



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCION DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012

**ÍNDICE:****1.1. INTRODUCCIÓN**

1.1.1. OBJETO DEL PROYECTO .....	11
1.1.2. NORMATIVA APLICABLE .....	11

**1.2. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO**

1.2.1. EMPLAZAMIENTO .....	11
1.2.2. DATOS DE PARTIDA DE LA VIVIENDA .....	12
1.2.3. CONDICIONES DE DISEÑO .....	16
1.2.4. RÉGIMEN DE UTILIZACIÓN .....	16

**1.3. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA**

1.3.1. INTRODUCCIÓN .....	16
1.3.2. ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA .....	16
1.3.3. DEMANDA ENERGÉTICA .....	17
1.3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS .....	17
1.3.5. DEFINICIÓN DE ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO Y CLASIFICACIÓN DE SUS COMPONENTES .....	18
1.3.6. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS	
1.3.6.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior .....	19
1.3.6.2. Cerramientos en contacto con el terreno .....	20
1.3.6.3. Particiones interiores en contacto con espacios no habitables .....	21
1.3.6.4. Huecos .....	22
1.3.7. DOCUMENTACIÓN JUSTIFICATIVA .....	23

1.3.8. COMPROBACIÓN DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....	27
1.3.9. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA .....	28
<b>1.4. CARGAS TÉRMICAS DEL EDIFICIO</b>	
1.4.1. INTRODUCCIÓN .....	29
1.4.2. CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN .....	29
1.4.2.1. Cargas sensibles	
1.4.2.1.1. Cargas por transmisión a través de cerramientos opacos .....	29
1.4.2.1.2. Cargas por transmisión a través de cerramientos traslucidos ....	30
1.4.2.1.3. Cargas térmicas por radiación solar .....	30
1.4.2.1.4. Carga sensible por ventilación o infiltración del aire exterior ...	30
1.4.2.1.5. Carga sensible por ocupación del local .....	31
1.4.2.2. Cargas latentes	
1.4.2.2.1. Carga latente por ventilación o infiltración del aire exterior ....	31
1.4.2.2.2. Carga latente por ocupación del local .....	31
1.4.2.3. Carga total de refrigeración .....	31
1.4.3. CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN .....	32
1.4.3.1. Carga térmica por transmisión .....	32
1.4.3.2. Carga térmica por ventilación o infiltración del aire exterior .....	32
1.4.3.3. Carga total de calefacción .....	33
<b>1.5. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA</b>	
1.5.1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA	
1.5.1.1. Definición .....	34

1.5.1.2. Ventajas .....	34
1.5.2. BOMBA DE CALOR	
1.5.2.1. Definición .....	35
1.5.2.2. Tipos de bomba de calor .....	35
1.5.2.3. Bomba de calor geotérmica .....	36
1.5.2.4. Elección de la bomba .....	36
1.5.3. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA	
1.5.3.1. Análisis del edificio a climatizar .....	37
1.5.3.2. Selección del sistema geotérmico .....	37
1.5.3.3. Análisis geológico del terreno .....	39
1.5.3.4. Configuración del sistema de captación .....	39
1.5.4. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA	
1.5.4.1. Bomba de calor geotérmica .....	39
1.5.4.2. Sonda geotérmica .....	39
1.5.4.3. Conducciones horizontales exteriores .....	40
1.5.4.4. Colector .....	40
1.5.5. SONDAS GEOTÉRMICAS	
1.5.5.1. Dimensionamiento de las sondas geotérmicas .....	40
1.5.5.2. Instalación de las sondas geotérmicas .....	41
1.5.6. MONTAJE DEL DISTRIBUIDOR	
1.5.6.1. Posición del distribuidor .....	41
1.5.6.2. Ubicación del distribuidor .....	41
1.5.6.3. Distribuidor para sonda geotérmica .....	42
1.5.6.4. Conexión del distribuidor .....	42

1.5.7. FLUIDO CALOPORTADOR	
1.5.7.1. Aspectos generales .....	42
1.5.7.2. Llenado de las sondas geotérmicas .....	42
1.5.8. RELLENO DE LOS SONDEOS .....	43
1.5.9. TIPO DE REFRIGERACIÓN .....	43
<b>1.6. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE</b>	
1.6.1. INTRODUCCIÓN	
1.5.1.1. Definición .....	44
1.5.1.2. Principio de funcionamiento .....	44
1.5.1.3. Características	
1.5.1.3.1. Perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano .....	44
1.5.1.3.2. Emisión térmica uniforme .....	45
1.5.1.3.3. Calefacción sin movimientos de aire .....	45
1.5.1.3.4. Ahorro energético .....	45
1.5.1.3.5. Compatible con la energía geotérmica .....	45
1.5.1.3.6. Calefacción invisible .....	46
1.5.1.3.7. Compatible con cualquier tipo de suelos .....	46
1.6.2. SUELO RADIANTE	
1.6.2.1. Elementos .....	46
1.6.2.2. Regulación de temperatura y seguridad	
1.6.2.2.1. Regulación .....	46
1.5.1.3.2. Seguridad .....	47
1.6.2.3. Instalación	
1.6.2.3.1. Introducción .....	47

1.6.2.3.2. Caja de colectores .....	47
1.6.2.3.3. Zócalo perimetral .....	47
1.6.2.3.4. Film de polietileno .....	47
1.6.2.3.5. Panel aislante .....	48
1.6.2.3.6. Circuitos .....	48
1.6.2.3.7. Colector .....	48
1.6.2.3.8. Llenado de la instalación .....	48
1.6.2.3.9. Mortero de cemento .....	49
1.6.2.3.10. Montantes y tuberías de distribución .....	49
1.6.2.3.11. Depósito de inercia .....	49
1.6.2.3.12. Puesta en marcha de la instalación .....	49
<b>1.6.3. CÁLCULO Y DISEÑO</b>	
1.6.3.1. Cálculo de las cargas térmicas de los locales .....	49
1.6.3.2. Localización de los colectores .....	50
1.6.3.3. Diseño de circuitos .....	50
1.6.3.4. Cálculo de la temperatura media superficial del pavimento .....	50
1.6.3.5. Cálculo de la temperatura del agua .....	51
1.6.3.6. Cálculo del caudal del agua .....	51
1.6.3.7. Cálculo de montantes y tuberías de distribución .....	51
<b>1.7. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA</b>	
1.7.1. DEFINICIÓN Y TIPOS .....	52
1.7.2. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	52
1.7.3. OBJETO DEL PROYECTO .....	55
1.7.4. ZONAS CLIMÁTICAS .....	55

1.7.5. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN .....	55
1.7.6. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DONDE SE INSTALARÁN LOS CAPTADORES, ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS.....	56
1.7.7. TIPO DE INSTALACIÓN .....	56
1.7.8. CAPTADORES. CURVAS DE RENDIMIENTO .....	56
1.7.9. DISPOSICIÓN DE LOS CAPTADORES .....	57
1.7.10. FLUIDO CALOPORTADOR .....	57
1.7.11. DEPÓSITO ACUMULADOR	
1.7.11.1. Volumen de acumulación .....	58
1.7.11.2. Superficie de intercambio .....	58
1.7.11.3. Conjuntos de captación .....	59
1.7.12. ENERGÍA AUXILIAR .....	59
1.7.13. CIRCUITO HIDRÁULICO .....	59
1.7.13.1. Bombas de circulación .....	59
1.7.13.2. Tuberías .....	59
1.7.13.3. Vaso de expansión .....	60
1.7.13.4. Purgadores .....	60
1.7.13.5. Sistema de llenado .....	60
1.7.14. SISTEMA DE CONTROL .....	60
1.7.15. DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN	
1.7.15.1. Montaje de los captadores .....	60
1.7.15.2. Tuberías .....	61
1.7.15.3. Válvulas .....	61
1.7.15.4. Vaso de expansión .....	62
1.7.15.5. Aislamientos .....	62

1.7.15.6. Purga de aire .....	62
1.7.15.7. Sistema de llenado .....	63
1.7.15.8. Sistema eléctrico y de control .....	63
1.7.15.9. Sistema de protección	
1.7.15.9.1. Protección contra sobrecalentamientos .....	63
1.7.15.9.2. Protección contra quemaduras .....	64
1.7.15.9.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas.....	64
1.7.15.9.4. Resistencia a presión .....	64
1.7.15.9.5. Prevención de flujo inverso .....	64

## **1.8. CUMPLIMIENTO DEL CTE DB HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS**

### **1.8.1. EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE**

1.8.1.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1. ....	65
1.8.1.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2.	
1.8.1.2.1. Categorías de calidad del aire interior .....	65
1.8.1.2.2. Caudal mínimo de aire exterior .....	66
1.8.1.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del Apartado 1.4.3. ....	66
1.8.1.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4. ....	66

### **1.8.2. EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

1.8.2.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1.	
1.8.2.1.1. Generalidades .....	66

1.8.2.1.2. Cargas térmicas	
1.8.2.1.2.1. Cargas parciales y mínimas .....	67
1.8.2.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2. ....	67
1.8.2.2.1. Aislamiento térmico en redes de tuberías	
1.8.2.2.1.1. Introducción .....	67
1.8.2.2.1.2. Tuberías en contacto con el ambiente exterior .....	67
1.8.2.2.1.3. Tuberías en contacto con el ambiente interior .....	68
1.8.2.2.1.4. Pérdida de calor en tuberías .....	68
1.8.2.2.2. Eficiencia energética de los motores eléctricos .....	69
1.8.2.2.3. Redes de tuberías .....	69
1.8.2.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3.	
1.8.2.3.1. Generalidades .....	69
1.8.2.3.2. Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización .....	70
1.8.2.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5.	
1.8.2.4.1. Zonificación .....	70
1.8.2.5. Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6. ....	70
<b>1.8.3. EXIGENCIA DE SEGURIDAD</b>	
1.8.3.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.	
1.8.3.1.1. Alimentación .....	70
1.8.3.1.2. Vaciado y purga .....	71
1.8.3.1.3. Expansión y circuito cerrado .....	71

1.8.3.1.4. Dilatación, golpe de ariete, filtración .....	71
1.8.3.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3. ....	71
1.8.3.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4. ....	72
<b>1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....</b>	<b>72</b>

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1.1. OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto del presente proyecto es estudiar las necesidades de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de un unifamiliar de nueva construcción situado en la comarca de pamplona. Para cubrir dichas necesidades se hará uso de energías renovables como son la energía geotérmica para el uso de climatización y la energía solar térmica para el uso de agua caliente sanitaria.

Para dicho estudio se tratarán los siguientes puntos:

- Descripción de materiales y elementos constructivos de la vivienda.
- Cumplimiento de la limitación de la demanda energética.
- Cálculo de las cargas térmicas de la vivienda.
- Cálculo de la instalación de climatización de la vivienda.
- Selección de la bomba de calor geotérmica.
- Diseño del sistema de captación geotérmico
- Estudio de la demanda de A.C.S. de la vivienda.
- Diseño de la instalación de la energía solar térmica.
- Calificación energética de la vivienda.

### **1.1.2. NORMATIVA APLICABLE**

- Código técnico de la edificación (C.T.E.).
- Real decreto 1027/2007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (R.I.T.E.).
- Normas UNE de aplicación al proyecto.

## **1.2. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO**

### **1.2.1. EMPLAZAMIENTO**

La vivienda unifamiliar en que se desarrolla dicho proyecto, está situado en la calle nueva de Tajonar, perteneciente al municipio de Aranguren en la Comunidad Foral de Navarra.

Las coordenadas son:

42°46'05''N

1°36'35''O

A continuación se muestra una imagen capturada de la aplicación maps.google donde se aprecia la ubicación de la calle dentro de dicho municipio.



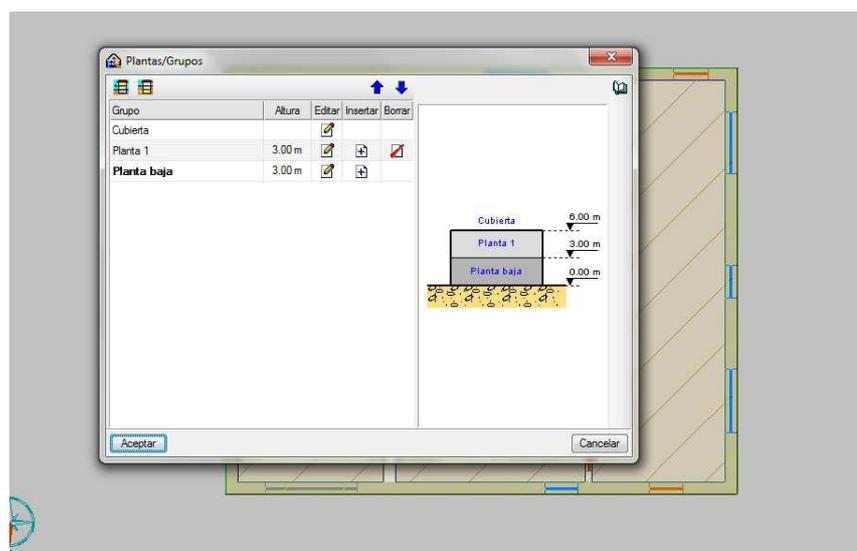
Ubicación.

### 1.2.2. DATOS DE PARTIDA DE LA VIVIENDA

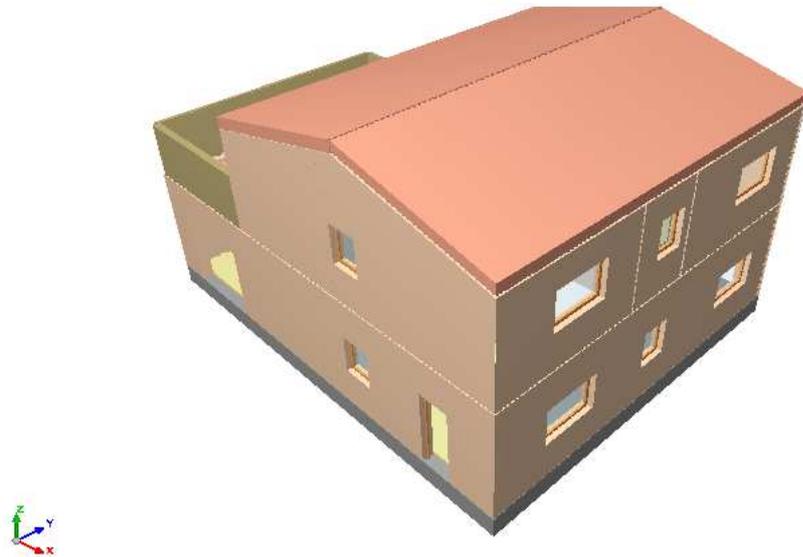
La parcela donde está situada la vivienda consta de  $675 \text{ m}^2$  de superficie.

Se trata de una vivienda unifamiliar de nueva construcción, compuesta por dos plantas sobre rasante de  $126,91 \text{ m}^2$  cada una. La altura de cada planta es de 3 m.

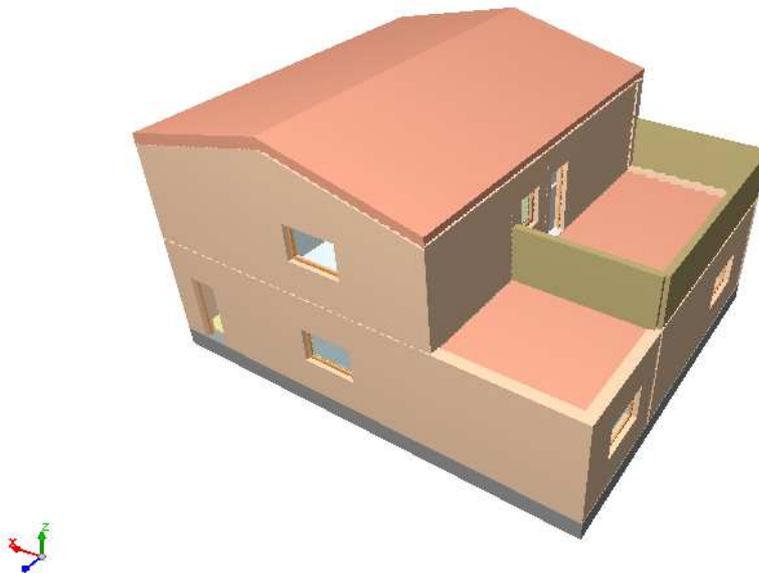
A continuación se muestran capturas de la introducción de la vivienda al programa CYPE-Instalaciones del edificio, para posteriormente realizar el cálculo de las cargas térmicas de la vivienda.



Captura1. Vista de las plantas y alturas.



Captura 2. Vista 3D de la vivienda unifamiliar.



Captura 3. Vista 3D de la vivienda unifamiliar.

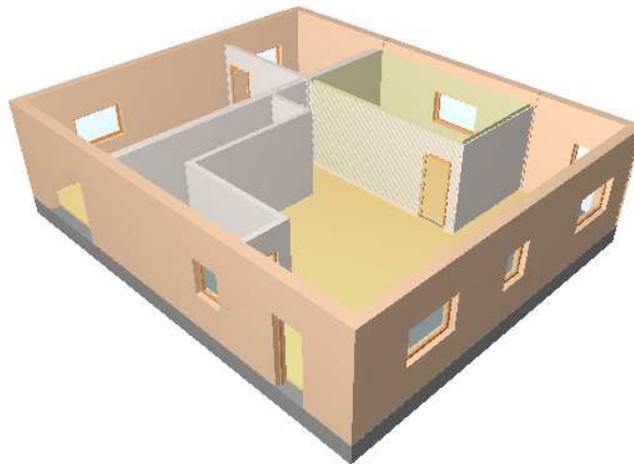
A continuación se muestra la distribución de cada planta de la vivienda:

### PLANTA BAJA:

En ella se accede al interior de la vivienda y al garaje. Dicha planta está formada por el salón / comedor, la cocina, el garaje y la sala donde se ubican las máquinas. La puerta principal tiene acceso al salón, y desde dicho recinto se podrá acceder a los demás recintos de la planta. Desde el garaje también se puede acceder al interior de la planta. En el salón están situadas las escaleras con las que se accede a la primera planta.

A continuación se muestra una tabla que contiene la superficie útil de cada recinto de la planta baja. También se muestra la imagen capturada con el programa CYPE-Instalaciones del edificio para ver reflejada como queda la distribución de la planta baja vista en 3D:

<i>RECINTO</i>	<i>SUPERFICIE ÚTIL</i> <i>(m<sup>2</sup>)</i>
Salón / Comedor	47,2
Cocina	15,7
Escaleras	10,9
Garaje	22,9
Sala de máquinas	10,5



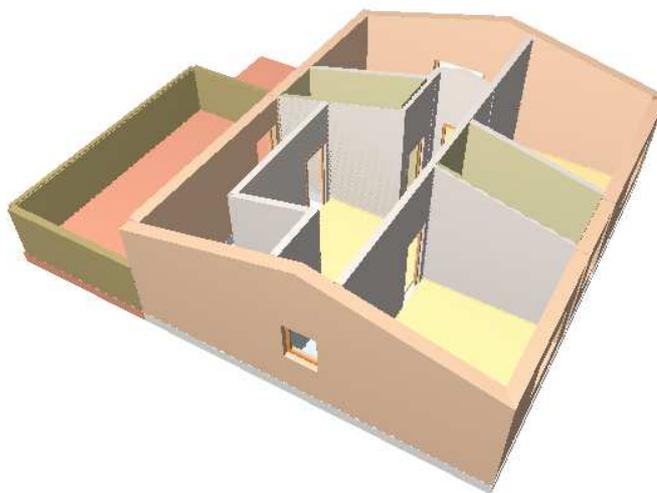
Captura 4. Vista 3D de la planta baja.

PLANTA PRIMERA:

Al subir las escaleras situadas en la planta baja que dan acceso a la primera planta nos encontramos con dos puertas, una que da a la terraza y otra al distribuidor para acceder a los distintos recintos de la primera planta. Existe separación para evitar corrientes de aire según a donde se quiera acceder, es decir que si se quiere acceder tanto a la terraza como a la primera planta se dispone de acceso directo. La primera planta esa formada por un distribuidor que también se puede usar como recinto de estudio el cual da acceso a tres dormitorios (uno de ellos doble), un aseo y un baño. La terraza está dividida en dos partes, ya que como más adelante se verá, se ha dispuesto una parte para la instalación del captador solar térmico.

A continuación se muestra una tabla que contiene la superficie útil de cada recinto de la planta baja. También se muestra la imagen capturada con el programa CYPE-Instalaciones del edificio para ver reflejada como queda la distribución de la planta baja vista en 3D:

<i>RECINTO</i>	<i>SUPERFICIE ÚTIL (m<sup>2</sup>)</i>
Dormitorio1	13,1
Dormitorio2	12,6
Dormitorio3	11,8
Aseo	4,2
Baño	5
Distribuidor	15,6
Escaleras	9,2
Terraza	25,1



Captura 5. Vista 3D de la primera planta.

### 1.2.3. CONDICIONES DE DISEÑO

Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E), las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD).

Se usarán las condiciones interiores de diseño que aparecen en la instrucción técnica IT 1.1 Exigencia de bienestar e higiene.

<i>Estación</i>	<i>Temperatura operativa °C</i>	<i>Humedad relativa %</i>
Verano	23...25	45..60
Invierno	21...23	40...50

### 1.2.4. REGIMEN DE UTILIZACIÓN

La vivienda unifamiliar que se estudia en el presente proyecto, dispone de un régimen de utilización continuo, ya que se trata de una vivienda con residencia habitual. Esto quiere decir que se dispone de calefacción para invierno y de refrigeración para verano. También se dispone de A.C.S. durante todo el año.

## 1.3. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

### 1.3.1. INTRODUCCIÓN

En el artículo 15.1 de la parte I del Código Técnico de la edificación, se establece la exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética. Dicha exigencia se aplica a los edificios de nueva construcción, como es nuestro caso, y estipula que los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano e invierno, así como por sus características de aislamiento.

### 1.3.2. ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA

Para la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra (A, B, C, D, E), correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados. La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se obtiene de la tabla D.1 que aparece en el apéndice D zonas climáticas de la sección HE 1 Limitación de demanda energética del C.T.E. Como queda reflejado en los cálculos del documento 2, en el apartado 2.1. del presente proyecto, nuestra vivienda unifamiliar se sitúa en la zona climática D1.

### 1.3.3. DEMANDA ENERGÉTICA

Sabiendo que la vivienda unifamiliar se corresponde con la zona climática D1, la demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica, sean los valores límites establecidos en la tabla 2.2. valores límite de los parámetros característicos medios que aparecen en el apartado 2.1 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética.

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 del apartado 2.1 del DB HE 1, en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con <i>espacios no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m  
<sup>(2)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos  
<sup>(3)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Las particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a 1,2 W/m<sup>2</sup>K.

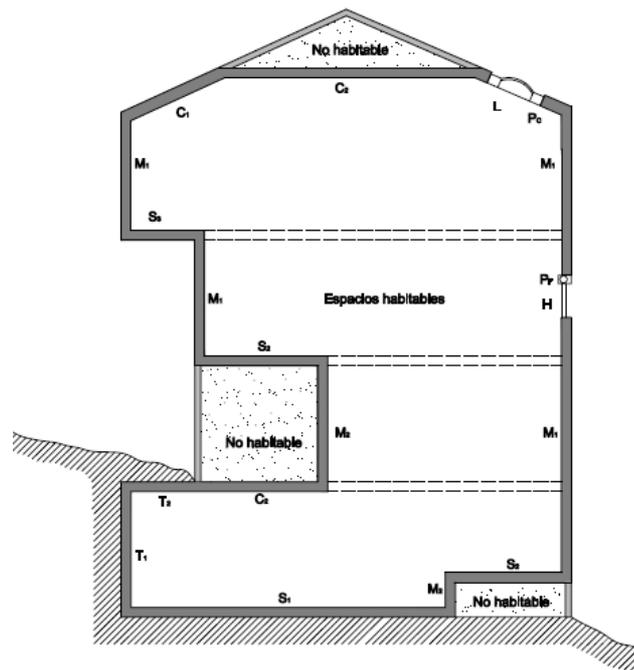
### 1.3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

El Documento Básico HE 1: Limitación de demanda energética (C.T.E.) clasifica los espacios interiores de los edificios en espacios habitables y espacios no habitables. Los espacios habitables se clasifican en espacios con carga interna baja y espacios con carga interna alta, en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio. A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se clasifican en espacios de clase de higrometría 5, 4 y 3 o inferior, según el exceso de humedad interior. La vivienda unifamiliar que estudia este proyecto trata de una vivienda con uso residencial por lo que se clasificaría dentro de los siguientes espacios:

- Espacios con carga interna baja: espacios en los que se disipa poco calor, destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente.
- Espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales.

### 1.3.5. DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO Y CLASIFICACIÓN DE SUS COMPONENTES

La envolvente térmica del edificio, como muestra la siguiente figura que aparece en el Documento Básico HE 1: Limitación de demanda energética, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.



Esquema de envolvente térmica de un edificio

Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:

- a) cubiertas, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a  $60^\circ$  respecto a la horizontal.
- b) suelos, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable.
- c) fachadas, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a  $60^\circ$  respecto a la horizontal. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario.
- d) medianerías, comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.

e) cerramientos en contacto con el terreno, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.

f) particiones interiores, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

Los cerramientos de los espacios habitables se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:

a) cerramientos en contacto con el aire:

- i. parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados.
- ii. parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.

b) cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes:

- i. suelos en contacto con el terreno.
- ii. muros en contacto con el terreno.
- iii. cubiertas enterradas.

c) particiones interiores en contacto con espacios no habitables, clasificados según los tipos siguientes:

- i. particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias).
- ii. suelos en contacto con cámaras sanitarias.

Para la introducción de los cerramientos y particiones interiores que componen la vivienda unifamiliar, se va a utilizar el software CYPE- Instalaciones del edificio. En la pestaña de Aislamiento de dicho software nos permite introducir los distintos elementos constructivos que lo componen, a partir de los planos de la vivienda. Dichos elementos constructivos forman parte de la biblioteca del software para conseguir un aislamiento de gran calidad y así poder conseguir una menor demanda energética. La descripción de materiales y elementos constructivos que componen la vivienda quedan detallados en el documento 2: Cálculos. También quedan detallados en dicho documento la transmitancia térmica resultante.

### 1.3.6. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS

#### 1.3.6.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior

La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = 1 / R_T$$

Siendo  $R_T$  la resistencia térmica total del componente constructivo [ $m^2 K/ W$ ].

La resistencia térmica total  $R_T$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo:

- $R_1, R_2 \dots R_n$  las resistencias térmicas de cada capa definidas [ $m^2 \text{ K/W}$ ].
- $R_{si}$  y  $R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $m^2 \text{ K/W}$ ].

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = e / \lambda$$

Siendo:

- $e$  el espesor de la capa [m].
- $\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [ $\text{W/m K}$ ].

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla E.2 del DB HE 1, Apéndice E.1.1 en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en  $m^2 \text{ K/W}$

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

### 1.3.6.2. Cerramientos en contacto con el terreno

La transmitancia térmica  $U_s$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) se obtendrá de la tabla E.3 del DB HE 1, en función del ancho  $D$  de la banda de aislamiento perimétrico, de la resistencia térmica del aislante  $R_a$  calculada mediante la expresión  $R = e / \lambda$ , y la longitud característica  $B'$  de la solera o losa. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se define la longitud característica  $B'$  como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = [A / \frac{1}{2} P]$$

Siendo:

- $P$  la longitud del perímetro de la solera [m].
- $A$  el área de la solera [ $m^2$ ].

Tabla E.3 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$ 

B'	$R_a$ 0,00	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		$R_a$ ( $m^2 K/W$ )					$R_a$ ( $m^2 K/W$ )					$R_a$ ( $m^2 K/W$ )				
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

### 1.3.6.3. Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \times b$$

Siendo:

- $U_p$ : la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable
- $b$ : el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en  $m^2KW$ 

Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

El coeficiente de reducción de temperatura  $b$  para espacios adyacentes no habitables (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta en función de la situación del aislamiento térmico, del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento ( $A_{iu}/A_{ue}$ ). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido:

- CASO 1 espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3.
- CASO 2 espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

$A_{iu}/A_{ue}$	No aislado <sub>ue</sub> -Aislado <sub>iu</sub>		No aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>		Aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

El coeficiente de reducción de temperatura b, para el resto de espacios no habitables, se define mediante la siguiente expresión:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

Siendo:

- $H_{ue}$ : el coeficiente de pérdida del espacio no habitable hacia el exterior [W/m].
- $H_{iu}$ : el coeficiente de pérdida del espacio habitable hacia el espacio no habitable [W/m].

Los coeficientes  $H_{ue}$  y  $H_{iu}$  incluyen las pérdidas por transmisión y por renovación de aire. Se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$$H_{ue} = \sum U_{ue}A_{ue} + 0,34Q_{ue}$$

$$H_{iu} = \sum U_{iu}A_{iu} + 0,34Q_{iu}$$

Siendo:

- $U_{ue}$  la transmitancia térmica del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior [W/m<sup>2</sup>K].
- $U_{iu}$  la transmitancia térmica del cerramiento del espacio habitable en contacto con el no habitable [W/m<sup>2</sup>K].
- $A_{iu}$  el área del cerramiento del espacio habitable en contacto con el no habitable.
- $A_{ue}$  el área del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior

#### 1.3.6.4. Huecos

La transmitancia térmica de los huecos  $U_H$  (W/m<sup>2</sup> K) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = [(1 - FM) \times U_{H,v}] + (FM \times U_{H,m})$$

Siendo:

- $U_{H,v}$  la transmitancia térmica de la parte semitransparente [W/m<sup>2</sup>K].
- $U_{H,m}$  la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [W/m<sup>2</sup>K].
- FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

## 1.3.7. DOCUMENTACIÓN JUSTIFICATIVA

Según el Documento Básico HE 1: Limitación de demanda energética, en la memoria del proyecto se justificará el cumplimiento de las condiciones que se establecen en esta Sección mediante las fichas justificativas del cálculo de los parámetros característicos medios y los formularios de conformidad, para la zona habitable de baja carga interna y la de alta carga interna del edificio.

