedarán colocadas en lugares accesibles.

Una vez montada la instalación se procederá al equilibrado hidráulico, manipulando las válvulas de asiento de las columnas de retorno.

Las conducciones colectivas de la vivienda se llevarán por patinillos que estarán aislados de los recintos protegidos y de los recintos habitables.

Las unidades terminales de sistemas mixtos de cualquier tipo tendrán válvulas de cierre a la entrada y a la salida del fluido portador para poder efectuar cambios de distribución u operaciones de mantenimiento.

Las unidades terminales deberán ser fácilmente accesibles para su limpieza, desinfección, mantenimiento y reparación o sustitución.

#### **6.4.2.1 Vasos de expansión**

En las instalaciones con vasos de expansión cerrados, se constituye un circuito que a su vez queda también cerrado y que va a ser sometido a aumento de temperatura y presión, colocándose por tanto y obligatoriamente, una válvula de seguridad y un manómetro.

El vaso de expansión cerrado se colocará, preferentemente, en la tubería de retorno y del lado de la aspiración de la bomba de recirculación.

El vaso de expansión cerrado se colocará de forma que no puedan formarse bolsas de aire.

De igual forma que con los vasos de expansión abiertos (salvo mediante válvulas de tres vías y en las condiciones antes mencionadas), en el caso de vasos de expansión cerrados, no se permitirá ninguna válvula que pueda cerrarse y aislar el circuito del propio vaso de expansión cerrado.

Se colocará el vaso de expansión en el circuito de retorno, con el fin de evitar que la temperatura del agua no llegue a los límites de trabajo de la membrana.

Se evitarán radiaciones cerca del vaso de expansión para proteger la membrana de posibles excesos de temperatura.

No deberán colocarse en el conducto de enlace del vaso, llaves de paso o accesorios que puedan interrumpirlo.

#### **6.4.2.2 Suelos radiantes**

Los tubos calefactores utilizados para la construcción de paneles radiantes irán con juntas soldadas, las cuales, en el caso de ser de acero, al ser ensayadas a estanquidad, serán golpeadas con un martillo.

Se recubrirán todos los tubos con mortero de cemento no agresivo (después del ensayo de estanquidad), con un espesor mínimo de dos centímetros (2cm.).

El cintrado de los tubos podrá hacerse en frío, cuando el radio de curvatura del cintrado sea por lo menos cinco veces el diámetro de la tubería.

Estos tubos se probarán a una presión de 3 MPa, antes de ser recubiertos.

En el caso de suelos radiantes con circulación de agua, se usará tubo de polietileno.

En ningún caso se permitirán uniones bajo el suelo, empleando en todo momento material enterizo.

Cada circuito dispondrá de doble sistema de corte.

Se instalará mediante un sistema eficaz de fijación y dispondrá en todo momento, de un sistema de aislamiento inferior y periférico, que limite las pérdidas en dichos sentidos.

En el montaje de suelo radiante, los tubos de alimentación y colectores se fijan a la pared - éstos últimos tras caja registrable - a unos 50 cm del suelo, en un lugar centrado respecto a los locales.

Se procurará que los tubos de alimentación estén cercanos a los montantes y bajantes principales.

Acoplados a los elementos de regulación y control están los ramales de ida y de retorno de los respectivos serpentines calefactores.

Los tubos de alimentación y los ramales no irán nunca por una zona más baja que la de los serpentines.

Los trazados del suelo radiante podrán realizarse en "greca simple", "greca doble" y en espiral.

Las fases de montaje del suelo radiante serán las siguientes:

1 *Colocación de aislamientos.*- Ajustando bien, colocar primero las franjas laterales y, posteriormente las zonas centrales, sin que queden huecos o rendijas.

2. *Colocación del sistema de fijación.*

3. *Colocación de los tubos.*- Cuidar que quede, al menos, 15 cm bajo ellos para el mortero.

4. *Soldadura de tubos.*- Encarar los tubos, amarrarlos provisionalmente y acabar de colocar; después realizar las soldaduras conforme las normas de la casa comercial.

5. *Prueba de presión.*- Imprescindible e insustituible. Someter la instalación a una sobrepresión al menos durante 24 horas, dejando conectado un manómetro. Si en este tiempo baja la presión es señal de que existe una fuga. La presión utilizada para la prueba suele ser de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

6. *Colocación del mortero.*- Utilizar plastificantes para evitar coqueas que dificultarían la adecuada transmisión del calor.

7. *Pavimentación.*

### **6.4.2.3 Circuito hidráulico (tuberías, bombas, vasos de expansión, purga de aire, drenaje)**

#### **6.4.2.3.1 Redes de tuberías**

La ejecución de las redes de tuberías se realizará de manera que se consigan los objetivos previstos en el proyecto sin dañar o deteriorar al resto de la vivienda, conservando las características del agua de suministro respecto de su potabilidad, evitando ruidos molestos, procurando las condiciones necesarias para la mayor

duración posible de la instalación así como las mejores condiciones para su mantenimiento y conservación.

Las tuberías ocultas o empotradas discurrirán por patinillos, realizados al efecto o prefabricados, techos o suelos técnicos, muros cortina o tabiques técnicos. Si no fuera posible, se realizará mediante rozas en paramentos de espesor adecuado, no estando permitido su empotramiento en tabiques de ladrillo hueco sencillo. Cuando discurran por conductos, éstos estarán debidamente ventilados y contarán con un adecuado sistema de vaciado.

El trazado e instalación de las tuberías vistas se efectuará en forma limpia y ordenada. Si estuvieran expuestas a cualquier tipo de deterioro por golpes o choques fortuitos, se protegerán adecuadamente.

La ejecución de redes enterradas atenderá preferentemente a la protección frente a fenómenos de corrosión, esfuerzos mecánicos y daños por la formación de hielo en su interior. Las conducciones no se instalarán en contacto con el terreno, disponiendo siempre de un adecuado revestimiento de protección. Si fuese preciso, además del revestimiento de protección, se procederá a realizar una protección catódica, con ánodos de sacrificio y, si fuera el caso, con corriente impresa.

Las tuberías empleadas serán del tipo que impidan la formación de obturaciones o depósitos calcáreos para las condiciones de trabajo de diseño.

La longitud de tuberías del sistema será tan corta como sea posible y evitarán al máximo el montaje de codos y pérdidas de carga en general.

Los tramos horizontales de tuberías tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

Las tuberías se instalarán siempre debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

Las tuberías de intemperie estarán dotadas de protección externa de aislamiento que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

En todo tramo recto sin conexiones intermedias con longitud superior a 25 m se adoptarán las medidas oportunas para evitar posibles tensiones excesivas de la tubería, motivadas por las contracciones y dilataciones producidas por las variaciones de temperatura.

Se evitará la formación de zonas de estancamiento del agua, como tuberías de desviación, equipos y aparatos de reserva, tramo de tuberías con fondo ciego, etc. Los tramos de tubería en los que no se pueda asegurar una circulación del agua y

una temperatura mínima superior a 50°C no pueden tener una longitud superior a 5 metros o un volumen de agua almacenado superior a 3 litros.

Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico.

En los puntos altos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>.

En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual. La purga del acumulador permitirá la toma de muestras. En termoacumuladores de pequeño volumen la toma de muestra se podrá realizar del punto más cercano.

Las redes de conductos estarán equipadas con aperturas para el servicio para permitir las operaciones de desinfección y limpieza.

Los elementos instalados en la red de conductos deberán ser desmontables con apertura de acceso o una sección desmontable de conducto para permitir las operaciones de mantenimiento.

Estos registros serán construidos con gran precisión y dotados de juntas de estanquidad, para no aumentar las fugas.

Si la red de conductos discurre por falsos techos, éstos también deberán disponer de la correspondiente apertura de acceso o una sección desmontable.

Las redes de tuberías deberán estar dotadas de válvulas de drenaje en todos los puntos bajos. Los drenajes se deberían conducir a un lugar visible y estar dimensionados para permitir la eliminación de los detritos acumulados.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

Los vasos de expansión se conectarán en la aspiración de la bomba. La altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

Los depósitos de acumulación deberán contar con una válvula de desagüe en el punto más bajo del mismo, de forma que permita su completo vaciado.

Durante la fase de montaje se evitará la entrada de materiales extraños. En la puesta en marcha se realizará una limpieza y desinfección. La tubería de acometida de agua a la cabeza difusora y la misma cabeza deben quedar vacías cuando las duchas o grifos no estén en uso.

#### **6.4.2.3.2 Uniones y juntas**

Las uniones de los tubos serán estancas y resistirán adecuadamente la tracción, o bien la red la absorberá con el adecuado establecimiento de puntos fijos, y en tuberías enterradas mediante estribos y apoyos dispuestos en curvas y derivaciones.

Las uniones de tubos de cobre se podrán realizar por medio de soldadura o por medio de manguitos mecánicos. La soldadura, por capilaridad, blanda o fuerte, se podrá realizar mediante manguitos para soldar por capilaridad o por enchufe soldado. Los manguitos mecánicos podrán ser de compresión, de ajuste cónico y de pestañas.

Las uniones de tubos de plástico se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

#### **6.4.2.3.3 Protección contra las condensaciones**

Tanto en tuberías empotradas u ocultas como en tuberías vistas, se evitará la formación de condensaciones en su superficie exterior mediante empleo de un elemento separador de protección, el cual no necesariamente sea aislante pero si con capacidad de actuación como barrera antivapor, que evite los daños que dichas condensaciones pudieran causar al resto de la edificación.

Este elemento se instalará de la misma forma que la descrita para la protección contra los agentes externos, pudiendo en cualquier caso utilizarse el mismo para ambas.

#### **6.4.2.3.4 Protecciones térmicas**

Los materiales utilizados como aislante térmico que cumplan la norma UNE 100 171:1989 se considerarán adecuados para soportar altas temperaturas.

Si la temperatura exterior del espacio por donde discurre la red alcance valores capaces de helar el agua de su interior, se aislará térmicamente la misma empleando un aislamiento adecuado al material de constitución y al diámetro de cada tramo afectado, considerándose adecuado el indicado por la norma UNE EN ISO 12 241:1999.

#### **6.4.2.3.5 Protección contra esfuerzos mecánicos**

Las tuberías que atraviesen cualquier paramento de la vivienda u otro tipo de elemento constructivo que pudiera transmitirle esfuerzos perjudiciales de tipo mecánico, lo harán dentro de una funda, también de sección circular, de mayor diámetro y suficientemente resistente.

En instalaciones vistas, el paso se produzca en sentido vertical y el pasatubos sobresaldrá al menos 3 centímetros por el lado en que pudieran producirse golpes ocasionales, con el fin de proteger al tubo. Igualmente, si se produce un cambio de sentido, éste sobresaldrá como mínimo una longitud igual al diámetro de la tubería más 1 centímetro.

Si la red de tuberías atraviesa, en superficie o de forma empotrada, una junta de dilatación constructiva del edificio, se instalará un elemento o dispositivo dilatador, de forma que los posibles movimientos estructurales no le transmitan esfuerzos de tipo mecánico.

La suma de golpe de ariete y de presión de reposo no debe sobrepasar la sobrepresión de servicio admisible. La magnitud del golpe de ariete positivo en el funcionamiento de las válvulas y aparatos medido inmediatamente antes de estos, no debe sobrepasar 2bar; el golpe de ariete negativo no debe descender por debajo del 50% de la presión de servicio.

#### **6.4.2.3.6 Protección contra ruidos**

Sin perjuicio de lo que establezca el CTE-DB HR “*Protección frente al ruido*” al respecto, se adoptarán las siguientes medidas:

- a) Los huecos o patinillos, tanto horizontales como verticales, por donde discurran las conducciones estarán situados en zonas comunes.
- b) A la salida de las bombas se instalarán conectores flexibles para atenuar la transmisión del ruido y las vibraciones a lo largo de la red de distribución. Dichos conectores serán adecuados al tipo de tubo y al lugar de su instalación.

Los soportes y colgantes para tramos de la red interior con tubos metálicos que transporten el agua a velocidades de 1,5 a 2,0 m/s serán antivibratorios. Igualmente, se utilizarán anclajes y guías flexibles que vayan a estar rígidamente unidos a la estructura del edificio.

#### **6.4.2.4 Accesorios**

##### **6.4.2.4.1 Grapas y abrazaderas**

Para la fijación de los tubos a los paramentos se emplearán grapas y abrazaderas, colocándose de forma tal que los tubos queden perfectamente alineados con dichos paramentos, guarden las distancias exigidas y no transmitan ruidos y/o vibraciones al edificio.

El tipo de grapa o abrazadera será siempre de fácil montaje y desmontaje, así como aislante eléctrico.

Si la velocidad del tramo correspondiente es igual o superior a 2 m/s, se interpondrá un elemento de tipo elástico semirrígido entre la abrazadera y el tubo.

##### **6.4.2.4.2 Soportes**

Se dispondrán soportes de manera que el peso de los tubos cargue sobre estos y nunca sobre los propios tubos o sus uniones.

No podrán anclarse en ningún elemento de tipo estructural, salvo que bajo determinadas circunstancias no sea posible otra solución, para lo cual se adoptarán las medidas preventivas necesarias. La longitud de empotramiento será tal que garantice una perfecta fijación de la red sin posibles desprendimientos.

De igual forma que para las grapas y abrazaderas se interpondrá un elemento elástico en los mismos casos, incluso cuando se trate de soportes que agrupan varios tubos.

La máxima separación que habrá entre soportes dependerá del tipo de tubería, de su diámetro y de su posición en la instalación.

#### **6.4.2.5 Sistemas de medición del consumo. Contadores**

##### **6.4.2.5.1 Condiciones generales**

Se instalará un contador de energía para el consumo de la instalación (eléctrica y térmica).

#### **6.4.2.6 Sistemas de control de la presión**

##### **6.4.2.6.1 Bombas**

Se instalarán sobre bancada de hormigón u otro tipo de material que garantice la suficiente masa e inercia al conjunto e impida la transmisión de ruidos y vibraciones al edificio. Entre la bomba y la bancada irán, además interpuestos elementos antivibratorios adecuados al equipo a instalar, sirviendo estos de anclaje del mismo a la citada bancada.

A la salida de cada bomba se instalará un manguito elástico, con el fin de impedir la transmisión de vibraciones a la red de tuberías.

Igualmente, se dispondrán llaves de cierre, antes y después de cada bomba, de manera que se puedan desmontar sin interrupción del abastecimiento de agua.

Los sistemas antivibratorios tendrán unos valores de transmisibilidad inferiores a los establecidos en el apartado correspondiente del CTE-DB-HR.

Se considerarán válidos los soportes antivibratorios y los manguitos elásticos que cumplan lo dispuesto en la norma UNE 100 153:1988.

Se realizará siempre una adecuada nivelación.

Las bombas de impulsión se instalarán preferiblemente sumergidas.

##### **6.4.2.6.2 Depósito de presión**

Estará dotado de un presostato con manómetro, tarado a las presiones máxima y mínima de servicio, haciendo las veces de interruptor, comandando la centralita de maniobra y control de las bombas, de tal manera que estas sólo funcionen en el momento en que disminuya la presión en el interior del depósito hasta los límites establecidos, provocando el corte de corriente, y por tanto la parada de los equipos de bombeo, cuando se alcance la presión máxima del aire contenido en el depósito.

Los valores correspondientes de reglaje figurarán, de forma visible, en el depósito.

En equipos con varias bombas de funcionamiento en cascada, se instalarán tantos presostatos como bombas se desee hacer entrar en funcionamiento. Dichos presostatos, se tararán mediante un valor de presión diferencial para que las bombas entren en funcionamiento consecutivo para ahorrar energía.

Cumplirán la reglamentación vigente sobre aparatos a presión y su construcción atenderá en cualquier caso, al uso previsto. Dispondrán, en lugar visible, de una placa en la que figure la contraseña de certificación, las presiones máximas de trabajo y prueba, la fecha de timbrado, el espesor de la chapa y el volumen.

El timbre de presión máxima de trabajo del depósito superará, al menos, en 1 bar, a la presión máxima prevista a la instalación.

Dispondrá de una válvula de seguridad, situada en su parte superior, con una presión de apertura por encima de la presión nominal de trabajo e inferior o igual a la presión de timbrado del depósito.

Con objeto de evitar paradas y puestas en marcha, demasiado frecuente del equipo de bombeo, con el consiguiente gasto de energía, se otorgará un margen suficientemente amplio entre la presión máxima y la presión mínima en el interior del depósito, tal como figura en los puntos correspondientes a su cálculo.

Si se instalaran varios depósitos, estos pueden disponerse tanto en línea como en derivación.

Las conducciones de conexión se instalarán de manera que el aire comprimido no pueda llegar ni a la entrada al depósito ni a su salida a la red de distribución.

#### **6.4.2.6.3 Ejecución y montaje del reductor de presión**

Cuando existan baterías mezcladoras, se instalará una reducción de presión centralizada.

Se instalarán libres de presiones y preferentemente con la caperuza de muelle dispuesta en vertical. Asimismo, se dispondrá de un racor de conexión para la instalación de un aparato de medición de presión o un puente de presión diferencial. Para impedir reacciones sobre el reductor de presión debe disponerse en su lado de salida como tramo de retardo con la misma medida nominal, un tramo de tubo de una longitud mínima de cinco veces el diámetro interior.

Si en el lado de salida se encuentran partes de la instalación que por un cierre incompleto del reductor serán sobrecargadas con una presión no admisible, hay que instalar una válvula de seguridad.

La presión de salida del reductor en estos casos ha de ajustarse como mínimo un 20% por debajo de la presión de reacción de la válvula de seguridad.

Si por razones de servicio se requiere un by-pass, éste se proveerá de un reductor de presión. Los reductores de presión se elegirán de acuerdo con sus correspondientes condiciones de servicio y se instalarán de manera que exista circulación por ambos.

### **6.4.2.7 Montaje de los filtros**

El filtro ha de instalarse antes del primer llenado de la instalación, y se situará inmediatamente delante del contador según el sentido de circulación del agua. Deben instalarse únicamente filtros adecuados.

Para no interrumpir el abastecimiento de agua durante los trabajos de mantenimiento, se instalarán filtros retroenjuagables o mediante instalaciones paralelas.

Se conectará una tubería con salida libre para la evacuación del agua del autolimpiado.

#### **6.4.2.7.1 Instalación de aparatos dosificadores**

Sólo deben instalarse aparatos de dosificación conformes con la reglamentación vigente.

Cuando se deba tratar toda el agua potable dentro de una instalación, se instalará el aparato de dosificación a continuación de la instalación de contador y, en caso de existir, detrás del filtro y del reductor de presión.

Si sólo ha de tratarse el agua potable para la producción de ACS, entonces se instala delante del grupo de válvulas en la alimentación de agua fría al generador de ACS.

#### **6.4.2.7.2 Montaje de los equipos de descalcificación**

La tubería para la evacuación del agua de enjuagado y regeneración debe conectarse con salida libre.

Cuando se deba tratar toda el agua potable dentro de una instalación, se instalará el aparato de descalcificación detrás de la instalación de contador, del filtro incorporado y delante de un aparato de dosificación eventualmente existente.

Cuando sólo deba tratarse el agua potable para la producción de ACS, entonces se instalará, delante del grupo de valvulería, en la alimentación de agua fría al generador de ACS.

Cuando sea pertinente, se mezclará el agua descalcificada con agua dura para obtener la adecuada dureza de la misma.

Cuando se monte un sistema de tratamiento electrolítico del agua mediante ánodos de aluminio, se instalará en el último acumulador de ACS de la serie.