A continuación se adjuntan las fichas justificativas sacadas con el programa CYPE-Instalaciones del edificio en su pestaña Aislamiento, después de haber calculado y comprobado que cumple con la normativa vigente.

## Fichas justificativas de la opción simplificada

## Ficha 1: Cálculo de los parámetros característicos medios

<b>ZONA CLIMÁTICA</b>	<b>D1</b>	<b>Zona de baja carga interna</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Zona de alta carga interna</b>	<input type="checkbox"/>
-----------------------	-----------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------

<b>Muros (<math>U_{Mm}</math>) y (<math>U_{Tm}</math>)</b>					
<b>Tipos</b>		<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>A · U (W/K)</b>	<b>Resultados</b>
<b>N</b>	CV 1/2 pie y fábrica_1	41.47	0.45	18.87	$\Sigma A = 41.47 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 18.87 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>E</b>	Tabique LP y doble PD (b = 0.97)	23.28	0.27	6.39	$\Sigma A = 46.32 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 17.02 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.37 \text{ W/m}^2\text{K}$
	CV 1/2 pie y fábrica_3	23.04	0.46	10.62	
<b>O</b>	CV 1/2 pie y fábrica_1	42.94	0.45	19.54	$\Sigma A = 42.94 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 19.54 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>S</b>	CV 1/2 pie y fábrica_1	39.96	0.45	18.18	$\Sigma A = 39.96 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 18.18 \text{ W/K}$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$

<b>Suelos (<math>U_{Sm}</math>)</b>					
<b>Tipos</b>		<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>A · U (W/K)</b>	<b>Resultados</b>
Losas de cimentación (B' = 5.6 m)		10.90	0.42	4.60	$\Sigma A = 73.80 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 31.12 \text{ W/K}$ $U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.42 \text{ W/m}^2\text{K}$
Losas de cimentación - Entarimado tradicional sobre rastreles (B' = 5.6 m)		47.17	0.42	19.89	
Losas de cimentación - Solado de baldosas cerámicas colocadas con adhesivo (B' = 5.6 m)		15.73	0.42	6.63	

<b>Cubiertas y lucernarios (<math>U_{Cm}</math>, <math>F_{Lm}</math>)</b>				
Tipos	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	A · U (W/K)	Resultados
Techo suspendido continuo - C.I. Inv Teja FU Aisl (Forjado unidireccional)	73.41	0.24	17.72	$\Sigma A = 73.41 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 17.72 \text{ W/K}$ $U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$

<b>Huecos (<math>U_{Hm}</math>, <math>F_{Hm}</math>)</b>				
Tipos	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	A · U (W/K)	Resultados
<b>N</b> Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4	1.60	3.18	5.09	$\Sigma A = 1.60 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 5.09 \text{ W/K}$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U$ $U / \Sigma A = \text{W/m}^2\text{K}$

<b>E</b>	Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4	0.8 0	3.1 8	0.2 4	2.54	0.1 9	$\Sigma A = 0.80 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 2.54 \text{ W/K}$ $\Sigma A \cdot F = 0.19 \text{ m}^2$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U$ $/ \Sigma A = \text{W/m}^2\text{K}$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F$ $/ \Sigma A = 0.24$
<b>O</b>	Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4	6.0 0	3.0 4	0.2 5	18.2 4	1.5 0	$\Sigma A = 7.60 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 23.33$ $\text{W/K}$ $\Sigma A \cdot F = 1.88 \text{ m}^2$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U$ $/ \Sigma A = \text{W/m}^2\text{K}$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F$ $/ \Sigma A = 0.25$
	Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4	1.6 0	3.1 8	0.2 4	5.09	0.3 8	
<b>S</b>	Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4	3.0 0	3.0 4	0.2 0	9.12	0.6 0	$\Sigma A = 3.00 \text{ m}^2$ $\Sigma A \cdot U = 9.12 \text{ W/K}$ $\Sigma A \cdot F = 0.60 \text{ m}^2$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U$ $/ \Sigma A = \text{W/m}^2\text{K}$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F$ $/ \Sigma A = 0.20$

## Ficha 2: Conformidad. Demanda energética

<b>ZONA CLIMÁTICA</b> D1	Zona de baja carga interna	<input checked="" type="checkbox"/> Zona de alta carga interna	<input type="checkbox"/>
--------------------------	----------------------------	--	--------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\text{máx}(\text{proyecto})}^{(1)}$	$U_{\text{máx}}^{(2)}$
Muros de fachada	0.46 W/m <sup>2</sup> K ≤ 0.86 W/m <sup>2</sup> K	
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	0.57 W/m <sup>2</sup> K ≤ 0.86 W/m <sup>2</sup> K	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0.27 W/m <sup>2</sup> K ≤ 0.86 W/m <sup>2</sup> K	
Suelos	0.42 W/m <sup>2</sup> K ≤ 0.64 W/m <sup>2</sup> K	
Cubiertas	0.24 W/m <sup>2</sup> K ≤ 0.49 W/m <sup>2</sup> K	
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	3.18 W/m <sup>2</sup> K ≤ 3.50 W/m <sup>2</sup> K	
Medianerías	[ ]	≤ 1.00 W/m <sup>2</sup> K
Particiones interiores (edificios de viviendas) <sup>(3)</sup>	[ ]	≤ 1.20 W/m <sup>2</sup> K

Muros de fachada		Huecos				
	$U_{\text{Mm}}^{(4)}$	$U_{\text{Mlim}}^{(5)}$	$U_{\text{Hm}}^{(4)}$	$U_{\text{Hlim}}^{(5)}$	$F_{\text{Hm}}^{(4)}$	$F_{\text{Hlim}}^{(5)}$
N	0.45 W/m <sup>2</sup> K ≤	0.66 W/m <sup>2</sup> K	3.18 W/m <sup>2</sup> K ≤	3.50 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	[ ]
E	0.37 W/m <sup>2</sup> K ≤	0.66 W/m <sup>2</sup> K	3.18 W/m <sup>2</sup> K ≤	3.50 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ [ ]
O	0.45 W/m <sup>2</sup> K ≤	0.66 W/m <sup>2</sup> K	3.07 W/m <sup>2</sup> K ≤	3.50 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ [ ]
S	0.45 W/m <sup>2</sup> K ≤	0.66 W/m <sup>2</sup> K	3.04 W/m <sup>2</sup> K ≤	3.50 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ [ ]
SE	[ ]	≤ 0.66 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ 3.50 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ [ ]
SO	[ ]	≤ 0.66 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ 3.50 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ [ ]

Cerr. contacto terreno		Suelos		Cubiertas y lucernarios		Lucernarios	
$U_{\text{Tm}}^{(4)}$	$U_{\text{Mlim}}^{(5)}$	$U_{\text{Sm}}^{(4)}$	$U_{\text{Slim}}^{(5)}$	$U_{\text{Cm}}^{(4)}$	$U_{\text{Clim}}^{(5)}$	$F_{\text{Lm}}^{(4)}$	$F_{\text{Llim}}^{(5)}$
[ ]	≤ 0.66 W/m <sup>2</sup> K	0.42 W/m <sup>2</sup> K ≤	0.49 W/m <sup>2</sup> K	0.24 W/m <sup>2</sup> K ≤	0.38 W/m <sup>2</sup> K	[ ]	≤ 0.36

(1)  $U_{\text{máx}(\text{proyecto})}$  corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en el proyecto.

(2)  $U_{\text{máx}}$  corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.

(3) En edificios de viviendas,  $U_{\text{máx}(\text{proyecto})}$  de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.

(4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.

(5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

**Ficha 3: Conformidad. Condensaciones**

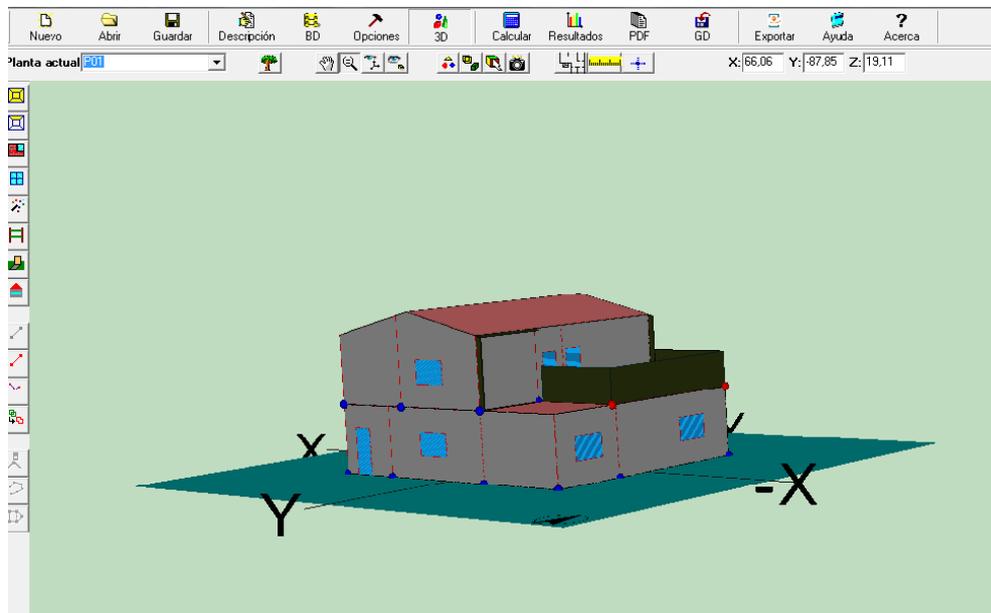
<b>Cerramientos, particiones interiores, puentes térmicos</b>								
<b>Tipos</b>	<b>C. superficiales</b>		<b>C. intersticiales</b>					
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	<b>Capa 1</b>	<b>Capa 2</b>	<b>Capa 3</b>	<b>Capa 4</b>	<b>Capa 5</b>
CV 1/2 pie y fábrica_1	$f_{Rsi}$	0.89	$P_n$	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
Tabique LP y doble PD	$f_{Rsi}$	0.93	$P_n$	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
CV 1/2 pie y fábrica_1	$f_{Rsi}$	0.89	$P_n$	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
Tabique LP y doble PD	$f_{Rsi}$	0.93	$P_n$	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
CV 1/2 pie y fábrica_3	$f_{Rsi}$	0.88	$P_n$	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
Techo suspendido continuo - C.I. Inv Teja FU Aisl (Forjado unidireccional)	$f_{Rsi}$	0.94	$P_n$	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
CV 1/2 pie y fábrica_3	$f_{Rsi}$	0.88	$P_n$	Elemento exento de comprobación (punto 4, apartado 3.2.3.2, CTE DB HE 1)				
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
Puente térmico en esquina saliente de cerramiento	$f_{Rsi}$	0.84	$P_n$					
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
Puente térmico entre cerramiento y cubierta	$f_{Rsi}$	0.72	$P_n$					
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
Puente térmico entre cerramiento y solera	$f_{Rsi}$	0.75	$P_n$					
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					
Puente térmico entre cerramiento y forjado	$f_{Rsi}$	0.76	$P_n$					
	$f_{Rmin}$	0.64	$P_{sat,n}$					

### 1.3.8. COMPROBACIÓN DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

El método de cálculo de la opción general se formaliza a través de un programa informático oficial o de referencia que realiza de manera automática la comprobación de la demanda energética. La versión oficial de este programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, LIDER, y tiene la consideración de Documento Reconocido del CTE, estando disponible al público para su libre utilización.

A través del programa CYPE-Instalaciones del edificio en la pestaña de Aislamiento donde hemos introducido todos los elementos constructivos que componen la vivienda, me permite exportar la obra realizada automáticamente al programa de cálculo LIDER.

A continuación se muestra una imagen de la vivienda unifamiliar capturada del programa LIDER.



La exportación a LIDER incluye todos los datos necesarios para calcular el edificio: descripción geométrica, parámetros climáticos y geográficos del municipio seleccionado, condiciones interiores de los espacios, descripción completa de los diferentes elementos constructivos (cerramientos, tabiquería, forjados, ventanas, etc.).

LIDER es el programa de cálculo patrocinado por el Ministerio de la Vivienda para la verificación de la opción general.

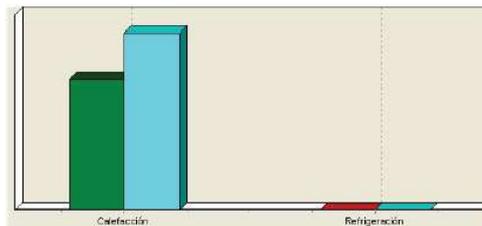
Los resultados que se obtienen de la exportación de la vivienda al programa LIDER, se encuentran en el apartado 2.5. del Documento 2: Cálculos de este proyecto.

Al comparar con el edificio de referencia en LIDER se obtiene la siguiente demanda:

## 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE 1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	73,9	0
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,0	0,0



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1.2 W/m<sup>2</sup>K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

De acuerdo con el punto 3.3.1.3.1. en el apartado a) del DB HE 1, las demandas energéticas de la envolvente térmica del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son ambas inferiores a las del edificio de referencia. Por régimen de calefacción se entiende, 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 el edificio objeto 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. Por ese motivo se ignora el cumplimiento de la demanda de referencia y el programa LIDER nos da un valor igual a cero.

### 1.3.9. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

El módulo Certificación energética Opción simplificada, integrado en la solapa Aislamiento del programa CYPE- Instalaciones del edificio, está concebido para verificar el cumplimiento del documento reconocido Procedimiento simplificado para la certificación de eficiencia energética de edificios de vivienda - Ce2 Simplificado Viviendas-. Este procedimiento permite alcanzar calificaciones energéticas D, C, B y A en proyecto, sin necesidad de calcular el edificio en CALENER VYP.

Para poder comprobar la certificación energética de la vivienda mediante la opción simplificada es necesario tener definidos sus elementos constructivos y sus recintos.

Los resultados obtenidos con dicho programa se muestran en el apartado 2.11. del Documento2: Cálculo, de este proyecto.

A continuación se muestra el resultado de la calificación energética:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA		
Indicador de eficiencia energética global	Valor	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
IEE <sub>G</sub>	0.79	C

A	IEE < 0.41
B	0.41 ≤ IEE < 0.63
C	0.63 ≤ IEE < 0.94
D	0.94 ≤ IEE < 1.40
E	1.40 ≤ IEE

## 1.4. CARGAS TÉRMICAS DEL EDIFICIO

### 1.4.1. INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de las cargas térmicas se ha utilizado el programa CYPE-instalaciones del edificio, en el módulo de climatización.

El módulo Climatización realiza un complejo cálculo de cargas térmicas del edificio con el objeto de lograr un acondicionamiento correcto por medio de las funciones de transferencia. El cálculo de cargas tiene en cuenta la geometría solar y la radiación solar a cualquier hora y en cualquier situación geográfica. De este modo, la aproximación a la realidad de la temperatura sol-aire es mayor. Tanto las cargas de ocupación e iluminación como la transmisión a través de los huecos y cerramientos tienen un cálculo que permite simular la inercia térmica real de la carga térmica de los recintos.

El programa efectúa los siguientes cálculos:

- Carga térmica máxima de refrigeración para todos los recintos descritos en la obra.
- Carga térmica simultánea máxima de refrigeración para todos los conjuntos de recintos descritos. De este modo, se permite un mayor ajuste en la selección del equipo.
- Caudal de aire necesario para climatizar los recintos.
- Carga térmica máxima de calefacción.
- Carga térmica simultánea máxima de calefacción.

### 1.4.2. CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN

En la época de demanda de frío se prevé la existencia de cargas térmicas sensibles, debidas a la diferencia de temperatura y a la radiación térmica, y cargas latentes, debidas a la aportación de humedad al aire.

#### 1.4.2.1. Cargas sensibles

##### 1.4.2.1.1. Cargas por transmisión a través de cerramientos opacos

Esta carga térmica por transmisión se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = K \times S \times DTE$$

Siendo:

- Q la carga térmica por transmisión (kcal/h)
- K el coeficiente global de transmisión de calor del muro (kcal/h m<sup>2</sup> °C)
- S la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas en m<sup>2</sup>.
- DTE la diferencia de temperaturas, corregida según la orientación del muro y su peso.

#### 1.4.2.1.2. Cargas por transmisión a través de cerramientos traslucidos

La carga térmica por transmisión a través de cerramientos traslucidos no se corrige en función de la orientación dado que la radiación solar se cuantifica como carga aparte. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = K \times S \times \Delta T$$

Siendo:

- Q la carga térmica por transmisión (kcal/h)
- K el coeficiente global de transmisión de calor del muro (kcal/h m<sup>2</sup> °C)
- S la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas en m<sup>2</sup>.
- Δt la diferencia de temperaturas entre la cara exterior del cerramiento y la cara interior.

#### 1.4.2.1.3. Cargas térmicas por radiación solar

La radiación solar atraviesa las superficies traslucidas y transparentes e incide sobre las superficies interiores de los locales, calentándolas, lo que a su vez incrementa la temperatura del ambiente interior.

Las cargas por radiación se obtienen con la siguiente fórmula:

$$Q = S \times R \times f$$

Siendo:

- Q la carga térmica por radiación solar (kcal/h)
- S la superficie traslucida expuesta a la radiación en m<sup>2</sup>.
- R la radiación solar que atraviesa un vidrio sencillo en kcal/h·m<sup>2</sup>, tabulada para cada latitud.
- f el factor de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio, efecto de sombras, etc...

#### 1.4.2.1.4. Carga sensible por ventilación o infiltración de aire exterior

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = V \times 0,29 \times \Delta t$$

Siendo:

- Q la carga térmica sensible por ventilación o infiltración (kcal/h)
- V el caudal de aire infiltrado o de ventilación (m<sup>3</sup>/h)
- 0,29 el calor específico del aire en base al volumen (kcal/m<sup>3</sup> °C)
- Δt es la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el interior (°C).

#### 1.4.2.1.5. Carga sensible por ocupación del local

Esta carga se determina multiplicando una valoración del calor sensible emitido por la persona tipo por el número de ocupantes previstos para el local. La cantidad de calor emitido por persona se obtiene de una tabla.

#### 1.4.2.2. Cargas latentes

##### 1.4.2.2.1. Carga latente por ventilación o infiltración de aire exterior

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = V \times 0,72 \times \Delta w$$

Siendo:

- Q la carga térmica latente por ventilación o infiltración de aire (kcal/h)
- V el caudal de aire infiltrado o de ventilación (m<sup>3</sup>/h)
- 0,72 el producto de la densidad estándar del aire (1,2 kg/m<sup>3</sup>) por el calor latente de vaporización del agua (0,6 kcal/g).
- Δw la diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior y el interior (°C).

##### 1.4.2.2.2. Carga latente por ocupación del local

Esta carga se determina multiplicando una valoración del calor latente emitido por la persona tipo por el número de ocupantes previstos para el local. La cantidad de calor emitido por persona se obtiene de una tabla.

#### 1.4.2.3. Carga total de refrigeración

A continuación se muestra el total de la carga térmica para refrigeración de la vivienda unifamiliar calculada con el programa CYPE – Instalaciones del edificio. En el apartado 2.6.2.1. del documento 2: Cálculos de este proyecto aparecen todos los cálculos de las cargas para refrigeración de cada recinto.

<b>Refrigeración</b>		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
unifamiliar	22.9	4086.5

### 1.4.3. CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN

El método para el cálculo de las necesidades de calefacción utilizado contempla la existencia de dos cargas térmicas, la carga térmica por transmisión de calor a través de los cerramientos hacia los locales no climatizados o el exterior, y la carga térmica por enfriamiento de los locales por la ventilación e infiltración de aire exterior en los mismos.

#### 1.4.3.1. Carga térmica por transmisión

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = C_o \times C_i \times K \times S \times (t_{\text{interior}} - t_{\text{exterior}})$$

Siendo:

- Q la carga térmica por transmisión (kcal/h)
- C<sub>o</sub> el coeficiente de orientación del muro
- C<sub>i</sub> el coeficiente de intermitencia de la instalación
- K el coeficiente global de transmisión de calor del muro (kcal/h m<sup>2</sup> °C)
- S la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas en m<sup>2</sup>.
- t<sub>interior</sub> la temperatura proyectada en el local calefactado (°C)
- t<sub>exterior</sub> es la temperatura del exterior o local no calefactado

El coeficiente de orientación es un factor adimensional empleado para tener en cuenta la ausencia de radiación solar y la presencia de vientos dominantes sobre los muros, en función de su orientación. En los muros de separación con otros locales o en los cerramientos no verticales no se tiene en cuenta. El coeficiente de intermitencia es un coeficiente de seguridad.

#### 1.4.3.2. Carga térmica por ventilación o infiltración de aire exterior

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = V \times N \times 0,29 \times (t_{\text{interior}} - t_{\text{exterior}})$$

Siendo:

- V el volumen del local a calefactor (m<sup>3</sup>)
- N el número de renovaciones horarias (1/h)
- 0,29 el calor específico del aire en base al volumen (kcal/m<sup>3</sup> °C)
- t<sub>interior</sub> la temperatura proyectada en el local calefactado (°C)
- t<sub>exterior</sub> es la temperatura del aire exterior (°C)

El número de renovaciones horarias a utilizar dependerá de la ventilación con la que dotemos al local, como mínimo deberemos emplear una renovación por hora, y en caso de que contemos con ventilación según DB-HS, el valor vendrá condicionado por la superficie o el caudal de dicha ventilación.

## 1.4.3.3. Carga total de calefacción

A continuación se muestra el total de la carga térmica para calefacción de la vivienda unifamiliar calculada con el programa CYPE – Instalaciones del edificio. En el apartado 2.6.2.2. del documento 2: Cálculos de este proyecto aparecen todos los cálculos de las cargas para calefacción de cada recinto.

<b>Calefacción</b>		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
unifamiliar	32.4	5788.1

## 1.5. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA:

### 1.5.1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

#### 1.5.1.1. Definición

La energía geotérmica se considera una energía renovable, y a diferencia de otras fuentes de energía renovables tiene su origen en la diferencia de altas temperaturas que existen en el interior de la tierra (desde los 15° de la superficie, hasta los 4000°C que rigen en el núcleo).

La energía geotérmica es la Energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie de la tierra", tal como lo define El Consejo Europeo de la Energía Geotérmica (EGEC).

El Instituto Geológico y Minero de España define la energía geotérmica como la "Fuente de energía renovable abundante, de explotación viable, técnica y económicamente, que evita emisiones de gases de efecto invernadero y cuya existencia en nuestro subsuelo está probada".

#### 1.5.1.2. Ventajas

La energía geotérmica presenta las siguientes ventajas:

- Costes anuales de energía muy bajos.
- Rápida amortización.
- Mantenimiento prácticamente nulo.
- Larga vida útil: el compresor de la bomba de calor, el elemento con mayor desgaste, tiene una vida útil de más de 16 años, y el intercambiador con el subsuelo de al menos 50 años.
- Ausencia de molestias producidas por ruidos o vibraciones.
- Funcionamiento totalmente automático: confort asegurado.
- Posibilidad de instalar refrescamiento en la vivienda con poca más inversión.
- Evita la dependencia económica del exterior, pues esta energía se recoge en el mismo lugar de la instalación.
- Larga vida: los materiales garantizan una prolongada vida útil con las mejores prestaciones.
- Evita molestias y riesgos producidos por el almacenamiento de combustible.
- No son necesarios grandes espacios para su instalación.
- Versatilidad: gracias a las diversas formas de instalación y captación pueden utilizarse en prácticamente cualquier instalación, tanto nueva como en renovación de otras existentes.
- Ofrecen amplias posibilidades de instalación: calefacción y refrescamiento, climatización de piscinas, producción de Agua Caliente Sanitaria; radiadores, suelo radiante, fan-coils.
- Posibilidad de ampliar la instalación en el futuro, y combinarla con otras energías renovables.
- Estética: diseño actual de los componentes; además, no hay partes de la instalación visibles en el exterior.

- Control del usuario de la temperatura de la vivienda.
- Poca influencia de la subida del precio de las energías.

## 1.5.2. BOMBA DE CALOR

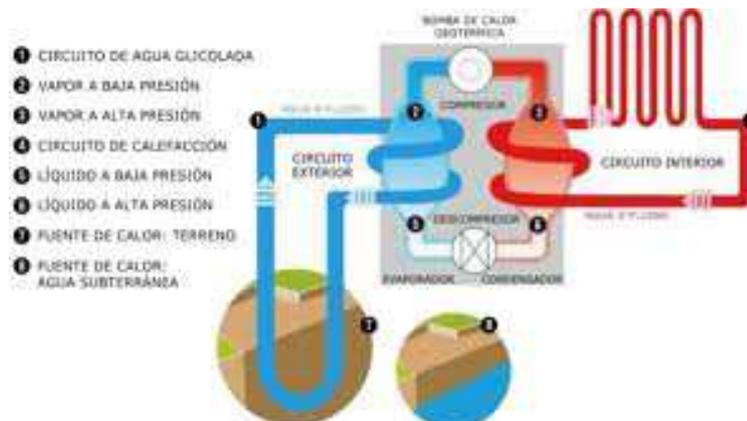
### 1.5.2.1. Definición

Una bomba de calor es un sistema reversible que puede suministrar calor o frío, a partir de una fuente externa cuya temperatura es inferior o superior a la del local a calentar o refrigerar, utilizando para ello una cantidad de esfuerzo eléctrico comparativamente pequeña.

En ciclo de refrigeración, el sistema disipa el calor del refrigerante en un intercambiador exterior (el condensador) y absorbe el calor del local a través de un intercambiador interior (el evaporador).

Cuando el sistema trabaja en ciclo de calefacción, el intercambiador exterior pasa a funcionar como evaporador, mientras que el interior funciona como condensador.

A continuación se muestra el funcionamiento de una bomba de calor trabajando en ciclo de calefacción:



Bomba de calor geotérmica.

La eficiencia de una bomba de calor se mide por su coeficiente de rendimiento (COP). El rendimiento de las bombas de calor es del orden de entre 2,5 y 5, rendimiento que está muy por encima del de una caldera de combustible, por lo que, aunque la electricidad tiene un precio más elevado, estos equipos, en muchos casos, representan una alternativa más competitiva que la utilización de calderas para la producción del calor, dependiendo del coste del combustible utilizado.

### 1.5.2.2. Tipos de bomba de calor

Se clasifican en función del fluido del que toman el calor y del fluido al que lo ceden:

- Bombas de calor AIRE-AIRE: Toman el calor del aire exterior o del de extracción y calientan el aire interior o el de recirculación.
- Bombas de calor AIRE-AGUA: Toman el calor del aire y calientan agua, siendo el tipo más habitual en instalaciones hoteleras.

- Bombas de calor AGUA-AGUA: Son similares al tipo anterior, excepto que el calor se cede al agua, que se utiliza en radiadores a baja temperatura, fan-coils, o suelo radiante.
- Bombas de calor TIERRA-AIRE y TIERRA-AGUA: Aprovechan el calor del terreno. Son instalaciones que requieren realizar perforaciones en el terreno.

Las bombas de calor ofrecen una clara ventaja en relación con el medio ambiente, si las comparamos con los equipos de calefacción convencionales. Las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por las calderas y bombas de calor a gas, dependen de la eficiencia energética de estos equipos y del tipo de combustible. En las bombas de calor eléctricas, la electricidad empleada para accionarlas lleva implícita la emisión de CO<sub>2</sub> en las centrales de generación eléctrica, además de las pérdidas por transporte y distribución de la energía eléctrica.

#### 1.5.2.3. Bomba de calor geotérmica

Una bomba de calor geotérmica es una bomba de calor, que mediante un fluido que circula por una sonda enterrada, absorbe o cede calor al subsuelo. Este tipo de bomba de calor tiene una eficiencia energética superior a la bomba de calor aire-aire o aire-agua, puesto que se beneficia de la característica que el suelo presenta una temperatura constante a lo largo de todo el año.

En verano esta diferencia se acentúa, ganando eficiencia de la bomba de calor cuando trabaja en modo refrigeración, ya que mantener la temperatura de confort de 24°C en verano desde los 17°C del subsuelo tiene un coste menor que hacerlo desde los 30 – 40°C del aire exterior.

Otra ventaja es que al realizar el intercambio de calor de forma óptima, mediante un fluido y no mediante un gas como el aire, se incrementa la eficiencia de la bomba de calor geotérmica

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

$$\text{COP} = \text{Calor} / \text{Potencia Eléctrica Consumida}$$

La potencia eléctrica consumida es la que se realiza en el compresor de la máquina. Si una máquina tiene un COP de 4 significaría que aportamos 4 kW térmicos por cada kW de la red consumido

#### 1.5.2.4. Elección de la bomba

Como medida básica de ahorro, eficiencia energética y de respeto con el medioambiente se va a implantar en la vivienda unifamiliar un sistema de climatización mediante bomba de calor geotérmica.

Este sistema presenta ventajas añadidas respecto a los sistemas de climatización tradicionales permitiendo un ahorro energético y económico, a lo largo de todo el período de uso de la instalación.

Un sistema de climatización geotérmica disminuye considerablemente el consumo energético para climatización, presentando las siguientes ventajas:

- Ahorros energéticos respecto a las bombas de calor convencionales de, aproximadamente, un 50%.
- No necesitan torres de refrigeración.
- Integración arquitectónica, ya que el sistema de bomba de calor irá ubicado en un recinto cerrado como un sótano, sin necesidad de elementos exteriores visibles en la fachada o cubierta.
- Alta durabilidad del sistema, entre 25 y 50 años, debido, entre otros factores, a que la vida de la bomba de calor, uno de los elementos más caros de la instalación, no se encuentra a la intemperie.
- Bajo mantenimiento, en comparación con los sistemas convencionales.
- Disminución de los ruidos asociados al funcionamiento de las bombas de calor al no existir compresores externos.

### 1.5.3. DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

#### 1.5.3.1 Análisis del edificio a climatizar

Utilizando el programa CYPE – Instalaciones del edificio, se analiza el edificio estancia por estancia, calculando las pérdidas en función de los materiales constructivos y del uso que se va a hacer del mismo, obteniendo de esta manera la carga y la demanda térmica del edificio. Las necesidades térmicas quedan definidas en este punto con los parámetros tipo de un sistema climatización al uso.

Por lo tanto la carga térmica de refrigeración total de la vivienda es de **4,75 kW** y la carga térmica de calefacción total de la vivienda es de **6,73 kW**.

#### 1.5.3.2. Selección del sistema geotérmico.

Los sistemas que unen el subsuelo con la bomba se clasifican en dos tipos:

- Abiertos: En los que el agua subterránea es extraída de un pozo mediante una bomba, captando su calor.



Aprovechamiento mediante agua subterránea.

- Cerrados: Sondas geotérmicas funcionando como intercambiadores enterrados con un fluido caloportador en su interior que transfiere energía del subsuelo a la bomba y viceversa.

Dentro de los sistemas cerrados se distinguen dos tipos:

- Horizontales: La recarga térmica de estos sistemas la realiza principalmente la energía solar al incidir sobre la superficie terrestre. A una profundidad del terreno de entre 1 – 1,5 m, se sitúan los circuitos de tubo plástico. Gracias al bombeo y recirculación del fluido refrigerante se capta el calor del terreno. Es el más sencillo de instalar pero hay que disponer de considerable espacio para instalarlo.



Captador en superficie.

- Verticales: Poseen captadores verticales que ocupan menor espacio optimizando al máximo el área disponible. Los captadores están ubicados en perforaciones consiguiendo una temperatura constante durante todo el año. A través de una perforación practicada en el terreno se introduce una sonda geotérmica de tubo plástico. Por medio de la recirculación del fluido refrigerante se absorbe el calor del terreno circundante.



Captación vertical.

El sistema cerrado mediante sondas geotérmicas es el elegido para instalar en la vivienda unifamiliar. Esta elección es debida a que la opción de perforación vertical es la que obtiene el mayor rendimiento del terreno, debido a la estabilidad de la temperatura del terreno a profundidades superiores a los 10 metros y permitiendo un máximo ahorro de espacio.

#### 1.5.3.3. Análisis geológico del terreno

En la selección del sistema óptimo para un edificio determinado se han de considerar las características geológicas e hidrogeológicas del subsuelo, superficie y posibilidad de uso en zonas superficiales en determinados casos. Consideraremos el subsuelo del terreno donde se van a instalar las sondas geotérmicas, como ya se explica en el apartado 2.7.2. del Documento 2: Cálculos de este proyecto, como un subsuelo normal.

#### 1.5.3.4. Configuración del sistema de captación.

En la configuración de la captación se selecciona:

- Tipo de sonda a utilizar, bien coaxial o bien en U.
- Profundidad de las sondas.
- Separación entre perforaciones.
- Sección de las perforaciones.
- Características de material de fabricación sonda.
- Material de relleno.

### 1.5.4. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

#### 1.5.4.1. Bomba de calor geotérmica

Es el elemento de la instalación encargado de transformar el calor absorbido por el agua del intercambiador enterrado en el suelo, en aumentar o disminuir la temperatura del agua del circuito secundario, para producir agua caliente o fría para calefacción o refrigeración según proceda. En este caso se ha elegido la bomba geotérmica tierra-agua de la marca VAILLANT modelo geoTHERM VWS 61/2. Dicha bomba tiene una potencia térmica de 6,9 kW y un índice de rendimiento COP de 4,7 con lo que es suficiente para cubrir el 100% de las cargas térmicas.

#### 1.5.4.2. Sonda geotérmica

La sonda geotérmica realiza el intercambio de calor entre el suelo y el fluido que circula por su interior (agua + anticongelante) que es impulsado por el circulador de la Bomba de Calor Geotérmica. Para esta instalación se utilizan sondas geotérmicas fabricadas con polietileno PE100, enterradas de la longitud adecuada al dimensionamiento geotérmico. Disponen de los correspondientes certificados de seguridad. Tienen un diámetro exterior de 32 mm y un espesor de pared de 2,9 mm.

#### 1.5.4.3. Conducciones horizontales exteriores

Son tuberías del mismo diámetro que las sondas geotérmicas por las que circula el fluido caloportador y que son instaladas desde el colector hasta la Bomba de Calor Geotérmica. Las uniones entre tuberías se realizan mediante soldadura térmica. En esta instalación se utilizan conducciones horizontales exteriores fabricadas con polietileno PE 100 con sus correspondientes certificados.

#### 1.5.4.4. Colector

Es el elemento de la instalación donde se conecta la sonda geotérmica con la conducción horizontal exterior y que a su vez se conecta a la bomba de calor geotérmica. Sirve de unión entre las sondas y la conexión horizontal exterior, y a su vez se conecta a la bomba de calor geotérmica. También se utiliza para regular las pérdidas de carga de la sonda geotérmica, en caso de haber más de una sonda, y de equilibrar el caudal de todos los circuitos de forma que la instalación funcione eficientemente. Se utiliza un distribuidor RAUGEO con dos circuitos para conectar dos sondas geotérmicas de la instalación.

### 1.5.5. SONDAS GEOTÉRMICAS

#### 1.5.5.1. Dimensionamiento de las sondas geotérmicas

El éxito de una instalación de climatización mediante bomba de calor geotérmica depende de un correcto dimensionamiento del binomio formado por la bomba de calor y el sistema de captación de energía ya que tendrá que existir un equilibrio entre ambos.

Por tanto uno de los parámetros más importantes en todo diseño de un sistema de captación de energía es la longitud total de captación o lo que es lo mismo, la longitud total de perforación que será necesario realizar. Dicha longitud vendrá determinada por la capacidad que tenga el terreno para transmitir la energía. La conductividad térmica del terreno es una propiedad física de los materiales presentes a lo largo de la perforación. Para instalaciones donde es necesario un gran número de perforaciones, es necesario tener el conocimiento exacto de la conductividad térmica del terreno ya que ello nos permitirá dimensionar de forma más precisa el campo de captación energético, asegurándonos de esta forma el correcto funcionamiento de todo el sistema de climatización.

Por ello se realiza un test de respuesta térmica, para realizar el estudio de conductividad de terreno.

Dicho estudio consta de:

- Determinación de la conductividad térmica efectiva del terreno
- Emplazamiento de las perforaciones geotérmicas
- Dimensionamiento de todo el sistema de captación
- Cálculo de las pérdidas de carga del campo de captación

En el caso de instalaciones de pequeñas dimensiones, con una potencia térmica de hasta 30 kW, no es necesario realizar el test de respuesta térmica, ya que basta con hacer un estudio de la geología presente de la zona.

En este caso, la Directriz 4640 de VDI señala unas sencillas reglas para el dimensionamiento. Esta norma marca unos valores de la capacidad térmica de sonda para instalaciones pequeñas inferiores a 30 kW y para longitudes máximas de sonda de 100 m. a partir de la consideración del subsuelo de la zona. Al considerar un subsuelo normal, el valor de la capacidad térmica es de 50 W/m. Calculando la potencia del evaporador de la bomba de calor que hemos escogido, se opera para obtener la longitud de la sonda. El resultado es que se deben realizar 2 perforaciones de 60 m cada una. Se pueden ver los cálculos realizados en el apartado 2.7.2.2. del documento 2: Cálculos de este proyecto.

#### 1.5.5.2. Instalación de las sondas geotérmicas

La instalación de las sondas geotérmicas se ha descrito en el documento 2: Cálculos de este proyecto.

A continuación se va a resumir los pasos a seguir en el montaje:

- Antes de desenrollarlas, comprobar si las bobinas presentan desperfectos.
- Cargar la sonda en el dispositivo desbobinador o extenderla.
- En caso necesario fijar el lastre o el elemento auxiliar para la introducción en el pie de la sonda.
- Llenar la sonda con agua, para que ésta no ascienda.
- Introducir la sonda junto con el tubo de llenado en el pozo.
- Descender la sonda y el tubo de llenado completamente dentro del pozo.
- Realizar la prueba de presión y de flujo de la sonda llena de agua.
- Rellenar completamente el intersticio anular del pozo.
- Realizar la prueba final de funcionamiento de la sonda geotérmica llena de agua, aplicando una presión de mín. 6 bar.
- Empalmar las sondas a las tuberías de conexión.
- Conectar dichas tuberías al distribuidor ubicado en el punto más alto de la instalación.
- Purgar la instalación con el medio caloportador ya mezclado.
- Barrer las tuberías hasta que ya no contengan aire, colocando un recipiente debajo de un extremo de las mismas. Realizar una prueba de presión final del sistema en su conjunto, aplicando 1,5 veces la presión de servicio.

#### 1.5.6. MONTAJE DEL DISTRIBUIDOR

##### 1.5.6.1. Posición del distribuidor

El distribuidor está posicionado en el punto más alto del área de las tuberías. Se Tiende la tubería con una ligera pendiente hacia el distribuidor.

##### 1.5.6.2. Ubicación del distribuidor

Como sobre las tuberías de agua glicolada se forma fácilmente agua de condensación, se deberán aislar las mismas dentro de los edificios con un material que haga barrera contra la difusión del vapor de agua. Dado el alto coste y gran esfuerzo que representa el aislamiento de un distribuidor, se instala dicho distribuidor fuera de la vivienda.

### 1.5.6.3. Distribuidor para sonda geotérmica

Las impulsiones y los retornos de cada sonda geotérmica se conectan al distribuidor unidos en la cabeza de la sonda mediante un tubo en Y. En caso de no poder garantizar una longitud igual de los tubos de sonda hasta el distribuidor se deberán utilizar reguladores de caudal. Con una mezcla de agua y glicol el regulador de caudal desempeña únicamente la función de reglaje de los circuitos individuales, pero no de fijación del caudal. Esto es debido a la mayor densidad y viscosidad de la mezcla de agua y glicol.

### 1.5.6.4. Conexión del distribuidor

La conexión del distribuidor se realiza mediante la rosca macho G 1 ½”.

El distribuidor se puede montar en posición horizontal o vertical. Antes de conectar los tubos al distribuidor se deberán tender los tubos trazando un ángulo de 90°, para que las fuerzas del tubo causadas por las variaciones de longitud de origen térmico no actúen sobre el distribuidor, y sean compensadas en la curva del tubo.

## 1.5.7. FLUIDO CALOPORTADOR

### 1.5.7.1. Aspectos generales

En el caso de instalaciones con bomba de calor se adiciona al agua una determinada proporción de glicol, de forma que se previene la congelación del fluido caloportador. En las instalaciones que no van a operar a temperaturas bajo cero no es necesario utilizar glicol, siempre que los tubos sean tendidos de forma que no resulten afectados por temperaturas bajo 0. Antes de llenar la instalación se debe conocer a qué temperatura se deberá ajustar el fluido caloportador. En el caso de las instalaciones de bomba de calor son, por regla general, 10 - 20 °C. El anticongelante RAUGEO utilizado en la instalación, se suministra en forma concentrada y se puede mezclar con agua siguiendo las indicaciones de la siguiente tabla.

Etilenglicol:

-10 °C	22% de etilenglicol	78% de agua
-15 °C	29% de etilenglicol	71% de agua
-20 °C	35% de etilenglicol	65% de agua

Se comprueba la temperatura ajustada con el medidor de protección anticongelante. Con ayuda de una bomba de aspiración corriente se barre cada circuito de tubo para eliminar el aire contenido en el circuito. Se debe situar un recipiente vacío en el extremo del tubo.

### 1.5.7.2. Llenado de las sondas geotérmicas

Para la instalación las sondas geotérmicas se llenan en la mayoría de los casos con agua. Cuando se vaya a llenar la instalación con mezcla de agua y glicol se debe procurar que el

agua haya sido evacuada totalmente antes de introducir el agua glicolada. De no ser posible esto, se deberá graduar una concentración consecuentemente mayor del agua glicolada. Para ello se calcula el volumen contenido en el circuito de la sonda con ayuda de tablas. En nuestro caso, para 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor, el volumen es de 0,54 l/m.

#### 1.5.8. RELLENO DE LOS SONDEOS

Una vez que se ha ejecutado el sondeo, se ha instalado el intercambiador geotérmico en su emplazamiento definitivo y se ha realizado la prueba de presión de las tuberías con resultado satisfactorio, hay que proceder a rellenar o a cementar el espacio anular que queda entre las tuberías del intercambiador de calor y las paredes del hueco del sondeo, para obtener un buen contacto térmico entre el intercambiador vertical y el terreno, que garantice una unión física y químicamente estable, impermeable y duradera de la sonda geotérmica al terreno. También se rellena para cerrar el sondeo desde la superficie y evitar la entrada de contaminantes externos, y sellar los acuíferos que hayan podido ser atravesados durante la perforación.

La cementación definitiva del espacio anular existente entre los tubos del intercambiador y las paredes del sondeo se consigue inyectando una suspensión de cemento-bentonita, desde la parte más baja del sondeo hasta la superficie. La función del componente aglutinante de la suspensión, cemento, es producir una solidificación y un endurecimiento de la mezcla, mientras que la de los componentes arcillosos, bentonita, es garantizar la estabilidad de la suspensión, reducir la permeabilidad y proporcionar cierto grado de plasticidad, al objeto de permitir la dilatación térmica de los tubos de polietileno por cuyo interior circula el fluido caloportador. Nunca hay que volver a rellenar con el terreno evacuado.

#### 1.5.9. TIPO DE REFRIGERACIÓN

Existen dos tipos para refrigerar con geotermia: la refrigeración pasiva y la refrigeración activa.

- La refrigeración pasiva es la más sencilla y funciona sin la bomba de calor. La temperatura del subsuelo se utiliza directamente para enfriar, ya que la salmuera en vez de circular por la bomba de calor, circula por un intercambiador de calor de placas adicional y enfría el agua que circula por el suelo radiante. Además climatiza la vivienda económicamente y en funcionamiento solamente consume energía la bomba de salmuera.
- La refrigeración activa se utiliza con una bomba de calor reversible, que produce calor y cuando se invierte el proceso, frío. Si la potencia es alta se utiliza este tipo de refrigeración. Además es más costosa por su consumo eléctrico pero al mismo tiempo consigue potencias de refrigeración más altas y constantes que la refrigeración pasiva.

Para la vivienda unifamiliar se va a instalar una bomba de calor geotérmica que lleva integrada la refrigeración activa.

## 1.6. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE

### 1.6.1. INTRODUCCIÓN

#### 1.6.1.1. Definición

El suelo radiante consiste en una serie de tuberías que circulan por debajo del suelo de forma homogénea. Estos tubos contienen un líquido calefactor que cede el calor al suelo de la vivienda, manteniendo el calor en la parte más baja de la habitación. Es un dispositivo de alta eficiencia, por lo que su instalación también recibe subvenciones.

#### 1.6.1.2. Principio de funcionamiento.

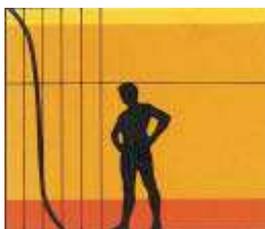
El principio básico del sistema consiste en la impulsión de agua a media temperatura (en torno a los 40°C) a través de circuitos de tuberías de polietileno reticulado. Las tuberías se embeben en una capa de mortero de cemento, que situado sobre las tuberías y bajo el pavimento, absorbe la energía térmica disipada por las tuberías y la cede al pavimento que emite esta energía al local mediante radiación, y convección natural en menor grado. Desde los colectores de alimentación y retorno parten los circuitos emisores. En ellos se equilibran hidráulicamente los circuitos y, a través de cabezales electro térmicos, se regula el caudal impulsado en función de las necesidades térmicas de cada local.

La regulación de los sistemas de calefacción por suelo radiante permite impulsar agua a la temperatura deseada y controlar de forma independiente la temperatura ambiente de cada uno de los locales calefactados.

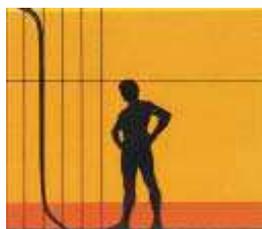
#### 1.6.1.3. Características.

##### 1.6.1.3.1. Perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano.

A continuación se va a comparar, en modo de ejemplo de entre todos los sistemas existentes de calefacción, cuál es el mejor se ajusta al perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano. Es decir, se va a ver en qué sistema la temperatura del aire a la altura de los pies es ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza.



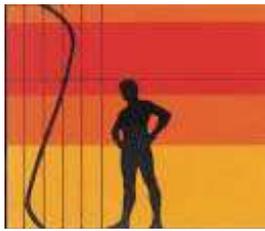
Calefacción ideal



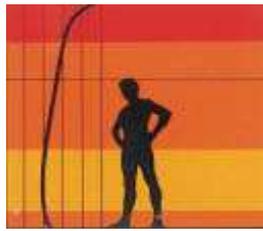
Suelo radiante



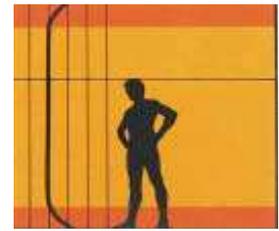
Radiadores



Convectores



Calefacción por techo



Calefacción por pared

Se puede apreciar como el sistema de calefacción por suelo radiante es el que mejor se ajusta al perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano, por lo que la percepción de este sistema da una mayor sensación de confort al usuario.

#### 1.6.1.3.2. Emisión térmica uniforme.

El emisor térmico es todo el suelo del área a calefactar, por lo que la emisión térmica será uniforme en toda la superficie. Es decir, no existirán zonas calientes y zonas frías como ocurre con otros sistemas.

#### 1.6.1.3.3. Calefacción sin movimientos de aire.

La velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia las zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. Como la temperatura de la superficie emisora (pavimento) de un sistema de calefacción por suelo radiante es baja (inferior a  $30^{\circ}\text{C}$ ), esa diferencia de temperaturas del aire es muy reducida lo que origina que el movimiento de aire debido al sistema de calefacción sea imperceptible. Por lo tanto habrá menos movimiento de polvo y un entorno más higiénico y saludable.

#### 1.6.1.3.4. Ahorro energético.

Como ya se ha visto en el apartado 1.6.1.3.1, para una misma sensación térmica percibida por el usuario, la temperatura ambiente de un local es inferior si dicho local se calefacta por suelo radiante en vez de con otros sistemas. Por lo tanto, al ser menor la temperatura ambiente interior, también son menores las pérdidas energéticas (por cerramientos, por ventilación y por infiltración) ya que estas son proporcionales a la diferencia de temperaturas entre el exterior del local y el interior. También hay una disminución de pérdidas de calor en la sala donde están ubicadas las máquinas y en las conducciones que van hasta los colectores debido a una menor temperatura del agua de impulsión y de retorno en comparación con los otros sistemas.

#### 1.6.1.3.5. Compatible con la energía geotérmica

La moderada temperatura de impulsión de agua que necesita el sistema hace que este sea compatible con casi cualquier fuente energética.

#### 1.6.1.3.6. Calefacción invisible

Se considera una calefacción invisible, ya que los emisores de calor no son visibles, y por lo tanto ofrece una total libertad de decoración de interiores. El espacio habitable es mayor al no existir dentro de éste elementos calefactores visibles como pueden existir en otros sistemas de calefacción (por ejemplo con radiadores) y desaparece el riesgo de golpes o quemaduras por contacto con ellos.

#### 1.6.1.3.7. Compatible con cualquier tipo de suelos

La calefacción por suelo radiante se instala con cualquier tipo de pavimento.

### 1.6.2. SUELO RADIANTE

#### 1.6.2.1. Elementos

Los elementos que componen el sistema de suelo radiante son:

- Tubo de plástico ó multicapa: Es un tubo de polietileno de alta densidad, reticulado por radiación de electrones. Las técnicas puestas en servicio para la fabricación aseguran una gran regularidad dimensional (diámetro y espesor de las paredes).
- Placas de aislamiento: Para conseguir un aislamiento térmico en la placa inferior y un aislamiento fónico (amortigua los ruidos del choque).
- Aislamiento periférico: Está constituido por unas tiras rígidas de Poliestireno expandido y sirve para separar mecánica y fónicamente la placa base del suelo radiante de los tabiques.
- Grapas de fijación: Se utilizan para sujetar el tubo a las placas de aislamiento. Son grapas autoperforantes clavadas sobre los tacos-guía en las zonas curvas del tubo y impiden que este se desplace de su posición.
- Conjuntos de distribución: Los diferentes circuitos formados por los tubos de polietileno reticulado, van unidos a un colector de ida y otro de retorno. El tubo se une al colector de ida por medio de una válvula de reglaje equipada con racor-adaptador. El tubo se une al colector de retorno por medio de un detentor con su racor correspondiente. Cada colector puede ir equipado con una válvula de corte. Los colectores se fijan a la pared por medio de soportes metálicos, e irán instalados a una altura del suelo no inferior a 50 cm.

#### 1.6.2.2. Regulación de temperatura y seguridad

##### 1.6.2.2.1. Regulación

En las instalaciones de calefacción por suelo radiante a baja temperatura, hay una relación muy estrecha entre la temperatura del agua, del ambiente interior y del exterior. Cualquier modificación en la temperatura del agua genera una modificación en la emisión de calor de la placa radiante del suelo. Para este tipo de instalación, la mejor regulación es la que se basa en mantener una temperatura del agua en función de la temperatura exterior para mantener constante la temperatura ambiente. Esto se consigue con un sistema de

regulación automática por medio de una válvula motorizada mandada por una centralita electrónica que recibe señales de una sonda exterior, una sonda de agua (en el circuito de ida al suelo radiante) y, de una sonda en el ambiente.

#### 1.6.2.2.2.Seguridad

El sistema de seguridad corta la circulación del agua, cuando por cualquier fallo de la instalación de regulación, la temperatura del agua sobrepasa los 60°C. Para ello se dispone de un termostato, instalado en la tubería, regulado a 60°C, que para la bomba si se sobrepasa esta temperatura. Se instalará también una válvula anti-retorno que evite el calentamiento por gravedad

#### 1.6.2.3. Instalación

##### 1.6.2.3.1. Introducción

Antes de realizar la instalación, se recomienda la elaboración de un estudio técnico, para facilitar la instalación y la selección correcta de los materiales adaptados a los requerimientos específicos. En dicho estudio se debe contar con un balance de cargas térmicas de la vivienda a calefactar, un informe de caudales y pérdidas de carga de la instalación, un esquema de principio de esta y planos donde se localicen los colectores y los circuitos emisores con sus longitudes y separación entre tubos correspondiente.

##### 1.6.2.3.2. Caja de colectores

Los colectores distribuidores de suelo radiante se colocan en las correspondientes cajas o armarios, empotradas en la pared.

Para posibilitar la purga de aire de los circuitos emisores, los colectores han de situarse siempre más elevado que los circuitos a los que dan servicio.

La localización del colector debe ser lo más centrada posible dentro del área a calefactar para minimizar la longitud de la tubería que va desde dicho colector hasta el local a calefactar, y así se facilitará la instalación y el equilibrado hidráulico.

##### 1.6.2.3.3. Zócalo perimetral

Banda de espuma de polietileno que se emplea para absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento que está colocado sobre los tubos emisores, debido a su calentamiento/enfriamiento. Produce un efecto de aislamiento lateral del sistema.

Se fija a la base de las paredes de todas las áreas a calefactar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento. La lamina adherida a la espuma de polietileno debe quedar en la cara opuesta a la del contacto Zócalo perimetral -pared. Esta lamina apoyara sobre los paneles aislantes para evitar la inserción de mortero de cemento entre Zócalo perimetral y panel aislante.

##### 1.6.2.3.4. Film de polietileno

Es una lámina continua de polietileno que se coloca sobre el forjado/solera de los locales a calefactar Sirve como barrera antihumedad entre el suelo base y la superficie emisora de

suelo radiante colocada encima, de modo que evita el ascenso por capilaridad de humedades.

#### 1.6.2.3.5. Panel aislante

Es importante el aislamiento térmico de cualquier instalación de calefacción por suelo radiante, ya que minimiza las pérdidas caloríficas inferiores (reducción del consumo energético) y posibilita el control de las temperaturas ambiente de cada uno de los locales. Se colocan paneles moldeados de poliestireno expandido como aislamiento térmico, ya que también tienen la misión de sujetar las tuberías emisoras, guiándolas y facilitando el trazado de los circuitos con la separación entre tubos proyectada.

Los paneles han de colocarse en el área a calefactar a modo de superficie continua.

#### 1.6.2.3.6. Circuitos

La distancia entre tubos y el tipo de tubería deben mantenerse constantes en toda la instalación. Los circuitos nunca se deben cruzar. Los puntos en los que es evidente el riesgo de perforación de tuberías emisoras deben haber sido señalados con anterioridad. Al colocar los circuitos deben bordearse las zonas adyacentes a esos puntos de riesgo. Si por cualquier causa un circuito emisor de suelo radiante es agujereado, deberá sustituirse íntegramente; no se permiten empalmes entre tramos de un circuito bajo suelo.

En el trazado de las curvas debe prestarse atención a no "pinzar" la tubería, pues se reduciría su sección. Todo el proceso de montaje de los circuitos se realiza en frío. En la configuración de los circuitos, las tuberías de ida y retorno se colocan una al lado de la otra en todos los tramos del circuito, ya que así se homogeneiza la temperatura superficial del pavimento. Se empieza el trazado de circuitos por la planta más elevada, continuando después hacia las plantas inmediatamente más bajas. La configuración en doble serpentín consiste en que las tuberías de impulsión y retorno se disponen en paralelo, y proporciona una temperatura media uniforme. La configuración en espiral tiene como ventaja curvas menos pronunciadas, lo que facilita la instalación sobre todo cuando las tuberías emisoras son de mayor diámetro exterior. En la instalación de la vivienda se han colocado a todos los recintos una configuración espiral, excepto al distribuidor que se ha colocado una configuración en doble serpentín.

#### 1.6.2.3.7. Colector

Se procede al montaje de los 2 colectores (planta baja y planta 1ª) dentro sus cajas metálicas para colectores empotradas en la pared. A continuación se procede al conexionado de las tuberías emisoras al colector.

#### 1.6.2.3.8. Llenado de la instalación

El proceso de llenado de agua se realiza a través de las llaves de llenado/vaciado que incorporan los colectores, y se realiza circuito a circuito,

#### 1.6.2.3.9. Mortero de cemento

Una vez colocados los circuitos se vierte el mortero de cemento sobre toda la superficie calefactable. El espesor recomendable es de 5 cm medidos a partir de la generatriz superior de la tubería.

#### 1.6.2.3.10. Montantes y tuberías de distribución.

Es la red que, partiendo de sala destinada a las máquinas, alimenta a los colectores distribuidores de suelo radiante. Como el agua de salida de la bomba de calor tiene una temperatura superior a la del cálculo de la instalación de suelo radiante, se instala a la salida de la bomba un grupo de impulsión. Este proporciona el caudal de agua preciso a la temperatura precisa para el correcto funcionamiento de la instalación mediante la mezcla de agua de la bomba y agua de retorno del suelo radiante.

#### 1.6.2.3.11. Depósito de inercia.

Debido al pequeño salto térmico entre la ida y el retorno del agua, se instala un pequeño depósito de inercia para evitar que las maniobras de arranque y paro del compresor de la bomba de calor sean muy continuadas. Se ha elegido el acumulador de inercia de acero al carbono, acumulador geoSTOR que dispone de un volumen de 200 litros. Este depósito de inercia se encarga de acumular el agua de climatización que proviene del circuito de la bomba de calor geotérmica antes de que esta sea distribuida por la instalación de suelo radiante. De esta forma se disminuirán los desequilibrios hidráulicos, asegurando un caudal constante.

#### 1.6.2.3.12. Puesta en marcha de la instalación

De acuerdo a los cálculos técnicos de caudal y pérdida de carga en cada circuito se realizará el equilibrado de todos los circuitos de la instalación. Se realizarán una serie de comprobaciones para asegurar la puesta en marcha correcta de la instalación.

### 1.6.3. CÁLCULO Y DISEÑO

#### 1.6.3.1. Cálculo de las cargas térmicas de los locales

El conocimiento de las cargas térmicas de cada uno de los locales a calefactar es un paso previo para el dimensionamiento de la instalación. Los procesos de cálculo siguen lo especificado en la NBE-CT-79. La carga térmica de un local indica las pérdidas energéticas que deben ser compensadas por el sistema de calefacción para lograr las condiciones interiores de confort deseadas.

Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = Q_t + Q_v + Q_i$$

Siendo:

- $Q$  = Carga térmica de calefacción [W].

- $Q_t$  = Carga térmica de transmisión de calor [W].
- $Q_v$  = Carga térmica de ventilación [W].
- $Q_i$  = Ganancia interna de calor [W].

#### 1.6.3.2. Localización de los colectores

Los colectores se sitúan en un lugar centrado respecto a las zonas calefactadas a las que dan servicio. Se ha de buscar, dentro de éste área centrada, una ubicación que no distorsione el aspecto estético del espacio habitable. En función del número de circuitos se determina el número de colectores a ubicar en cada planta, ya que cada colector tiene un máximo de 12 circuitos. Como mínimo se precisa un colector por planta calefactada.