### **6.4.2.8 Sistema de control**

En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, actuará en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de

manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2°C.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Puede realizarse por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías del tipo “todo o nada”, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

#### **6.4.2.9 Protección contra retornos**

Todos los aparatos y dispositivos se instalarán de forma que se impida la introducción de cualquier fluido en la instalación y el retorno del agua salida de ella.

Al ejecutar la instalación, está terminantemente prohibido empalmar ésta directamente a una conducción de evacuación de aguas residuales.

No se establecerán uniones entre las conducciones interiores empalmadas a las redes de distribución pública y otras instalaciones, tales como las de aprovechamiento de agua que no sea procedente de la red de distribución pública.

Las instalaciones de suministro que dispongan de sistema de tratamiento de agua estarán provistas de un dispositivo para impedir el retorno; este dispositivo debe situarse antes del sistema y lo más cerca posible del contador general si lo hubiera.

Las bombas no se podrán conectar directamente a las tuberías de llegada del agua de suministro, sino que deben alimentarse desde un depósito, excepto cuando estén equipadas con los dispositivos de protección y aislamiento que impidan que se produzca depresión en la red.

Esta protección alcanzará también a las bombas de caudal variable instaladas en los grupos de presión de acción regulable e incluirá un dispositivo que provoque el cierre de la aspiración y la parada de la bomba en caso de depresión en la tubería de alimentación y un depósito de protección contra las sobrepresiones producidas por golpe de ariete.

En los grupos de sobreelevación de tipo convencional, se instalará una válvula antirretorno, de tipo membrana, para amortiguar los posibles golpes de ariete.

#### **6.4.2.10 Señalización**

Las tuberías de agua de consumo humano estarán señalizadas con los colores verde oscuro o azul.

Si el agua no sea apta para el consumo, las tuberías, los grifos y los demás puntos terminales de esta instalación estarán adecuadamente señalados para que puedan ser identificados como tales de forma fácil e inequívoca.

#### **6.4.2.11 Requisitos a satisfacer por los materiales de la construcción necesarios para la ejecución de la instalación térmica**

De forma general, todos los materiales que se vayan a utilizar en las instalaciones de agua de consumo humano cumplirán los siguientes requisitos:

- a) Todos los productos empleados deben cumplir lo especificado en la legislación vigente para aguas de consumo humano.
- b) No deben modificar las características organolépticas ni la salubridad del agua suministrada.
- c) Serán resistentes a la corrosión interior.
- d) Serán capaces de funcionar eficazmente en las condiciones previstas de servicio.
- e) No presentarán incompatibilidad electroquímica entre sí.
- f) Deben ser resistentes, sin presentar daños ni deterioro, a temperaturas de hasta 40°C, sin que tampoco les afecte la temperatura exterior de su entorno inmediato.
- g) Serán compatibles con el agua a transportar y contener y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano su envejecimiento, fatiga, durabilidad y todo tipo de factores mecánicos, físicos o químicos, no disminuirán la vida útil prevista de la instalación.

Para que se cumplan las condiciones anteriores, se podrán utilizar revestimientos, sistemas de protección o los ya citados sistemas de tratamiento de agua.

#### **6.4.2.12 Condiciones particulares de las conducciones**

En función de las condiciones expuestas en el apartado anterior, se consideran adecuados para las instalaciones de agua de consumo humano los siguientes tubos:

- a) Tubos de acero galvanizado.
- b) Tubos de cobre.
- c) Tubos de acero inoxidable.
- d) Tubos de fundición dúctil.
- e) Tubos de policloruro de vinilo no plastificado (PVC).
- f) Tubos de policloruro de vinilo clorado (PVC-C).
- g) Tubos de polietileno (PE).
- h) Tubos de polietileno reticulado (PE-X).
- i) Tubos de polibutileno (PB).
- j) Tubos de polipropileno (PP).
- k) Tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno resistente a temperatura (PE-RT).
- l) Tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno reticulado (PE-X).

No podrán emplearse para las tuberías ni para los accesorios, materiales que puedan producir concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

El ACS se considera igualmente agua de consumo humano y cumplirá por tanto con todos los requisitos al respecto.

Dada la alteración que producen en las condiciones de potabilidad del agua, quedan prohibidos expresamente los tubos de aluminio y aquellos cuya composición contenga plomo.

Todos los materiales utilizados en los tubos, accesorios y componentes de la red, incluyendo también las juntas elásticas y productos usados para la estanqueidad, así como los materiales de aporte y fundentes para soldaduras, cumplirán igualmente las condiciones expuestas.

#### **6.4.2.13 Aislantes térmicos**

El aislamiento térmico de las tuberías utilizado para reducir pérdidas de calor, evitar condensaciones y congelación del agua en el interior de las conducciones, se realizará con coquillas resistentes a la temperatura de aplicación.

#### **6.4.2.14 Válvulas y llaves**

El material de válvulas y llaves no será incompatible con las tuberías en que se intercalen. El cuerpo de la llave ó válvula será de una sola pieza de fundición o fundida en bronce, latón, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales o plástico.

Solamente pueden emplearse válvulas de cierre por giro de 90° como válvulas de tubería si sirven como órgano de cierre para trabajos de mantenimiento.

Serán resistentes a una presión de servicio de 10 bar.

#### **6.4.2.15 Acumuladores e Interacumuladores**

Podrán ser eléctricos o a gas. Los eléctricos, con montaje de tipo vertical, dotados de termostato exterior regulable y testigos de funcionamiento luminosos,

construidos en acero de elevado espesor recubierta en la parte inferior de un esmalte especial vitrificado y con aislamiento de espuma de poliuretano y ánodo de sacrificio de magnesio. Válvula de seguridad y antirretorno de 6 Kg./cm<sup>2</sup> y latiguillo.

Los de gas (gas natural y GLP), con cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido piezoeléctrico y seguridad por termopar (con piloto), dotado de quemador multigás y selector de temperatura de ACS. (de 35°C a 75°C), con protección por ánodo de magnesio y aislamiento de espuma de poliuretano y sonda antidesbordamiento de gases.

Los interacumuladores podrán ser vertical u horizontales para producción y acumulación de agua caliente, construidos en acero galvanizado calorifugado o chapa de acero vitrificado o esmaltado y diseñados para protección catódica contra la corrosión, dotados de serpentín desmontable de doble envolvente, incluidas bomba circuito primario, red tuberías de acero negro, etc.

### **6.5.- Señalización**

Toda la instalación térmica deberá estar correctamente señalizada y deberán disponerse las advertencias e instrucciones necesarias que impidan los errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con puntos calientes, superficies frías y elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidentes.

A este fin se tendrá en cuenta que todas las máquinas y aparatos principales, paneles de cuadros y circuitos, deben estar diferenciados entre sí con marcas claramente establecidas, señalizados mediante rótulos de dimensiones y estructura apropiadas para su fácil lectura y comprensión. Particularmente deben estar claramente señalizados todos los elementos de accionamiento de los aparatos de maniobra y de los propios aparatos, incluyendo la identificación de las posiciones de apertura y cierre, salvo en el caso en el que su identificación pueda hacerse a simple vista.

## **7.ACABADOS, CONTROL Y ACEPTACIÓN, MEDICIÓN Y ABONO**

Para la **recepción provisional** de las obras una vez terminadas, el Ingeniero Director procederá, en presencia de los representantes del Contratista o empresa instaladora autorizada, a efectuar los reconocimientos y ensayos precisos para comprobar que las obras han sido ejecutadas con sujeción al presente proyecto y cumplen las condiciones técnicas exigidas.

### **7.1.- Acabados**

Terminada la instalación térmica, se vigilará especialmente los siguientes apartados:

Todos los materiales de la instalación quedarán protegidos frente a impactos, materiales agresivos, humedades y suciedad.

Adecuada fijación a los paramentos-soporte, de los elementos de la instalación, evitándose ruidos y vibraciones, y comprobación de la correcta conexión a las redes.

Comprobación de aquellos elementos que deban quedar en condiciones de servicio, completamente estanco y conectado a la red que debe alimentar, como depósitos.

Inexistencia de taponamientos y rebose de aguas, por la acumulación de sólidos que obstruye las tuberías de saneamiento disminuyendo la sección efectiva de las mismas.

Inexistencia de humedades y deterioro de pavimentos y otros elementos constructivos debido a fugas provocadas por la falta de estanqueidad en las uniones de tuberías, por soldaduras mal realizadas, por el empleo de material no adecuado como aporte en soldaduras, empotramientos que impiden la libre dilatación de las tuberías.

Inexistencia de interferencias con otros elementos constructivos, pudiendo deteriorar éstos últimos.

Condensaciones y congelación por la falta de aislamiento en las tuberías.

Estado y ejecución de los aislamientos.

Corrosión de las tuberías por falta de protección exterior, empleo de materiales no adecuados o por trabajar a temperaturas excesivas.

Corrosión y manchas en falsos techos.

Desprendimientos, por la sujeción inadecuada de los tubos.

Daños en elementos estructurales, por apertura de huecos en vigas, ábacos, etc. por el paso de instalaciones a través de elementos o en zonas no previstas debido a un mal replanteo o improvisaciones de última hora.

En los sistemas de calefacción, la Dirección Facultativa realizará una inspección, una vez finalizadas las obras, para el control de los acabados consistente en la apertura de paneles, registros, etc., e inspeccionando los equipos de calefacción instalados, los sistemas de ventilación, los conductos de salida de humos y chimeneas.

## **7.2.- Control y aceptación**

Controles durante la ejecución: puntos de observación.

### **7.2.1.- Controles funcionales en los sistemas de calefacción y climatización**

Comprobación que los equipos de la instalación cumple las exigencias de funcionamiento de las especificaciones del proyecto.

## **7.3.- Medición y abono**

Las conducciones se medirán y valorarán por metro lineal de longitud de iguales características, todo ello completamente colocado incluyendo el tubo, aislamientos,

piezas de sujeción, bridas, acoplamientos elásticos, piezas especiales, etc., incluidas ayudas de albañilería cuando existan.

Asimismo los suelos radiantes (y el mortero que lo recubre) se medirán y valorarán por metro cuadrado de film de polietileno, colocado incluyendo, por unidad los elementos como paneles machihembrados de poliestireno expandido para aislamiento, cintas perimetrales de montaje, piezas especiales, racores, válvulas de esfera, grifos de purga, etc. Los aditivos plastificantes necesarios, por Kg.

En la instalación terminada, bien sobre su conjunto o bien sobre sus diferentes partes, se realizarán las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto o memoria técnica u ordenadas por el instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, las previstas en la IT 2 y las exigidas por la normativa vigente.

## **8.RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS Y ENSAYOS**

### **8.1.- Reconocimiento de las obras**

Previamente al reconocimiento de las obras, el Contratista habrá retirado todos los materiales sobrantes, restos (a vertedero autorizado), embalajes, etc., hasta dejarlas completamente limpias y despejadas.

En este reconocimiento se comprobará que todos los materiales instalados coinciden con los admitidos por la Dirección Facultativa en el control previo efectuado antes de su instalación y que corresponden exactamente a las muestras que tenga en su poder, si las hubiera y, finalmente comprobará que no sufren deterioro alguno ni en su aspecto ni en su funcionamiento.

Análogamente se comprobará que la realización de la instalación térmica ha sido llevada a cabo y terminadas, rematadas correcta y completamente.

### **8.2.- Pruebas y ensayos**

Las pruebas de la instalación se efectuarán por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, de acuerdo a los requisitos de la IT 2.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del Ingeniero-Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, quien otorgará su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas, pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

Si para extender el certificado de la instalación fuese necesaria disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará, a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas por el instalador autorizado o por el Ingeniero-Director de la instalación a los que se refiere este reglamento, y bajo su responsabilidad.

Después de efectuado el reconocimiento, se procederá a realizar las pruebas y ensayos por parte del Contratista que se indican a continuación con independencia de lo indicado con anterioridad en este Pliego de Condiciones Técnicas.

La empresa instaladora estará obligada a efectuar una prueba de resistencia mecánica y estanquidad de todas las tuberías, elementos y accesorios que integran la instalación, estando todos sus componentes vistos y accesibles para su control.

Se comprobará que los componentes del sistema instalados corresponden a las especificaciones técnicas de los fabricantes de los equipos.

Asimismo se comprobará que los componentes del sistema instalados coinciden con los que contempla el proyecto de ejecución.

Se controlará la conformidad con las reglas técnicas y reglamentos en vigor así como la accesibilidad del sistema en lo relativo al funcionamiento, la limpieza y el mantenimiento.

Se revisará la limpieza del sistema.

Se revisará que estén todos los documentos necesarios para realiza la puesta en funcionamiento del sistema.

### **8.2.1.- Prueba de estanquidad de las redes de tuberías (instalaciones interiores)**

Todas las partes de la red o el tramo de red de tuberías en prueba deberán ser accesibles para la observación de fugas y su reparación; no deberá estar instalado el aislamiento térmico.

Todos los extremos de la sección de tuberías en prueba deberán sellarse herméticamente.

Antes de realizar la prueba y, por supuesto, antes del sellado de las extremidades, la red de tubería deberá limpiarse de todos los residuos procedentes del montaje, como cascarillas, aceites, barro, etc.

La limpieza se efectuará llenando la red de agua y vaciándola el número de veces que sea necesario. El agua podrá estar aditivada con algún producto detergente; esta práctica no está permitida cuando se trata de redes de agua para usos sanitarios.

Deberá comprobarse que los equipos, aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se prueba puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos deberán quedar excluidos mediante el cierre de válvulas o la sustitución por tapones.

La fuente de presurización deberá tener una presión igual o mayor que la presión de prueba. La conexión estará dotada de los siguientes accesorios:

- Válvula de interceptación de tipo de esfera.
- Filtro para agua.

- Válvula de retención.
- Válvula graduable reductora de presión o, en caso de no existir una fuente con presión suficiente, bomba dotada de VFD (variador de frecuencia) que aspira, de un depósito de capacidad adecuada, el volumen de agua necesario para el llenado de la red en prueba.
- Manómetro calibrado y de escala adecuada.
- Válvula de seguridad, tarada a la presión máxima admisible en la red.
- Manguito flexible de unión con la red o la sección de red en prueba.

Las fugas se detectarán por la formación de un goteo o un chorro de agua o, en caso de aberturas muy pequeñas, por la formación de superficies mojadas. La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se ha manifestado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Se prohíbe el empleo de masillas u otros materiales o medios improvisados o provisionales.

Después de haber preparado la red, se procederá a efectuar la prueba preliminar de estanquidad.

Para iniciar la prueba se llenará de agua toda la instalación, desde su parte baja, dejando que el aire sea evacuado por los puntos altos, manteniendo abiertos los grifos terminales hasta que se tenga la seguridad de que la purga ha sido completa y no queda nada de aire.

A continuación, bajo la presión hidrostática determinada por la altura de la red, se recorrerá ésta y se comprobará la presencia de fugas, en particular en las uniones. Se procederá a la reparación, en su caso, y se volverá a repetir esta prueba hasta tanto no se detecten fugas.

A continuación, se realizará la prueba de resistencia mecánica. Una vez llenada la red, se sube la presión hasta el valor de prueba y se cierra la acometida del agua. Si la presión en el manómetro bajara, se comprobará, primero, que las válvulas o tapones de las extremidades estén herméticamente cerrados. En caso afirmativo, se recorrerá la red para buscar señales de pérdidas de líquido. Esta prueba tendrá la duración necesaria para verificar visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones.

Seguidamente se cerrarán los grifos que han servido de purga y el de la fuente de alimentación. A continuación se empleará la bomba, la cual estará conectada previamente y se mantendrá su funcionamiento hasta alcanzar la presión de prueba. Una vez acondicionada, se procederá en función del tipo del material como sigue:

- a) Para tuberías metálicas se considerarán válidas las pruebas realizadas según se describe en la norma UNE 100 151:1988.
- b) Para tuberías termoplásticas y multicapas se considerarán válidas las pruebas realizadas conforme al Método A de la Norma UNE ENV 12 108:2002.

Los circuitos se someterán a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio. Se ensayará el sistema con esta presión durante al menos una hora no produciéndose daños permanentes ni fugas en los componentes del sistema y en sus interconexiones. Transcurrido este tiempo, la presión hidráulica no deberá caer más de un 10 % del valor medio medido al principio del ensayo.

El circuito de consumo deberá soportar la máxima presión requerida por las regulaciones nacionales/europeas de agua potable para instalaciones de agua de consumo abierta o cerrada.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

Al terminar las pruebas se reducirá la presión, se conectarán a la red los equipos, aparatos y accesorios que hayan sido excluidos de la prueba, se actuará sobre las válvulas de corte y las válvulas de evacuación de aire y se volverán a instalar los aparatos de medida y control.

El manómetro que se utilice en esta prueba debe apreciar como mínimo intervalos de presión de 0,1 bar.

Las presiones aludidas anteriormente se refieren a nivel de la calzada.

Seguidamente se resumen los pasos a seguir para la realización de la prueba de estanquidad de una red:

### **1 Preparación de la red**

- Eliminación de equipos, aparatos y accesorios que no soporten la presión de prueba.
- Cierre de todos los terminales abiertos, mediante válvula o tapones, delimitando la sección que va a ser sometida a prueba.
- Eliminación de todos los aparatos de medida y control.
- Apertura de todas las válvulas incluidas en la red en prueba.
- Comprobación de que todos los puntos altos de la red estén equipados de purgadores de aire.
- Comprobación de que la unión entre la fuente de presión y la red está fuertemente apretada.
- Antes de aplicar la presión asegurarse de que todas las personas hayan sido alejadas de los tramos de tuberías en prueba.

### **2 Prueba preliminar**

- Llenado de la red desde la parte baja, asegurándose de que el aire se escapa por los puntos más elevados sin aplicar presión.
- Se deberá recorrer toda la red para comprobar la presencia de fugas. Si se detectan fugas se procederá a su reparación.

### **3 Prueba de estanquidad**

- Una vez llenada toda la red y eliminado el aire eventualmente presente, se

umentará la presión hasta el valor de prueba.

- Se recorre la red para comprobar la presencia de fugas.
- Se verificará visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones.

La prueba tendrá la duración necesaria para recorrer toda la red. Cuando la presión del manómetro bajara sin que se manifiesten fugas, se podrá alargar la duración de la prueba tomando nota de las variaciones de temperatura del ambiente, que pueden alterar la presión a la que está sometida la red. Habrá que tener cuidado cuando las condiciones del ambiente puedan reducir la temperatura del agua debajo del punto de congelación.

#### **4 Reparación de fugas**

- La reparación de las uniones donde se han originados las fugas se hará desmontando la parte defectuosa o averiada y sustituyéndola por otra nueva.
- Una vez reparadas las anomalías, se volverá a repetir las pruebas desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá todas las veces que sea necesario, hasta tanto la red no sea estanca.

#### **5 Terminación de la prueba**

- Reducción de la presión.
- Conexión a la red de los equipos, aparatos y accesorios que hayan sido excluidos de las pruebas.
- Instalación de los aparatos de medida y control que hayan sido desmontado para la prueba.

Las presiones a las que se deben someter las redes de distribución del fluido portador serán las indicadas a continuación.

- Circuitos cerrados de fluidos portadores (incluidas torres de refrigeración): 1,5 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 6 bar.
- Circuitos abiertos de torres de refrigeración: 2 veces la presión hidrostática máxima, con un mínimo de 6 bar. Circuitos de agua para usos sanitarios: 2 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 6 bar.
- Agua sobrecalentada o vapor: 2 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 10 bar.

Para cada prueba se redactará una ficha técnica en la que se anoten los valores obtenidos.

#### **8.2.2.- Pruebas finales**

Para las pruebas finales se seguirán las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599.

Para el subsistema solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario.