Disponemos de un colector para 4 circuitos en la planta baja situado en la entrada al pasillo desde el recinto del garaje, y otro colector para 6 circuitos en la planta primera situado en la pared del distribuidor a la entrada desde las escaleras a dicho recinto. Ambos colectores están guardados en sus respectivos armarios de 80x700x630 mm.

#### 1.6.3.3. Diseño de circuitos

Se recomienda que cada local sea calefactado por circuitos independientes.

De este modo se posibilita la regulación de temperaturas de cada estancia de forma independiente. Previo al diseño de circuitos han de medirse las áreas que van a calefactar cada uno de los circuitos. Posteriormente debe medirse la distancia existente entre el área a calefactar y el colector. El cálculo de la longitud  $L$  de cada circuito se determina con la siguiente fórmula:

$$L = A/e + 2 \cdot l$$

Es decir:

- $A$  = Área a calefactar cubierta por el circuito [ $m^2$ ]
- $e$  = Distancia entre tubos [m]
- $l$  = Distancia entre el colector y el área a calefactar [m]

#### 1.6.3.4. Cálculo de la temperatura media superficial del pavimento:

La temperatura media superficial del pavimento ( $T_{ms}$ ) es función únicamente de la demanda térmica, que consideraremos igual a la carga térmica del local ( $Q$ ) y de la temperatura interior de diseño del local ( $T_i$ ). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q[W/m^2] = \alpha \cdot (T_{ms} - T_i)$$

Siendo  $\alpha$  un Coeficiente de transmisión de calor del suelo [ $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ].

Tiene dos componentes: coeficiente de transmisión por radiación y coeficiente de transmisión por convección).

#### 1.6.3.5. Cálculo de la temperatura del agua

El salto térmico entre el agua de impulsión y el de retorno se fija en 5°C. La magnitud de la temperatura media del agua en las tuberías emisoras ( $T_{ma}$ ) depende de la demanda térmica del local (Q), la temperatura interior de diseño ( $T_i$ ) y del coeficiente de transmisión térmica ( $K_a$ ) según la fórmula:

$$Q \text{ [W/m}^2\text{]} = K_a \cdot [T_{ma} - T_i]$$

El coeficiente de transmisión térmica de la capa sobre tubos [ $K_a$ ] se calcula aplicando la fórmula:

$$K_a \text{ [W/m}^2\text{°C]} = 1 / [\Sigma(e/\lambda) + (1/\alpha)]$$

Siendo:

- e = Espesor de la capa [m].
- $\lambda$  = Conductividad térmica del material de la capa [W/m°C].
- $\alpha$  = Coeficiente de transmisión de calor del suelo [W/ m<sup>2</sup>°C].

#### 1.6.3.6. Cálculo del caudal del agua

El caudal de agua a través de un circuito de calefacción por suelo radiante es función de la potencia térmica emitida y del salto térmico entre la impulsión al circuito y el retorno desde este. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$[Q] = m \cdot C_p \cdot (T_{imp} - T_{ret}) \text{ [Kcal/h]}.$$

Siendo:

- m = Caudal de agua [Kg/h].
- $C_p$  = Calor específico del agua [1 Kcal/Kg °C ].
- $T_{imp} - T_{ret}$  = Salto térmico impulsión - retorno = 5°C

#### 1.6.3.7. Cálculo de montantes y tuberías de distribución

Para el cálculo de la red de tuberías debe conocerse el caudal circulante por cada tramo.

## 1.7. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

### 1.7.1. DEFINICIÓN Y TIPOS

La energía solar térmica se define como el aprovechamiento de la energía del Sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Esta energía solar se encarga de calentar el fluido (normalmente agua) alcanzando temperaturas que podrán oscilar entre 40° y 50°, no debiendo superar los 80°.

En el presente proyecto, la energía solar térmica se utiliza para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico (ACS), es decir para agua caliente sanitaria.

Existen dos tipos de instalaciones: las de circuito abierto y las de circuito cerrado. En las de circuito abierto, el agua de acumulación pasa directamente por los captadores. Este sistema reduce costes pero presenta problemas en zonas con temperaturas por debajo del punto de congelación del agua, así como en zonas con alta concentración de sales, obstruyendo los paneles.

En las de circuito cerrado se distinguen dos sistemas según el principio de circulación:

- Circulación natural (termosifón):

El depósito acumulador está situado por encima de los captadores. El agua contenida en los captadores se calienta al recibir la radiación solar, aumentando su temperatura y disminuyendo su densidad, es decir, se vuelve más ligera y asciende (efecto termosifón). Este movimiento natural del agua hace que ascienda a la parte alta del depósito, mientras que el agua fría contenida en el depósito acumulador, con mayor densidad, se desplaza hacia la parte baja de la instalación por la tubería de entrada a los captadores. Esta circulación natural se mantiene siempre que exista una diferencia de temperatura entre el agua de los captadores y la del acumulador, y cesa cuando se igualan, es decir se autorregulan de forma natural.

- Circulación forzada:

El depósito acumulador puede ir colocado en cualquier parte de la instalación. El movimiento del agua se realiza mediante una bomba de circulación cuyo funcionamiento se regula a través de un control diferencial que compara las temperaturas del acumulador y de los captadores. Cuando la temperatura de los captadores es superior a la del acumulador, la bomba se pone en marcha, y en caso contrario se para.

### 1.7.2. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Una instalación Solar Térmica está formada por captadores solares, un circuito primario y secundario, intercambiador de calor, acumulador, vaso de expansión y tuberías. Si se trata de circulación natural, será la diferencia de densidad por cambio de temperatura la que moverá el líquido. Si se trata de circulación forzada, se necesitarán bombas y un panel de control principal. A continuación se describe la función de cada elemento:

- Captadores solares:

Elementos que capturan la radiación solar y la convierten en energía térmica (calor). Los colectores solares se componen de los siguientes elementos: La cubierta minimiza las pérdidas por convección y radiación y por eso debe tener una transmitancia solar lo más alta posible. El canal de aire es un espacio que separa la cubierta de la placa absorbente. La placa absorbente es el elemento que absorbe la energía solar y la transmite al líquido que circula por las tuberías. Por los tubos circula el líquido que se calentará e irá hacia el tanque de acumulación. Los tubos están tocando la placa absorbente para que el intercambio de energía sea lo más grande posible. La capa aislante tiene como función recubrir el sistema para evitar y minimizar pérdidas. El material aislante deberá tener una baja conductividad térmica.

- Circuito primario:

Es un circuito cerrado. Transporta el calor desde el captador hasta el acumulador (sistema que almacena calor). El líquido calentado lleva el calor hasta el acumulador. Una vez enfriado, vuelve al colector para volver a calentar, y así sucesivamente.

- Intercambiador de calor:

Calienta el agua de consumo a través del calor captado de la radiación solar. Se sitúa en el circuito primario, en su extremo. Tiene forma de serpentín para aumentar la superficie de contacto y la eficiencia. El agua que entra en el acumulador, siempre que esté más fría que el serpentín, se calentará. Esta agua, calentada en horas de sol, nos quedará disponible para el consumo posterior.

- Acumulador

Es un depósito donde se acumula el agua calentada útil para el consumo. Tiene una entrada para el agua fría y una salida para la caliente. La fría entra por debajo del acumulador donde se encuentra con el intercambiador, a medida que se calienta se desplaza hacia arriba, que es desde donde saldrá el agua caliente para el consumo.

- Circuito secundario:

Es un circuito abierto (consumo). Entra agua fría de suministro y por el otro extremo del agua calentada se consume. El agua fría pasa primero por el acumulador, donde calienta el agua caliente hasta llegar a una cierta temperatura. Las tuberías de agua caliente del exterior, deben estar cubiertas por aislantes.

- Bombas:

Son de tipo recirculación cuando se trata de circulación forzada. Suele haber dos por circuito trabajando una la mitad del día, y la pareja, la mitad del tiempo restante. Esto ocasiona que las bombas puedan alargar durante más el tiempo de funcionamiento sin tener que hacer ningún tipo de mantenimiento previo.

- Vaso de expansión:

Absorbe variaciones de volumen del fluido caloportador, el cual circula por los conductos del captador, manteniendo la presión adecuada y evitando pérdidas de la masa del fluido. Es un recipiente con una cámara de gas separada de la de líquidos y con una presión inicial en función de la altura de la instalación.

- Tuberías:

Se encuentran recubiertas de un aislante térmico para evitar pérdidas de calor con el entorno.

- Panel de control:

Donde se muestran las temperaturas en cada instante para poder controlar el funcionamiento del sistema en cualquier momento.

A modo de ejemplo, adjunto una figura donde se aprecia cómo va a ser el esquema de la instalación solar térmica para uso doméstico en la vivienda unifamiliar.

- 1) Colector
- 2) Deposito de almacenamiento
- 3) Caldera
- 4) Estación solar
- 5) Consumo del agua (ducha)

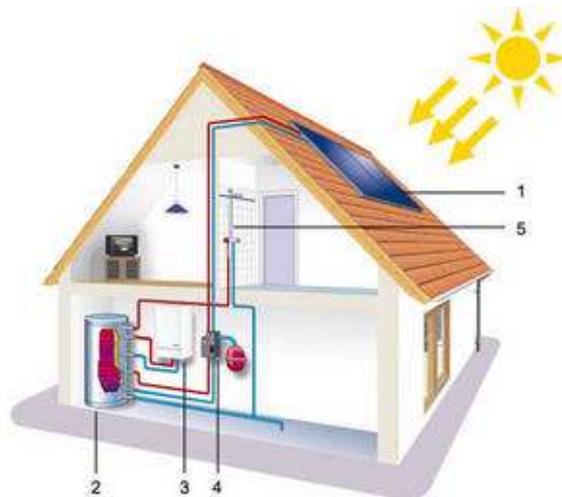


Figura 2

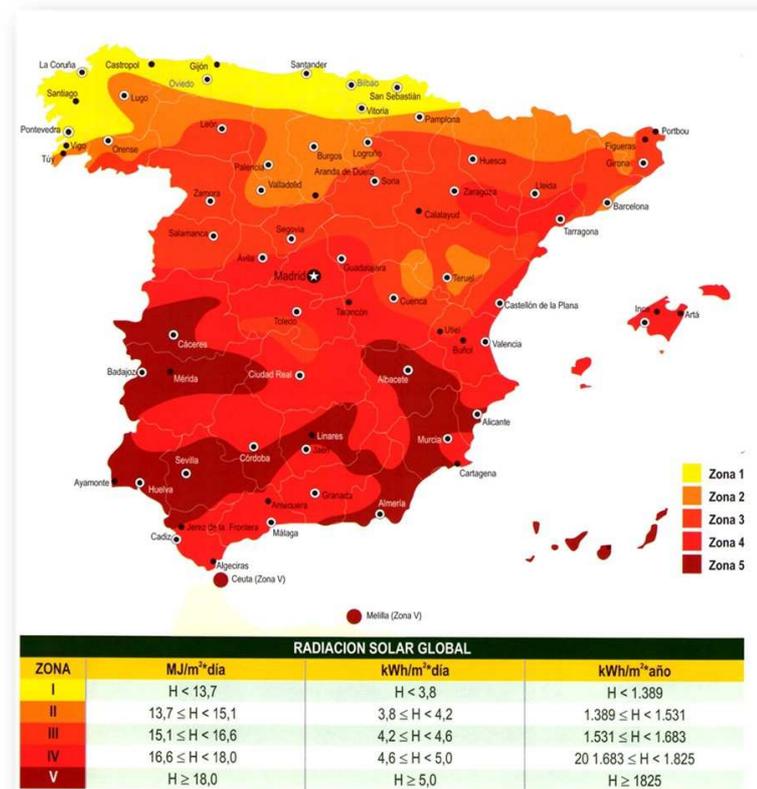
El funcionamiento de la captación de energía solar térmica se basa en lo siguiente: el primer paso es captar los rayos solares mediante el colector, después a través de este panel solar hacemos pasar agua u otro fluido de características similares, de esta manera una parte del calor absorbido por el panel solar es transferido al agua y de esta forma ya puede ser directamente usada o almacenada para que hagamos uso de él cuando lo necesitemos.

### 1.7.3. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es diseñar la instalación de agua caliente sanitaria, mediante calentamiento por energía solar térmica, para una vivienda unifamiliar de nueva construcción.

### 1.7.4. ZONAS CLIMÁTICAS

Según el Documento Básico HE ahorro de energía, en la Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, en el siguiente mapa se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:



### 1.7.5. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Las coordenadas geográficas donde está ubicado el unifamiliar son:

Latitud:	42° 47' 24"
Longitud:	1° 32' 24" O

Mirando el mapa del apartado 1.7.4. el unifamiliar está situado en la Zona climática II según CTE DB HE 4.

### 1.7.6. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DONDE SE INSTALARÁN LOS CAPTADORES. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

La orientación e inclinación de los captadores será la siguiente:

Orientación:	S(180°)
Inclinación:	40°

El campo de captadores se situará sobre la terraza, según el plano de planta adjunto. La orientación e inclinación del sistema de captación, así como las posibles sombras sobre el mismo, serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites especificados en la siguiente tabla:

<i>Caso</i>	<i>Orientación e inclinación</i>	<i>Sombras</i>	<i>Total</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

<i>Conj. captación</i>	<i>Caso</i>	<i>Orientación e inclinación</i>	<i>Sombras</i>	<i>Total</i>
1	General	0.09 %	7.31 %	7.41 %

### 1.7.7. TIPO DE INSTALACIÓN

El sistema de captación solar para consumo de agua caliente sanitaria se caracteriza de la siguiente forma:

- Por el principio de circulación utilizado, clasificamos el sistema como una instalación con circulación forzada.
- Por el sistema de transferencia de calor, clasificamos nuestro sistema como una instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar para cada una de las viviendas.
- Por el sistema de expansión, será un sistema cerrado.
- Por su aplicación, será una instalación para calentamiento de agua.

### 1.7.8. CAPTADORES. CURVAS DE RENDIMIENTO

El captador seleccionado debe poseer la 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.

El tipo y disposición de los captadores que se han seleccionado se describe a continuación:

<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Disposición</i>	<i>Número total de captadores</i>	<i>Número total de baterías</i>
"BUDERUS"	Logasol CP/1/SKS/SU200	En paralelo	1	1 de 1 unidades

En el Documento2: Cálculos de este proyecto se adjuntan las curvas de rendimiento de los captadores adoptados y sus características (dimensiones, superficie de apertura, caudal recomendado de circulación del fluido caloportador, pérdida de carga, etc...).

#### 1.7.9. DISPOSICIÓN DE LOS CAPTADORES.

Los captadores se dispondrán en filas constituidas por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes durante los trabajos de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila o batería los captadores se conectarán en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo se obtendrá teniendo en cuenta las limitaciones especificadas por el fabricante.

Como regla general, el número de captadores conectados en serie no puede ser superior a tres. Únicamente, para ciertas aplicaciones industriales y de refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando el fabricante lo permita.

Ya que la instalación es para dotación de agua caliente sanitaria, no deben conectarse más de tres captadores en serie.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general, se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

La entrada de fluido caloportador se efectuará por el extremo inferior del primer captador de la batería y la salida por el extremo superior del último.

La entrada tendrá una pendiente ascendente del 1% en el sentido de avance del fluido caloportador.

#### 1.7.10. FLUIDO CALOPORTADOR

Para evitar riesgos de congelación en el circuito primario, el fluido caloportador incorporará anticongelante.

Como anticongelantes podrán utilizarse productos ya preparados o mezclados con agua. En ambos casos, deben cumplir la reglamentación vigente. Además, su punto de congelación debe ser inferior a la temperatura mínima histórica (-18°C) con un margen de seguridad de 5°C.

En cualquier caso, su calor específico no será inferior a 3 KJ/kgK (equivalente a 1 Kcal/kg°C).

Se deberán tomar las precauciones necesarias para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante cuando se alcanzan temperaturas muy altas. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente disponer un depósito auxiliar para reponer las posibles pérdidas de fluido caloportador en el circuito. No debe utilizarse para reposición un fluido cuyas características sean incompatibles con el existente en el circuito.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas mediante reposición con agua de la red.

En este caso, se ha elegido como fluido caloportador una mezcla comercial de agua y propilenglicol al 39%, con lo que se garantiza la protección de los captadores contra rotura por congelación hasta una temperatura de  $-23^{\circ}\text{C}$ , así como contra corrosiones e incrustaciones, ya que dicha mezcla no se degrada a altas temperaturas. En caso de fuga en el circuito primario, cuenta con una composición no tóxica y aditivos estabilizantes.

Las principales características de este fluido caloportador son las siguientes:

- Densidad:  $1058.84 \text{ Kg/m}^3$ .
- Calor específico:  $3.480 \text{ KJ/kgK}$ .
- Viscosidad ( $60^{\circ}\text{C}$ ):  $4.05 \text{ mPa s}$ .

#### 1.7.11. DEPÓSITO ACUMULADOR

##### 1.7.11.1. Volumen de acumulación

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con las especificaciones del apartado 3.3.3.1: Generalidades de la sección HE 4 DB-HE CTE.

$$50 < (V/A) < 180$$

Donde:

- A: Suma de las áreas de los captadores.
- V: Volumen de acumulación expresado en litros.

El modelo de acumulador usado se describe a continuación:

- Modelo: Logasol CP/1/SKS/SU200
- Diámetro: 556 mm
- Altura: 1448 mm
- Vol. acumulación: 200 l

##### 1.7.11.2. Superficie de intercambio

La superficie útil de intercambio cumple el apartado 3.3.4: Sistema de intercambio de la sección HE 4 DB-HE CTE, que prescribe que la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0.15.

Para cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor se debe instalar una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

### 1.7.11.3. Conjuntos de captación

En la siguiente tabla pueden consultarse los volúmenes de acumulación y áreas de intercambio totales para cada conjunto de captación:

<i>Conj. captación</i>	<i>Vol. acumulación (l)</i>	<i>Sup. captación (m<sup>2</sup>)</i>
1	200	2.10

### 1.7.12. ENERGÍA AUXILIAR

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica en cualquier circunstancia, la instalación de energía solar debe contar con un sistema de energía auxiliar. Este sistema de energía auxiliar debe tener suficiente potencia térmica para proporcionar la energía necesaria para la producción total de agua caliente sanitaria, en ausencia de radiación solar. La energía auxiliar se aplicará en el circuito de consumo, nunca en el circuito primario de captadores.

El sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación. En el caso de que el sistema de energía auxiliar no disponga de acumulación, es decir, sea una fuente de calor instantánea, el equipo será capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente, con independencia de cuál sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

Tipo de energía auxiliar: Gas natural

### 1.7.13. CIRCUITO HIDRÁULICO

El circuito hidráulico que se ha diseñado para la instalación es de retorno invertido y, por lo tanto, está equilibrado.

El caudal de fluido portador se determina de acuerdo con las especificaciones del fabricante, según aparece en el apartado de cálculo.

#### 1.7.13.1. Bombas de circulación

<i>Caudal (l/h)</i>	<i>Presión (Pa)</i>
130.0	2018.3

Los materiales constitutivos de la bomba en el circuito primario son compatibles con la mezcla anticongelante.

#### 1.7.13.2. Tuberías

Tanto para el circuito primario como para el de consumo, las tuberías utilizadas tienen las siguientes características:

- Material: cobre

- Disposición: colocada superficialmente con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco

#### 1.7.13.3. Vaso de expansión

El sistema de expansión que se emplea en el proyecto será cerrado, de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda establecer la operación automática cuando la potencia esté disponible de nuevo.

El vaso de expansión del conjunto de captación se ha dimensionado conforme se describe en el Documento 2: Cálculos, de este proyecto.

#### 1.7.13.4 Purgadores

Se utilizarán purgadores automáticos, ya que no está previsto que se forme vapor en el circuito. Debe soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y, en cualquier caso, hasta 130°C.

#### 1.7.13.5. Sistema de llenado

El sistema de llenado del circuito primario es manual. La situación del mismo se describe en los planos del proyecto.

### 1.7.14. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control asegura el correcto funcionamiento de la instalación, facilitando un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando el uso adecuado de la energía auxiliar. Se ha seleccionado una centralita de control para sistema de captación solar térmica "BUDERUS"/Logasol CP/1/SKS/SU200, con sondas de temperatura con las siguientes funciones:

- Control de la temperatura del captador solar
- Control y regulación de la temperatura del acumulador solar
- Control y regulación de la bomba en función de la diferencia de temperaturas entre captador y acumulador.

### 1.7.15. DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

#### 1.7.15.1. Montaje de los captadores

Se aplicará a la estructura soporte las exigencias básicas del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

El diseño y construcción de la estructura y sistema de fijación de los captadores debe permitir las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de la estructura y de los captadores no arrojarán sombra sobre estos últimos.

En el caso que nos ocupa, el anclaje de los captadores al edificio se realizará mediante una estructura metálica proporcionada por el fabricante. La inclinación de los captadores será de: 40°.

#### 1.7.15.2. Tuberías

El diámetro de las tuberías se ha dimensionado de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s y que la pérdida de carga unitaria sea inferior a 40.0 mm.c.a/m.

#### 1.7.15.3. Válvulas

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y sus condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios siguientes:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas de seguridad serán capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y, en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de intercepción.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa: fundición de hierro o de latón.
- Mecanismo: acero inoxidable.
- Flotador y asiento: acero inoxidable.
- Obturador: goma sintética.

Los purgadores automáticos serán capaces de soportar la temperatura máxima de trabajo del circuito.

#### 1.7.15.4. Vaso de expansión

Se utilizarán vasos de expansión cerrados con membrana. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados.

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá el volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

El volumen de dilatación, para el cálculo, será como mínimo igual al 4,3% del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío, en el punto más alto del circuito, no sea inferior a  $1.5\text{Kg/cm}^2$ , y que la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

Cuando el fluido caloportador pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionamiento especial para el volumen de expansión.

El depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, incrementado en un 10%.

#### 1.7.15.5. Aislamientos

El aislamiento de los acumuladores cuya superficie sea inferior a  $2\text{ m}^2$  tendrá un espesor mínimo de 30 mm. Para volúmenes superiores, el espesor mínimo será de 50 mm.

El espesor del aislamiento para el intercambiador de calor en el acumulador no será inferior a 20 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior o exterior, no serán inferiores a los valores especificados en: RITE.I.T.1.2.4.2.1.1.

Es aconsejable, aunque no forme parte de la instalación solar, el aislamiento de las tuberías de distribución al consumo de ACS. De esta forma se evitan pérdidas energéticas en la distribución, que disminuyen el rendimiento de la instalación de captación solar.

#### 1.7.15.6. Purga de aire

El trazado del circuito favorecerá el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos 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 de cada botellín será superior a  $100\text{cm}^3$ .

Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar, y antes del intercambiador, un desaireador con purgador automático.

Las líneas de purga se colocarán de tal forma que no puedan helarse ni se pueda producir acumulación de agua entre líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos para que el vapor o medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a personas, a materiales o al medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador.

#### 1.7.15.7. Sistema de llenado

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado, manual o automático, que permita llenar el circuito primario de fluido caloportador y mantenerlo presurizado.

En general, es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de fluido caloportador.

Para disminuir el riesgo de fallo, se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados, así como la entrada de aire (esto último incrementaría el riesgo de fallo por corrosión).

Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

#### 1.7.15.8. Sistema eléctrico y de control

El sistema eléctrico y de control cumplirá el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación.

Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El rango de temperatura ambiente admisible para el funcionamiento del sistema de control será, como mínimo, el siguiente:  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ .

Los sensores de temperatura soportarán los valores máximos previstos para la temperatura en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar, sin alteraciones superiores a  $1^{\circ}\text{C}$ , una temperatura de hasta  $100^{\circ}\text{C}$  (instalaciones de ACS).

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la zona de medición. Para conseguirlo, en el caso de sensores de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido.

Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que les rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desea controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Las sondas serán, preferentemente, de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas por contacto y la superficie metálica.

#### 1.7.15.9. Sistemas de protección

##### 1.7.15.9.1. Protección contra sobrecalentamientos

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar el sistema a su estado normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenaje como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan peligro alguno para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema ni en ningún otro material del edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras, se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60°C.

#### 1.7.15.9.2. Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60°C, deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para compensar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

#### 1.7.15.9.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por cada material o componente.

#### 1.7.15.9.4. Resistencia a presión

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

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.

#### 1.7.15.9.5. Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del mismo.

Como el sistema es por circulación forzada, se utiliza una válvula antirretorno para evitar flujos inversos.

## 1.8. CUMPLIMIENTO DEL CTE DB HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

### 1.8.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

#### 1.8.1.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

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

<i>Parámetros</i>	<i>Límite</i>
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

A continuación se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

<i>Referencia</i>	<i>Condiciones interiores de diseño</i>		
	<i>Temperatura de verano</i>	<i>Temperatura de invierno</i>	<i>Humedad relativa interior</i>
Baño calefactado	24	21	50
Cocina	24	21	50
Distribuidor	24	21	50
Dormitorios	24	21	50
Estar - comedor	24	21	50

#### 1.8.1.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2

##### 1.8.1.2.1. Categorías de calidad del aire interior

La instalación proyectada se incluye en un edificio de viviendas, por tanto se han considerado los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

### 1.8.1.2.2. Caudal mínimo de aire exterior

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

Se describe a continuación la ventilación diseñada para los recintos utilizados en el proyecto.

Referencia	Caudales de ventilación		
	Por persona (m <sup>3</sup> /h)	Por unidad de superficie (m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> ))	Por recinto (m <sup>3</sup> /h)
Baño / Aseo		2.7	54.0
Cocina		7.2	
Dormitorio	18.0	2.7	
Pasillo / Distribuidor		2.7	
Salón / Comedor	10.8	2.7	

### 1.8.1.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3

La temperatura de preparación del agua caliente sanitaria se ha diseñado para que sea compatible con su uso, considerando las pérdidas de temperatura en la red de tuberías. La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

### 1.8.1.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

## 1.8.2. EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

### 1.8.2.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1

#### 1.8.2.1.1. Generalidades

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

## 1.8.2.1.2. Cargas térmicas

## 1.8.2.1.2.1. Cargas parciales y mínimas

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Refrigeración:

<i>Conjunto de recintos</i>	<i>Carga máxima simultánea por mes (kW)</i>											
	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>03</i>	<i>04</i>	<i>05</i>	<i>06</i>	<i>07</i>	<i>08</i>	<i>09</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Unifamiliar	1.65	2.29	2.73	3.69	4.16	4.25	4.75	4.70	4.17	3.47	2.22	1.74

Calefacción:

<i>Conjunto de recintos</i>	<i>Carga máxima simultánea por mes (kW)</i>		
	<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>
Unifamiliar	6.72	6.72	6.72

1.8.2.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2

## 1.8.2.2.1. Aislamiento térmico en redes de tuberías

## 1.8.2.2.1.1. Introducción

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

## 1.8.2.2.1.2. Tuberías en contacto con el ambiente exterior

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de verano: 24.0 °C

Temperatura seca exterior de invierno: -3.8 °C

Velocidad del viento: 5.7 m/s

## 1.8.2.2.1.3. Tuberías en contacto con el ambiente interior

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.

A continuación se describen las tuberías en el ambiente interior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	$\varnothing$	$l_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$F_{\text{m.ref.}}$ (kcal/(h·m))	$q_{\text{ref.}}$ (kcal/h)	$F_{\text{m.cal.}}$ (kcal/(h·m))	$q_{\text{cal.}}$ (kcal/h)	
Tipo 1	32	0.037	27	4.41	4.39	3.00	26.4	7.39	65.1	
Tipo 2	25	0.037	25	8.37	8.43	2.68	44.9	6.13	102.9	
						<b>Total</b>	71	<b>Total</b>	168	
<i>Abreviaturas utilizadas</i>										
$\varnothing$	Diámetro nominal					$F_{\text{m.ref.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud			
$l_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento					$q_{\text{ref.}}$	Pérdidas de calor para refrigeración			
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento					$F_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud			
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión					$q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción			
$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno									

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", empotrada en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.
Tipo 2	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", empotrada en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 15 % al cálculo de la pérdida de calor.

## 1.8.2.2.1.4. Pérdida de calor en tuberías

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Referencia
Tipo 1	Bomba de calor reversible, tierra-agua, modelo geoTHERM VWS 61/2 "VAILLANT"; Potencia calorífica de 6,9 kW, consumo de potencia de 1,4 kW y índice de rendimiento COP de 4,7; Potencia frigorífica de 8,8 kW, consumo de potencia de 1,5 kW y coeficiente de rendimiento EER de 5,7; Tensión nominal de 230 V/50 Hz; Temperatura del dircuito de calefacción (mín, máx) 25/ 62 °C; Temperatura del circuito de captadores (mín, máx) -10/ 20 °C; Caudal nominal del circuito de calefacción de 1,061 l/h; Caudal nominal del circuito de los captadores de 1,453 l/h; Potencia sonora de 49 dBA;

<i>Equipos</i>	<i>Potencia de refrigeración (kW)</i>	<i>Potencia de calefacción (kW)</i>
Tipo 1	8.80	6.90
<b>Total</b>	8.80	6.90

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

#### Refrigeración

<i>Potencia de los equipos (kW)</i>	<i><math>q_{ref}</math> (kcal/h)</i>	<i>Pérdida de calor (%)</i>
8.80	82.8	0.9

#### Calefacción

<i>Potencia de los equipos (kW)</i>	<i><math>q_{cal}</math> (kcal/h)</i>	<i>Pérdida de calor (%)</i>
6.90	195.1	2.8

Por tanto la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

#### 1.8.2.2.2. Eficiencia energética de los motores eléctricos

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

#### 1.8.2.2.3. Redes de tuberías

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

#### 1.8.2.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3

##### 1.8.2.3.1. Generalidades

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

### 1.8.2.3.2. Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

<i>Categoría</i>	<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

### 1.8.2.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5

#### 1.8.2.4.1. Zonificación

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

### 1.8.2.5. Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

## 1.8.3. EXIGENCIA DE SEGURIDAD

### 1.8.3.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.

#### 1.8.3.1.1. Alimentación

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

<i>Potencia térmica nominal (kW)</i>	<i>Calor</i>	<i>Frio</i>
	<i>DN (mm)</i>	<i>DN (mm)</i>
P ≤ 70	15	20
70 < P ≤ 150	20	25
150 < P ≤ 400	25	32
400 < P	32	40

#### 1.8.3.1.2. Vaciado y purga

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

<i>Potencia térmica nominal (kW)</i>	<i>Calor</i>	<i>Frio</i>
	<i>DN (mm)</i>	<i>DN (mm)</i>
P ≤ 70	20	25
70 < P ≤ 150	25	32
150 < P ≤ 400	32	40
400 < P	40	50

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

#### 1.8.3.1.3. Expansión y circuito cerrado

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

#### 1.8.3.1.4. Dilatación, golpe de ariete, filtración

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

#### 1.8.3.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.

1.8.3.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

## **1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

El presupuesto total de este proyecto asciende a la expresada cantidad de **CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.**

Se puede consultar en el Documento 6: Presupuesto.