### **8.2.3.- Pruebas de eficiencia energética**

Se exigirá a la empresa instaladora autorizada la realización y documentación de las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- Comprobación del funcionamiento de los equipos de generación de calor (temperaturas, caudal, potencia, temperaturas de humos, etc.) a plena carga y a carga parcial (para su realización, consúltese la guía técnica nº 5 del IDAE “Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas”).
- Comprobación de la aportación energética de los sistemas de generación de energía de origen renovable. – Equipos de transferencia energética, como baterías, intercambiadores, etc. Serán de ayuda las fichas técnicas.
- Comprobación del sistema de automatización y control de la vivienda.
- Comprobación de caudales y temperaturas de impulsión y retorno de todos los circuitos de distribución de energía térmica y de sus pérdidas de energía. Esta comprobación está relacionada con la puesta en marcha de la instalación.
- Comprobación de los consumos energéticos en diferentes situaciones de carga térmica, lo que impone el seguimiento de la instalación durante un año completo.
- Comprobación del funcionamiento de los motores eléctricos, en particular, de su

## **9.CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO**

### **9.1.- De la dirección facultativa**

El Ingeniero-Director es la máxima autoridad en la obra o instalación. Con independencia de las responsabilidades y obligaciones que le asisten legalmente, será el único con capacidad legal para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considere justificadas y sean necesarias en virtud del desarrollo de la obra. En el caso de que la dirección de obra sea compartida por varios técnicos competentes, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente.

### **9.2.- De la empresa instaladora autorizada o contratista**

Se define como “Empresa instaladora autorizada” a la persona física o jurídica que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional, realiza las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, reparación y desmantelamiento de las instalaciones térmicas que se le encomiende y esté autorizada para ello en el ámbito del RITE.

Para el ejercicio de esta actividad, deben, además de haber sido autorizadas para ello, encontrarse inscritos en el Registro de empresas instaladoras autorizadas, en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique su sede social.

Además de poseer la correspondiente autorización del órgano competente en materia de energía, contará con la debida solvencia reconocida por el Ingeniero-Director.

Tendrá obligación de extender un Certificado de Instalación y un redactar un Manual de Uso y Mantenimiento por cada instalación térmica que ejecute, ya sea nueva o reforma de una existente.

Las empresas instaladoras registradas están obligadas a tener una copia del certificado de registro a disposición del público y deben hacerlo constar en sus documentos técnicos y comerciales.

El certificado de registro de empresa instaladora tendrá validez por un período de cinco (5) años, siempre y cuando se mantengan las condiciones que permitieron su concesión, debiendo ser renovado, a solicitud del interesado, antes de la finalización de dicho plazo.

### **9.3.- Condiciones de índole administrativo**

#### **9.3.1.- Antes del inicio de las obras**

Antes de comenzar la ejecución de la instalación, la Propiedad o titular deberá designar a un técnico titulado competente como responsable de la Dirección Facultativa de la obra, quién, una vez finalizada la misma y realizadas las pruebas y verificaciones preceptivas, emitirá el correspondiente Certificado de Dirección y Finalización de obra.

#### **9.3.2.- Antes del inicio de las obras**

Para la puesta en servicio de instalaciones térmicas, tanto de nueva planta como de reforma de las existentes, será necesario el registro del certificado de la instalación en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde se ubique la instalación, para lo cual la empresa instaladora debe presentar al mismo la siguiente documentación:

- a) Proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada.
- b) Certificado de la instalación.
- c) Certificado de inspección inicial con calificación aceptable, cuando sea preceptivo.

Las instalaciones térmicas referidas en el artículo 15.1.c) del RITE no precisarán acreditación del cumplimiento reglamentario ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Una vez comprobada la documentación aportada, el certificado de la instalación será registrado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, pudiendo a partir de este momento realizar la puesta en servicio de la instalación.

La puesta en servicio efectiva de las instalaciones estará supeditada, en su caso, a la acreditación del cumplimiento de otros reglamentos de seguridad que la afecten y a la obtención de las correspondientes autorizaciones.

Registrada la instalación en el órgano competente de la Comunidad Autónoma, el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de éste

último sea preceptiva, hará entrega al titular de la instalación de la documentación que se relaciona a continuación, que se debe incorporar en el **Libro del Edificio**:

- a) El proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada.
- b) Manual de Uso y Mantenimiento de la instalación realmente ejecutada.
- c) Relación de los materiales y los equipos realmente instalados, en la que se indiquen sus características técnicas y de funcionamiento, junto con la correspondiente documentación de origen y garantía.
- d) Resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2, incluidas fichas técnicas de los equipos.
- e) Certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma;
- f) Certificado de la inspección inicial, cuando sea preceptivo.

El titular de la instalación solicitará el suministro regular de energía a la empresa suministradora de energía mediante la entrega de una copia del certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Queda prohibido el suministro regular de energía a aquellas instalaciones sujetas al Reglamento RITE cuyo titular no facilite a la empresa suministradora copia del certificado de la instalación registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente.

#### **9.4.- Certificación de dirección y finalización de obra**

Es el documento emitido por el Ingeniero-Director como Técnico Facultativo competente, en el que certifica que ha dirigido personal y eficazmente los trabajos de la instalación térmica proyectada, asistiendo con la frecuencia que su deber de vigilancia del desarrollo de los trabajos ha estimado necesario, comprobando finalmente que la obra está completamente terminada y que se ha realizado de acuerdo con las especificaciones contenidas en el proyecto de ejecución presentado, con las modificaciones de escasa importancia que se indiquen, cumpliendo, así mismo, con la legislación vigente relativa a los Reglamentos de Seguridad que le sean de aplicación.

#### **9.5.- Certificación de la instalación**

Es el documento emitido por la empresa instaladora autorizada y firmado por el profesional habilitado adscrito a la misma que ha ejecutado la correspondiente instalación térmica, en el que se certifica que la misma está terminada y ha sido realizada de conformidad con la reglamentación vigente y con el documento técnico de diseño correspondiente, habiendo sido verificada satisfactoriamente en los términos que establece dicha normativa específica, y utilizando materiales y equipos que son conformes a las normas y especificaciones técnicas declaradas de obligado cumplimiento.

Finalizada la instalación, realizadas las pruebas de puesta en servicio de la instalación que se especifica en la IT 2, con resultados satisfactorios, el instalador autorizado y el Ingeniero-Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de la instalación.

El certificado, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- a) identificación y datos referentes a sus principales características técnicas de la instalación realmente ejecutada.
- b) identificación de la empresa instaladora, instalador autorizado con carné profesional y del director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.
- c) los resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2.
- d) declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con el proyecto o memoria técnica y de que cumple con los requisitos exigidos por el RITE.

### **9.6.- libro de órdenes**

En las instalaciones térmicas para las que preceptivamente sea necesaria una Dirección Facultativa, éstas tendrán que contar con la existencia de un Libro de Órdenes donde queden reflejadas todas las incidencias y actuaciones relevantes en la obra y sus hitos, junto con las instrucciones, modificaciones, órdenes u otras informaciones dirigidas al Contratista por la Dirección Facultativa.

Dicho libro de órdenes estará en la oficina de la obra y será diligenciado y fechado, antes del comienzo de las mismas, por el Colegio Oficial correspondiente y el mismo podrá ser requerido por la Administración en cualquier momento, durante y después de la ejecución de la instalación, y será considerado como documento esencial en aquellos casos de discrepancia entre la dirección técnica y las empresas instaladoras intervinientes.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es de carácter obligatorio para el Contratista así como aquellas que recoge el presente Pliego de Condiciones.

El contratista o empresa instaladora autorizada, estará obligado a transcribir en dicho Libro cuantas órdenes o instrucciones reciba por escrito de la Dirección Facultativa, y a firmar el oportuno acuse de recibo, sin perjuicio de la autorización de tales transcripciones por la Dirección en el Libro indicado.

### **9.7.- Incompatibilidades**

En una misma instalación u obra, no podrán coincidir en la misma persona física o jurídica, las figuras del Ingeniero-proyectista o Director de obra con la de instalador o empresa instaladora que esté ejecutando la misma.

## **9.8.- Instalaciones ejecutadas por más de una empresa instaladora**

En aquellas instalaciones donde intervengan, de manera coordinada, más de una empresa instaladora autorizada, deberá quedar nítidamente definida la actuación de cada una y en qué grado de subordinación. Cada una de las empresas intervinientes emitirá su propio Certificado de Instalación, para la parte de la instalación que ha ejecutado. El Ingeniero-Director recogerá expresamente tal circunstancia en el Certificado de Dirección y Finalización de obra correspondiente, indicando con precisión el reparto de tareas y responsabilidades.

## **9.9.- Subcontratación**

La subcontratación se podrá realizar pero siempre y de forma obligatoria entre empresas instaladoras autorizadas, exigiéndosele la autorización previa del Propietario.

Los subcontratistas responderán directamente ante la empresa instaladora principal, pero tendrán que someterse a las mismas exigencias de profesionalidad, calidad y seguridad en la obra que éste.

Al respecto se estará a lo estipulado, para la ejecución de los siguientes trabajos realizados en obras de construcción tales como excavación; movimiento de tierras; construcción; montaje y desmontaje de elementos prefabricados; acondicionamientos o instalaciones; transformación; rehabilitación; reparación; desmantelamiento; derribo; mantenimiento; conservación y trabajos de pintura y limpieza; saneamiento, por el REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, el cual tiene por objeto establecer las normas necesarias para la aplicación y desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

## **9.10.- Libro del edificio**

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Ordenación de la Edificación, el Ingeniero-Director de la obra de la instalación térmica de una edificación entregará al titular el Libro del Edificio, una vez finalizada ésta, y el promotor, a su vez, deberá entregarlo a los usuarios finales del edificio.

Por tanto, las instalaciones térmicas dispondrán obligatoriamente de un registro en el que se recojan las operaciones de mantenimiento y las reparaciones que se produzcan en la instalación, y que formarán parte del Libro del Edificio.

El titular de la instalación será responsable de su existencia y lo tendrá a disposición de las autoridades competentes que así lo exijan por inspección o cualquier otro requerimiento. Se deberá conservar durante un tiempo no inferior a cinco años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.

La empresa mantenedora confeccionará el registro y será responsable de las anotaciones en el mismo.

El Libro del Edificio estará compuesto, al menos, por la siguiente documentación: el proyecto, con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones (Manual de Uso y Mantenimiento), de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

El instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de éste último sea preceptiva, hará entrega al titular de la instalación de la documentación que se relaciona a continuación, que se debe incorporar en el Libro del Edificio:

- a) Proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada
- b) “Manual de Uso y Mantenimiento” de la instalación realmente ejecutada.
- c) Relación de los materiales y los equipos realmente instalados, en la que se indiquen sus características técnicas y de funcionamiento, junto con la correspondiente documentación de origen y garantía.
- d) Resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2.
- e) Certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma.
- f) Certificado de la inspección inicial, cuando sea preceptivo.

San Cristóbal de La Laguna, julio 2024

**Pablo Armas González**

# **PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA INSTALACIONES DE GEOTERMIA**

# INDICE

<b>1. CONSIDERACIONES GENERALES .....</b>	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVAS DE APLICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
2.1 Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda. ....	3
2.2 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) .....	3
2.3 Real decreto 235/2013, de 5 de abril que modifica al RD 47/2007, de 19 de enero.....	4
2.4 Real Decreto 486/1997, de 14 de abril.....	4
2.5 RGNBSM, reglamento general de normas básicas de seguridad minera. RD 863/1985 de 2 de abril. ....	4
2.6 ITC, instrucciones técnicas complementarias. ....	4
2.7 Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.....	4
2.8 Norma UNE-EN 1264 .....	5
2.9 Norma UNE-EN 12831 .....	5
2.10 Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre .....	5
2.11 Real Decreto 485/1997 de 14 de abril.....	5
2.12 Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio .....	5
2.13 Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto .....	5
2.14 Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril.....	5
2.14.1 Condiciones generales.....	5
2.14.2 Medidas Preventivas y Correctoras .....	6
2.14.3 Puesta en Marcha y Protección de Vegetación .....	7
<b>3. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....</b>	<b>8</b>
3.1 Perforaciones.....	8
3.2 Sondas.....	8
3.3 Fluido caloportador .....	10

Las Prescripciones técnicas de la instalación de geotermia se organiza de la siguiente manera:

- **Consideraciones generales aplicables a todas las instalaciones**
- **Condiciones específicas para la instalación en cuestión**
- **Condiciones específicas para los materiales de la instalación en cuestión**

## 1. CONSIDERACIONES GENERALES

Para el proyecto y la posterior ejecución de las instalaciones, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones generales:

a. La instalación descrita en el presente proyecto se llevará a cabo manteniendo las instalaciones existentes o nuevas de la vivienda unifamiliar, sin interferir con ellas. Las perforaciones y conductos se diseñarán y ejecutarán de tal manera que no afecten las instalaciones existentes, asegurando que se eviten interferencias en profundidad o ubicación.

b. Todas las instalaciones deberán cumplir con la normativa vigente, y conforme a ella, deberán ser normalizadas y legalizadas.

c. La empresa encargada de la dirección de obra deberá proporcionar la documentación "as-built" que refleje el estado final de las instalaciones. Esta documentación incluirá, como mínimo, la siguiente información:

I. **Planos y esquemas actualizados** de todas las instalaciones realmente ejecutadas.

II. **Fotografías digitales** de todas las instalaciones que queden ocultas, ya sean enterradas o simplemente no accesibles.

III. **Documentación técnica completa** de los equipos e instalaciones instaladas (fichas técnicas, manuales, etc.), especificando al menos: fabricante, marca, modelo y características técnicas de funcionamiento.

IV. **Manuales de instrucciones** de manejo, funcionamiento y mantenimiento de los equipos que forman parte de las instalaciones.

Estas consideraciones asegurarán que la ejecución de las instalaciones se realice de manera eficiente y conforme a las normativas vigentes, garantizando la integridad de las instalaciones existentes y proporcionando una documentación detallada y precisa para su futura operación y mantenimiento.

## **2. NORMATIVAS DE APLICACIÓN**

### **2.1 Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.**

Este Documento Básico (DB) tiene como objetivo establecer las reglas y procedimientos necesarios para cumplir con las exigencias básicas de salubridad. Las secciones de este DB corresponden a las exigencias básicas HS 1 a HS 5.

La correcta aplicación de cada sección asegura el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. Asimismo, la correcta aplicación del conjunto del DB garantiza que se cumple con el requisito básico de "Higiene, salud y protección del medio ambiente".

### **2.2 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)**

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, tiene como objetivo establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios. Estas instalaciones están destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas durante su diseño y dimensionamiento, ejecución, mantenimiento y uso. Además, el RITE determina los procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento.

La Ley 22/1973 establece el régimen jurídico de la investigación y aprovechamiento de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos, independientemente de su origen y estado físico. Es importante tener en cuenta que los yacimientos son considerados Bienes de Dominio Público. Esta ley clasifica los recursos en cuatro secciones:

- Sección A
- Sección B
- Sección C
- Sección D

El objetivo de esta ley es regular la investigación y el aprovechamiento de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos, incluyendo los recursos geotérmicos en la sección D, junto con los carbones, materiales radiactivos, rocas bituminosas y otros recursos de interés energético.

La extracción ocasional y de escasa importancia de recursos minerales, independientemente de su clasificación, queda fuera del ámbito de la Ley de Minas siempre que se realice por el propietario del terreno para uso exclusivo y sin la

aplicación de técnicas mineras. En definitiva, el régimen normativo dependerá del fin del aprovechamiento.

### **2.3 Real decreto 235/2013, de 5 de abril que modifica al RD 47/2007, de 19 de enero**

El Real Decreto establece la obligación de proporcionar a los compradores o usuarios de edificios un certificado de eficiencia energética. Este certificado debe incluir información objetiva sobre la eficiencia energética del edificio y valores de referencia, como los requisitos mínimos de eficiencia energética. Estos requisitos mínimos no se especifican en el Real Decreto, sino que se establecen en el Código Técnico de la Edificación (CTE). La disponibilidad de esta información permitirá a los propietarios o arrendatarios evaluar y comparar la eficiencia energética de diferentes edificios, promoviendo así la construcción de edificios con alta eficiencia energética e incentivando las inversiones en ahorro de energía.

Además, este Real Decreto contribuye a aumentar la concienciación sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el uso de energía en el sector residencial. Esto facilitará la adopción de medidas para reducir dichas emisiones y mejorar la calificación energética de los edificios.

El Real Decreto también define el procedimiento básico que debe seguirse para calcular la calificación de eficiencia energética, teniendo en cuenta los factores que más influyen en el consumo energético del edificio. Asimismo, establece las condiciones técnicas y administrativas para la certificación de eficiencia energética de los edificios.

### **2.4 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.

### **2.5 RGNBSM, reglamento general de normas básicas de seguridad minera. RD 863/1985 de 2 de abril.**

El reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera se aplicará siempre y cuando intervenga en el proyecto una técnica minera para su desarrollo.

### **2.6 ITC, instrucciones técnicas complementarias.**

Instrucciones técnicas complementarias del capítulo VI del RGNBSM.

### **2.7 Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.**

Tiene por objeto la determinación de las garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

## **2.8 Norma UNE-EN 1264**

Norma UNE sobre sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies.

## **2.9 Norma UNE-EN 12831**

Norma UNE sobre sistemas de calefacción en edificios. Cálculo de la carga térmica.

## **2.10 Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre**

RD sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

## **2.11 Real Decreto 485/1997 de 14 de abril**

RD sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

## **2.12 Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio**

RD sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

## **2.13 Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto**

Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones complementarias del reglamento electrotécnico para baja tensión

## **2.14 Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril**

Reglamento de aparatos a presión, con los reales decretos y correcciones de carácter modificativo y de aplicación de distintas directivas del consejo de las comunidades europeas posteriores.

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

### **2.14.1 Condiciones generales**

Las siguientes consideraciones técnicas específicas se aplicarán para la instalación del proyecto geotérmico:

- **Medición de Perforaciones:** Si durante la perforación de un pozo no se alcanza la profundidad deseada, se facturará únicamente por el metro lineal efectivo perforado, no por la profundidad total prevista.

-

- **Certificación de Sondas:** Si una sonda instalada no puede certificarse como completamente funcional, no se facturará.
- **Permisos Necesarios:** Todos los permisos necesarios deben estar en posesión antes de iniciar las perforaciones geotérmicas.
- **Profundidad de Pozos:** Los pozos tendrán una profundidad máxima de 150 m. Se comprobarán los metros lineales reales mediante las marcas incorporadas en los tubos de las sondas. En caso de duda, se realizarán pruebas de calidad llenando el circuito de la sonda con agua y calculando el volumen de agua para determinar la profundidad alcanzada.
- **Detección de Elementos Enterrados:** Se podrían utilizar sensores de ultrasonidos o equipos similares para detectar conducciones o elementos enterrados antes de perforar, evitando así daños a instalaciones existentes. Se adjuntarán planos con los servicios afectados previstos y se incluirá una partida para realizar calas previas en zonas dudosas o conflictivas.
- **Certificación de Sondas:** Las sondas indicadas en el proyecto (marca Ferroplast) deben tener todas las homologaciones y certificaciones necesarias, así como la garantía correspondiente. Se aceptarán sondas de calidad similar y equivalente, con los certificados, homologaciones y garantías necesarios.

#### 2.14.2. Medidas Preventivas y Correctoras

Para la conservación medioambiental de la zona durante la perforación se seguirán estas medidas:

- **Perdidas de Aceite o Gasoil:** Ante pequeñas pérdidas de aceite o gasoil de la máquina perforadora, se detendrá inmediatamente el equipo y se recogerán los líquidos vertidos con materiales absorbentes, llevándolos a un centro de reciclaje autorizado.
- **Captación de Polvo:** Si se genera polvo, el equipo perforador dispondrá de un sistema de captación, que se podrá desconectar si hay presencia de agua en la perforación.
- **Protección de Acuíferos:** No se extraerá agua para ningún fin, únicamente se introducirán sondas geotérmicas para intercambiar calor con el subsuelo. Solo se utilizará detritus de la perforación o arena silícica para rellenar las perforaciones.

Para la conservación medioambiental durante la utilización de la instalación:

- **Líquido Anticongelante:** El líquido anticongelante será biodegradable a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

- **Materiales Utilizados:** Todos los materiales de las sondas deberán cumplir lo establecido en este pliego de condiciones.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento es prácticamente nulo. En caso de abandono de la instalación, el circuito se vaciará mediante camión cisterna y el líquido se llevará a un centro de reciclaje autorizado.

### 2.14.3. Puesta en Marcha y Protección de Vegetación

La puesta en marcha es crucial para garantizar la eficiencia energética y la durabilidad de los elementos de la instalación. Se protegerá la vegetación de la siguiente manera:

- **Terreno Alrededor de Árboles:** No compactar el terreno alrededor de los árboles. Las instalaciones cercanas a los árboles mantendrán las tierras sin compactar.
- **Zanjas y Pozos:** Se alejarán tanto como sea posible del centro de cada árbol para evitar daños.
- **Productos Tóxicos:** No se verterán productos tóxicos ni restos de construcción alrededor de los árboles durante la obra.
- **Materiales y Casetas:** No se acumulará material ni se colocará la caseta de obra cerca de los árboles, respetando una distancia de 1 metro del tronco.
- **Soporte en Árboles:** No se utilizarán los árboles como soporte para vallas, señales, instalaciones eléctricas, etc.
- **Poda Correctora:** Se estudiará una poda correctora para contrarrestar la posible pérdida de raíces.
- **Protección de Árboles:** En espacios abiertos, los árboles se protegerán con una cerca de madera de 1,2-1,8 m de altura, a una distancia de 2 metros de la copa (5 metros en árboles columnares).
- **Zanjas Manuales:** Las zanjas a menos de un metro del tronco se abrirán manualmente y, si es necesario cortar raíces, se hará bajo supervisión de "jardines del ayuntamiento de Porriño". En caso de tener que cortar raíces, se realizará bajo la supervisión de la autoridad mencionada.
- **Adecuación del Arbolado:** Antes de iniciar las obras, se adecuará el arbolado susceptible de ser afectado.
- **Protección Adicional:** Los árboles se protegerán con neumáticos o tablones en caso de elementos individuales, y con cerramientos en caso de un grupo de árboles.

Este pliego de prescripciones técnicas tiene como objetivo asegurar que la instalación geotérmica se realice cumpliendo con todas las normativas y requisitos necesarios, protegiendo tanto el medio ambiente como las instalaciones existentes.

### **3 CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

Se establecen las siguientes condiciones técnicas particulares.

#### **3.1 Perforaciones**

Las perforaciones serán de tipo vertical y mantendrán una separación mínima de 2 m entre unas y otras. Siempre teniendo en cuenta la respuesta térmica del terreno.

Los diámetros de perforación deberán estar dentro del rango de los 40 a los 50 mm, de forma que permitan la introducción de los tubos (posibilidad de sonda simple U o sonda doble U) además del tubo necesario para llevar a cabo el relleno del pozo captador.

#### **3.2 Sondas**

Una vez instaladas las sondas, estas se protegerán por su parte superior (en la parte que queda en la superficie) mediante tapones o sistemas de que garanticen la no penetración de cuerpos en el interior del circuito.

Las sondas serán de 40 mm de diámetro y de polietileno PE100 PN16.

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 en unas condiciones concretas de utilización.

El material de polietileno cumplirá los requisitos siguientes por su aplicación como sondas geotérmicas:

- Elevada tenacidad y capacidad de alargamiento de ruptura.
- Buenas propiedades mecánicas
- Buena resistencia a las sustancias químicas
- Buenas propiedades mecánicas y excelente viscosidad incluso hasta a baja temperatura.
- Larga vida con una garantía como mínimo de 10 años del producto.

La instalación de la sonda presentara las siguientes partes: un pie de sonda, en forma de U, dos tubos de polietileno de la serie SDR11 y una punta de sonda o elemento de unión por empalmar los tubos verticales y el colector donde se unirán todas las sondas. El pie de la sonda estará termosoldado con el tubo, y será certificado todo el conjunto como sonda, por el fabricante.

Al pie de la sonda se unirá un peso de 50 kg, con la función de lastre para hacer bajar la sonda en el pozo.

Se introducirá un tubo por donde se inyectará el cemento térmico. Este tubo, en vez rellenando el pozo con el cemento térmico, quedará anulado.

Cada 2 metros de profundidad se instalará un distancoador de tubos.

La prueba de presión a la que se someten las sondas geotérmicas sigue el siguiente proceso:

- Las sondas són ensayadas a presión, de forma que se llenan de agua, se marcan visualmente y se protegen contra posibles daños; se cierran para dejarlas estancas, a presión, y se introducen en el sondeo llenas de agua, para que al cementar dicho sondeo, con un material de mayor densidad, no resulten aplastadas al aumentar la presión exterior.
- Antes de introducir el relleno, se suele realizar una primera prueba de presión sometiendo al intercambiador a 6 bar durante 30 minutos, comprobando que la presión no cae más de 0,6 bar para que el resultado sea satisfactorio.
- Una vez cementado el sondeo, se realiza una prueba de presión definitiva que se ajusta a lo establecido por la norma alemana DIN V 4979-7, cuyo esquema operativo se resume en lo siguiente:
  1. Se mantienen los tubos en reposo, sin carga, durante al menos 1h.
  2. Se lleva la sonda a la presión de prueba ( $12 \pm 1$  bar) en un tiempo de 10 minutos.
  3. Se mantiene en presión (al menos 10 bar) durante 10 minutos.
  4. Periodo de espera: 60 minutos. Caída de presión máxima: 30%.
  5. Se reduce la presión rápidamente en 2 bar mediante vaciado de agua. Se mide la cantidad evacuada y se anota el nuevo valor de la presión.
  6. La prueba principal consistirá en medir la presión cada 10 minutos 3 veces. Será satisfactoria si, al cabo de esa tercera medición, la caída de presión máxima es de 0,1 bar.
  7. Después de un tiempo adicional de 90 minutos, la caída de presión debe ser inferior a 0,25 bar.

Después de la instalación de la sonda, el espacio entre la sonda y el suelo circundante tiene que ser llenado completamente. Esto es importante para asegurar la conductividad térmica del suelo con la sonda.

### **3.3 Fluido caloportador**

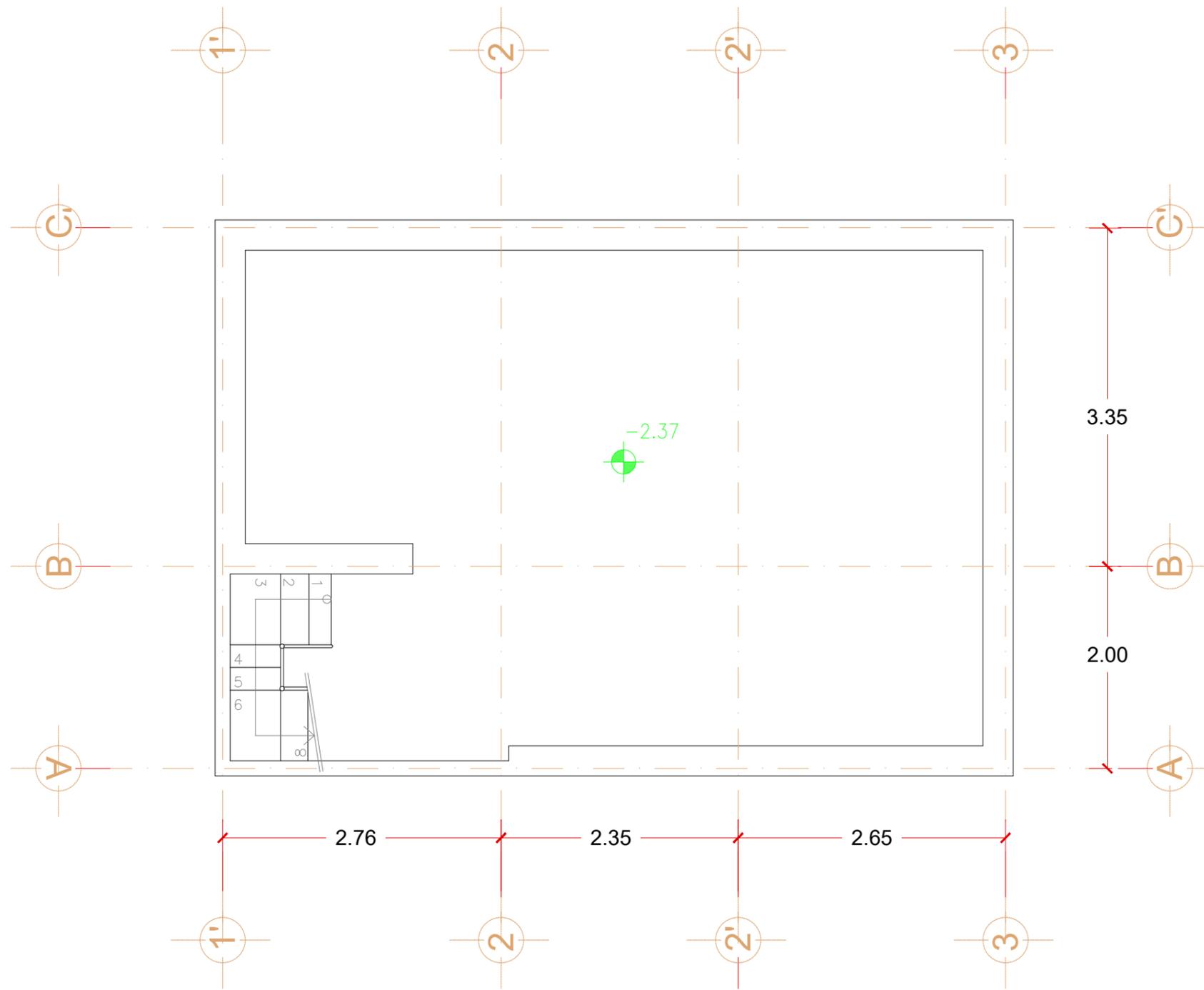
El fluido que se utilizará como fluido caloportador en el subsistema de intercambio será una mezcla de agua con propilenglicol al 25 aproximadamente. El circuito se llenará hasta una presión de 1,5 bar a la altura del vaso de expansión. Las características del anticongelante serán las necesarias para conseguir que aguante temperaturas de congelación que estén entorno de los -15°C.

San Cristóbal de La Laguna, julio 2024

**Pablo Armas González**

# PLANOS





Cotas en metros

Legenda de cotas



Ejes de tabiques y pilares



Nivel de calle

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
1:50

COTAS PLANTA SÓTANO

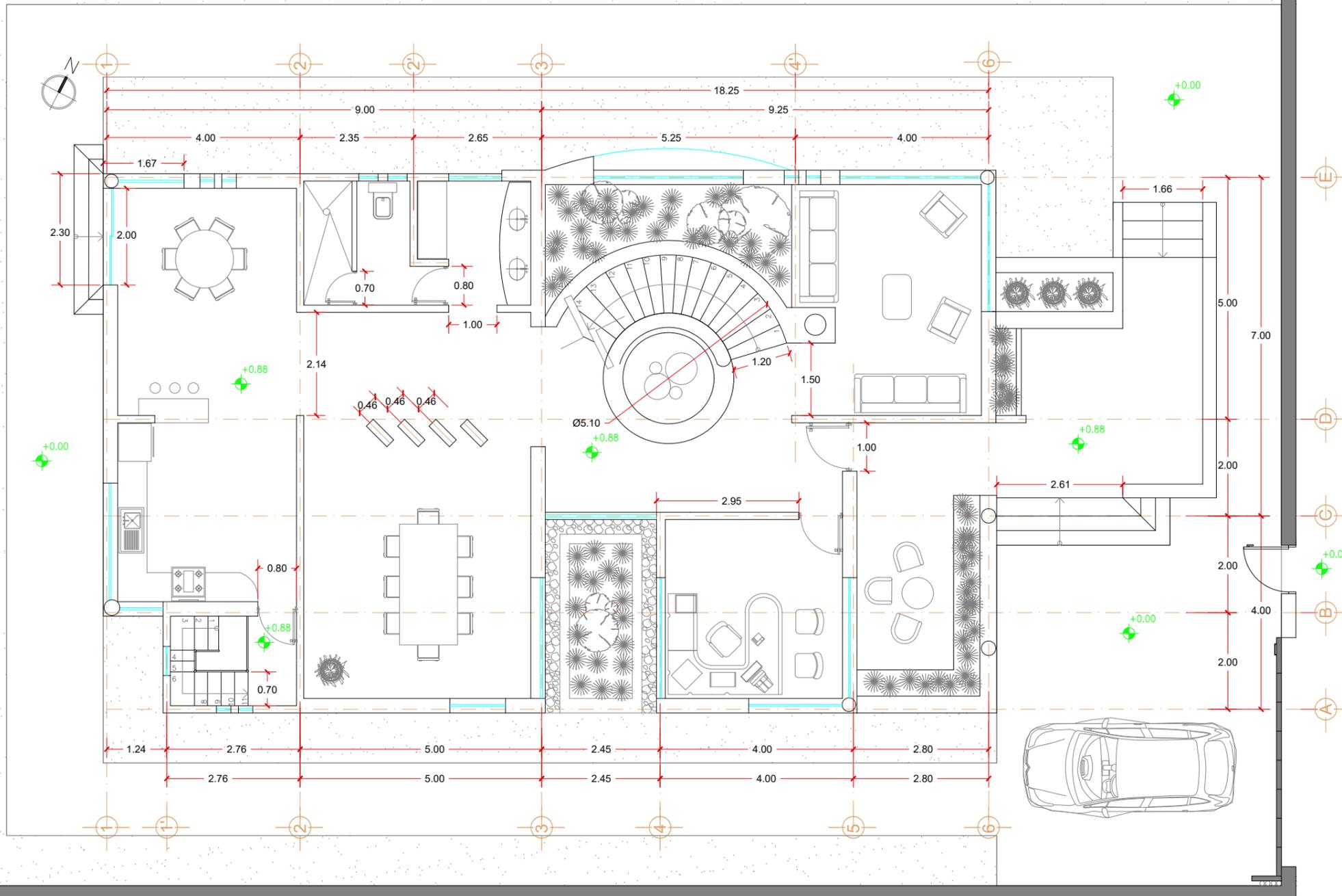
Nº PLANO:  
**C-1**

PARCELA CONTIGUA

33.60

33.00

20.00



C/ JOAQUÍN TURINA

Cotas en metros

Leyenda de cotas



Ejes de tabiques y pilares



Nivel de calle

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

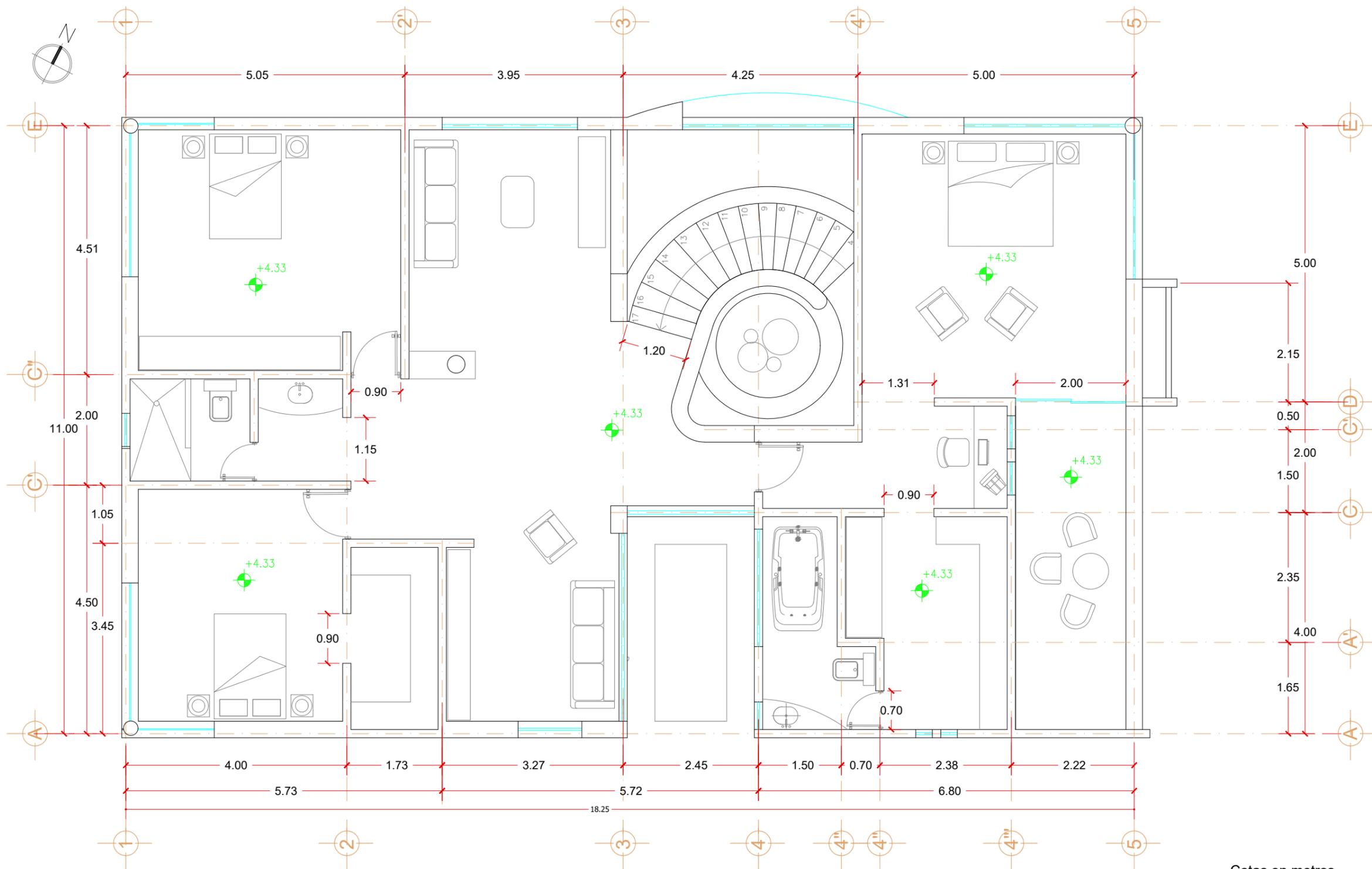
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
1:100