**Pamplona, Junio de 2012.  
El Ingeniero Técnico Industrial:**

**DANIEL MÉNDEZ NIEVES**



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012

**ÍNDICE:**

<b>2.1. DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</b>	
2.2.1. SISTEMA ENVOLVENTE	
2.2.1.1. Cerramientos exteriores	
2.2.1.1.1. Fachadas .....	9
2.2.1.2. Suelos	
2.2.1.2.1. Soleras .....	14
2.2.1.3. Cubiertas	
2.2.1.3.1. Azoteas .....	18
2.2.1.3.2. Tejados .....	19
2.2.1.4. Huecos verticales .....	20
2.2.2. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN	
2.2.2.1. Compartimentaciones verticales .....	21
2.2.2.2. Forjados entre pisos .....	25
2.2.2.3. Huecos verticales interiores .....	26
2.2.3. MATERIALES .....	27
2.2.4. PUENTES TÉRMICOS .....	28
<b>2.3. CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA U DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</b>	
2.3.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	
2.3.1.1. Fachada .....	29
2.3.1.2. Cubierta	

2.3.1.2.1. Azotea .....	29
2.3.1.2.2. Tejado .....	30
<b>2.3.2. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO</b>	
2.3.2.1. Solera .....	30
<b>2.3.3. PARTICIONES INTERIORES EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES</b>	
2.3.3.1. Tabique en contacto con zonas no habitables .....	31
2.3.4. HUECOS .....	31
<b>2.4. FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA. EXPORTACIÓN CON LIDER .....</b>	<b>32</b>
<b>2.6. LISTADO COMPLETO DE CARGAS TÉRMICAS</b>	
2.6.1. PARÁMETROS GENERALES .....	47
2.6.2. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS	
2.6.2.1. Refrigeración	
2.6.2.1.1. Planta baja .....	48
2.6.2.1.2. Planta primera .....	50
2.6.2.2. Calefacción	
2.6.2.2.1. Planta baja .....	54
2.6.2.2.2. Planta primera .....	56
2.6.3. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS	
2.6.3.1. Refrigeración .....	62
2.6.3.2. Calefacción .....	62

2.6.4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS .....	62
---	----

## **2.7. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA**

2.7.1. ELECCIÓN DE LA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA .....	63
---	----

### **2.7.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN GEOTÉRMICO**

2.7.2.1. Análisis geológico del terreno .....	65
---	----

2.7.2.2. Diseño de la captación .....	66
---------------------------------------	----

### **2.7.3. SONDAS GEOTÉRMICAS**

#### 2.7.3.1. Elección de las sondas geotérmicas

2.7.3.1.1. Descripción .....	68
------------------------------	----

2.7.3.1.2. Características .....	68
----------------------------------	----

2.7.3.1.3. Dimensiones .....	68
------------------------------	----

2.7.3.2. Instalación de las sondas geotérmicas .....	68
--	----

## **2.8. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN**

### **2.8.1. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE LAS TUBERÍAS**

2.8.1.1. Tuberías (refrigeración) .....	70
---	----

2.8.1.2. Tuberías (calefacción) .....	71
---------------------------------------	----

### **2.8.2 SISTEMAS DE SUELO RADIANTE**

#### 2.8.2.1. Bases de cálculo

2.8.2.1.1. Cálculo de la carga térmica de los recintos .....	72
--	----

2.8.2.1.2. Localización de los colectores .....	73
---	----

2.8.2.1.3. Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes .....	74
---	----

2.8.2.1.4. Cálculo de la temperatura de impulsión del agua .....	74
--	----

2.8.2.1.5. Cálculo del caudal de agua de los circuitos .....	78
--	----

2.8.2.2. Dimensionado	
2.8.2.2.1. Dimensionado del circuito hidráulico .....	79
2.8.2.2.2. Selección de la bomba de calor .....	79
<b>2.9. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA</b>	
2.9.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	80
2.9.2. CIRCUITO HIDRÁULICO	
2.9.2.1. Condiciones climáticas .....	80
2.9.2.2. Condiciones de uso .....	81
2.9.3. DETERMINACIÓN DE LA RADIACIÓN .....	82
2.9.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN .....	83
2.9.5. CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR .....	85
2.9.6. SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN BÁSICA .....	85
2.9.7. SELECCIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR .....	85
2.9.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN .....	85
2.9.9. DISEÑO DEL SISTEMA INTERCAMBIADOR-ACUMULADOR .....	85
2.9.10 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	
2.9.10.1. Cálculo del diámetro de las tuberías .....	86
2.9.10.2. Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación .....	86
2.9.10.3. Bomba de circulación .....	87
2.9.10.4. Vaso de expansión .....	88
2.9.10.5. Purgadores y desaireadores .....	89
2.9.11. SISTEMA DE RREGULACIÓN Y CONTROL .....	89
2.9.12. AISLAMIENTO .....	90

## **2.10. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA**

### **2.10.1. DATOS DE PARTIDA**

#### **2.10.1.1. Datos relativos al DB-HE1 del Código Técnico de la Edificación**

2.10.1.1.1. Características generales ..... 90

2.10.1.1.2. Áreas y parámetros característicos de muros y huecos ..... 90

2.10.1.1.3. Áreas y parámetros característicos de suelos, cubiertas y cerramientos en contacto con el terreno ..... 91

#### **2.10.1.2. Datos relativos al DB-HE4 del Código Técnico de la Edificación**

2.10.1.2.1. Fracción de la demanda de ACS cubierta por energías renovables para el cumplimiento de la exigencia del DB-HE4 del CTE ... 91

#### **2.10.1.3. Datos relativos al DB-HS3 del Código Técnico de la Edificación**

2.10.1.3.1. Caudal de ventilación total del edificio, para el cumplimiento de la exigencia del DB-HS3 del CTE ..... 91

#### **2.10.1.4. Datos relativos a las instalaciones**

2.10.1.4.1. Instalación de calefacción ..... 91

2.10.1.4.1. Instalación de agua caliente sanitaria ..... 91

#### **2.10.1.5. Datos relativos a la captación solar de los huecos**

2.10.1.5.1. Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sur ..... 92

2.10.1.5.2. Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sureste ..... 92

2.10.1.5.3. Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sudoeste ..... 93

**2.10.2. CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN ..... 93**

**2.10.3. CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS ..... 94**

2.10.4. CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	
GLOBAL .....	95

## 2.1. DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA

La zona climática se determina a partir de valores tabulados, tal como se especifica en el Apéndice D Zonas climáticas del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética. La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se obtiene de la tabla que se muestra a continuación, en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia.

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla 1. Zonas climáticas.

Como se muestra en la memoria del presente proyecto, la vivienda unifamiliar está situado en la calle nueva de Tajonar, perteneciente al municipio de Aranguren en la Comunidad Foral de Navarra. La altitud sobre el nivel del mar de dicho municipio es de 640 m.

Por lo tanto como la altura de referencia de Pamplona, siendo la capital de la provincia, es de 456 m, la diferencia de alturas es de  $184\text{m} < 200\text{m}$ .

Tomaremos la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia, es decir la Zona climática D1.

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

### 2.2.1. SISTEMA ENVOLVENTE

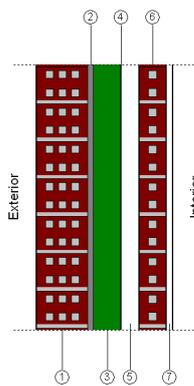
#### 2.2.1.1. Cerramientos exteriores

##### 2.2.1.1.1. Fachadas

###### CV 1/2 pie y fábrica\_1

Superficie total 144.61 m<sup>2</sup>

Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 5 cm, hoja interior de ladrillo hueco doble de 9 cm y guarnecido.



Listado de capas:

1 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 11.5 cm 80 mm	
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1.4 cm
3 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
4 - Aluminio	0.1 cm
5 - Cámara de aire sin ventilar	4 cm
6 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	6 cm
7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5 cm
8 - Pintura plástica	---
Espesor total:	30.5 cm

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.45 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 214.35 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 211.95 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 47.4(-1; -5) dB

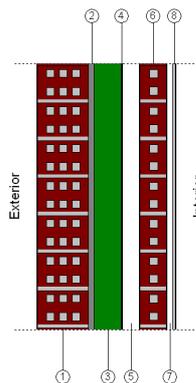
Protección frente a la humedad

Grado de impermeabilidad alcanzado: 3

Condiciones que cumple: B2+C1+H1+J1+N1

**CV 1/2 pie y fábrica\_1**Superficie total 15.71 m<sup>2</sup>

Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 5 cm, hoja interior de ladrillo hueco doble de 9 cm y guarnecido.



## Listado de capas:

1 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 11.5 cm 80 mm	
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1.4 cm
3 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
4 - Aluminio	0.1 cm
5 - Cámara de aire sin ventilar	4 cm
6 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	6 cm
7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5 cm
8 - Alicatado con baldosas cerámicas colocadas con adhesivo cementoso normal, C1	0.5 cm
Espesor total:	31 cm

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.45 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 225.85 kg/m<sup>2</sup>Masa superficial del elemento base: 223.45 kg/m<sup>2</sup>Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 48.2(-1; -5) dB

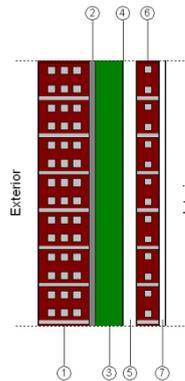
Protección frente a la humedad

Grado de impermeabilidad alcanzado: 3

Condiciones que cumple: B2+C1+H1+J1+N1

**CV 1/2 pie y fábrica\_3**Superficie total 15.36 m<sup>2</sup>

Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 3 cm, hoja interior de ladrillo hueco de 4 cm y guarnecido.



Listado de capas:

1 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 11.5 cm 80 mm	
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1.4 cm
3 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
4 - Aluminio	0.1 cm
5 - Cámara de aire sin ventilar	3 cm
6 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	5 cm
7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5 cm
Espesor total:	28.5 cm

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.46 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 208.55 kg/m<sup>2</sup>Masa superficial del elemento base: 206.15 kg/m<sup>2</sup>Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 47.0(-1; -5) dB

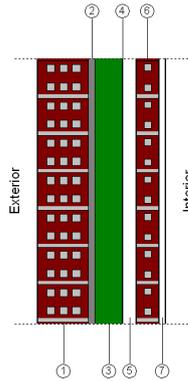
Protección frente a la humedad

Grado de impermeabilidad alcanzado: 3

Condiciones que cumple: B2+C1+H1+J1+N1

**CV 1/2 pie y fábrica\_3**Superficie total 20.39 m<sup>2</sup>

Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 3 cm, hoja interior de ladrillo hueco de 4 cm y guarnecido.



Listado de capas:

1 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 11.5 cm 80 mm	
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1.4 cm
3 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
4 - Aluminio	0.1 cm
5 - Cámara de aire sin ventilar	3 cm
6 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	5 cm
7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5 cm
8 - Pintura plástica	---
Espesor total:	28.5 cm

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.46 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 208.55 kg/m<sup>2</sup>Masa superficial del elemento base: 206.15 kg/m<sup>2</sup>Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 47.0(-1; -5) dB

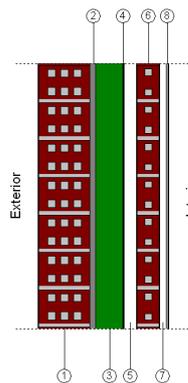
Protección frente a la humedad

Grado de impermeabilidad alcanzado: 3

Condiciones que cumple: B2+C1+H1+J1+N1

**CV 1/2 pie y fábrica\_3**Superficie total 2.65 m<sup>2</sup>

Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 3 cm, hoja interior de ladrillo hueco de 4 cm y guarnecido.



## Listado de capas:

1 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 11.5 cm 80 mm	
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1.4 cm
3 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
4 - Aluminio	0.1 cm
5 - Cámara de aire sin ventilar	3 cm
6 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	5 cm
7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5 cm
8 - Alicatado con baldosas cerámicas colocadas con adhesivo cementoso normal, C1	0.5 cm
<b>Espesor total:</b>	<b>29 cm</b>

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.46 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 220.05 kg/m<sup>2</sup>Masa superficial del elemento base: 217.65 kg/m<sup>2</sup>Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 47.8(-1; -5) dB

Protección frente a la humedad

Grado de impermeabilidad alcanzado: 3

Condiciones que cumple: B2+C1+H1+J1+N1

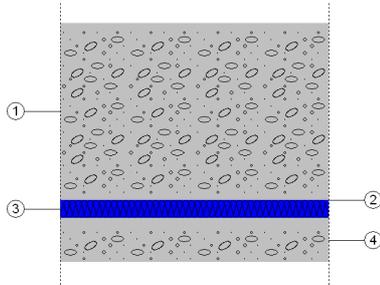
## 2.2.1.2. Suelos

### 2.2.1.2.1. Soleras

#### Losa de cimentación (AP)

Superficie total 10.90 m<sup>2</sup>

Losa de cimentación (60 cm)



Listado de capas:

1 - Hormigón armado	40 cm
2 - Film de polietileno	0.02 cm
3 - Poliestireno extruido	4 cm
4 - Hormigón de limpieza	10 cm
<b>Espesor total:</b>	<b>54.02 cm</b>

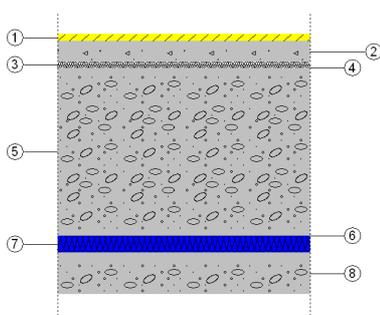
Limitación de demanda energética  $U_s$ : 0.42 W/m<sup>2</sup>K(Para una solera apoyada, con longitud característica  $B' = 5.6$  m)Solera con banda de aislamiento perimetral (ancho 1.2 m y resistencia térmica: 1.83 m<sup>2</sup>K/W)

Protección frente al ruido

Masa superficial: 1246.70 kg/m<sup>2</sup>Masa superficial del elemento base: 1000.18 kg/m<sup>2</sup>Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 72.0(-1; -7) dBNivel global de presión de ruido de impactos normalizado,  $L_{n,w}$ : 59.0 dB

**Losa de cimentación - Entarimado tradicional sobre rastreles** Superficie total 47.17 m<sup>2</sup>  
**(AP)**

Losa de cimentación (60 cm)



Listado de capas:

1 - Entarimado de tablas de madera maciza de 70x22 mm, sobre rastreles	1.8 cm
2 - Capa de mortero autonivelante	5 cm
3 - Panel portatubos aislante de poliestireno expandido (EPS), "UPONOR IBERIA"	1.3 cm
4 - Film de polietileno, "UPONOR IBERIA"	0.02 cm
5 - Hormigón armado	40 cm
6 - Film de polietileno	0.02 cm
7 - Poliestireno extruido	4 cm
8 - Hormigón de limpieza	10 cm
<b>Espesor total:</b>	<b>62.14 cm</b>

Limitación de demanda energética  $U_s$ : 0.42 W/m<sup>2</sup>K

(Para una solera apoyada, con longitud característica  $B' = 5.6$  m)

Solera con banda de aislamiento perimetral (ancho 1.2 m y resistencia térmica: 1.83 m<sup>2</sup>K/W)

Protección frente al ruido

Masa superficial: 1350.92 kg/m<sup>2</sup>

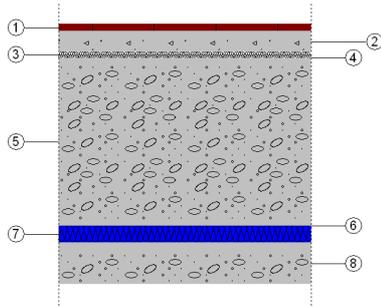
Masa superficial del elemento base: 1000.37 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 72.0(-1; -7) dB

Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado,  $L_{n,w}$ : 59.0 dB

<b>Losa de cimentación - Solado de baldosas cerámicas colocadas con adhesivo (AP)</b>	<b>Superficie total</b> 15.73 m <sup>2</sup>
---	---

Losa de cimentación (60 cm)



Listado de capas:

1 - Solado de baldosas cerámicas de gres esmaltado, de 25x25 cm, colocadas con adhesivo cementoso	1.8 cm
2 - Capa de mortero autonivelante	5 cm
3 - Panel portatubos aislante de poliestireno expandido (EPS), "UPONOR IBERIA"	1.3 cm
4 - Film de polietileno, "UPONOR IBERIA"	0.02 cm
5 - Hormigón armado	40 cm
6 - Film de polietileno	0.02 cm
7 - Poliestireno extruido	4 cm
8 - Hormigón de limpieza	10 cm
<b>Espesor total:</b>	<b>62.14 cm</b>

Limitación de demanda energética  $U_s$ : 0.42 W/m<sup>2</sup>K

(Para una solera apoyada, con longitud característica  $B' = 5.6$  m)

Solera con banda de aislamiento perimetral (ancho 1.2 m y resistencia térmica: 1.83 m<sup>2</sup>K/W)

Protección frente al ruido

Masa superficial: 1387.28 kg/m<sup>2</sup>

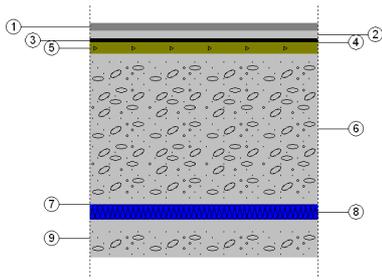
Masa superficial del elemento base: 1000.37 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 72.0(-1; -7) dB

Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado,  $L_{n,w}$ : 59.0 dB

<b>Losa de cimentación - Solera seca "KNAUF".Solado de piedra natural sobre una superficie plana, con adhesivo (AP)</b>	<b>Superficie total</b> 33.40 m <sup>2</sup>
---	---

Losa de cimentación (60 cm) .



Listado de capas:

1 - Solado de baldosas de mármol Crema Levante, de 60x30x2 cm colocado con adhesivo cementoso	2 cm
2 - Solera seca placas de yeso con fibras Vidifloor F132 "KNAUF"	2 cm
3 - Lana de roca "KNAUF"	1 cm
4 - Barrera de vapor formada por film de polietileno	0.02 cm
5 - Capa de nivelación con granulado base PA "KNAUF"	3 cm
6 - Hormigón armado	40 cm
7 - Film de polietileno	0.02 cm
8 - Poliestireno extruido	4 cm
9 - Hormigón de limpieza	10 cm
<b>Espesor total:</b>	<b>62.04 cm</b>

Limitación de demanda energética  $U_s$ : 0.42 W/m<sup>2</sup>K

(Para una solera apoyada, con longitud característica  $B'$  = 5.6 m)

Solera con banda de aislamiento perimetral (ancho 1.2 m y resistencia térmica: 1.83 m<sup>2</sup>K/W)

Protección frente al ruido

Masa superficial: 1376.30 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 1058.88 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 72.9(-1; -7) dB

Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado,  $L_{n,w}$ : 58.1 dB

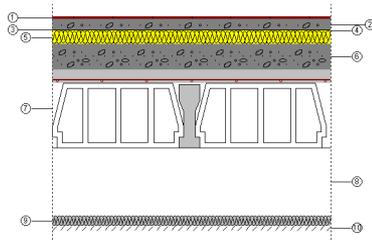
### 2.2.1.3. Cubiertas

#### 2.2.1.3.1. Azoteas

**Techo suspendido continuo - Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)** Superficie total  
33.20 m<sup>2</sup>

Falso techo suspendido (escayola (PES)) de 16 mm de espesor con cámara de aire de 30 cm de altura y tendido de aislante térmico (lana mineral (MW)) de 40 mm de espesor. Forjado unidireccional con bovedilla de hormigón

#### Listado de capas:



1 - Pavimento de gres rústico	1 cm
2 - Adhesivo cementoso	4 cm
3 - Geotextil de poliéster	0.08 cm
4 - Impermeabilización asfáltica monocapa adherida	0.36 cm
5 - Lana mineral soldable	5 cm
6 - Formación de pendientes con arcilla expandida vertida en seco	10 cm
7 - Forjado unidireccional (Elemento resistente)	30 cm
8 - Cámara de aire sin ventilar	26 cm
9 - Lana mineral	4 cm
10 - Falso techo continuo de placas de escayola, con mediante estopadas colgantes	1.6 cm
11 - Pintura plástica sobre paramentos interiores de yeso o escayola	---
<b>Espesor total:</b>	<b>82.04 cm</b>

Limitación de demanda energética  $U_c$  refrigeración: 0.27 W/m<sup>2</sup>K

$U_c$  calefacción: 0.28 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 554.29 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 432.33 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 58.7(-1; -6) dB

Protección frente a la humedad

Tipo de cubierta: Transitable, peatonal, con solado fijo

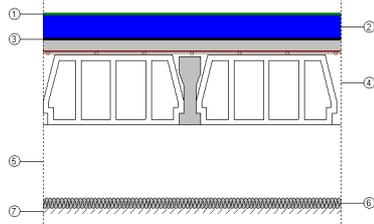
Tipo de impermeabilización: Material bituminoso/bituminoso modificado

## 2.2.1.3.2. Tejados

**Techo suspendido continuo - C.I. Inv Teja FU Aisl (Forjado unidireccional)** Superficie total 73.41 m<sup>2</sup>

Falso techo suspendido (escayola (PES)) de 16 mm de espesor con cámara de aire de 30 cm de altura y tendido de aislante térmico (lana mineral (MW)) de 40 mm de espesor. Forjado unidireccional con bovedilla de hormigón Cubierta inclinada compuesta de forjado unidireccional de 25 cm como elemento resistente, lámina bituminosa para impermeabilización, poliestireno extruido de 80 mm de espesor como aislante térmico y cobertura de teja cerámica.

## Listado de capas:

	1 - Teja de arcilla cocida	1 cm
	2 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO <sub>2</sub> [ 0.034 W/[mK]]	8 cm
	3 - Betún fieltro o lámina	1 cm
	4 - Forjado unidireccional (Elemento resistente)	30 cm
	5 - Cámara de aire sin ventilar	26 cm
	6 - Lana mineral	4 cm
	7 - Falso techo continuo de placas de escayola, con mediante estopadas colgantes	1.6 cm
	8 - Pintura plástica sobre paramentos interiores de yeso o escayola	---
<b>Espesor total:</b>	<b>71.6 cm</b>	

Limitación de demanda energética U<sub>c</sub> refrigeración: 0.24 W/m<sup>2</sup>K

U<sub>c</sub> calefacción: 0.24 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 421.13 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 383.33 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica, R<sub>w</sub>(C; C<sub>tr</sub>): 56.8(-1; -6) dB

Protección frente a la humedad

Tipo de cubierta: Faldón formado por forjado de hormigón

Tipo de impermeabilización: Material bituminoso/bituminoso modificado

## 2.2.1.4. Huecos verticales

Ventanas									
Acristalamiento	$M_M$	$U_{Marco}$	FM	Pa	$C_M$	$U_{Hueco}$	$F_S$	$F_H$	$R_w (C;C_{tr})$
Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4 (x2)	Ventana de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 80x100 cm	5.70	0.35	Clase 3	Claro (0.40)	3.18	1.00	0.29	34(-1;-3)
Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4 (x6)	Ventana de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 150x100 cm	5.70	0.32	Clase 3	Claro (0.40)	3.04	0.82	0.25	34(-1;-3)
Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4 (x4)	Ventana de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 80x100 cm	5.70	0.35	Clase 3	Claro (0.40)	3.18	0.82	0.24	34(-1;-3)
Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4 (x2)	Ventana de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 150x100 cm	5.70	0.32	Clase 3	Claro (0.40)	3.04	0.67	0.20	34(-1;-3)
Abreviaturas utilizadas									
$M_M$	Material del marco		$U_{Hueco}$	Coeficiente de transmisión ( $W/m^2K$ )					
$U_{Marco}$	Coeficiente de transmisión ( $W/m^2K$ )		$F_S$	Factor de sombra					
FM	Fracción de marco		$F_H$	Factor solar modificado					
Pa	Permeabilidad al aire de la carpintería		$R_w (C;C_{tr})$	Valores de aislamiento acústico (dB)					
$C_M$	Color del marco (absortividad)								

Puertas		
Tipo	$U_{Puerta}$	$R_w (C;C_{tr})$
Puerta de entrada a la vivienda, de madera (x4)	1.90	30(-1;-2)
Abreviaturas utilizadas		
$U_{Puerta}$	Coeficiente de transmisión ( $W/m^2K$ )	$R_w (C;C_{tr})$ Valores de aislamiento acústico (dB)

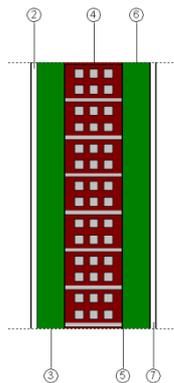
## 2.2.2. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN

### 2.2.2.1. Compartimentaciones verticales

#### Tabique LP y doble PD

Superficie total 15.43 m<sup>2</sup>

Partición de una hoja de ladrillo cerámico perforado de 11.5 cm, con doble trasdosado de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral de 4 cm de espesor.



#### Listado de capas:

1 - Pintura plástica	---
2 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.5 cm
3 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
4 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	13 cm
5 - Aluminio	0.1 cm
6 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
7 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.4 cm
8 - Pintura plástica	---
Espesor total:	28 cm

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.28 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 164.03 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 159.22 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica por ensayo,  $R_w(C; C_{tr})$ : 70.0(-1; -4) dB

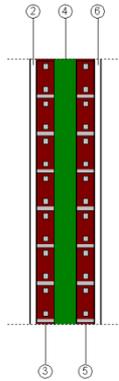
Referencia del ensayo: caracterización acústica

Seguridad en caso de incendio

Resistencia al fuego: EI 240

**Tabique LH Doble Hoja**Superficie total 80.17 m<sup>2</sup>

Partición de dos hojas de ladrillo cerámico hueco sencillo de 4 cm, con revestimiento de yeso de 1.5 cm en cada cara y aislamiento de lana mineral de 5 cm de espesor.



## Listado de capas:

1 - Pintura plástica	---
2 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$	1.5 cm
3 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4 cm
4 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	5 cm
5 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4 cm
6 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$	1.5 cm
7 - Pintura plástica	---
<b>Espesor total:</b>	<b>16 cm</b>

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.58 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 116.50 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 114.50 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica por ensayo,  $R_w(C; C_{tr})$ : 48.0(-1; -3) dB

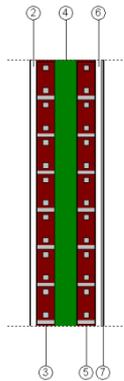
Referencia del ensayo: caracterización acústica

Seguridad en caso de incendio

Resistencia al fuego: EI 180

**Tabique LH Doble Hoja**Superficie total 66.38 m<sup>2</sup>

Partición de dos hojas de ladrillo cerámico hueco sencillo de 4 cm, con revestimiento de yeso de 1.5 cm en cada cara y aislamiento de lana mineral de 5 cm de espesor.



## Listado de capas:

1 - Pintura plástica	---
2 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5 cm
3 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4 cm
4 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	5 cm
5 - Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4 cm
6 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5 cm
7 - Alicatado con baldosas cerámicas colocadas con adhesivo cementoso normal, C1	0.5 cm
Espesor total:	16.5 cm

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.58 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 128.00 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 126.00 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica por ensayo,  $R_w(C; C_{tr})$ : 48.0(-1; -3) dB

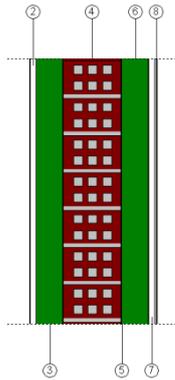
Referencia del ensayo: caracterización acústica

Seguridad en caso de incendio

Resistencia al fuego: EI 180

**Tabique LP y doble PD**Superficie total 7.85 m<sup>2</sup>

Partición de una hoja de ladrillo cerámico perforado de 11.5 cm, con doble trasdosado de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral de 4 cm de espesor.