COTAS PLANTA BAJA

Nº PLANO:  
C-2



Cotas en metros

Leyenda de cotas



Ejes de tabiques y pilares



Nivel de calle

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

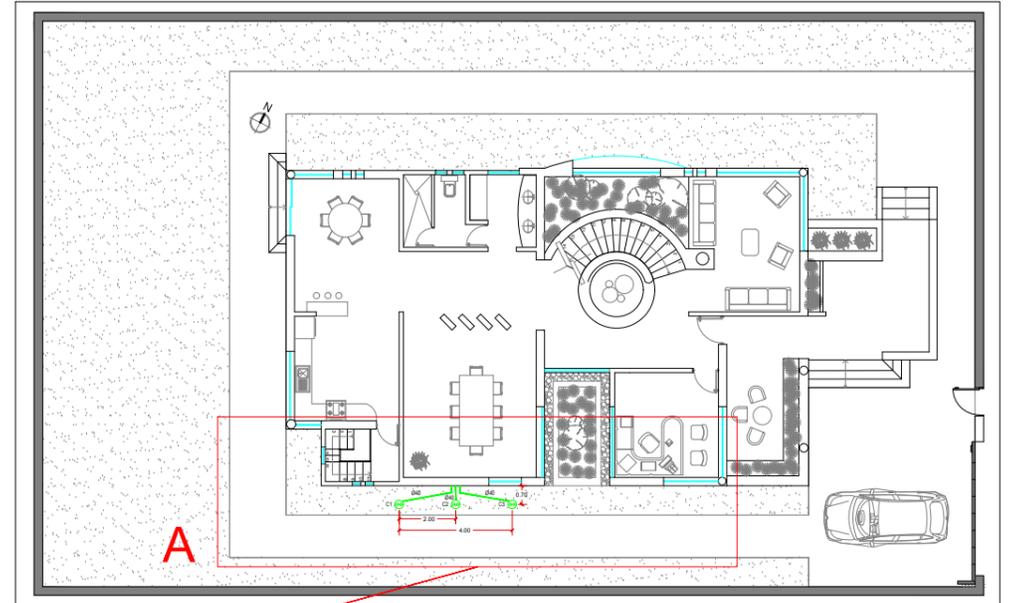
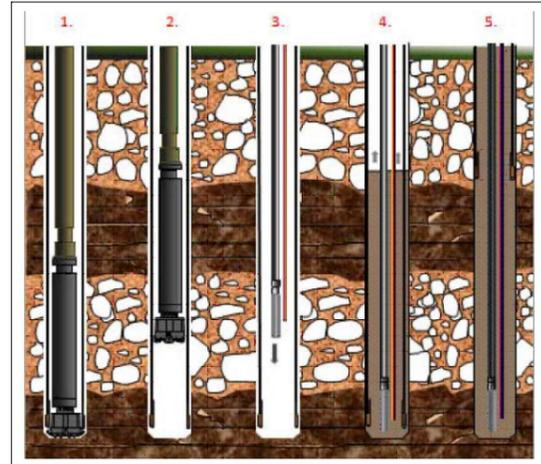
ESCALA:  
1:75

COTAS PLANTA ALTA

Nº PLANO:  
**C-3**

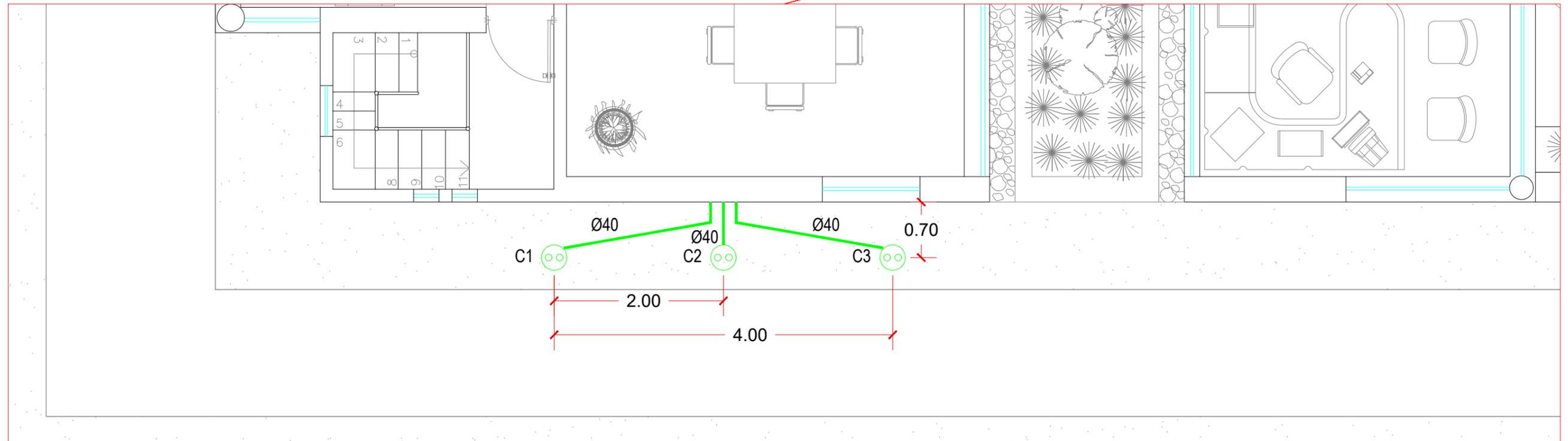
**FASES DE LA PERFORACIÓN E INYECCIÓN DEL SONDEO:**

- 1.- Perforación con revestimiento simultáneo hasta profundidad de 120 metros.
- 2.- Extracción de la sarta interior de perforación.
- 3.- Introducción de la sonda y tubo de protección.
- 4.- Relleno del sondeo en sentido ascendente desde el fondo del taladro.
- 5.- Extracción de la tubería de revestimiento.



Escala: 1/250

**DETALLE A**



Cotas en metros

**Leyenda de instalación geotermia**

- Doble tubería enterrada de PEAD circuito de geotermia Ø40 mm (simple U)
- Pozo de perforación de sondeo realizada con máquina Comacchio MC 900P con doble cabeza de rotación, profundidad 120 metros

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



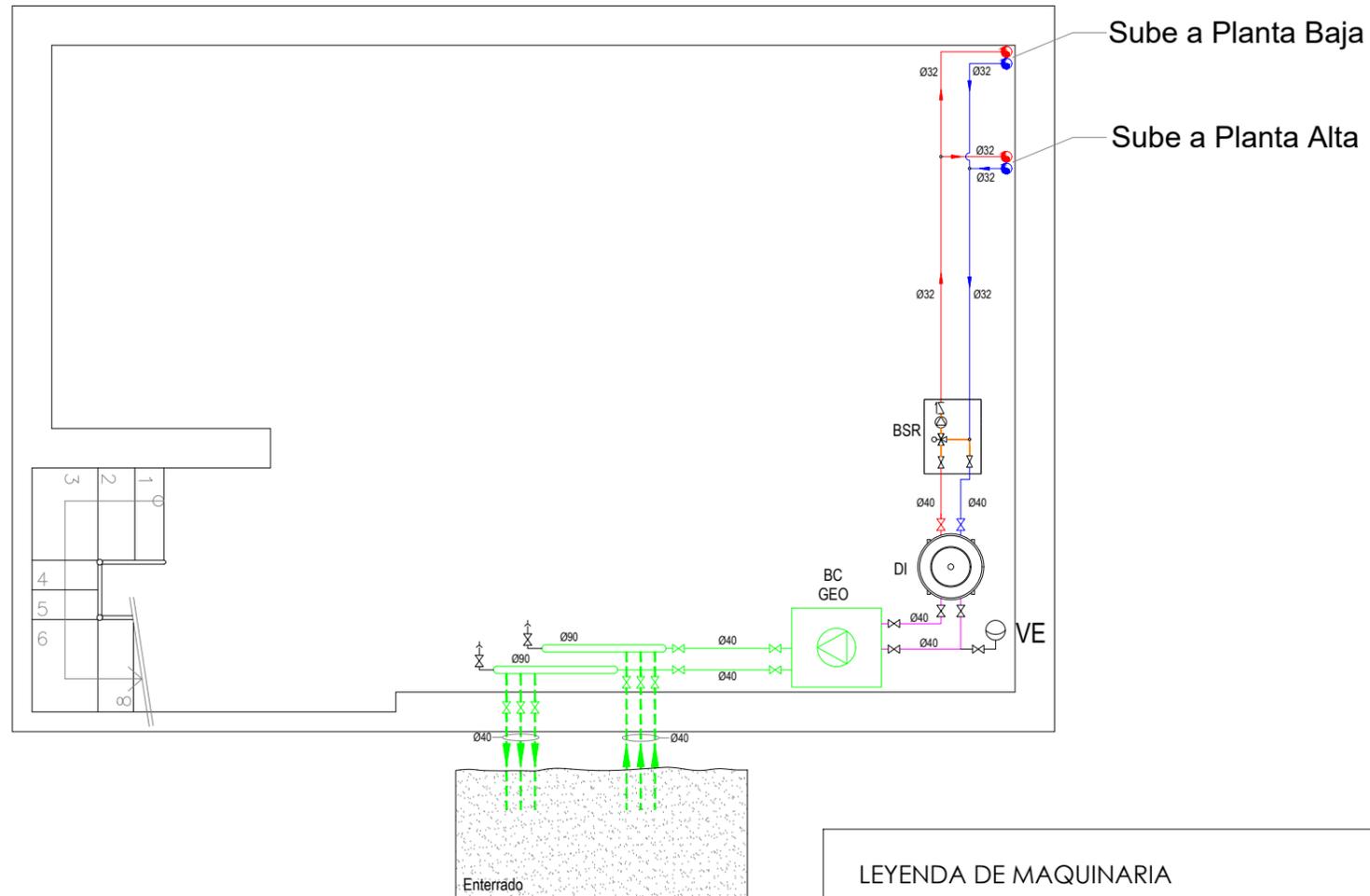
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
1:50

**INSTALACIÓN GEOTÉRMICA  
PLANTA BAJA**

Nº PLANO:  
**GE-1**



**LEYENDA DE MAQUINARIA**

BC GEO	Bomba de Calor para circuito Geotermia	geoTHERM exclusive VWF 157
DI	Depósito de inercia de 60 lts	Ferco BCE 60
BSR	Bomba de impulsión Suelo Radiante	Ferco FLPA32/8P
VE	Vaso de expansión 15 lts	IBAIONDO 15 AMR
C1	Caja Colectores suelo radiante Planta Baja	Uponor
C2	Caja Colectores suelo radiante Planta Alta	Uponor

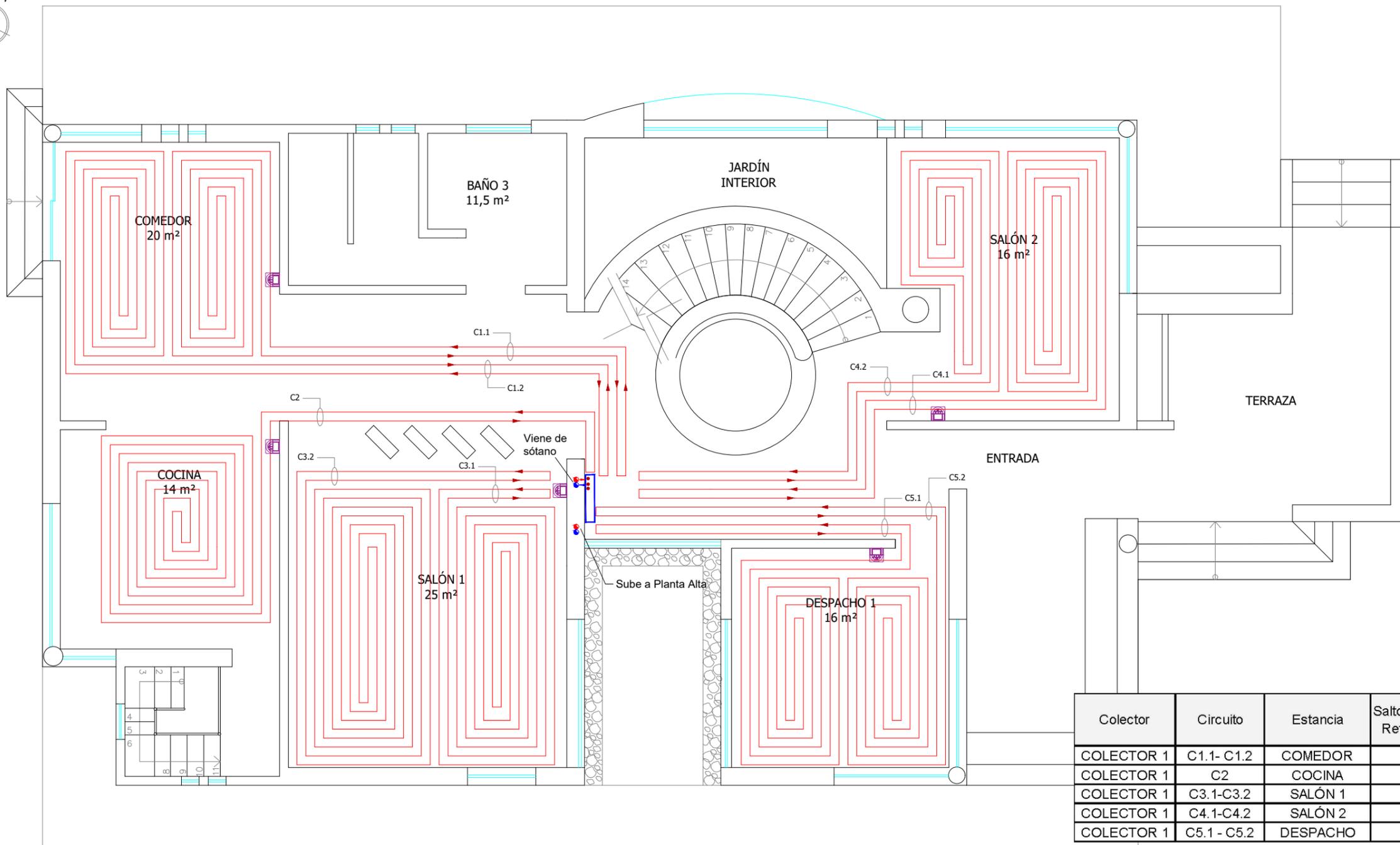
**Leyenda**

	Válvula de Corte
	Válvula de Retención
	Válvula Reductora de Presión
	Válvula Seguridad
	Válvula Mezcladora
	Filtro
	Manómetro
	Sonda de Temperatura
	Bomba

**Leyenda de tuberías**

	Tubería de PEX de agua retorno circuito suelo radiante
	Tubería de PEX de agua impulsión circuito suelo radiante
	Tubería de PEAD de circuito de salmuera
	Tubería de PPR de agua caliente de primaria calentamiento
	Tubería de PB de desagüe

<b>INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>			
<b>Autor:</b> Pablo Armas González	<b>Id. s. normas:</b> UNE-EN-DIN		<b>ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
<b>Comprobado:</b> Julio 2024			
<b>ESCALA:</b> 1:50	<b>INSTALACIÓN GEOTÉRMICA Y SUELO RADIANTE PLANTA SÓTANO</b>		<b>Nº PLANO:</b> <b>GE-2</b>



Colector	Circuito	Estancia	Salto Impulsión Retorno (°C)	Paso de tubos (cm)	Longitud circuito (m)
COLECTOR 1	C1.1- C1.2	COMEDOR	5	15	155
COLECTOR 1	C2	COCINA	5	15	98
COLECTOR 1	C3.1-C3.2	SALÓN 1	5	15	162
COLECTOR 1	C4.1-C4.2	SALÓN 2	5	15	115
COLECTOR 1	C5.1 - C5.2	DESPACHO	5	15	113

**Leyenda de instalación de suelo radiante**

- Tubería de PEX circuito de suelo radiante, Ø20 mm
- Montante vertical de tubería PEX del circuito de impulsión al armario colector, Ø32 mm
- Montante vertical de tubería PEX del circuito de retorno del armario colector, Ø32 mm
- ... Armario colector de circuitos de suelo radiante de planta
- ⊞ Termostato

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



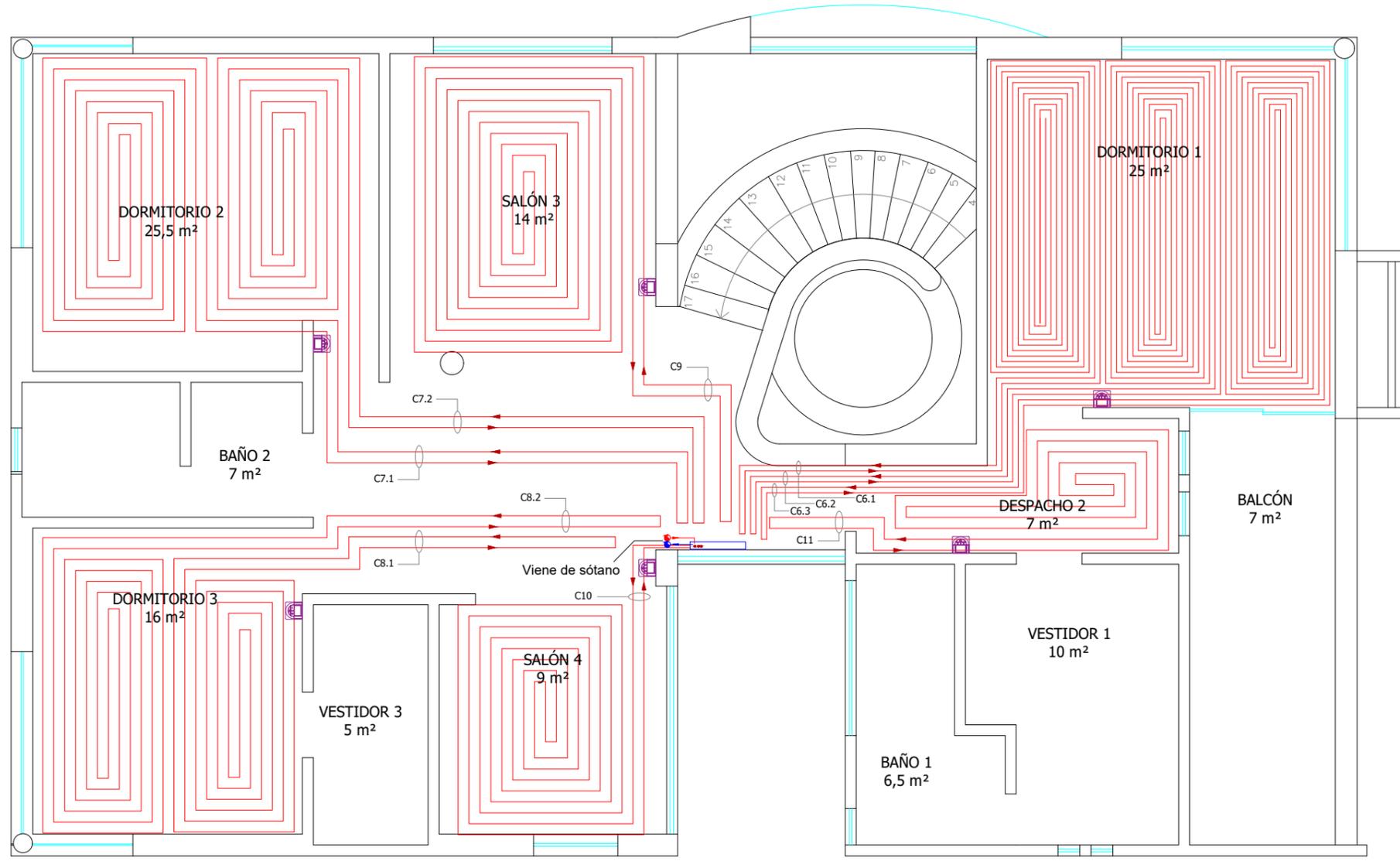
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
1:75

**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE  
PLANTA BAJA**

Nº PLANO:  
**SR-1**



Colector	Circuito	Estancia	Salto Impulsión- Retorno (°C)	Paso de tubos (cm)	Longitud circuito (m)
COLECTOR 2	C6.1 - C6.2-C6.3	DORMITORIO 1	6	7,5	337
COLECTOR 2	C7.1-C7.2	DORMITORIO 2	5	15	138
COLECTOR 2	C8.1-C8.2	DORMITORIO 3	5	15	113
COLECTOR 2	C9	SALÓN 3	5	15	95
COLECTOR 2	C10	SALÓN 4	5	15	61
COLECTOR 2	C11	DESPACHO 2	5	15	52

Leyenda de instalación de suelo radiante

- Tubería de PEX circuito de suelo radiante, Ø20 mm
- Montante vertical de tubería PEX del circuito de impulsión al armario colector, Ø32 mm
- Montante vertical de tubería PEX del circuito de retorno del armario colector, Ø32 mm
- Armario colector de circuitos de suelo radiante de planta
- Termostato

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR			
Autor: Pablo Armas González	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: Julio 2024		ESCALA: 1:75	<b>INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE PLANTA ALTA</b>
			Nº PLANO: <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">SR-2</span>

Planta Sótano

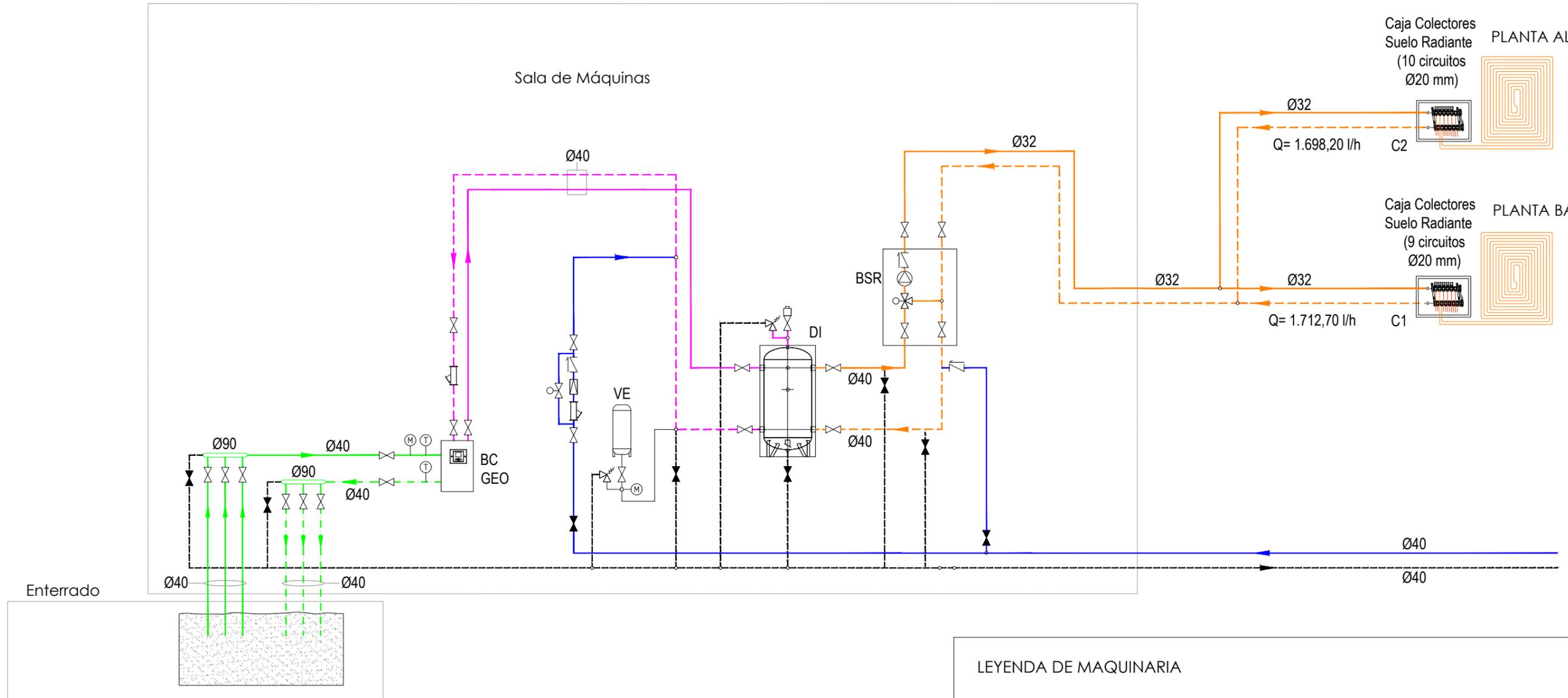
Sala de Máquinas

Caja Colectores Suelo Radiante PLANTA ALTA

(10 circuitos Ø20 mm)

Caja Colectores Suelo Radiante PLANTA BAJA

(9 circuitos Ø20 mm)



LEYENDA DE MAQUINARIA

BC GEO	Bomba de Calor para circuito Geotermia	geoTHERM exclusive VWF 157
DI	Depósito de inercia de 60 lts	Ferco BCE 60
BSR	Bomba de impulsión Suelo Radiante	Ferco FLPA32/8P
VE	Vaso de expansión 15 lts	IBAIONDO 15 AMR
C1	Caja Colectores suelo radiante Planta Baja	Uponor
C2	Caja Colectores suelo radiante Planta Alta	Uponor

Leyenda

- ✕ Válvula de Corte
- ⌵ Válvula de Retención
- ⊘ Válvula Reductora de Presión
- ⚡ Válvula Seguridad
- ⚙️ Válvula Mezcladora
- ⌈ Filtro
- Ⓜ Manómetro
- Ⓣ Sonda de Temperatura
- Ⓢ Bomba

Leyenda de tuberías

- Tubería de PB de agua fría sanitaria
- Tubería de PEX de agua caliente circuito suelo radiante
- Tubería de PEAD de circuito de salmuera
- Tubería de PPR de agua caliente de primario calentamiento
- - - Tubería de PB de desagüe

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

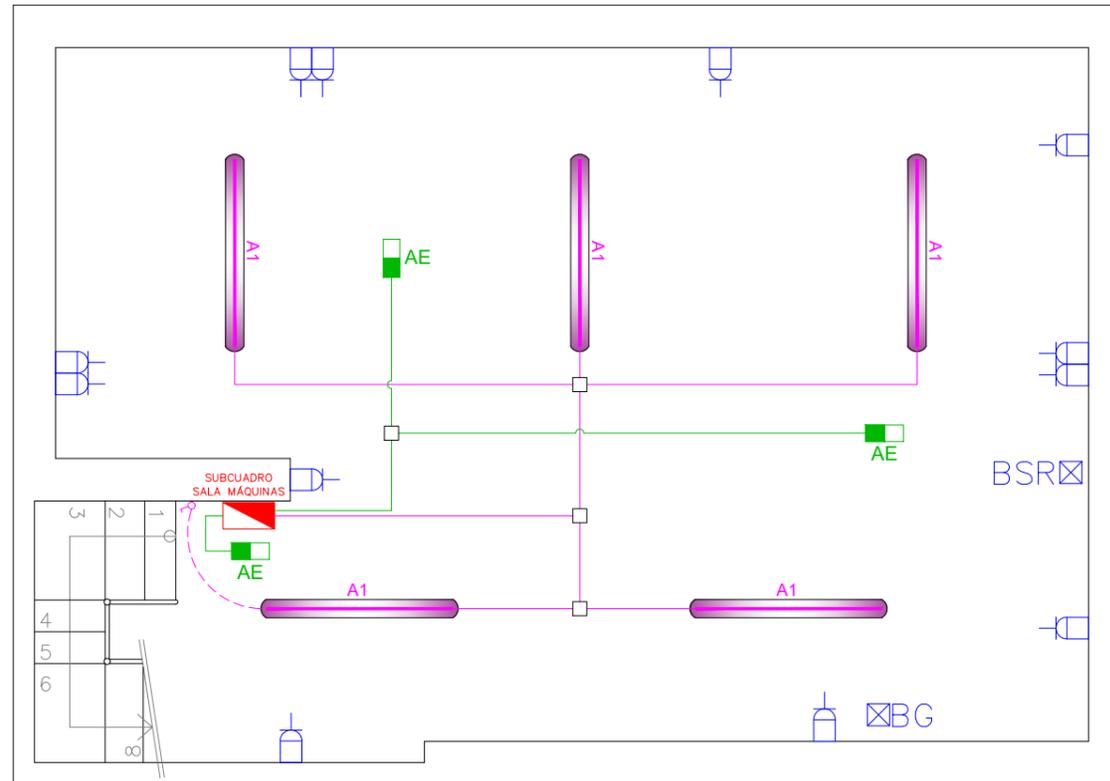
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
SIN  
ESCALA

ESQUEMA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

Nº PLANO:  
**EG-1**



Leyenda de instalación eléctrica

-  Luminaria estanca PHIPLS TCW060 1xTL5-49W HF, 1,5 metros
-  Canalización bajo tubo plástico visto PVC Ø20 mm y cable cobre H07Z1-K 450/750 V de 1,5 mm<sup>2</sup> P+N+T
-  Interruptor
-  Luminaria de emergencia estanca 270 lúmenes 1h autonomía
-  Canalización bajo tubo plástico visto PVC Ø20 mm y cable cobre H07Z1-K 450/750 V de 1,5 mm<sup>2</sup> P+N
-  Caja de conexión estanca IP55 de 100x100 mm
-  Toma de corriente estanca de superficie, 16 A P+N+T
-  Alimentación a Bomba de Calor Geotérmica
-  Alimentación a Bomba de impulsión suelo radiante
-  Cuadro eléctrico

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

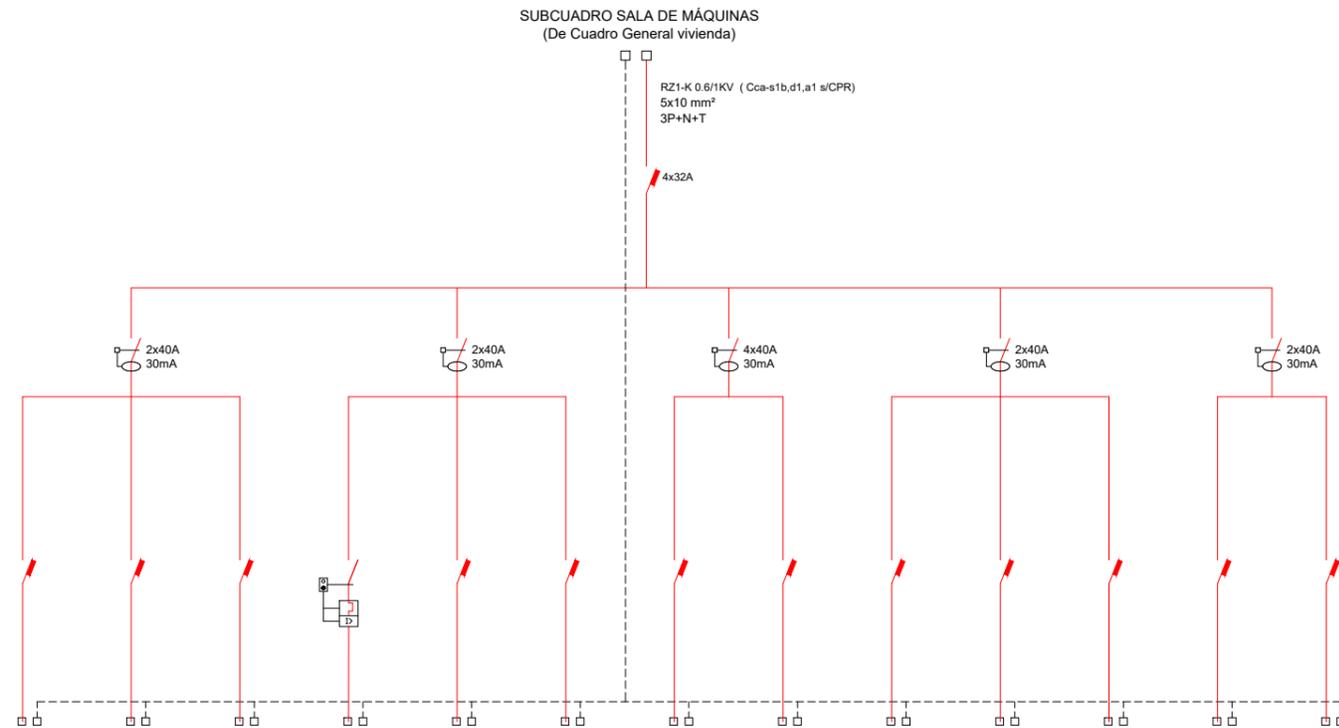
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

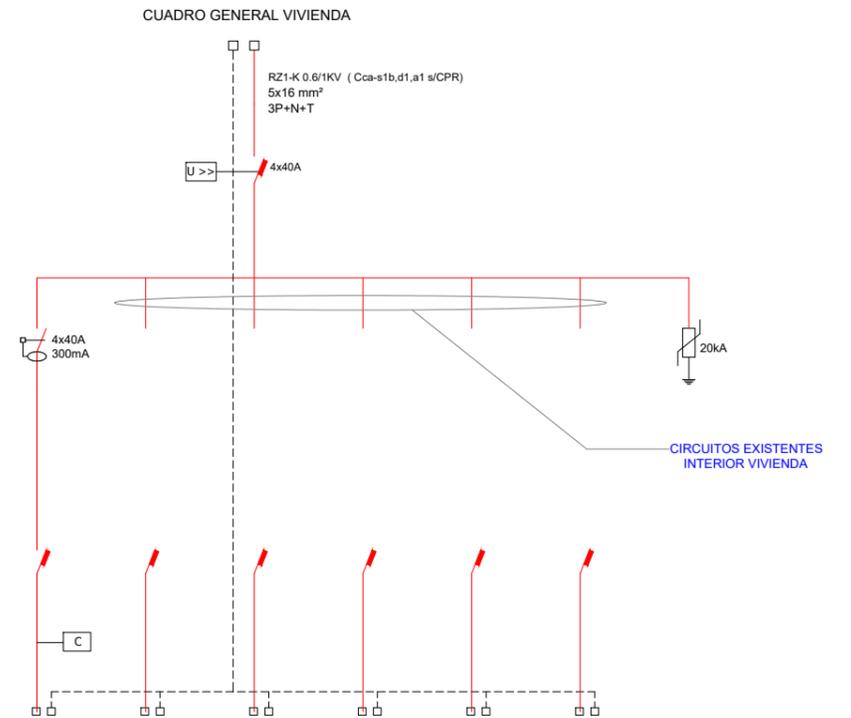
ESCALA:  
1:50

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO  
Y FUERZA PLANTA SÓTANO

Nº PLANO:  
**AF-1**

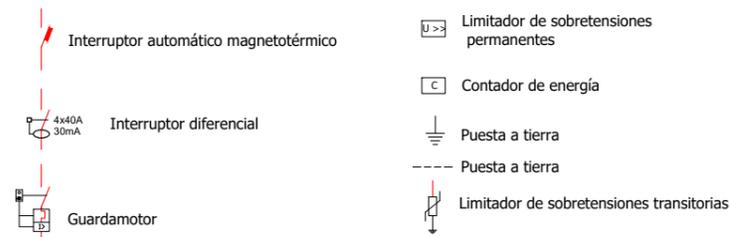


SALIDA CUADRO Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CLAVE CIRCUITO	SM-1	SM-2	SM-3	SM-4	SM-5	SM-6	SM-7	SM-8	SM-9	SM-10	SM-11	SM-12	SM-13
FUNCIÓN	Alumbrado interior	Emergencias	Tomas de corriente	Fuerza	Fuerza	Fuerza	Fuerza	Fuerza	Fuerza	Fuerza	Fuerza	Reserva	Reserva
UBICACIÓN	Sótano	Sótano	Sótano	Bomba de suelo radiante	Cajas de alimentación a suelo radiante	Válvula mezcladora SR	Bomba calor geotermia	Bomba calor geotermia	Válvula solenoide	Previsión Hidrocompresor	Previsión Descalcificador	---	---
TIPO RECEPTOR	Led	Led	Previsión	Motor	---	---	Compresor	Regulador principal	Electroimán	Motor	Previsión	---	---
TIPO CONDUCTOR	H07Z1-K 450/750 V ( Cca-s1b,d1,a1 s/CPR)						RZ1-K 0.6/1 kV ( Cca-s1b,d1,a1 s/CPR)			H07Z1-K 450/750 V ( Cca-s1b,d1,a1 s/CPR)			
INT. AUT. (A)	2x10	2x10	2x16	G	2x10	2x10	4x25	2x16	2x10	2x16	2x16	2x16	2x16
ICC kA	6												
SECCIÓN mm²	1,5	1,5	2,5	1,5	1,5	1,5	6	2,5	1,5	---	---	---	---
CONDUCTOR	P+N+T	P+N	P+N+T	P+T	P+N+T	P+N+T	3P+N+T	P+N+T	P+N	---	---	---	---



SALIDA CUADRO Nº	1	2	3	4	5	6
CLAVE CIRCUITO	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-6
FUNCIÓN	Derivación a subcuadro	---	---	---	---	---
UBICACIÓN	Sótano	---	---	---	---	---
TIPO RECEPTOR	Cuadro Sala de Máquinas	---	---	---	---	---
TIPO CONDUCTOR	RZ1-K 0.6/1 kV ( Cca-s1b,d1,a1 s/CPR)					
INT. AUT. (A)	4x32	---	---	---	---	---
ICC kA	6	---				
SECCIÓN mm²	10	---				
CONDUCTOR	3P+N+T	---				

LEYENDA ESQUEMAS ELÉCTRICOS



INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
SIN  
ESCALA

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

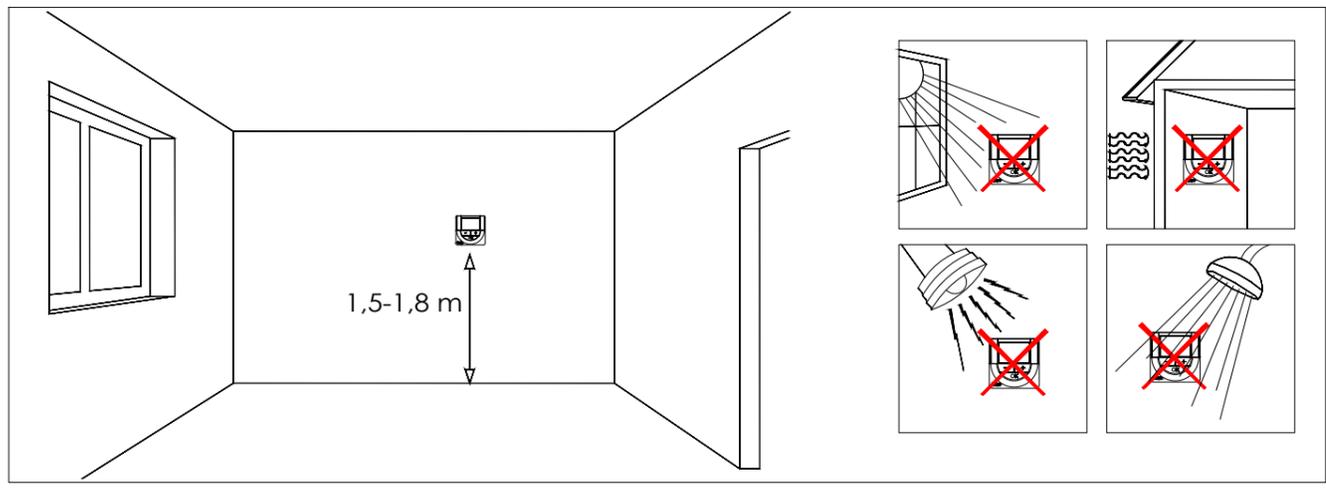
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