## Listado de capas:

1 - Pintura plástica	---
2 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.5 cm
3 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
4 - 1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	13 cm
5 - Aluminio	0.1 cm
6 - MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6 cm
7 - Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.4 cm
8 - Alicatado con baldosas cerámicas colocadas con adhesivo cementoso normal, C1	0.5 cm
Espesor total:	28.5 cm

Limitación de demanda energética  $U_m$ : 0.28 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 175.53 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 170.73 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica por ensayo,  $R_w(C; C_{tr})$ : 70.0(-1; -4) dB

Referencia del ensayo: caracterización acústica

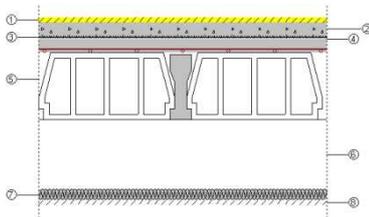
Seguridad en caso de incendio

Resistencia al fuego: EI 240

## 2.2.2.2. Forjados entre pisos

<b>Techo suspendido continuo - Forjado unidireccional - Entarimado tradicional sobre rastreles</b>	Superficie total 51.99 m <sup>2</sup>
--	--

Falso techo suspendido (escayola (PES)) de 16 mm de espesor con cámara de aire de 30 cm de altura y tendido de aislante térmico (lana mineral (MW)) de 40 mm de espesor. Forjado unidireccional con bovedilla de hormigón



Listado de capas:

1 - Entarimado de tablas de madera maciza de 70x22 mm, sobre rastreles	1.8 cm
2 - Capa de mortero autonivelante	5 cm
3 - Panel portatubos aislante de poliestireno expandido (EPS), "UPONOR IBERIA"	1.3 cm
4 - Film de polietileno, "UPONOR IBERIA"	0.02 cm
5 - Forjado unidireccional (Elemento resistente)	30 cm
6 - Cámara de aire sin ventilar	26 cm
7 - Lana mineral	4 cm
8 - Falso techo continuo de placas de escayola, con mediante estopadas colgantes	1.6 cm
9 - Pintura plástica sobre paramentos interiores de yeso o escayola	---
<b>Espesor total:</b>	<b>69.72 cm</b>

Limitación de demanda energética  $U_c$  refrigeración: 0.43 W/m<sup>2</sup>K

$U_c$  calefacción: 0.41 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 491.35 kg/m<sup>2</sup>

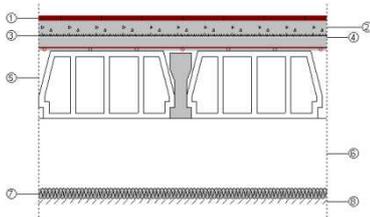
Masa superficial del elemento base: 372.52 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 56.3(-1; -6) dB

Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado,  $L_{n,w}$ : 74.0 dB

<b>Techo suspendido continuo - Forjado unidireccional - Solado de baldosas cerámicas colocadas con adhesivo</b>	Superficie total 9.02 m <sup>2</sup>
---	---

Falso techo suspendido (escayola (PES)) de 16 mm de espesor con cámara de aire de 30 cm de altura y tendido de aislante térmico (lana mineral (MW)) de 40 mm de espesor. Forjado unidireccional con bovedilla de hormigón



Listado de capas:

1 - Solado de baldosas cerámicas de gres esmaltado, de 25x25 cm, colocadas con adhesivo cementoso	1.8 cm
2 - Capa de mortero autonivelante	5 cm
3 - Panel portatubos aislante de poliestireno expandido (EPS), "UPONOR IBERIA"	1.3 cm
4 - Film de polietileno, "UPONOR IBERIA"	0.02 cm
5 - Forjado unidireccional (Elemento resistente)	30 cm
6 - Cámara de aire sin ventilar	26 cm
7 - Lana mineral	4 cm
8 - Falso techo continuo de placas de escayola, con mediante estopadas colgantes	1.6 cm
9 - Pintura plástica sobre paramentos interiores de yeso o escayola	---
<b>Espesor total:</b>	<b>69.72 cm</b>

Limitación de demanda energética

$U_c$  refrigeración: 0.45 W/m<sup>2</sup>K

$U_c$  calefacción: 0.43 W/m<sup>2</sup>K

Protección frente al ruido

Masa superficial: 527.71 kg/m<sup>2</sup>

Masa superficial del elemento base: 372.52 kg/m<sup>2</sup>

Caracterización acústica,  $R_w(C; C_{tr})$ : 56.3(-1; -6) dB

### 2.2.2.3. Huecos verticales interiores

Puertas			
Tipo		$U_{Puerta}$	$R_w (C; C_{tr})$
Puerta de paso interior, de madera (x9)		2.03	
Puerta de paso interior, de madera		2.03	21(-1;-2)
Abreviaturas utilizadas			
$EI_2 t-C5$	Resistencia al fuego en minutos	$R_w (C; C_{tr})$	Valores de aislamiento acústico (dB)
$U_{Puerta}$	Coefficiente de transmisión (W/m <sup>2</sup> K)		

## 2.2.3. MATERIALES

Capas						
Material	e	$\rho$	$\lambda$	RT	Cp	$\mu$
1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	11.5	1020	0.567	0.203	1000	10
1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	13	1020	0.567	0.229	1000	10
Adhesivo cementoso	4	1900	1.3	0.0308	1000	10
Alicatado con baldosas cerámicas colocadas con adhesivo cementoso normal, C1	0.5	2300	1.3	0.00385	840	100000
Aluminio	0.1	2700	230	4.35e-006	880	1000000
Barrera de vapor formada por film de polietileno	0.02	980	0.5	0.0004	1800	100000
Betún fieltro o lámina	1	1100	0.23	0.0435	1000	50000
Capa de mortero autonivelante	5	1900	1.3	0.0385	1000	10
Capa de nivelación con granulado base PA "KNAUF"	3	1950	2	0.015	1045	50
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5	1150	0.57	0.0263	1000	6
Entarimado de tablas de madera maciza de 70x22 mm, sobre rastreles	1.8	480	0.15	0.12	1600	20
Falso techo continuo de placas de escayola, con mediante estopadas colgantes	1.6	825	0.25	0.064	1000	4
Film de polietileno	0.02	920	0.33	0.000606	2200	100000
Film de polietileno, "UPONOR IBERIA"	0.02	920	0.33	0.000606	2200	100000
Forjado unidireccional 25+5 cm (Bovedilla de hormigón)	30	1241.11	1.43	0.21	1000	80
Formación de pendientes con arcilla expandida vertida en seco	10	600	0.19	0.526	1000	4
Geotextil de poliéster	0.08	250	0.038	0.0211	1000	1
Hormigón armado	40	2500	2.3	0.174	1000	80
Hormigón de limpieza	10	2450	2	0.05	1000	80
Impermeabilización asfáltica monocapa adherida	0.36	1100	0.23	0.0157	1000	50000
Lana de roca "KNAUF"	1	40	0.04	0.25	1000	1
Lana mineral	4	40	0.035	1.14	840	1
Lana mineral soldable	5	40	0.039	1.28	1000	1
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1.4	1350	0.7	0.02	1000	10
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	5	40	0.041	1.22	1000	1
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6	40	0.041	1.46	1000	1
Panel portatubos aislante de poliestireno expandido (EPS), "UPONOR IBERIA"	1.3	30	0.036	0.361	1000	20
Pavimento de gres rústico	1	2500	2.3	0.00435	1000	30
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.4	825	0.25	0.056	1000	4
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1.5	825	0.25	0.06	1000	4
Poliestireno extruido	4	38	0.034	1.18	1000	100
Solado de baldosas cerámicas de gres esmaltado, de 25x25 cm, colocadas con adhesivo cementoso	1.8	2500	2.3	0.00783	1000	30
Solado de baldosas de mármol Crema Levante, de 60x30x2 cm colocado con adhesivo cementoso	2	2700	3.5	0.00571	1000	10000
Solera seca placas de yeso con fibras Vidifloor F132 "KNAUF"	2	825	0.25	0.08	1000	4
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	6	930	0.432	0.139	1000	10
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4	1000	0.445	0.0899	1000	10
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	5	1000	0.445	0.112	1000	10
Teja de arcilla cocida	1	2000	1	0.01	800	30
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [ 0.034 W/[mK]]	8	37.5	0.034	2.35	1000	100

Abreviaturas utilizadas			
e	Espesor (cm)	RT	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> K/W)
$\rho$	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp	Calor específico (J/kgK)
$\lambda$	Conductividad (W/mK)	$\mu$	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua

Vidrios		
Material	$U_{\text{Vidrio}}$	$g_{\square}$
Doble acristalamiento Low.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", Low.S 6/10/4	1.80	0.40
Abreviaturas utilizadas		
$U_{\text{Vidrio}}$	<i>Coficiente de transmisión (W/m<sup>2</sup>K)</i>	$g_{\square}$ <i>Factor solar</i>

Marcos	
Material	$U_{\text{Marco}}$
Ventana de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 80x100 cm	5.70
Ventana de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 150x100 cm	5.70
Abreviaturas utilizadas	
$U_{\text{Marco}}$	<i>Coficiente de transmisión (W/m<sup>2</sup>K)</i>

#### 2.2.4. PUENTES TÉRMICOS

Puentes térmicos lineales		
Nombre	$\Psi$	$F_{\text{Rsi}}$
Fachada en esquina vertical saliente	0.08	0.84
Encuentro de fachada con cubierta	0.39	0.72
Unión de solera con pared exterior	0.14	0.75
Forjado entre pisos	0.41	0.76
Ventana en fachada	0.39	0.70
Abreviaturas utilizadas		
$\Psi$	<i>Transmitancia lineal (W/mK)</i>	$F_{\text{Rsi}}$ <i>Factor de temperatura de la superficie interior</i>

### 2.3. CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA U DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

#### 2.3.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR

##### 2.3.1.1. Fachada

	e (cm)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Rse			0,04
Rsi			0,13
1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	11,5	0,567	0,203
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1,4	0,7	0,02
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6	0,041	1,46
Cámara de aire sin ventilar	4		0,16
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	6	0,432	0,139
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1,5	0,57	0,0263
<b>RESISTENCIA TOTAL</b>			<b>2,1783</b>

$$U = 1 / 2,1783 = \mathbf{0,46 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Según la tabla 2.1 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética el límite para muros de fachada en la zona climática D es de 0.86 W/m<sup>2</sup>K.

Por lo tanto como  $0.46 < 0.86$  , **CUMPLE**.

##### 2.3.1.2. Cubierta

###### 2.3.1.2.1. Azotea

	e (cm)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Rse			0,04
Rsi			0,1
Pavimento de gres rústico	1	2500	2,3
Adhesivo cementoso	4	1900	1,3
Geotextil de poliéster	0.08	250	0,038
Impermeabilización asfáltica monocapa adherida	0.36	1100	0,23
Lana mineral soldable	5	40	0,039
Formación de pendientes con arcilla expandida vertida en seco	10	600	0,19
Cámara de aire sin ventilar			0,18
Lana mineral	4	40	0,035
Falso techo continuo de placas de escayola, con mediante estopadas colgantes	1.6	0.25	0,064
<b>RESISTENCIA TOTAL</b>			<b>4,452</b>

$$U = 1 / 4,452 = \mathbf{0,225 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Según la tabla 2.1 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética el límite para cubiertas en la zona climática D es de  $0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Por lo tanto como  $0.225 < 0.49$  , **CUMPLE**.

### 2.3.1.2.2. Tejado

	e (cm)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $\text{m}^2 \text{ K/W}$ )
Rse			0,04
Rsi			0,1
Teja de arcilla cocida	1	1	0,01
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]	8	0.034	2,35
Betún fieltro o lámina	1	0.23	0,0435
Forjado unidireccional 25+5 cm (Bovedilla de hormigón)	30	1.43	0,21
Camara de aire sin ventilar	26		0,18
Lana mineral	4	0.035	1,14
Falso techo continuo de placas de escayola, con mediante estopadas colgantes	1.6	0.25	0,064
<b>RESISTENCIA TOTAL</b>			<b>4,1375</b>

$$U = 1 / 4,1375 = \mathbf{0,24 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Según la tabla 2.1 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética el límite para cubiertas en la zona climática D es de  $0.49 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Por lo tanto como  $0.24 < 0.49$  , **CUMPLE**.

### 2.3.2. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

#### 2.3.2.1 Solera

	e (cm)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $\text{m}^2 \text{ K/W}$ )
Entarimado de tablas de madera maciza de 70x22 mm, sobre rastreles	1.8	0.15	0,12
Capa de mortero autonivelante	5	1.3	0,0385
Panel portatubos aislante de poliestireno expandido (EPS), "UPONOR IBERIA"	1.3	0.036	0,361
Film de polietileno, "UPONOR IBERIA"	0.02	0.33	0,000606
Hormigón armado	40	2.3	0,174
Film de polietileno	0.02	0.33	0,000606
Poliestireno extruido	4	0.034	1,18
Hormigón de limpieza	10	2	0,05
<b>RESISTENCIA TOTAL</b>			<b>1,924712</b>

$$Ra = 1,924712 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$D = 1,20 \text{ m}$$

$$B' = 5,6$$

De la tabla E.3 del Apéndice E1.2 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética, se saca el valor de la transmitancia térmica  $U_s$ .

$$U_s = \mathbf{0,42 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}}$$

Según la tabla 2.1 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética el límite para suelos en la zona climática D es de  $0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Por lo tanto como  $0,42 < 0,64$ , **CUMPLE**.

### 2.3.3. PARTICIONES INTERIORES EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

#### 2.3.3.1. Tabique en contacto con zonas no habitables

	e (cm)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $\text{m}^2 \text{ K/W}$ )
Rse			0,13
Rsi			0,13
Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	1.5	0.25	0,06
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6	0.041	1,46
1/2 pie LP métrico o catalán $60 \text{ mm} < G < 80 \text{ mm}$	13	0.567	0,229
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6	0.041	1,46
Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	1.4	0.25	0,056
Alicatado con baldosas cerámicas colocadas con adhesivo cementoso normal, C1	0.5	1.3	0,00385
<b>RESISTENCIA TOTAL</b>			<b>3,53</b>

$$U_p = 1 / 3,53 = 0,283$$

$$b = 0,97$$

$$U = 0,446 \times 0,97 = \mathbf{0,27}$$

Según la tabla 2.1 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética el límite para particiones interiores en contacto con espacios no habitables de fachada en la zona climática D es de  $0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Por lo tanto como  $0,27 < 0,86$ , **CUMPLE**.

### 2.3.4. HUECOS

Ventana con doble acristalamiento Low.S.

Vidrio exterior de 4 mm de espesor, cámara de aire de 6 mm de espesor y vidrio interior de 4 mm de espesor  $6/10/4$ .  $U = \mathbf{3,18 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Según la tabla 2.1 del Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética el límite para vidrios y marcos en la zona climática D es de  $3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Por lo tanto como  $3,18 < 3,50$ , **CUMPLE**.

## 2.4. FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

**La documentación justificativa para el cumplimiento del CTE DB HE 1: Limitación de la demanda energética es la siguiente:**

Ficha 1: Cálculo de los parámetros característicos medios.

Ficha 2 : Conformidad de la demanda energética.

Ficha 3 : Conformidad de las condensaciones.

Estas fichas, tal como se muestra en el Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética (apartado 3.2.1.5.) la documentación justificativa se incluirá en la memoria. Por lo tanto las fichas justificativas de la opción simplificada se encuentran en el Documento 1: Memoria, apartado 1.3.7. del presente proyecto.

## 2.5. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA. EXPORTACIÓN CON LIDER

# Código Técnico de la Edificación

---



**Proyecto: Climatización de una vivienda unifamiliar por energía geotérmica y producción de A.C.S. por energía solar térmica**

**Fecha: 01/06/2012**

**Localidad: Aranguren**

**Comunidad: Comunidad Foral de Navarra**

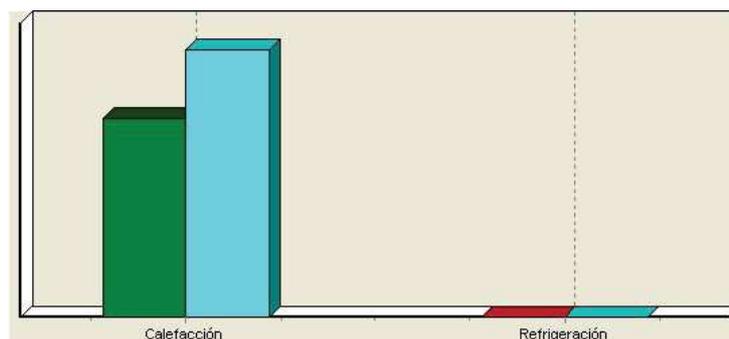
## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b> Climatización de una vivienda unifamiliar por energía geotérmica y producción de A.C.S. por energía solar térmica	
<b>Localidad</b> Aranguren	<b>Comunidad Autónoma</b> Comunidad Foral de Navarra
<b>Dirección del Proyecto</b>	
<b>Autor del Proyecto</b>	
<b>Autor de la Calificación</b>	
<b>E-mail de contacto</b>	<b>Teléfono de contacto</b>
<b>Tipo de edificio</b> Unifamiliar	

## 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	73,9	0
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,0	0,0



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

### 3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

#### 3.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P01_E01_Garaje	P01	Nivel de estanqueidad 4	3	27,94	3,00
P01_E02_Sala_de_m	P01	Nivel de estanqueidad 4	3	14,19	3,00
P01_E03_Salon_Com	P01	Residencial	3	52,05	3,00
P01_E04_Escaleras	P01	Residencial	3	13,91	3,00
P01_E05_Cocina	P01	Residencial	3	18,81	3,00
P02_E01_Escaleras	P02	Residencial	3	11,38	3,36
P02_E02_Aseo	P02	Residencial	3	5,53	3,47
P02_E03_Dormitori	P02	Residencial	3	14,79	3,58
P02_E04_Distribui	P02	Residencial	3	15,95	3,80
P02_E05_Dormitori	P02	Residencial	3	14,69	3,42
P02_E06_Bano	P02	Residencial	3	6,33	3,42
P02_E07_Dormitori	P02	Residencial	3	16,10	3,42

#### 3.2. Cerramientos opacos

##### 3.2.1 Materiales

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)	Just.
M02_Adhesivo_cementoso	1,300	1900,00	1000,00	-	10	SI
M03_Alicatado_con_baldosas_c	1,300	2300,00	840,00	-	100000	SI
M04_Barrera_de_vapor_formada	0,500	980,00	1800,00	-	100000	SI

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)	Just.
M05_Capa_de_mortero_autonive	1,300	1900,00	1000,00	-	10	SI
M06_Capa_de_nivelacion_con_g	2,000	1950,00	1045,00	-	50	SI
M07_Entarimado_de_tablas_de	0,150	480,00	1600,00	-	20	SI
M08_Falso_techo_continuo_de	0,250	825,00	1000,00	-	4	SI
M09_Film_de_polietileno	0,330	920,00	2200,00	-	100000	SI
M10_Film_de_polietileno_UPON	0,330	920,00	2200,00	-	100000	SI
M11_Forjado_unidireccional_2	1,429	1241,11	1000,00	-	80	SI
M12_Formacion_de_pendientes	0,190	600,00	1000,00	-	4	SI
M13_Geotextil_de_poliester	0,038	250,00	1000,00	-	1	SI
M14_Hormigon_armado	2,300	2500,00	1000,00	-	80	SI
M15_Hormigon_de_limpieza	2,000	2450,00	1000,00	-	80	SI
M16_Impermeabilizacion_asfal	0,230	1100,00	1000,00	-	50000	SI
M17_Lana_de_roca_KNAUF_	0,040	40,00	1000,00	-	1	SI
M18_Lana_mineral	0,035	40,00	840,00	-	1.3	SI
M19_Lana_mineral_soldable	0,039	40,00	1000,00	-	1	SI
M20_Panel_portatubos_aislant	0,036	30,00	1000,00	-	20	SI
M21_Particion_virtual	0,050	100,00	1000,00	-	1	SI
M22_Pavimento_de_gres_rustic	2,300	2500,00	1000,00	-	30	SI
M23_Poliestireno_extruido	0,034	38,00	1000,00	-	100	SI
M24_Solado_de_baldosas_ceram	2,300	2500,00	1000,00	-	30	SI
M25_Solado_de_baldosas_de_ma	3,500	2700,00	1000,00	-	10000	SI
M26_Solera_seca_placas_de_ye	0,250	825,00	1000,00	-	4	SI
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	-	1	SI
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,034	37,50	1000,00	-	100	SI
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000	--

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)	Just.
Teja de arcilla cocida	1,000	2000,00	800,00	-	30	--
Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm	-	-	-	0,18	-	--
Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	-	-	-	0,18	-	--
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	-	6	--
1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80	0,567	1020,00	1000,00	-	10	--
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,432	930,00	1000,00	-	10	--
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor <	0,445	1000,00	1000,00	-	10	--
Aluminio	230,000	2700,00	880,00	-	1e+30	--
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,700	1350,00	1000,00	-	10	--
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	-	4	--

### 3.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
C02_C_I_Inv_Teja_FU_Aisl_For	0,24	Teja de arcilla cocida	0,010
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [ 0.	0,080
		Betún fieltro o lámina	0,010
		M11_Forjado_unidireccional_2	0,300
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm	0,000
		M18_Lana_mineral	0,040
		M08_Falso_techo_continuo_de	0,016
C03_CV_1_2_pie_y_fabrica_1	0,45	1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,014
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
C03_CV_1_2_pie_y_fabrica_1	0,45	Aluminio	0,001
		Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
C04_CV_1_2_pie_y_fabrica_3	0,46	1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para MW	0,014
		Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Aluminio	0,001
		Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,050
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
		M03_Alicatado_con_baldosas_c	0,005
C05_CV_1_2_pie_y_fabrica_1	0,45	1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para MW	0,014
		Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Aluminio	0,001
		Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,060
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
		M03_Alicatado_con_baldosas_c	0,005
C06_CV_1_2_pie_y_fabrica_3	0,46	1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,115
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para MW	0,014
		Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Aluminio	0,001

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
C06_CV_1_2_pie_y_fabrica_3	0,46	Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,000
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,050
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
C07_Cubierta_plana_transitab	0,27	M22_Pavimento_de_gres_rustic	0,010
		M02_Adhesivo_cementoso	0,040
		M13_Geotextil_de_poliester	0,001
		M16_Impermeabilizacion_asfal	0,004
		M19_Lana_mineral_soldable	0,050
		M12_Formacion_de_pendientes	0,100
		M11_Forjado_unidireccional_2	0,300
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm	0,000
		M18_Lana_mineral	0,040
M08_Falso_techo_continuo_de	0,016		
C08_Forjado_unidireccional	0,44	M07_Entarimado_de_tablas_de	0,018
		M05_Capa_de_mortero_autonive	0,050
		M20_Panel_portatubos_aislant	0,013
		M10_Film_de_polielileno_UPON	0,001
		M11_Forjado_unidireccional_2	0,300
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm	0,000
		M18_Lana_mineral	0,040
M08_Falso_techo_continuo_de	0,016		
C09_Forjado_unidireccional	0,46	M24_Solado_de_baldosas_ceram	0,018
		M05_Capa_de_mortero_autonive	0,050
		M20_Panel_portatubos_aislant	0,013

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
C09_Forjado_unidireccional	0,46	M10_Film_de_polietileno_UPON	0,001
		M11_Forjado_unidireccional_2	0,300
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 10 cm	0,000
		M18_Lana_mineral	0,040
		M08_Falso_techo_continuo_de	0,016
C10_Losa_de_cimentacion	0,52	M25_Solado_de_baldosas_de_ma	0,020
		M26_Solera_seca_placas_de_je	0,020
		M17_Lana_de_roca_KNAUF_	0,010
		M04_Barrera_de_vapor_formada	0,001
		M06_Capa_de_nivelacion_con_g	0,030
		M14_Hormigon_armado	0,400
		M09_Film_de_polietileno	0,001
		M23_Poliestireno_extruido	0,040
		M15_Hormigon_de_limpieza	0,100
C11_Losa_de_cimentacion	0,64	M14_Hormigon_armado	0,400
		M09_Film_de_polietileno	0,001
		M23_Poliestireno_extruido	0,040
		M15_Hormigon_de_limpieza	0,100
C12_Losa_de_cimentacion	0,48	M07_Entarimado_de_tablas_de	0,018
		M05_Capa_de_mortero_autonive	0,050
		M20_Panel_portatubos_aislant	0,013
		M10_Film_de_polietileno_UPON	0,001
		M14_Hormigon_armado	0,400
		M09_Film_de_polietileno	0,001

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
C12_Losa_de_cimentacion	0,48	M23_Poliestireno_extruido	0,040
		M15_Hormigon_de_limpieza	0,100
C13_Losa_de_cimentacion	0,50	M24_Solado_de_baldosas_ceram	0,018
		M05_Capa_de_mortero_autonive	0,050
		M20_Panel_portatubos_aislant	0,013
		M10_Film_de_polietileno_UPON	0,001
		M14_Hormigon_armado	0,400
		M09_Film_de_polietileno	0,001
		M23_Poliestireno_extruido	0,040
M15_Hormigon_de_limpieza	0,100		
C14_Particion_virtual	0,85	M21_Particion_virtual	0,050
C15_Tabique_LH_Doble_Hoja	0,61	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
C16_Tabique_LH_Doble_Hoja	0,61	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
		M03_Alicatado_con_baldosas_c	0,005
C17_Tabique_LH_Doble_Hoja	0,61	M03_Alicatado_con_baldosas_c	0,005
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
C17_Tabique_LH_Doble_Hoja	0,61	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
C18_Tabique_LP_y_doble_PD	0,29	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,014
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Aluminio	0,001
		1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,130
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
C20_Tabique_LP_y_doble_PD	0,29	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,014
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Aluminio	0,001
		1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,130
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		M03_Alicatado_con_baldosas_c	0,005

### 3.3. Cerramientos semitransparentes

#### 3.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar	Just.
V01_Doble_acristalamiento_Lo	1,80	0,40	SI
V02_Puerta	1,90	0,00	SI

### 3.3.2 Marcos

---

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Just.
R01_Puerta	1,90	SI
R02_Ventana_de_aluminio_abis	5,70	SI
R03_Ventana_de_aluminio_abis	5,70	SI

### 3.3.3 Huecos

---

Nombre	H01_Puerta
Acristalamiento	V02_Puerta
Marco	R01_Puerta
% Hueco	99,00
Permeabilidad m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100Pa	60,00
U (W/m <sup>2</sup> K)	1,90
Factor solar	0,05
Justificación	SI

Nombre	H02_Ventana
Acristalamiento	V01_Doble_acristalamiento_Lo
Marco	R02_Ventana_de_aluminio_abis
% Hueco	26,98
Permeabilidad m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100Pa	9,00
U (W/m <sup>2</sup> K)	2,85
Factor solar	0,32

Nombre	SI
--------	----

Nombre	H03_Ventana
Acristalamiento	V01_Doble_acristalamiento_Lo
Marco	R03_Ventana_de_aluminio_abis
% Hueco	35,37
Permeabilidad m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100Pa	9,00
U (W/m <sup>2</sup> K)	3,18
Factor solar	0,29
Justificación	SI

### 3.4. Puentes Térmicos

En el cálculo de la demanda energética, se han utilizado los siguientes valores de transmitancias térmicas lineales y factores de temperatura superficial de los puentes térmicos.

	Y W/(mK)	FRSI
Encuentro forjado-fachada	0,41	0,76
Encuentro suelo exterior-fachada	0,35	0,65
Encuentro cubierta-fachada	0,39	0,72
Esquina saliente	0,08	0,84
Hueco ventana	0,39	0,70
Esquina entrante	-0,15	0,91
Pilar	0,10	0,85
Unión solera pared exterior	0,14	0,75

## 4. Resultados

### 4.1. Resultados por espacios

Espacios	Área (m <sup>2</sup> )	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P01_E03_Salon_Com	52,1	1	56,1	65,0	0.0	0.0
P01_E04_Escaleras	13,9	1	68,5	77,2	0.0	0.0
P01_E05_Cocina	18,8	1	54,0	73,6	0.0	0.0
P02_E01_Escaleras	11,4	1	100,0	68,4	0.0	0.0
P02_E02_Aseo	5,5	1	74,8	90,9	0.0	0.0
P02_E03_Dormitori	14,8	1	83,6	79,0	0.0	0.0
P02_E04_Distribui	15,9	1	57,1	85,5	0.0	0.0
P02_E05_Dormitori	14,7	1	86,0	76,8	0.0	0.0
P02_E06_Bano	6,3	1	78,4	87,3	0.0	0.0
P02_E07_Dormitori	16,1	1	81,5	77,1	0.0	0.0

## 5. Lista de comprobación

---

Los parámetros característicos de los siguientes elementos del edificio deben acreditarse en el proyecto

Tipo	Nombre
Material	M02_Adhesivo_cementoso
	M03_Alicatado_con_baldosas_c
	M04_Barrera_de_vapor_formada
	M05_Capa_de_mortero_autonive
	M06_Capa_de_nivelacion_con_g
	M07_Entarimado_de_tablas_de
	M08_Falso_techo_continuo_de
	M09_Film_de_polietileno
	M10_Film_de_polietileno_UPON
	M11_Forjado_unidireccional_2
	M12_Formacion_de_pendientes
	M13_Geotextil_de_poliester
	M14_Hormigon_armado
	M15_Hormigon_de_limpieza
	M16_Impermeabilizacion_asfal
	M17_Lana_de_roca_KNAUF_
	M18_Lana_mineral
	M19_Lana_mineral_soldable
	M20_Panel_portatubos_aislant
	M21_Particion_virtual

Tipo	Nombre
	M23_Poliestireno_extruido M24_Solado_de_baldosas_ceram M25_Solado_de_baldosas_de_ma M26_Solera_seca_placas_de_ye MW Lana mineral [0.04 W/[mK]] XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [ 0.034 W/[mK]]
Acristalamiento	V01_Doble_acristalamiento_Lo V02_Puerta
Marco	R01_Puerta R02_Ventana_de_aluminio_abis R03_Ventana_de_aluminio_abis

## 2.6. LISTADO COMPLETO DE CARGAS TÉRMICAS

### 2.6.1. PARÁMETROS GENERALES

Término municipal: Aranguren

Latitud (grados): 42.79 grados

Altitud sobre el nivel del mar: 640 m

Percentil para verano: 5.0 %

Temperatura seca verano: 23.98°C

Temperatura húmeda verano: 21.20 °C

Oscilación media diaria: 10.7 °C

Oscilación media anual: 30.5 °C

Percentil para invierno: 97.5 %

Temperatura seca en invierno: -3.80 °C

Humedad relativa en invierno: 90 %

Velocidad del viento: 5.7 m/s

Temperatura del terreno: 5.00 °C

Porcentaje de mayoración por la orientación N: 20 %

Porcentaje de mayoración por la orientación S: 0 %

Porcentaje de mayoración por la orientación E: 10 %

Porcentaje de mayoración por la orientación O: 10 %

Suplemento de intermitencia para calefacción: 5 %

Porcentaje de cargas debido a la propia instalación: 3 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Invierno): 0 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Verano): 0 %

## 2.6.2. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS

## 2.6.2.1. Refrigeración

## 2.6.2.1.1. Planta baja

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)												
Recinto		Conjunto de recintos										
Salón / Comedor (Salón / Comedor)		unifamiliar										
Condiciones de proyecto												
Internas					Externas							
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 22.9 °C							
Humedad relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmeda = 20.9 °C							
Cargas de refrigeración a las 19h (17 hora solar) del día 1 de Julio												
										C. LATENTE (kcal/h)	C. SENSIBLE (kcal/h)	
Cerramientos exteriores												
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)						
Fachada	N	7.0	0.39	214	Claro	18.6						-14.67
Fachada	O	22.4	0.39	214	Claro	19.8						-37.17
Fachada	S	5.1	0.39	214	Claro	21.2						-5.59
Ventanas exteriores												
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Coef. radiación solar	Ganancia (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))							
2	O	3.0	2.62	0.45	133.1							399.30
1	O	0.8	2.74	0.45	126.3							101.05
Puertas exteriores												
Núm. puertas	Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Teq. (°C)							
1	Opaca	N	1.7	1.64	26.0							5.50
1	Opaca	S	1.7	1.64	22.9							-2.94
Cerramientos interiores												
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )		U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Teq. (°C)							
Pared interior	46.8		0.50	117	23.6							-10.52
Pared interior	1.7		0.24	164	21.1							-1.19
Hueco interior	3.3		1.75	23.5							-3.14	
Hueco interior	1.7		1.75		25.0							2.92
<b>Total estructural</b>											<b>433.56</b>	
Ocupantes												
Actividad	Nº personas	C.lat/per (kcal/h)		C.sen/per (kcal/h)								
Sentado o en reposo	6	29.97		28.20							89.91	
169.19												
Iluminación												
Tipo	Potencia (W)	Coef. iluminación										
Incandescente	943.38	0.58									543.52	
Instalaciones y otras cargas												
<b>Cargas interiores</b>										<b>89.91</b>	<b>907.71</b>	
<b>Cargas interiores totales</b>											<b>997.62</b>	
Cargas debidas a la propia instalación										3.0 %	40.24	
<b>FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.94</b>												
<b>Cargas internas totales</b>										<b>89.91</b>	<b>1381.51</b>	
<b>Potencia térmica interna total</b>											<b>1471.42</b>	
Ventilación												
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)												
127.4										458.64	-33.19	
<b>Cargas de ventilación</b>										<b>458.64</b>	<b>-33.19</b>	
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>											<b>425.45</b>	
<b>Potencia térmica</b>										<b>548.55</b>	<b>1348.32</b>	
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 47.2 m<sup>2</sup> 40.2 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>											<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 1896.9 kcal/h</b>	

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)												
Recinto		Conjunto de recintos										
Cocina (Cocina)		unifamiliar										
Condiciones de proyecto												
Internas					Externas							
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 21.3 °C							
Humedad relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmeda = 20.4 °C							
Cargas de refrigeración a las 21h (19 hora solar) del día 22 de Agosto												
										C. LATENTE (kcal/h)	C. SENSIBLE (kcal/h)	
Cerramientos exteriores												
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)						
Fachada	S	12.7	0.39	226	Claro	24.3						-3.47
Ventanas exteriores												
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Coef. radiación solar	Ganancia (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))							
1	S	1.5	2.62	0.45	1.7							2.58
Cerramientos interiores												
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )		U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Teq. (°C)							
Pared interior	8.1		0.24	176	21.8							-6.39
Pared interior	20.6		0.50	128	24.0							-10.33
Forjado	13.1		0.35	491	24.0							-4.59
Hueco interior	1.7		1.75		24.0							-2.92
<b>Total estructural</b>											<b>-25.12</b>	
Ocupantes												
Actividad	Nº personas	C.lat/per (kcal/h)		C.sen/per (kcal/h)								
Sentado o de pie	2	75.42		24.97						75.42	49.94	
Iluminación												
Tipo	Potencia (W)	Coef. iluminación										
Incandescente	283.12	0.63									178.24	
Instalaciones y otras cargas										54.18	216.73	
<b>Cargas interiores</b>										<b>129.61</b>	<b>442.39</b>	
<b>Cargas interiores totales</b>											<b>572.00</b>	
Cargas debidas a la propia instalación										3.0 %	12.52	
<b>FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.77</b>										<b>Cargas internas totales</b>	<b>129.61</b>	<b>429.78</b>
<b>Potencia térmica interna total</b>											<b>559.39</b>	
Ventilación												
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)												
113.2										362.33	-50.81	
<b>Cargas de ventilación</b>										<b>362.33</b>	<b>-50.81</b>	
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>											<b>311.53</b>	
<b>Potencia térmica</b>										<b>491.94</b>	<b>378.98</b>	
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 15.7 m<sup>2</sup> 55.4 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>										<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 870.9 kcal/h</b>		

## 2.6.2.1.2. Planta primera

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)										
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>								
Dormitorio1 (Dormitorio)		unifamiliar								
<b>Condiciones de proyecto</b>										
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 21.2 °C					
Humedad relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmeda = 20.3 °C					
<b>Cargas de refrigeración a las 15h (13 hora solar) del día 22 de Septiembre</b>								<b>C. LATENTE</b>	<b>C. SENSIBLE</b>	
								(kcal/h)	(kcal/h)	
<b>Cerramientos exteriores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (kcal/(h m<sup>2</sup>°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Fachada	S	13.7	0.39	214	Claro	18.1				
Fachada	E	8.2	0.40	209	Claro	18.8				
<b>Ventanas exteriores</b>										
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (kcal/(h m<sup>2</sup>°C))</b>	<b>Coef. radiación solar</b>	<b>Ganancia (kcal/(h·m<sup>2</sup>))</b>					
1	S	1.5	2.62	0.45	115.4					
<b>Cubiertas</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (kcal/(h m<sup>2</sup>°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>	<b>Teq. (°C)</b>					
Tejado	13.5	0.20	421	Intermedio	17.2					
<b>Cerramientos interiores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (kcal/(h m<sup>2</sup>°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Teq. (°C)</b>						
Forjado	13.1	0.37	491	25.0						
								<b>Total estructural</b>	<b>110.37</b>	
<b>Ocupantes</b>										
<b>Actividad</b>	<b>Nº personas</b>	<b>C.lat/per (kcal/h)</b>	<b>C.sen/per (kcal/h)</b>							
Sentado o en reposo	2	29.97	33.32							
								29.97	66.63	
<b>Iluminación</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Coef. iluminación</b>								
Incandescente	57.75	0.23								
									13.13	
<b>Instalaciones y otras cargas</b>										
									16.96	
								<b>Cargas interiores</b>	<b>29.97</b>	<b>85.71</b>
								<b>Cargas interiores totales</b>	<b>115.68</b>	
<b>Cargas debidas a la propia instalación</b>								3.0 %	5.88	
<b>FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.87</b>								<b>Cargas internas totales</b>	<b>29.97</b>	<b>201.97</b>
								<b>Potencia térmica interna total</b>	<b>231.94</b>	
<b>Ventilación</b>										
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>										
								126.48	-24.67	
								<b>Cargas de ventilación</b>	<b>126.48</b>	<b>-24.67</b>
								<b>Potencia térmica de ventilación total</b>	<b>101.81</b>	
								<b>Potencia térmica</b>	<b>156.45</b>	<b>177.30</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 13.1 m<sup>2</sup></b>								<b>25.4 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 333.8 kcal/h</b>	

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)												
Recinto		Conjunto de recintos										
Dormitorio2 (Dormitorio)		unifamiliar										
Condiciones de proyecto												
Internas					Externas							
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 22.9 °C							
Humedad relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmeda = 20.9 °C							
Cargas de refrigeración a las 19h (17 hora solar) del día 1 de Julio												
										C. LATENTE (kcal/h)	C. SENSIBLE (kcal/h)	
Cerramientos exteriores												
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)						
Fachada	O	9.6	0.39	214	Claro	19.8					-15.89	
Fachada	S	9.8	0.39	214	Claro	21.2					-10.82	
Ventanas exteriores												
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Coef. radiación solar	Ganancia (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))							
1	O	1.5	2.62	0.45	133.1						199.65	
Cubiertas												
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)							
Tejado	12.9	0.20	421	Intermedio	19.5					-11.91		
<b>Total estructural</b>											<b>161.03</b>	
Ocupantes												
Actividad	Nº personas	C.lat/per (kcal/h)	C.sen/per (kcal/h)									
Sentado o en reposo	2	29.97	28.97							29.97	57.94	
Iluminación												
Tipo	Potencia (W)	Coef. iluminación										
Incandescente	55.28	0.58									31.85	
Instalaciones y otras cargas												
Cargas interiores										29.97	140.41	
<b>Cargas interiores totales</b>											<b>170.38</b>	
Cargas debidas a la propia instalación										3.0 %	9.04	
FACTOR CALOR SENSIBLE : <input type="text" value="0.91"/>										Cargas internas totales	29.97	310.49
<b>Potencia térmica interna total</b>											<b>340.46</b>	
Ventilación												
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)												
36.0										129.64	-9.38	
<b>Cargas de ventilación</b>										<b>129.64</b>	<b>-9.38</b>	
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>											<b>120.26</b>	
<b>Potencia térmica</b>										<b>159.61</b>	<b>301.10</b>	
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 12.6 m <sup>2</sup> <input type="text" value="36.7 kcal/(h·m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;)"/>										<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : <input type="text" value="460.7 kcal/h"/></b>		

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)												
Recinto		Conjunto de recintos										
Dormitorio3 (Dormitorio)		unifamiliar										
Condiciones de proyecto												
Internas					Externas							
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 22.9 °C							
Humedad relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmeda = 20.9 °C							
Cargas de refrigeración a las 19h (17 hora solar) del día 1 de Julio												
										C. LATENTE (kcal/h)	C. SENSIBLE (kcal/h)	
Cerramientos exteriores												
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)						
Fachada	N	9.8	0.39	214	Claro	18.6						-20.73
Fachada	O	8.9	0.39	214	Claro	19.8						-14.82
Ventanas exteriores												
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Coef. radiación solar	Ganancia (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))							
1	O	1.5	2.62	0.45	133.1							199.65
Cubiertas												
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)							
Tejado	12.2	0.20	421	Intermedio	19.5						-11.22	
<b>Total estructural</b>											<b>152.89</b>	
Ocupantes												
Actividad	Nº personas	C.lat/per (kcal/h)	C.sen/per (kcal/h)									
Sentado o en reposo	2	29.97	28.97							29.97	57.94	
Iluminación												
Tipo	Potencia (W)	Coef. iluminación										
Incandescente	52.06	0.58									30.00	
Instalaciones y otras cargas												
Cargas interiores										29.97	135.41	
<b>Cargas interiores totales</b>											<b>165.38</b>	
Cargas debidas a la propia instalación										3.0 %	8.65	
FACTOR CALOR SENSIBLE : <input type="text" value="0.91"/>										Cargas internas totales	29.97	296.95
<b>Potencia térmica interna total</b>											<b>326.92</b>	
Ventilación												
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)												
36.0										129.64	-9.38	
Cargas de ventilación										129.64	-9.38	
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>											<b>120.26</b>	
Potencia térmica										159.61	287.57	
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 11.8 m <sup>2</sup> <input type="text" value="37.8 kcal/(h·m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;)"/>										<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : <input type="text" value="447.2 kcal/h"/></b>		

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)											
Recinto		Conjunto de recintos									
Distribuidor (Pasillo / Distribuidor)		unifamiliar									
Condiciones de proyecto											
Internas					Externas						
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 22.9 °C						
Humedad relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmeda = 20.9 °C						
Cargas de refrigeración a las 19h (17 hora solar) del día 1 de Julio											
										C. LATENTE (kcal/h)	C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores											
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)					
Fachada	N	3.5	0.39	214	Claro	18.5					-7.64
Ventanas exteriores											
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Coef. radiación solar	Ganancia (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))						
1	N	0.8	2.74	0.45	6.5						5.24
Cubiertas											
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	Teq. (°C)						
Tejado	16.0	0.20	421	Intermedio	19.5					-14.76	
Cerramientos interiores											
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Teq. (°C)							
Pared interior	21.4	0.50	117	22.3						-18.02	
Forjado	1.5	0.37	491	21.1						-1.60	
Hueco interior	1.7	1.75	23.5						-1.57		
<b>Total estructural</b>											<b>-38.35</b>
Iluminación											
Tipo	Potencia (W)	Coef. iluminación									
Incandescente	68.55	0.58								39.49	
<b>Cargas interiores</b>											<b>39.49</b>
<b>Cargas interiores totales</b>											<b>39.49</b>
<b>Cargas debidas a la propia instalación</b>										3.0 %	0.03
<b>FACTOR CALOR SENSIBLE : 1.00</b>											
<b>Cargas internas totales</b>										<b>0.00</b>	<b>1.18</b>
<b>Potencia térmica interna total</b>											<b>1.18</b>
Ventilación											
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)											
42.1										151.48	-5.48
<b>Cargas de ventilación</b>										<b>151.48</b>	<b>-5.48</b>
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>										<b>146.00</b>	
<b>Potencia térmica</b>										<b>151.48</b>	<b>-4.30</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 15.6 m<sup>2</sup> 9.4 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>											<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 147.2 kcal/h</b>

## 2.6.2.2. Calefacción

## 2.6.2.2.1. Planta baja

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Salón / Comedor (Salón / Comedor)		unifamiliar				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = -3.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	N	7.0	0.39	214	Claro	81.07
Fachada	O	22.4	0.39	214	Claro	239.34
Fachada	S	5.1	0.39	214	Claro	49.30
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))			
2	O	3.0	2.62	214.20		
1	O	0.8	2.74	59.75		
Puertas exteriores						
Núm. puertas	Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))		
1	Opaca	N	1.7	1.64	81.50	
1	Opaca	S	1.7	1.64	67.92	
Forjados inferiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Losa de cimentación	47.2	0.36	1351	274.08		
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Pared interior	25.3	0.50	117	158.04		
Pared interior	1.7	0.24	164	5.15		
Hueco interior	3.3	1.75		72.50		
<b>Total estructural</b>						<b>1302.85</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 65.14
<b>Cargas internas totales</b>						<b>1367.99</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
127.4						767.47
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>767.47</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 47.2 m<sup>2</sup></b>						<b>45.3 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>2135.5 kcal/h</b>

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto	Conjunto de recintos					
Cocina (Cocina)	unifamiliar					
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = -3.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	S	12.7	0.39	226	Claro	122.86
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))			
1	S	1.5	2.62	97.36		
Forjados inferiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Losa de cimentación	15.7	0.36	1387	91.39		
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Pared interior	8.1	0.24	176	24.44		
<b>Total estructural</b>						<b>336.05</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 16.80
<b>Cargas internas totales</b>						<b>352.86</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
113.2						341.23
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>341.23</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 15.7 m<sup>2</sup></b>						<b>44.1 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>694.1 kcal/h</b>

## 2.6.2.2.2. Planta primera

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Dormitorio1 (Dormitorio)		unifamiliar				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = -3.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	S	13.7	0.39	214	Claro	132.72
Fachada	E	8.2	0.40	209	Claro	88.53
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))			
1	S	1.5	2.62	97.36		
Cubiertas						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Tejado	13.5	0.21	421	Intermedio	69.50	
<b>Total estructural</b>						<b>388.11</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 19.41
<b>Cargas internas totales</b>						<b>407.52</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
						36.0 216.94
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>216.94</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 13.1 m<sup>2</sup></b>						<b>47.6 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>624.5 kcal/h</b>

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Dormitorio2 (Dormitorio)		unifamiliar				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = -3.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	O	9.6	0.39	214	Claro	102.34
Fachada	S	9.8	0.39	214	Claro	95.42
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))			
1	O	1.5	2.62	107.10		
Cubiertas						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Tejado	12.9	0.21	421	Intermedio	66.53	
<b>Total estructural</b>						<b>371.39</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 18.57
<b>Cargas internas totales</b>						<b>389.96</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
36.0						216.94
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>216.94</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 12.6 m<sup>2</sup></b>						<b>48.3 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>606.9 kcal/h</b>

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Dormitorio3 (Dormitorio)		unifamiliar				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = -3.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	N	9.8	0.39	214	Claro	114.50
Fachada	O	8.9	0.39	214	Claro	95.45
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))			
1	O	1.5	2.62	107.10		
Cubiertas						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Tejado	12.2	0.21	421	Intermedio	62.66	
<b>Total estructural</b>						<b>379.71</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 18.99
<b>Cargas internas totales</b>						<b>398.70</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
36.0						216.94
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>216.94</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 11.8 m<sup>2</sup></b>						<b>52.0 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>615.6 kcal/h</b>

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Aseo (Baño / Aseo)		unifamiliar				
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = -3.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	E	2.8	0.40	220	Claro	29.78
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))			
1	E	0.8	2.74	59.75		
Cubiertas						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Tejado	4.3	0.21	421	Intermedio	22.16	
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Pared interior	4.3	0.50	128	26.65		
<b>Total estructural</b>						<b>138.33</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 % 6.92
<b>Cargas internas totales</b>						<b>145.25</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
54.0						162.71
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>162.71</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 4.2 m<sup>2</sup></b>		<b>73.6 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>		<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>		<b>308.0 kcal/h</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Baño (Baño / Aseo)		unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = -3.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE (kcal/h)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (kcal/(h m<sup>2</sup>C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>	
Fachada	O	3.6	0.39	226	Claro	38.35
<b>Ventanas exteriores</b>						
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (kcal/(h m<sup>2</sup>C))</b>			
1	O	0.8	2.74	59.75		
<b>Cubiertas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (kcal/(h m<sup>2</sup>C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>		
Tejado	5.1	0.21	421	Intermedio	26.30	
<b>Total estructural</b>						<b>124.41</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 6.22
<b>Cargas internas totales</b>						<b>130.63</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
54.0						162.71
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>162.71</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 5.0 m<sup>2</sup></b>				<b>59.1 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>		<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 293.3 kcal/h</b>

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Distribuidor (Pasillo / Distribuidor)		unifamiliar				
Condiciones de proyecto						
Internas		Externas				
Temperatura interior = 21.0 °C		Temperatura exterior = -3.8 °C				
Humedad relativa interior = 50.0 %		Humedad relativa exterior = 90.0 %				
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (kcal/h)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	N	3.5	0.39	214	Claro	41.35
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))			
1	N	0.8	2.74	65.19		
Cubiertas						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Tejado	16.0	0.21	421	Intermedio	82.49	
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (kcal/(h m <sup>2</sup> C))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Pared interior	21.4	0.50	117	133.59		
Forjado	1.5	0.35	491	6.44		
Hueco interior	1.7	1.75		36.25		
<b>Total estructural</b>						<b>365.30</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 % 18.27
<b>Cargas internas totales</b>						<b>383.57</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
						42.1
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>126.74</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 15.6 m<sup>2</sup></b>						<b>32.8 kcal/(h·m<sup>2</sup>)</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>510.3 kcal/h</b>

## 2.6.3. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS

## 2.6.3.1. Refrigeración

Conjunto: unifamiliar												
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica		
		Estructural (kcal/h)	Sensible interior (kcal/h)	Total interior (kcal/h)	Sensible (kcal/h)	Total (kcal/h)	Caudal (m³/h)	Sensible (kcal/h)	Carga total (kcal/h)	Por superficie (kcal/(h·m²))	Sensible (kcal/h)	Total (kcal/h)
Salón / Comedor	Planta baja	433.56	907.71	997.62	1381.51	1471.42	127.36	-33.19	425.45	40.21	1348.32	1896.87
Cocina	Planta baja	-25.12	442.39	572.00	429.78	559.39	113.25	-50.81	311.53	55.37	378.98	870.92
Dormitorio1	Planta 1	110.37	85.71	115.68	201.97	231.94	36.00	-24.67	101.81	25.43	177.30	333.75
Dormitorio2	Planta 1	161.03	140.41	170.38	310.49	340.46	36.00	-9.38	120.26	36.67	301.10	460.72
Dormitorio3	Planta 1	152.89	135.41	165.38	296.95	326.92	36.00	-9.38	120.26	37.79	287.57	447.18
Distribuidor	Planta 1	-38.35	39.49	39.49	1.18	1.18	42.06	-5.48	146.00	9.45	-4.30	147.18
<b>Total</b>							<b>390.7</b>					
<b>Carga total simultánea</b>												<b>4086.5</b>

## 2.6.3.2. Calefacción

Conjunto: unifamiliar						
Recinto	Planta	Carga interna sensible (kcal/h)	Ventilación		Potencia	
			Caudal (m³/h)	Carga total (kcal/h)	Por superficie (kcal/(h·m²))	Total (kcal/h)
Salón / Comedor	Planta baja	1367.99	127.36	767.47	45.27	2135.46
Cocina	Planta baja	352.86	113.25	341.23	44.13	694.08
Dormitorio1	Planta 1	407.52	36.00	216.94	47.58	624.46
Dormitorio2	Planta 1	389.96	36.00	216.94	48.31	606.90
Dormitorio3	Planta 1	398.70	36.00	216.94	52.03	615.64
Aseo	Planta 1	145.25	54.00	162.71	73.61	307.96
Baño	Planta 1	130.63	54.00	162.71	59.06	293.33
Distribuidor	Planta 1	383.57	42.06	126.74	32.76	510.31
<b>Total</b>			<b>498.7</b>			
<b>Carga total simultánea</b>						<b>5788.1</b>

## 2.6.4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS

Refrigeración		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m²))	Potencia total (kcal/h)
unifamiliar	22.9	4086.5

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m²))	Potencia total (kcal/h)
unifamiliar	32.4	5788.1

## 2.7. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

### 2.7.1. ELECCIÓN DE LA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

La bomba de calor geotérmica debe de cubrir el 100% de las cargas térmicas de la vivienda unifamiliar, calculadas en el apartado anterior 2.6 de este documento de cálculos.

La carga térmica de refrigeración total de la vivienda unifamiliar es de 4.086,5 kcal/h y la carga térmica de calefacción total de la vivienda unifamiliar es de 5.788,1 kcal/h.

A continuación voy a calcular las cargas térmicas de la vivienda en kW.

$$\text{Carga}_{\text{refrig.}} [\text{kW}] = 4.086,5 [\text{kcal/h}] \times 4,1868 [\text{kJ/kcal}] \times 1 [(\text{kW} \times \text{sg})/\text{kJ}] \times (1/3.600) [\text{h/sg}]$$

$$\text{Carga}_{\text{calef.}} [\text{kW}] = 5.788,1 [\text{kcal/h}] \times 4,1868 [\text{kJ/kcal}] \times 1 [(\text{kW} \times \text{sg})/\text{kJ}] \times (1/3.600) [\text{h/sg}]$$

Por lo tanto la carga térmica de refrigeración total de la vivienda es de **4,75 kW** y la carga térmica de calefacción total de la vivienda es de **6,73 kW**.

Como la carga térmica de calefacción es mayor que la carga térmica de refrigeración, se debe escoger una bomba de calor que cubra la carga térmica de calefacción para asegurarnos de que cubre el 100% de las necesidades. Es decir, se debe escoger una bomba que tenga una potencia térmica mayor que 6,73 kW.

Se ha elegido una bomba de calor geotérmica tierra-agua de la marca VAILLANT modelo geoTHERM VWS 61/2. Es la bomba con menos potencia del catálogo de la empresa pero cubre de sobra las necesidades de la vivienda. Dicha bomba tiene una potencia térmica de 6,9 kW y un índice de rendimiento COP de 4,7.



Bomba de calor geoTHERM

A continuación se muestran las características y los datos técnicos que presenta esta bomba de calor tierra-agua:

Características especiales:

- Funcionamiento extremadamente silencioso.
- Temperaturas de salida hasta 62 °C.
- Altos índices de rendimiento gracias al compresor scroll de larga vida útil.
- Conexionado a la instalación trasera o superior.
- Circuito de refrigeración cerrado, totalmente controlado por sensores.
- Combinable con una amplia gama de depósitos acumuladores de ACS.

Equipamiento:

- Regulador de balance de energía con lectura del aprovechamiento de la energía gratuita anual.
- Bombas de circulación integradas en los circuitos primario y secundario.
- Limitador de corriente de arranque.
- Resistencia adicional de apoyo a la calefacción y protección Legionella.
- Sondas de lectura de temperatura exterior y calefacción para la gestión integral de la instalación.
- Depósito de compensación de agua glicolada con válvula de seguridad.
- Dispositivo de control remoto vnetDIALOG, para la gestión de los principales parámetros de funcionamiento y mantenimiento del equipo vía internet.

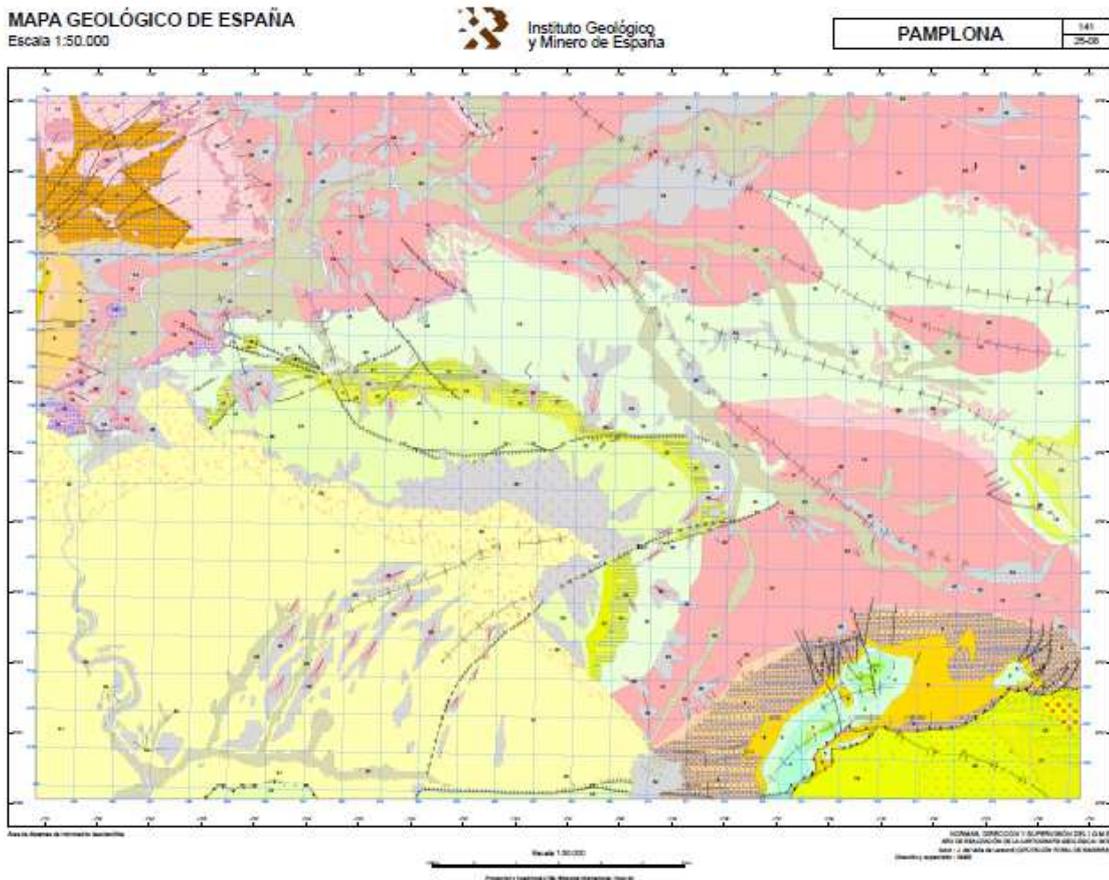
Datos de funcionamiento	Unidad	VWS 61/2
Potencia térmica	kW	6,9
Consumo de potencia	kW	1,4
Índice de rendimiento	-	4,7
Tensión nominal	-	230V /50Hz
Potencia eléctrica de la calefacción adicional	kW	2/4
Fusible	A	16
Corriente de arranque con limitador	A	< 45
Caudal nominal del circuito de calefacción	l/h	1,061
Presión disponible del circuito de calefacción	mbar	386
Caudal nominal del circuito de captadores	l/h	1,453
Presión disponible del circuito de captadores	mbar	335
Temperatura del circuito de calefacción (min/máx)	°C	25/62
Temperatura del circuito de captadores (min/máx)	°C	-10/20
Nivel de potencia sonora	db (A)	49
Peso neto	kg	141

## 2.7.2. CÁLCULO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN GEOTÉRMICO

### 2.7.2.1. Análisis geológico del terreno

A través de la página del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) se accede al Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (MAGNA), donde se tiene Acceso a los mapas, memorias e información complementaria de las hojas del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

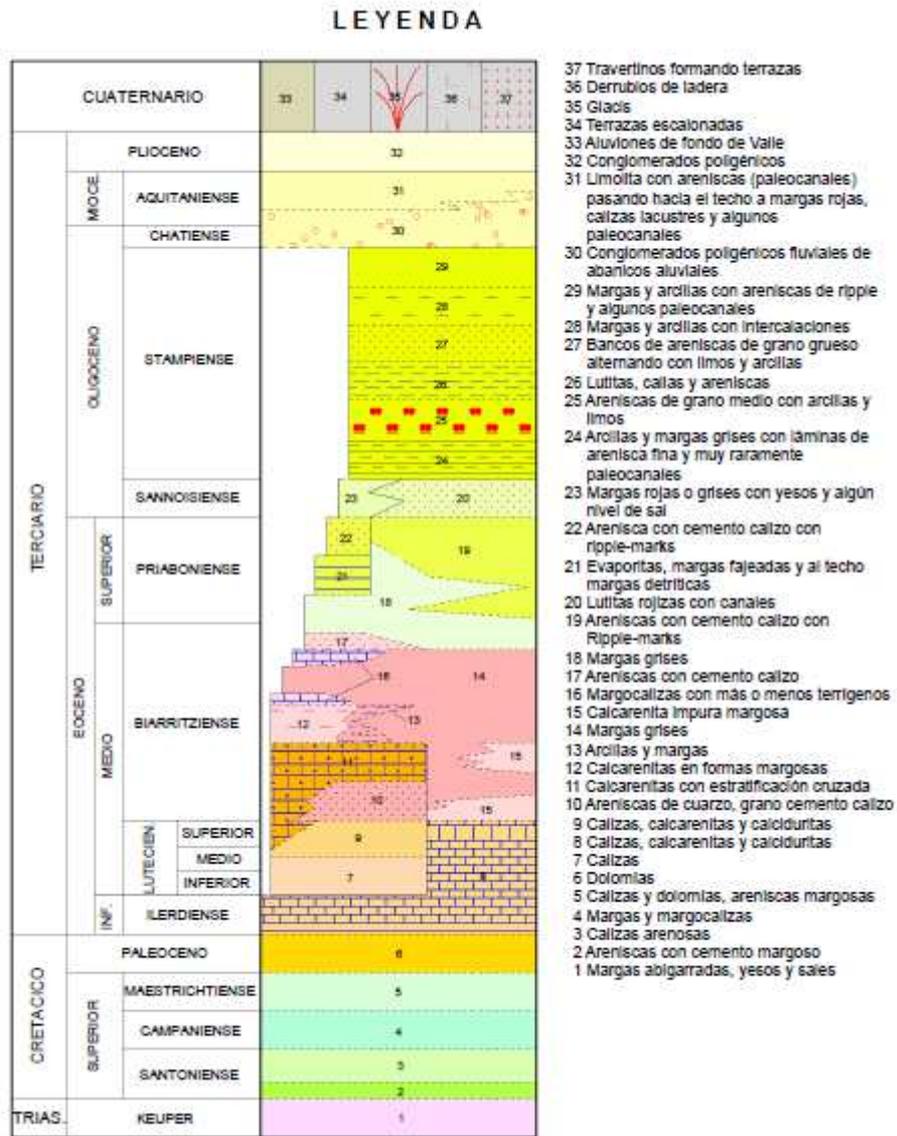
A continuación se muestra el mapa que se corresponde con Pamplona:



Se pretende averiguar el tipo de terreno existente en el municipio de Aranguren, concretamente para la zona donde está ubicada la vivienda unifamiliar del presente proyecto. Por lo tanto hay que buscar en el mapa con sus coordenadas para ver de qué tipo de terreno se trata. Como ya se ha visto en el Documento 1: Memoria de este proyecto, la vivienda unifamiliar está situada en la calle nueva de Tajonar, perteneciente al municipio de Aranguren en la Comunidad Foral de Navarra, y las coordenadas son: 42°46'05''N y 1°36'35''O.