ESQUEMAS UNIFILARES

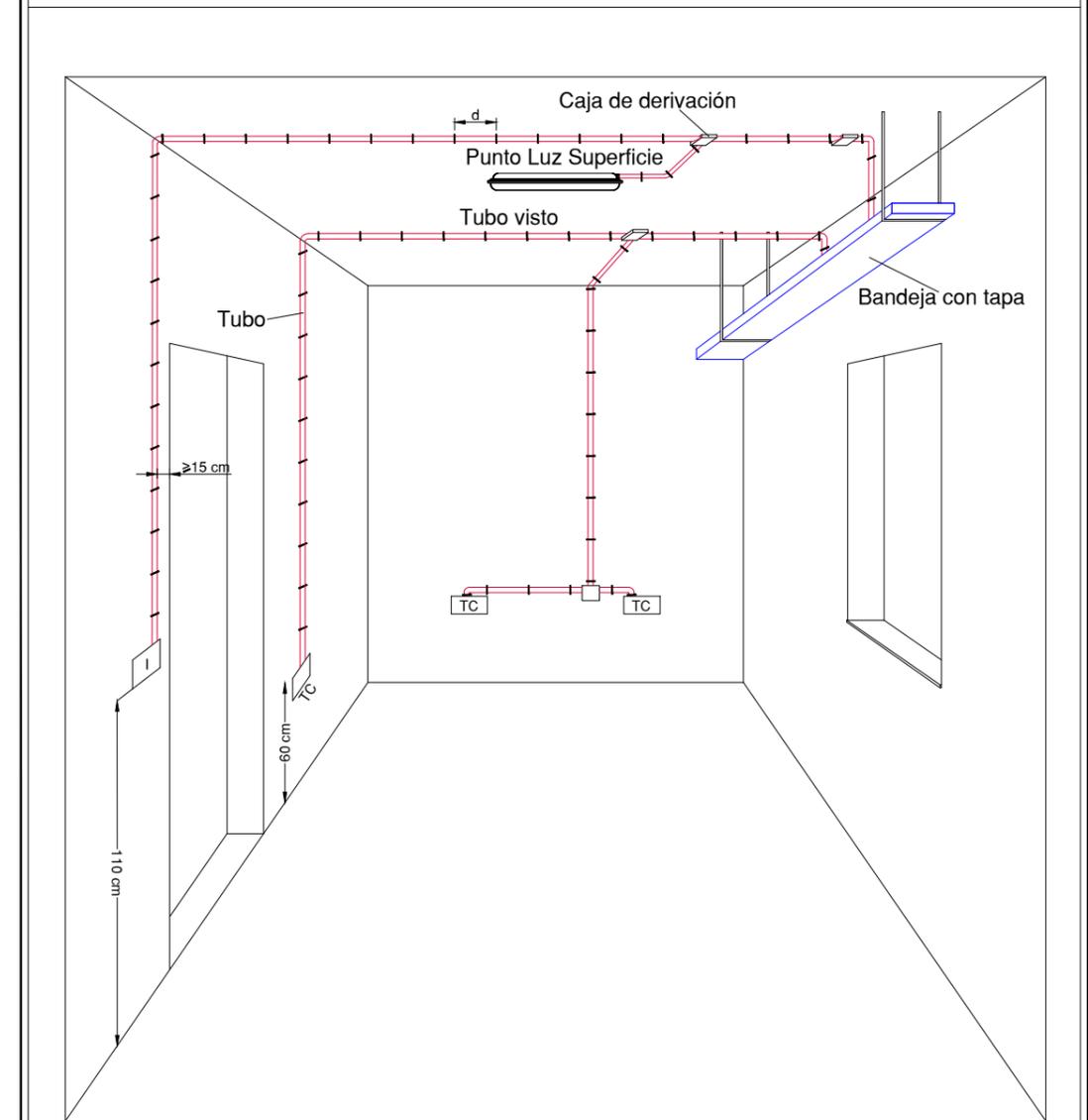
Nº PLANO:

**EU-1**

### INSTALACIÓN DE TERMOSTATO:

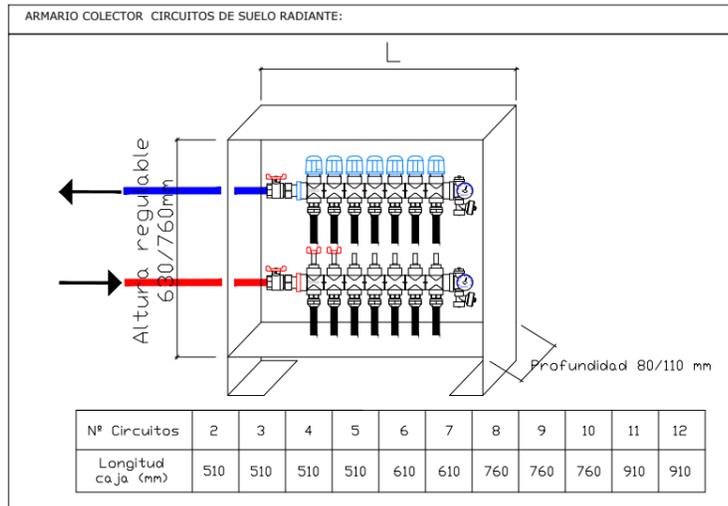
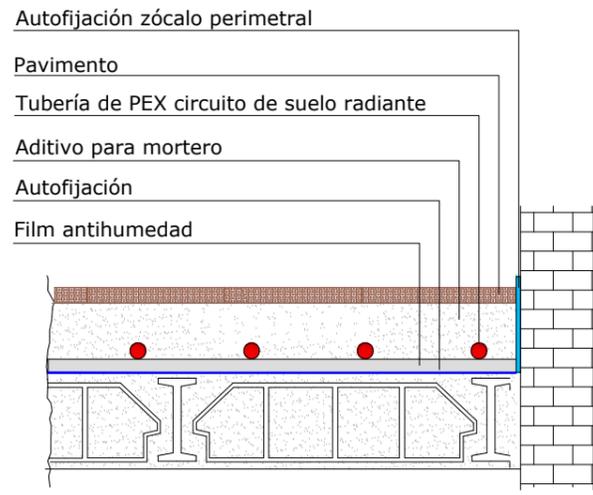


### DETALLE GENERAL INSTALACIÓN VISTA

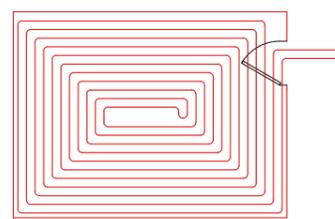


I : Interruptor en instalación vista  
 TC : Toma de corriente en instalación vista  
 $d \leq 40$  cm (conductores aislados fijados directamente a pared/techo)  
 $d \leq 50$  cm (conductores bajo tubo en montaje superficial)

### Detalle sección montaje SUELO RADIANTE



### Detalle de configuración de circuitos



Espiral

### INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



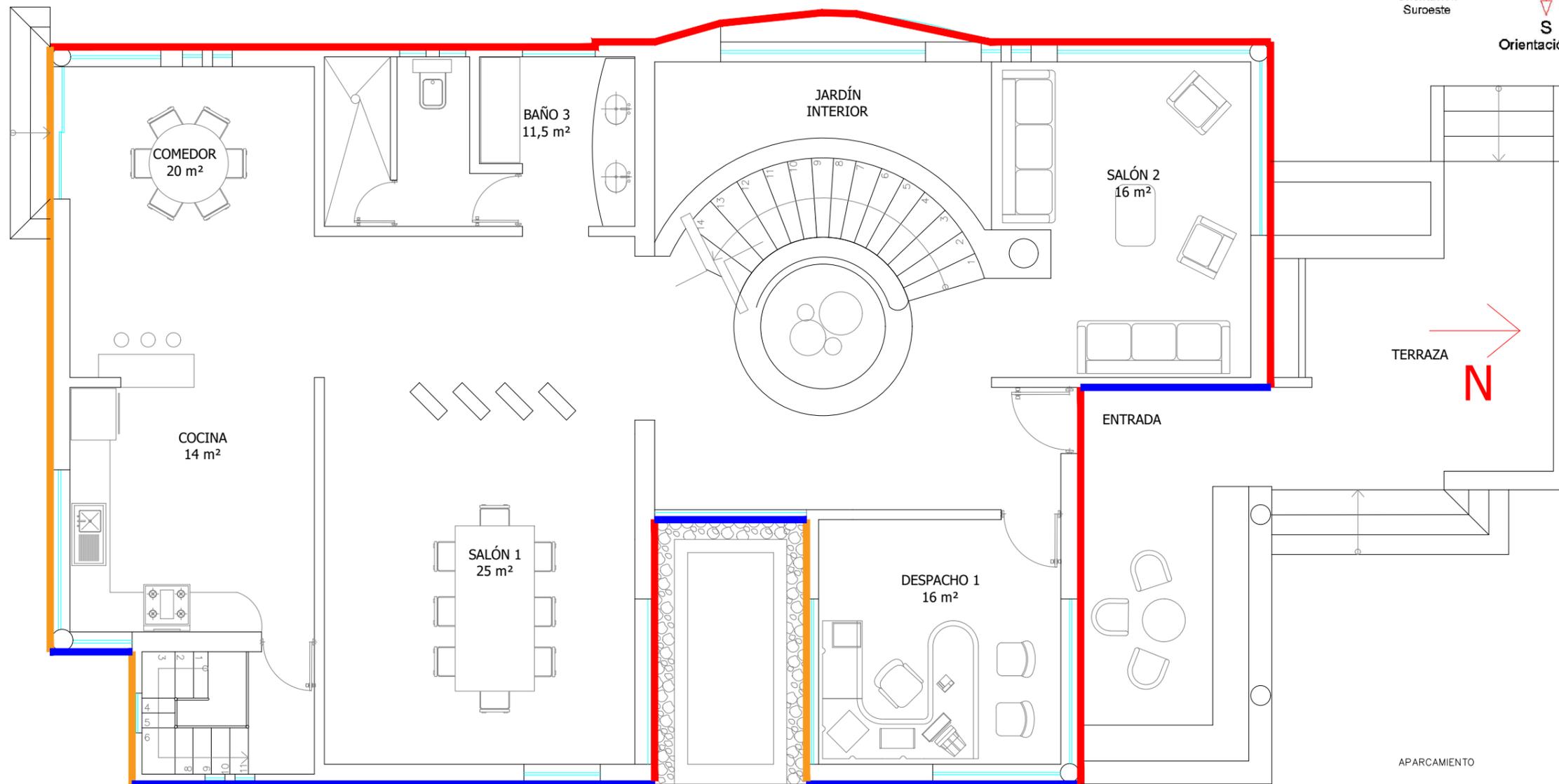
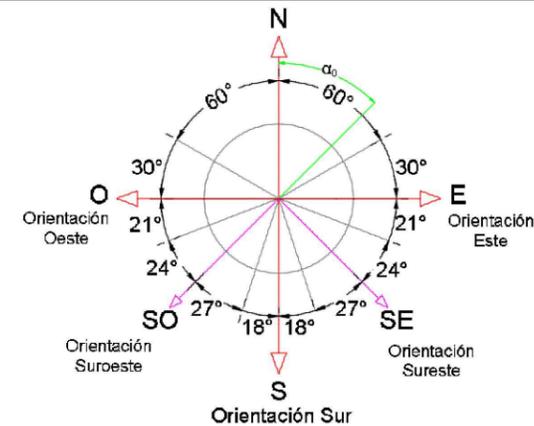
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
 Grado Ingeniería Mecánica  
 Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
SIN  
ESCALA

### DETALLES DE INSTALACIONES

Nº PLANO:  
**D-1**



INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



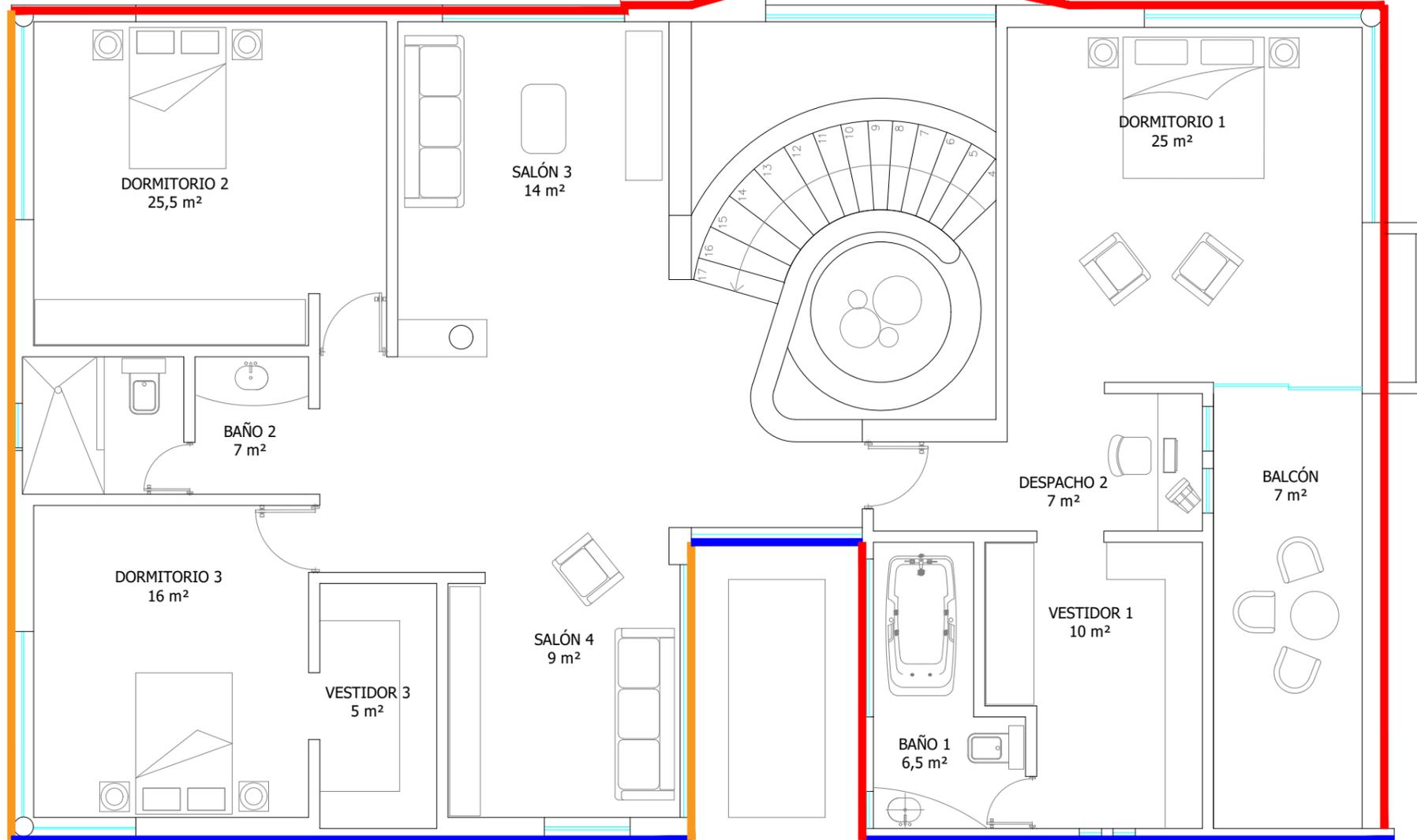
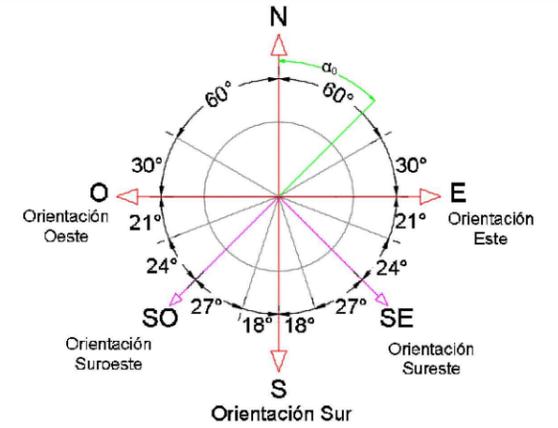
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
1:75

DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDA Y ORIENTACIONES  
DE FACHADAS PLANTA BAJA

Nº PLANO:  
**OD-1**



INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor: Pablo Armas González

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: Julio 2024

ESCALA:  
1:75

DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDA Y ORIENTACIONES  
DE FACHADAS PLANTA BAJA

Nº PLANO:  
**OD-2**

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE
		UDS.	LARGO	ANCHO		
<b>CAPITULO 1</b>						
<b>1.1 INSTALACIÓN GEOTÉRMIA</b>						
1.1.1	MI. Perforación del terreno con máquina dotada de doble cabezal, para la realización de 3 sondeos de 120 m de profundidad y diámetro entre 130 y 180 mm, con entubación recuperable en terrenos inestables, extracción del varillaje y de la herramienta de perforación, introducción de la sonda geotérmica acompañada del tubo de inyección y las pesas necesarias para el lastrado de la sonda mediante utilización de guía mecánica para desenrollar la sonda, inyección del mortero y extracción de la tubería recuperable. Incluso mangueras para la conducción del detritus de perforación hasta los contenedores mediante el sistema Preventer.					
				360,00	36,54	13.154,40
1.1.2	Ud. Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo para la perforación, inyección y colocación de sondas geotérmicas formado por: equipo de perforación, compresor, bomba de agua (lodos), equipo de inyección, equipo para movimiento de material en obra, varillaje, entubación recuperable, mangueras, herramientas de perforación y de introducción de las sondas, y demás equipos auxiliares.					
				1,00	1.294,34	1.294,34
1.1.3	Ud. Sonda geotérmica para instalación vertical, de 120 m de longitud y 118 mm de diámetro, formada por un tubo de polietileno de alta densidad (PE 100) de 40 mm de diámetro y 3,7 mm de espesor, SDR11, y un pie con forma de V, al que se sueldan los tubos, peso de la sonda 492,75 kg, temperatura de trabajo entre -20°C y 30°C, suministrada en rollos, con tubo de inyección, lastres, distanciadores para tubos y mortero preparado de bentonita y cemento.					
				3,00	4.907,60	14.722,80
1.1.4	L. Solución anticongelante agua-monoetilenglicol, concentración de anticongelante puro del 25%, para relleno de circuito de instalación de geotermia.					
				626,25	4,83	3.024,79
1.1.5	MI. Tubería formada por tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul con acabado efecto espejo por el interior, Repolen Monocapa PE 100, PN=16 bar, SDR11, serie 5, "REPOLEN", de 40 mm de diámetro exterior y 3,7 mm de espesor. Instalación enterrada. Incluso accesorios y piezas especiales.					
				18,00	8,23	148,14
1.1.6	Ud. Suministro y montaje de arqueta enterrada, de dimensiones interiores 30x30x30, prefabricada de polipropileno, sobre solera de hormigón en masa HM-20/B/20/X0 de 15 cm de espesor, con tapa prefabricada de PVC, para alojamiento de la válvula; previa excavación con medios manuales y posterior relleno del trasdós con material granular. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la válvula. Incluye: Replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Ejecución de taladros para el paso de los tubos. Conexión de los tubos a la arqueta. Colocación de la tapa. Relleno del trasdós. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.					
				3,00	118,73	356,19

## INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE	
		UDS.	LARGO	ANCHO			ALTO CANTID...
1.1.7	<p>Ud. Bomba de calor reversible geotérmica, agua-agua, modelo flexoTHERM exclusive 15 "VAILLANT", clase de eficiencia energética A+++ , potencia calorífica nominal 16 kW, COP 5,5, potencia frigorífica nominal 17,4 kW, EER 5,9, presión sonora 42 dBA, dimensiones 1183x595x600 mm, peso 168 kg, alimentación trifásica a 400 V, con temperatura de impulsión de hasta 65°C, circuito refrigerante con inyección de vapor EVI de alto rendimiento, válvula de 4 vías para inversión de ciclo, intercambiadores de placas de acero inoxidable de alta capacidad con inyección de líquido, refrigerante R-410A, calefacción eléctrica adicional de potencia configurable hasta 9 kW, sistema de control sensoCOMFORT VRC 720, con control de la temperatura con sonda exterior, display digital, por cable, programación diaria y semanal, para control de varios circuitos de calefacción con módulos y termostatos adicionales, y módulo de conectividad myVaillant para control desde smartphone o tablet mediante la App myVaillant para IOS (iPhone e iPad) y Android. Regulación: módulo VR 70. Accesorios: kit hidráulico para instalación de bomba de calor flexoTHERM; armario de llenado para circuito primario geotérmico; bidón de solución agua-glicol (glicol 30%, agua 70%). Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p>						
					1,00	18.204,44	18.204,44
1.1.8	<p>Ud. Colector modular de plástico reforzado con fibra de vidrio, de 90 mm de diámetro interior, con conexiones principales de 40 mm de diámetro, para 3 circuitos, compuesto por módulo de impulsión, módulo de retorno, purgador manual de aire, llave de corte para cada circuito secundario en el módulo de impulsión y caudalímetro para cada circuito secundario en el módulo de retorno, de 17,7 kg, presión de trabajo 6 bar, presión máxima 10 bar, para colocación en sala técnica, con conjunto de soportes y abrazaderas, llaves de corte de esfera, adaptadores para las conexiones de alimentación del colector, adaptadores para las conexiones de distribución del colector y termómetros con manómetro, instalados en el módulo de impulsión y en el módulo de retorno del colector. Totalmente montado, conexionado y probado.</p>						
					1,00	1.188,68	1.188,68
<b>Total 1.1 INSTALACIÓN GEOTÉRMIA:</b>							<b>52.093,78</b>
<b>1.2 INSTALACIÓN SUELO RADIANTE</b>							
1.2.1	<p>Ud. Colector de acero inoxidable, compuesto de tramo de ida DN 32 (con válvulas de cierre y caudalímetros integrados, terminal de llenado-vaciado con tapón, dispositivo de purga y llave cuadrada para accionar caudalímetros), tramo de retorno DN 32 (con válvulas de cierre y regulación de caudal integradas y aptas para montaje de actuadores eléctricos, terminal de llenado-vaciado con tapón y dispositivo de purga). Totalmente instalado y en funcionamiento.</p>						
					1,00	582,34	582,34
1.2.2	<p>Ud. Bomba circuladora electrónica para calefacción y refirgeración, FERCO FLPA32/8P, con racores y sistema Auto-Adapt. Cuerpo en hierro fundido y acero inoxidable, rotor húmedo, longitud 130 mm, temperatura de fluido desde 2 °C hasta 110 °C, presión máxima del sistema 10 bar, caudal máximo 4,2 m3/h y 8 mca, conexión eléctrica monofásica, clase energética A. Totalmente instalada y en funcionamiento.</p>						
					1,00	612,07	612,07

## INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE
		UDS.	LARGO	ANCHO		
1.2.3	<b>Ud. Armario de colector para empotrar en pared (anchura variable de 90 a 140 mm), en acero galvanizado y tapa pintada en blanco RAL 9010. Incluye soportes de colector. Regulación en altura y fondo. Totalmente instalado y en funcionamiento.</b>					
		2,00			199,80	399,60
1.2.4	<b>M². Panel de aislamiento térmico y acústico de poliestireno expandido según norma EN 13163, con una resistencia térmica de 0,75 m²K/W, aislamiento acústico de 28 dB, espesor aislante de 30 mm. Totalmente instalado y en funcionamiento.</b>					
		188,00			18,58	3.493,04
1.2.5	<b>MI. Cinta perimetral de espuma de polietileno, con faldón lateral soldado extra ancho, banda dorsal autoadhesiva y corte ranurado preparado. Totalmente instalada y en funcionamiento.</b>					
		202,00			1,77	357,54
1.2.6	<b>Kg. Aditivo para mortero de recubrimiento. Mejora la calidad del mismo, aumentando la plasticidad y la capacidad de retención de agua. Totalmente instalado y en funcionamiento.</b>					
		29,00			2,11	61,19
1.2.7	<b>MI. Tubería de polietileno reticulado por método peróxido PEXa, diámetro nominal 20 mm y diámetro interior 12 mm. Fabricada con 5 capas, según UNE-EN ISO 15875, con barrera antidifusión de oxígeno, según EN 1264-4. Apta para temperaturas hasta 95 °C y presión máxima de 6 bar. Incluso parte proporcional de piezas de conexión. Totalmente instalada y en funcionamiento.</b>					
		1.440,00			1,76	2.534,40
1.2.8	<b>MI. Tubería general para circuitos de calefacción de diámetro 32 mm. Formada por 5 capas: capa interior de polietileno reticulado de alta densidad, capa de adhesivo con punto de fusión &gt;120 °C, capa intermedia de aluminio solapada y soldada, capa de adhesivo con punto de fusión &gt;120 °C, y capa exterior de polímero. Incluso racores, valvulería y aislamiento en espuma elastomérica de caucho sintético de alta resistencia y durabilidad. Totalmente instalada y en funcionamiento.</b>					
		20,00			13,70	274,00
1.2.9	<b>MI. Tubería general para circuitos de calefacción de diámetro 40 mm. Formada por 5 capas: capa interior de polietileno reticulado de alta densidad, capa de adhesivo con punto de fusión &gt;120 °C, capa intermedia de aluminio solapada y soldada, capa de adhesivo con punto de fusión &gt;120 °C, y capa exterior de polímero. Incluso racores, valvulería y aislamiento en espuma elastomérica de caucho sintético de alta resistencia y durabilidad. Totalmente instalada y en funcionamiento.</b>					
		12,00			21,41	256,92
1.2.10	<b>Ud. Aguja hidráulica con separador de microburbujas y depósito de lodos. Fabricada en latón, con separador dinámico tangencial, válvula de drenaje de lodos situada excéntricamente y purgador de aire. Permite separar los circuitos del generador y de la calefacción, eliminar aire, partículas y lodos del agua de la instalación, equilibrar presiones y minimizar los arranques innecesarios de calderas y bombas de calor. Totalmente instalada y en funcionamiento.</b>					
		1,00			266,28	266,28

## INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE	
		UDS.	LARGO	ANCHO			ALTO CANTID...
1.2.11	Ud. Cronotermostato electrónico con display LCD para instalaciones de calefacción o refrigeración. Programación semanal (lunes a viernes y sábado a domingo), con tres niveles distintos de temperatura y programación hora a hora. Indicación en display de la temperatura, el modo de funcionamiento (calefacción/refrigeración), hora y programación horaria. Marcha/paro del cronotermostato mediante pulsador. Protección antihielo ajustable. Totalmente instalado y en funcionamiento.						
					11,00	55,53	610,83
1.2.12	Ud. Válvula de zona de dos vías para control de circuitos de calefacción. Motor eléctrico: 220 V/50 Hz. Cierre de bola. Totalmente instalada y en funcionamiento.						
					2,00	109,20	218,40
<b>Total 1.2 INSTALACIÓN SUELO RADIANTE:</b>							<b>9.666,61</b>
<b>1.3 SISTEMA DE INERCIA Y VALVUELRIÁ SALA MÁQUINAS</b>							
1.3.1	Ud. Deoósito de inercia vitrificado, marca FERCO, modelo BCE 60, de 60 l de capacidad, altura 730 mm, diámetro 470 mm, peso 29 kg, con cuba de acero vitrificado, protección catódica mediante ánodo de sacrificio, aislamiento con espuma de poliuretano, toma para recirculación, dos vainas para inserción de sensores y punto de acceso a interior para mantenimiento. Incluso válvulas de corte, elementos de montaje y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Clase de eficiencia energética C.						
					1,00	367,83	367,83
1.3.2	MI. Tubería formada por tubo de polipropileno copolímero random (PP-R), de color verde RAL 6024 con 4 bandas de color azul, con acabado efecto espejo por el interior, Repolen Monocapa, serie 5, SDR11, "REPOLEN", de 40 mm de diámetro exterior y 3,7 mm de espesor. Instalación en superficie. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.						
					3,00	11,14	33,42
1.3.3	Ud. Vaso de expansión, capacidad 15 l, mural, presión máxima de trabajo 10 bar, marca IBAIONDO, modelo 15 AMR, especial para aplicaciones de calefacción, soporte de pared. Incluso manómetro y elementos de montaje y conexión necesarios para su correcto funcionamiento.						
					1,00	96,54	96,54
1.3.4	Ud. Bloque de seguridad para depósito de inercia, con cuerpo de latón, formado por válvula de seguridad tarada a 3 bar, purgador automático de aire con válvula de retención, manómetro con escala de 0 a 4 bar y conexión hembra de 1" de diámetro. Incluso elementos de montaje y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.						
					1,00	80,31	80,31
1.3.5	Ud. Filtro de agua de latón, "WOLF", con conexiones de 1 1/2".Incluida su colocación, fijación, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.						
					1,00	228,99	228,99
1.3.6	Ud. Válvula de retención de latón para roscar de 1 1/2". Incluso elementos de montaje y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.						
					1,00	23,59	23,59

## INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE	
		UDS.	LARGO	ANCHO			ALTO CANTID...
1.3.7	<b>Ud. Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/2". Incluso elementos de montaje y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.</b>						
					6,00	33,95	203,70
<b>Total 1.3 SISTEMA DE INERCIA Y VALVUELRIA SALA MÁQUINAS:</b>							<b>1.034,38</b>
<b>1.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>							
1.4.1	<b>Ud. Cuadro eléctrico "Sala de Máquinas", montado en armario metálico autoportante con puerta plena y zócalo, con los elementos de corte, protección y maniobra descritos en planos y tablas, fabricado por Eaton- Moeller o similar, totalmente montado, cableado ( Cca-s1b,d1,a1 s/CPR) y conexionado hasta bornas de salida marcadas, con barra de p.a.t., totalmente instalado y conexionado.</b>						
					1,00	928,33	928,33
1.4.2	<b>Ud. Ampliación Cuadro eléctrico General Vivienda, incluyendo 1 diferencial de 4x40/300 mA clase A-SI, 1 interruptor automático magnetotérmico de 4x32 A (poder de corte 6 kA) y un contador de energía. Totalmente instalado, conexionado y en perfecto funcionamiento</b>						
					1,00	367,53	367,53
1.4.3	<b>MI. Canalización aérea con tubo plástico rígido Ø20, libre de halógenos, incluso grapas de fijación, con p.p. de cajas de registro, instalada.</b>						
	ALUMBRADO NORMAL	1	14,00		14,00		
	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	1	11,00		11,00		
	TOMAS DE CORRIENTE	1	23,00		23,00		
					48,00	8,08	387,84
1.4.4	<b>MI. Línea con conductor de Cu libre de halógenos, no propagador de la llama y con emisión de humos de opacidad reducida, H07Z1-K 450/750 V de 2x1x1,5 mm2, según normas UNE 211002, 24032, 50265, 50267 y 50268, tipo Exzhellent XXI, Afumex 750 o similar, incluso enhebrado y conexionado.</b>						
	ALUMBRADO EMERGENCIA	1	11,00		11,00		
					11,00	2,24	24,64
1.4.5	<b>MI. Línea con conductor de Cu libre de halógenos, no propagador de la llama y con emisión de humos de opacidad reducida, ES07Z1-K 450/750 V de 3x1x1,5 mm2, según normas UNE 211002, 24032, 50265, 50267 y 50268, tipo Exzhellent XXI, Afumex 750 o similar, incluso enhebrado y conexionado.</b>						
	ALUMBRADO NORMAL	1	14,00		14,00		
					14,00	2,71	37,94

## INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE
		UDS.	LARGO	ANCHO		
1.4.6	<b>MI. Línea con conductor de Cu libre de halógenos, no propagador de la llama y con emisión de humos de opacidad reducida, H07Z1-K 450/750 V de 3x1x2,5 mm2, según normas UNE 211002, 24032, 50265, 50267 y 50268, tipo Exzhellent XXI, Afumex 750 o similar, incluso enhebrado y conexionado.</b>					
	TOMAS DE CORRIENTE	1	23,00		23,00	
					23,00	3,54
						81,42
1.4.7	<b>MI. Canalización aérea con tubo plástico rígido de Ø25, libre de halógenos, incluso rapas de fijación, con p.p. de cajas de registro, instalada.</b>					
	COMPRESOR	1	9,00		9,00	
					9,00	9,31
						83,79
1.4.8	<b>MI. Línea con conductor de Cu libre de halógenos, no propagador de la llama y con emisión de humos de opacidad reducida, RZ1-K 0.6/1KV de 5x6 mm2, según normas UNE 21123, 20432, 50265, 50267 y 50268, tipo Exzhellent X, Afumex 1000 o similar, incluso enhebrado y conexionado.</b>					
	COMPRESOR	1	9,00		9,00	
					9,00	9,09
						81,81
1.4.9	<b>MI. Canalización empotrada formada por un tubo de PVC flexible reforzado de Ø32, libre de halógenos, con alambre guía colocado, con p.p. de cajas de registro, incluso ayudas de albañilería.</b>					
	DE CUADRO GENERAL VIVIENDA A SUBUADRO SALA MÁQUINAS	1	22,50		22,50	
					22,50	4,49
						101,03
1.4.10	<b>MI. Línea con conductor de Cu libre de halógenos, no propagador de la llama y con emisión de humos de opacidad reducida, RZ1-K 0.6/1KV de 5x10 mm2, según normas UNE 21123, 20432, 50265, 50267 y 50268, tipo Exzhellent X, Afumex 1000 o similar, incluso enhebrado y conexionado.</b>					
	DE CUADRO GENERAL VIVIENDA A SUBUADRO SALA MÁQUINAS	1	22,50		22,50	
					22,50	13,62
						306,45
1.4.11	<b>Ud. Caja derivación PVC 100x100x50 mm IP55</b>					
	ALUMBRADO NORMAL	3			3,00	
	ALUMBRADO EMERGENCIA	1			1,00	
	TOMAS DE CORRIENTE	6			6,00	
					10,00	1,93
						19,30
1.4.12	<b>Ud. Luminaria de emergencia de superficie, No permanente, con tecnología LED, NOVALD N6 de DAISALUX o equivalente, con carcasa fabricada en material sintético y difusor cuadrado de policarbonato, 320 lúmenes de flujo luminoso, 1 h de autonomía, grado de protección IP42 IK04, aislamiento eléctrico clase II, según UNE-EN 60598-2-22, totalmente equipada, incluso instalación y conexionado, según REBT-02</b>					
					3,00	135,22
						405,66

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE
		UDS.	LARGO	ANCHO		
1.4.13	Ud. Interruptor formado por caja estanca de superficie y mecanismo BTICINO MATIX IDROBOX IP55 o similar, con p.p. de línea formada por conductor de Cu libre de halógenos, no propagador de la llama y con emisión de humos de opacidad reducida, RZ1-K 0.6/1KV de 3x1x1,5 mm <sup>2</sup> , según normas UNE 211002, 20432, 50265, 50267 y 50268, tipo Exzhellent XXI, Afumex 1000 o similar, en tubo rígido de PVC de Ø20, instalación vista, entradas con prensaestopas, con grapas de fijación, instalado.					
					58,23	58,23
1.4.14	Ud. Ud de toma de corriente en caja de superficie, con base de 16A tipo schuko, Bticino serie Magic Idrobox y p.p. de línea formada por conductor de Cu de 750 v. de 3x1x2.5 mm <sup>2</sup> , en tubo rígido de PVC de Ø20, en instalación vista, con grapas de fijación incluida ayuda de albañilería, instalado.					
					43,82	525,84
<b>Total 1.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA:</b>						<b>3.409,81</b>
<b>1.5 SEGURIDAD Y SALUD</b>						
1.5.1	Ud. Tapones antirruídos, Würth o equivalente, valor medio de protección 36dB, con marcado CE.					
					0,69	6,90
1.5.2	Ud. Casco seguridad SH 4, Würth o equivalente, con marcado CE.					
					10,17	50,85
1.5.3	Ud. Guantes Tigerflex anticorte, Würth o equivalente, con marcado CE.					
					11,59	57,95
1.5.4	Ud. Botas Hercules S3 (par), Würth o equivalente, con puntera y plantilla metálica, con marcado CE.					
					36,98	184,90
1.5.5	Ud. Cinturón portaherramientas CE s/normativa vigente.					
					25,97	129,85
1.5.6	Ud. Cinturón antilumbago, con velcro, homologado CE, s/normativa vigente.					
					18,27	91,35
1.5.7	MI. Valla para cerramiento de obras y cerramientos provisionales, de h=2 m, realizado con paneles de malla electrosoldada de acero galvanizado de 3,5x2 m y postes de tubo de ø=40 mm unidos a la malla mediante soldadura, y bases de hormigón armado, i/accesorios de fijación, totalmente montada.					
					20,45	81,80
1.5.8	Ud. Señal de cartel de obras, de PVC, sin soporte metálico, (amortización = 100 %), incluso colocación y desmontaje.					
					9,95	19,90

## INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Nº	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PRECIO	IMPORTE
		UDS.	LARGO	ANCHO		
1.5.9	<b>Ud. Botiquín metálico tipo maletín, preparado para colgar en pared, con contenido sanitario completo según ordenanzas.</b>					
		1,00			51,38	51,38
1.5.10	<b>H. Hora de peón, para conservación y limpieza de instalaciones de personal.</b>					
		14,00			16,28	227,92
<b>Total 1.5 SEGURIDAD Y SALUD:</b>						<b>902,80</b>
<b>1.6 VARIOS</b>						
1.6.1	<b>Ud. Medida de la resistividad de la puesta a tierra, hasta 3 mediciones.</b>					
		1,00			56,21	56,21
1.6.2	<b>Ud. Comprobación de la sección de los conductores y el código de colores de la misma, hasta 40 comprobaciones por ud.</b>					
		1,00			19,50	19,50
1.6.3	<b>Ud. Etiquetado o rotulación mediante una máquina impresora de etiquetas, tipo DYMO, del subcuadro eléctrico "Sala de Máquinas" y de todos sus circuitos según la numeración y función recogidas en los esquemas unifilares del presente Proyecto, incluso etiquetado de todos los equipos de la instalación geotérmica, como bomba de calor, depósito de inercia, colectorres, tuberías (incluido sentido del fluido), y resto de elementos que está compuesta la instalación.</b>					
		1,00			34,53	34,53
<b>Total 1.6 VARIOS:</b>						<b>110,24</b>
<b>Total Capítulo 1 :</b>						<b>67.217,62</b>

**Proyecto: INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PARA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR**

**RESUMEN PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL**

<b>CAPITULO</b>	<b>IMPORTE</b>
1	
1.1 INSTALACIÓN GEOTERMIA	52.093,78
.....	
1.2 INSTALACIÓN SUELO RADIANTE	9.666,61
.....	
1.3 SISTEMA DE INERCIA Y VALVUELRÍA SALA MÁQUINAS	1.034,38
.....	
1.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	3.409,81
.....	
1.5 SEGURIDAD Y SALUD	902,80
.....	
1.6 VARIOS .....	110,24
	<hr/>
TOTAL 1 .....	67.217,62
	<hr/>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL</b>	<b>67.217,62€</b>
<b>GASTOS GENERALES (17%)</b>	<b>11.426,99€</b>
<b>BENEFICIO INDUSTRIAL (7%)</b>	<b>4.705,23€</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>83.349,84€</b>
<b>IGIC (7%)</b>	<b>5.834,48€</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>89.184,32€</b>

**Asciede el presente Presupuesto Total del Proyecto a la expresada cantidad de OCHENTA Y NUEVE MIL CIENTO OCHENTA Y CUATRO EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS.**

San Cristóbal de La Laguna, julio 2024

**Pablo Armas González**