Entonces mirando en el mapa de Pamplona sacado del IGME, se comprueba que con esas coordenadas se corresponde a un tipo de suelo con número 18.

Para comprobar de qué tipo de suelo se trata con dicho numero, se muestra a continuación la leyenda que proporciona también el Instituto Geológico y Minero de España.



Como se puede comprobar en la leyenda adjunta, el numero 18 se corresponde con margas grises, por lo que el terreno donde está ubicada la vivienda estaría compuesto por este tipo de roca.

### 2.7.2.2. Diseño de la captación

El diseño de la captación geotérmica se realiza según la normativa VDI 4640, Aprovechamiento térmico del subsuelo.

Hay que conocer la capacidad térmica de la sonda y la potencia del evaporador de la bomba de calor geotérmica, para poder calcular la longitud de la sonda, y por lo tanto la perforación del sistema de captación.

La potencia del evaporador se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia del evaporador} = \text{Potencia térmica} \times [(\text{COP} - 1) / \text{COP}]$$

La bomba de calor escogida en el apartado anterior 2.7.1 tiene una potencia térmica de 6,9 kW y un índice de rendimiento COP de 4,7.

Por lo tanto:

$$P_{\text{evap}}[\text{W}] = 6.900 [\text{W}] \times [(4,7 - 1) / 4,7] = 5.431,9 \text{ W}$$

La potencia del evaporador es de **5.431,9 W**

Para calcular la longitud de la sonda, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Longitud de sonda} = \text{Potencia del evaporador} / \text{Capacidad térmica de sonda}$$

A través de la tabla 4.1.: valores de conductividad y capacidad térmica para distintos tipos de materiales, de la guía técnica de IDAE: Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica, obtenemos se observa que el valor típico de conductividad térmica de la roca sedimentaria Marga es de 2,1 W/mK. Dicha tabla se adjunta en el Documento 7 de este proyecto, para poder comprobar dicho valor de conductividad térmica.

En la hoja 2/5 de la normativa VDI 4640, destaca que el dimensionamiento de la sondas de geotermia dependen principalmente del tipo del subsuelo, adjuntando esta tabla:

conductividad térmica	Energía de absorción aconsejada	Descripción
< 1,5 W/mK	20 W/m	Suelo malo (sedimentos secos)
1,5 - 3,0 W/mK	50 W/m	Normal - Roca dura y sedimentos saturados
>3,0 W/mK	70 W/m	Terrenos rocosos con alta conductividad térmica
Excepción (se debe medir exactamente)	80 - 100 W/m	Arenas y gravas con abundante circulación de agua

Los valores de esta tabla se pueden utilizar para instalaciones pequeñas inferiores a 30 kW y para longitudes máximas de sonda de 100 m. Nuestra instalación es inferior a 30 kW y se deberá coger una longitud de sonda inferior a 100 metros para poder utilizar dichos valores. Por lo tanto, como la conductividad térmica de la roca sedimentaria Marga está entre 1,5 y 3,0 W/mK, se trata de un subsuelo normal con una capacidad térmica de 50 W/m.

Entonces:

$$L_{\text{sonda}} = 5.431,9 [\text{W}] / 50 [\text{W/m}] = 108,64 \text{ m}$$

Se obtiene una longitud de de sonda de 108,64m.

Para no realizar una sonda mayor de 100 m, se realizarán dos perforaciones de 60 m cada una.

### 2.7.3. SONDAS GEOTÉRMICAS

#### 2.7.3.1. Elección de las sondas geotérmicas

##### 2.7.3.1.1. Descripción

La sonda RAUGEO PE 100 es una sonda geotérmica en U doble de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor, compuesta por 2 sondas de PE 100 con forma de U, que vienen de fábrica soldadas en el pie de la sonda por medio de una pieza de unión con forma de V. Se ha elegido esta sonda en U doble, ya que tiene una mayor superficie de contacto con el terreno que si se tratara de una sonda U simple de 40 mm de diámetro. Además si se diera el caso de que una sonda perdiera el fluido por la unión, en la sonda doble quedaría la otra sonda para seguir trabajando.

##### 2.7.3.1.2. Características

La sonda RAUGEO PE 100 ofrece las ventajas siguientes, importantes para la práctica:

- Pie de la sonda extraordinariamente pequeño.
- Sólo 2 uniones soldadas por pie de la sonda.
- Con lastre simplemente se unen a éste las 2 piezas de la sonda mediante un tornillo, obteniéndose así una unidad.
- Los tubos de la sonda son aptos para la soldadura a tope, por termofusión y mediante el manguito electrosoldable REHAU.

##### 2.7.3.1.3. Dimensiones

El diámetro del pie de la sonda depende del diámetro del tubo.

El tubo de la sonda es de 32 mm de diámetro y el del pie de la sonda es de 84 mm de diámetro.

#### 2.7.3.2. Instalación de las sondas geotérmicas

Se debe respetar una distancia mínima de 2 m con respecto a la vivienda para que las sondas no comprometan la estabilidad de la vivienda.

Cuando se instalen varias sondas geotérmicas, la separación entre las mismas deberá ser mínimo de 5 m para las longitudes de sonda inferiores a 50 m y mínimo de 6 m para las sondas de más de 50 m de longitud. Por lo tanto, en referencia a esta instalación, al ser dos sondas las que componen la instalación habrá una separación entre ellas de 6 m. La distancia de tendido con respecto a otras conducciones de suministro debe ser 70 cm. Si la distancia es menor, se deberán proteger las conducciones con un aislamiento suficiente.

Con el fin de facilitar la instalación de la sonda, se recomienda llenar las sondas.

Con el lastre para sonda RAUGEO se facilita adicionalmente la introducción de la sonda.

El tubo de llenado se introduce en el pozo junto con la sonda. Por regla general se

introduce la sonda en el pozo con ayuda de un mecanismo desbobinador fijado a la máquina para sondeos. También se puede extender la sonda previamente, para introducirla en el pozo a partir de un bucle que se fija a la máquina para sondeos. Con las sondas de PE100 utilizadas en la instalación, no es recomendable utilizar el método consistente en introducir el tubo desenrollado en el pozo, porque al arrastrarlo sobre el suelo se pueden producir muescas, estrías y otras erosiones, que reducirán notablemente la vida útil de los mismos.

Una vez introducida la sonda se recomienda realizar una prueba de flujo y otra de presión. Una vez rellenado el pozo se llevan a cabo las pruebas finales: prueba de funcionamiento de la sonda llena de agua y prueba de presión a una presión mín. de 6 bar; carga previa: 30 min.; duración de la prueba: 60 min.; caída de presión tolerada: 0,2 bar.

En caso de existir riesgo de temperaturas bajo 0, vaciar la sonda a hasta 2 m por debajo de la rasante. Esto se puede conseguir mediante una toma de aire comprimido a baja presión conectada en uno de los extremos. De esta forma se expulsa el agua por el extremo contrario.

Cuando se reduce la presión, la columna de agua se desequilibra dentro de la sonda.

Los tubos de la sonda deben permanecer herméticamente cerrados hasta que se efectúa la conexión.

Para llenar completamente el intersticio anular se utilizarán materiales que se deberán determinar en función de los modos operativos respectivos y dependiendo de las condiciones geológicas.

Tender los tubos de la sonda geotérmica hasta el distribuidor mediante circuitos conectados en paralelo. El distribuidor se instalará en el punto más alto. Se deberá prever un dispositivo de desaireación en una ubicación adecuada. Los distribuidores pueden equiparse con un caudalímetro para efectuar el reglaje de las sondas.

Antes de entrar en funcionamiento todo el sistema se deberá realizar una prueba de presión con una presión 1,5 veces la presión de servicio. Se deberá comprobar que el flujo es uniforme en todas las sondas.

## 2.8. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

### 2.8.1. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA DE LAS TUBERÍAS

#### 2.8.1.1. Tuberías (refrigeración)

Tuberías (Refrigeración)								
Tramo			$\Phi$ (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	$\Delta P_1$ (kPa)	$\Delta P$ (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A5-Planta baja	A5-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.20	0.4	0.72	0,078	86.57
BCG-Planta baja	BCG-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.34	0.6	0.60	0.166	23.04
BCG-Planta baja	geoSTOR-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.34	0.6	0.97	0.274	23.33
N1-Planta baja	A5-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.20	0.4	1.10	0.127	23.72
N1-Planta baja	N1-Planta 1	Impulsión	25.0	0.14	0.4	3.00	0.607	24.21
N2-Planta baja	N1-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.34	0.6	0.28	0.078	23.63
geoSTOR-Planta baja	N2-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.34	0.6	0.75	0.206	23.53
A7-Planta 1	A7-Planta 1	Impulsión	25.0	0.14	0.4	0.72	0.147	52.64
A7-Planta 1	N2-Planta 1	Impulsión	25.0	0.14	0.4	2.83	0.578	25.19
N2-Planta 1	N1-Planta 1	Impulsión	25.0	0.14	0.4	1.82	0.372	24.60
A5-Planta baja	A5-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.20	0.4	0.72	0.078	0.882
BCG-Planta baja	BCG-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.34	0.6	0.60	0.156	0.196
BCG-Planta baja	geoSTOR-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.34	0.6	0.97	0.264	0.392
N1-Planta baja	A5-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.20	0.4	1.16	0.127	0.784
N1-Planta baja	N1-Planta 1	Retorno	25.0	0.14	0.4	3.00	0.588	1.274
CGP15-Planta baja	N1-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.34	0.6	0.37	0.098	0.686
geoSTOR-Planta baja	CGP15-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.34	0.6	0.58	0.156	0.588
A7-Planta 1	A7-Planta 1	Retorno	25.0	0.14	0.4	0.72	0.137	2.353
A7-Planta 1	N3-Planta 1	Retorno	25.0	0.14	0.4	2.94	0.578	2.156
N1-Planta 1	N3-Planta 1	Retorno	25.0	0.14	0.4	1.77	0.343	1.568

(\*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.

Abreviaturas utilizadas			
$\Phi$	Diámetro nominal	L	Longitud
Q	Caudal	$\Delta P_1$	Pérdida de presión
V	Velocidad	$\Delta P$	Pérdida de presión acumulada

## 2.8.1.2. Tuberías (calefacción)

Tuberías (Calefacción)								
Tramo			$\Phi$ (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	$\Delta P_1$ (kPa)	$\Delta P$ (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A5-Planta baja	A5-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.17	0.3	0.72	0.049	76.56
BCG-Planta baja	BCG-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.33	0.6	0.60	0.137	23.04
BCG-Planta baja	geoSTOR-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.33	0.6	0.97	0.215	23.23
N1-Planta baja	A5-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.17	0.3	1.10	0.078	23.53
N1-Planta baja	N1-Planta 1	Impulsión	25.0	0.16	0.5	3.00	0.627	24.11
N2-Planta baja	N1-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.33	0.6	0.28	0.058	23.53
geoSTOR-Planta baja	N2-Planta baja	Impulsión (*)	32.0	0.33	0.6	0.75	0.166	23.43
A7-Planta 1	A7-Planta 1	Impulsión	25.0	0.16	0.5	0.72	0.147	61.76
A7-Planta 1	N2-Planta 1	Impulsión	25.0	0.16	0.5	2.83	0.598	25.09
N2-Planta 1	N1-Planta 1	Impulsión	25.0	0.16	0.5	1.82	0.382	24.51
A5-Planta baja	A5-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.17	0.3	0.72	0.049	0.686
BCG-Planta baja	BCG-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.33	0.6	0.60	0.137	0.098
BCG-Planta baja	geoSTOR-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.33	0.6	0.97	0.215	0.392
N1-Planta baja	A5-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.17	0.3	1.16	0.088	0.686
N1-Planta baja	N1-Planta 1	Retorno	25.0	0.16	0.5	3.00	0.647	1.176
CGP15-Planta baja	N1-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.33	0.6	0.37	0.088	0.588
geoSTOR-Planta baja	CGP15-Planta baja	Retorno (*)	32.0	0.33	0.6	0.58	0.127	0.490
A7-Planta 1	A7-Planta 1	Retorno	25.0	0.16	0.5	0.72	0.156	2.353
A7-Planta 1	N3-Planta 1	Retorno	25.0	0.16	0.5	2.94	0.627	2.255
N1-Planta 1	N3-Planta 1	Retorno	25.0	0.16	0.5	1.77	0.382	1.568
(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.								
Abreviaturas utilizadas								
$\Phi$	Diámetro nominal			L	Longitud			
Q	Caudal			$\Delta P_1$	Pérdida de presión			
V	Velocidad			$\Delta P$	Pérdida de presión acumulada			

## 2.8.2. SISTEMAS DE SUELO RADIANTE

### 2.8.2.1. Bases de cálculo

#### 2.8.2.1.1. Cálculo de la carga térmica de los recintos

Para diseñar una instalación de suelo radiante es necesario calcular previamente las cargas térmicas de los recintos. En caso de disponer de una instalación de refrigeración, la carga térmica calculada se considera un porcentaje del 70% de la carga térmica instantánea para la hora y el día más desfavorable.

Una vez calculadas las cargas térmicas se describe la información necesaria para realizar el diseño de la instalación para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Recinto	Planta	$Q_{N,f}$ calefacción (kcal/h)	$Q_{N,f}$ refrigeración (kcal/h)	S (m <sup>2</sup> )	q calefacción (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	q refrigeración (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))
unifamiliar	Salón / Comedor	Planta baja	2135.46	1327.81	47.17	45.3	28.2
	Cocina	Planta baja	694.08	609.64	15.73	44.1	38.8
	Distribuidor	Planta 1	510.31	103.03	15.58	32.8	6.6
	Dormitorio3	Planta 1	615.64	313.03	11.83	52.0	26.5
	Baño	Planta 1	293.33		4.97	59.1	
	Dormitorio2	Planta 1	606.90	322.50	12.56	48.3	25.7
	Dormitorio1	Planta 1	624.46	233.63	13.13	47.6	17.8
	Aseo	Planta 1	307.96		4.18	73.6	
Abreviaturas utilizadas							
$Q_{N,f}$ calefacción	Carga térmica de calefacción para el cálculo de suelo radiante			q calefacción	Densidad de flujo térmico para calefacción		
$Q_{N,f}$ refrigeración	Carga térmica de refrigeración para el cálculo de suelo radiante			q refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración		
S	Superficie del recinto						

Para realizar el cálculo de la instalación de suelo radiante se debe partir de una temperatura máxima de la superficie del suelo según el tipo de instalación:

- Suelo radiante para calefacción

Tipos de recinto		$q_{f,max}$ (°C)	$q_i$ (°C)	$q_G$ (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))
Zona de permanencia (ocupada)		29	20	86
Cuartos de baño y similares		33	24	86
Zona periférica		35	20	151
Abreviaturas utilizadas				
$q_{f,max}$	Temperatura máxima de la superficie del suelo			$q_G$
$q_i$	Temperatura del recinto			Densidad de flujo térmico límite

- Suelo radiante para refrigeración:

Tipos de recinto		$q_{f,max}$ (°C)	$q_i$ (°C)	$q_G$ (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))
Zona de permanencia (ocupada)		20	24	34
Cuartos de baño y similares		18	24	52
Abreviaturas utilizadas				
$q_{f,max}$	Temperatura máxima de la superficie del suelo		$q_G$	Densidad de flujo térmico límite
$q_i$	Temperatura del recinto			

La temperatura media de la superficie del suelo según sea para calefacción o refrigeración se calcula por medio de la siguiente expresión:

- Calefacción:

$$q = 8.92 (\theta_{f,m} - \theta_i)^{1,1} (W / m^2)$$

- Refrigeración:

$$q = 7 (|\theta_{s,m} - \theta_i|) (W / m^2)$$

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

#### 2.8.2.1.2. Localización de los colectores

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

Los colectores deben disponerse en un lugar centrado respecto a los recintos a los que da servicio, normalmente en pasillos y distribuidores.

Se describe a continuación la localización de los armarios introducidos en el proyecto y el número de circuitos que abastecen.

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Recinto	Planta
unifamiliar	CC 1	C 1	Salón / Comedor	Planta baja
		C 2	Salón / Comedor	Planta baja
		C 3	Salón / Comedor	Planta baja
		C 4	Cocina	Planta baja
	CC 2	C 1	Distribuidor	Planta 1
		C 2	Dormitorio3	Planta 1
		C 3	Baño	Planta 1
		C 4	Dormitorio2	Planta 1
		C 5	Dormitorio1	Planta 1
		C 6	Aseo	Planta 1

## 2.8.2.1.3. Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes

La longitud de la tubería para cada circuito se calcula mediante la siguiente expresión:

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

donde:

A = Área a climatizar cubierta por el circuito (m<sup>2</sup>)

e = Separación entre tuberías (m)

l = Distancia entre el colector y el área a climatizar (m)

Se describen, a continuación, los parámetros necesarios para el diseño de cada uno de los circuitos de la instalación:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Trazado	Separación entre tuberías (cm)	S (m <sup>2</sup> )	q calefacción (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	q refrigeración (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Longitud máxima (m)	Longitud real (m)	
unifamiliar	CC 1	C 1	Espiral	15	11.81	50.2	31.2	200.0	90.0	
		C 2	Espiral	15	15.90	50.2	31.2		119.9	
		C 3	Espiral	15	14.85	50.2	31.2		103.4	
		C 4	Espiral	15	15.73	44.1	38.8		113.7	
	CC 2	C 1	Doble serpentín	15	11.91	42.8	8.6	200.0	81.6	
		C 2	Espiral	15	11.83	52.0	26.5		86.9	
		C 3	Espiral	15	4.97	59.1			39.4	
		C 4	Espiral	15	12.56	48.3	25.7		91.3	
		C 5	Espiral	15	13.13	47.6	17.8		94.9	
		C 6	Espiral	15	4.18	73.6			33.3	
	Abreviaturas utilizadas									
	S	Superficie del recinto			q refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración				
q calefacción	Densidad de flujo térmico para calefacción									

## 2.8.2.1.4. Cálculo de la temperatura de impulsión del agua

Para calcular la temperatura de impulsión de cada uno de los circuitos se considera la densidad de flujo térmico de cada uno de ellos, a excepción de los cuartos de baño.

Una vez obtenida la densidad máxima de flujo térmico y considerando un salto térmico de 5°C, se calcula la temperatura de impulsión.

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H$$

donde:

q = Densidad de flujo térmico

D<sub>qH</sub> = Desviación media de la temperatura aire-agua, que depende de las siguientes variables:

- Temperatura de impulsión
- Temperatura de retorno
- Temperatura del recinto

$K_H$  = Constante que depende de las siguientes variables:

- Suelo (espesor del revestimiento y conductividad)
- Losa de cemento (espesor y conductividad)
- Tubería (diámetro exterior, incluido el revestimiento, espesor y conductividad)

A continuación, después de mostrar la tabla con los resultados obtenidos, se describe detalladamente la formulación utilizada en este cálculo.

Para el resto de recintos se debe utilizar la misma formulación, siendo la temperatura de retorno de cada uno de los circuitos el valor calculado.

Se muestra a continuación un resumen de los resultados obtenidos:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	$q_v$ calefacción (°C)	$q_R$ calefacción (°C)	Potencia calefacción (kcal/h)	$q_v$ refrigeración (°C)	$q_R$ refrigeración (°C)	Potencia refrigeración (kcal/h)	
unifamiliar	CC 1	C 1	47.5	42.5	592.8	14.3	17.3	846.8	
		C 2	47.5	42.5	797.7	14.3	17.3	1139.5	
		C 3	47.5	42.5	745.0	14.3	17.3	1064.3	
		C 4	47.5	32.5	694.1	14.3	19.3	991.5	
	CC 2	C 1	48.3	39.0	510.3	13.4	18.4	729.0	
		C 2	48.3	43.3	615.6	13.4	18.4	879.5	
		C 3	48.3	33.3	293.3				
		C 4	48.3	44.1	606.9	13.4	16.6	867.0	
		C 5	48.3	39.5	624.5	13.4	18.4	892.1	
		C 6	48.3	33.3	308.0				
	Abreviaturas utilizadas								
	$q_v$ calefacción	Temperatura de impulsión calefacción				$q_v$ refrigeración	Temperatura de impulsión refrigeración		
$q_R$ calefacción	Temperatura de retorno calefacción				$q_R$ refrigeración	Temperatura de retorno refrigeración			

• Formulación utilizada en el cálculo:

El flujo de calor procedente de las tuberías se calcula mediante la siguiente expresión:

$$q = B \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot \Delta\theta_H$$

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T \cdot a_T^{m_T} \cdot a_U^{m_U} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

La expresión anterior es válida para una separación máxima entre tuberías que cumpla  $T < 0.375$  m.

La siguiente expresión es válida para una separación mínima entre tuberías que cumpla  $T > 0.375$  m.

$$q = q_{0.375} \frac{0.375}{T}$$

**$a_B$ : Factor de revestimiento del suelo**

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

$a$  = Coeficiente de transmisión térmica: (8.92) W/m<sup>2</sup>·K

$\lambda_{u,0} = 1$  W/m·K

$S_{u,0} = 0.045$  m

$R_{l,B}$  = Resistencia térmica del revestimiento

$\lambda_E$  = Conductividad térmica del revestimiento

**$a_T$ : Factor de paso**

$R_{l,B}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0	0.05	0.10	0.15
$a_T$	1.23	1.188	1.156	1.134

**$a_U$ : Factor de recubrimiento**

$R_{l,B}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)	$a_U$			
<b>0.05</b>	1.069	1.056	1.043	1.037
<b>0.075</b>	1.066	1.053	1.041	1.035
<b>0.1</b>	1.063	1.05	1.039	1.0335
<b>0.15</b>	1.057	1.046	1.035	1.0305
<b>0.2</b>	1.051	1.041	1.0315	1.0275
<b>0.225</b>	1.048	1.038	1.0295	1.026
<b>0.3</b>	1.0395	1.031	1.024	1.021
<b>0.375</b>	1.03	1.022	1.018	1.015

**$a_D$ : Factor adimensional en función del diámetro exterior de la tubería**

$R_{l,B}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)	$a_U$			
<b>0.05</b>	1.013	1.013	1.012	1.011
<b>0.075</b>	1.021	1.019	1.016	1.014
<b>0.1</b>	1.029	1.025	1.022	1.018
<b>0.15</b>	1.04	1.034	1.029	1.024
<b>0.2</b>	1.046	1.04	1.035	1.03
<b>0.225</b>	1.049	1.043	1.038	1.033
<b>0.3</b>	1.053	1.049	1.044	1.039
<b>0.375</b>	1.056	1.051	1.046	1.042

$$m_T = 1 - \frac{T}{0.075}$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición  $0.050 \text{ m} \leq T \leq 0.375 \text{ m}$ , donde T es la separación entre tuberías.

$$m_u = 100(0.045 - S_u)$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición  $S_u \geq 0.015 \text{ m}$ , donde  $S_u$  es el espesor de la capa por encima de la tubería.

$$m_D = 250(D - 0.020)$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición  $0.010 \text{ m} \leq D \leq 0.030 \text{ m}$ , donde D es el diámetro exterior de la tubería, incluido el revestimiento, si procede.

$$B = B_0$$

Tipo de superficie	$B_0$ (kcal/(h m <sup>2</sup> °C))
Suelo radiante para calefacción	5.8
Suelo radiante para refrigeración	4.5

Cuando la tubería tiene las siguientes propiedades:

Conductividad térmica

$$\lambda_R = \lambda_{R,0} = 0.35 \quad (\text{W} / \text{mK})$$

Espesor de la capa

$$s_R = s_{R,0} = (d_a - d_i) / 2 = 0.002 \text{ m}$$

Si las tuberías no cumplen las condiciones anteriores, debe utilizarse la siguiente expresión:

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{B_0} + \frac{1.1}{\pi} \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot T \cdot \left[ \frac{1}{2\lambda_R} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_R} - \frac{1}{2\lambda_{R,0}} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_{R,0}} \right]$$

donde:

IR = Conductividad de la capa de la tubería

$$I_{R,0} = 0.35 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

sR = Espesor de pared de la tubería

$$s_{R,0} = (d_a - d_i) / 2 = 0.002 \text{ m}$$

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

donde:

qR = Temperatura de retorno

qV = Temperatura de impulsión

qi = Temperatura del recinto

#### 2.8.2.1.5. Cálculo del caudal de agua de los circuitos

El caudal del circuito se calcula con la siguiente expresión:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_w \left( 1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)}$$

donde:

A<sub>F</sub> = Superficie cubierta por el circuito de suelo radiante

q = Densidad de flujo térmico

d = Salto de temperatura

c<sub>w</sub> = Calor específico del agua

R<sub>o</sub> = Resistencia térmica parcial ascendente del suelo

R<sub>u</sub> = Resistencia térmica parcial descendente del suelo

q<sub>u</sub> = Temperatura del recinto inferior

q<sub>i</sub> = Temperatura del recinto

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda, B} + \frac{s_u}{\lambda_u}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,093 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = R_{\lambda, 1} + R_{\lambda, 2} + R_{\lambda, 3} + R_{\alpha, 4}$$

$$R_{\alpha, 4} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

donde:

R<sub>1,1</sub> = Resistencia térmica del aislante

R<sub>1,2</sub> = Resistencia térmica del falso techo

$R_{1,3}$  = Resistencia térmica del enlucido

$R_{a,4}$  = Resistencia térmica del techo

### 2.8.2.2. Dimensionado

#### 2.8.2.2.1. Dimensionado del circuito hidráulico

El dimensionamiento de las tuberías se realiza tomando los siguientes parámetros:

- Velocidad máxima = 0.5 m/s

Se describe a continuación la instalación calculada:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Tipo	Circuito	$\varnothing_N$ (mm)	Caudal calefacción (l/h)	$\Delta P$ calefacción (kPa)	Caudal refrigeración (l/h)	$\Delta P$ refrigeración (kPa)
Unifamiliar	CC 1	Tipo 1	C 1	16	162.94	19.60	160.42	24.51
			C 2	16	219.27	44.12	215.88	53.92
			C 3	16	204.79	33.33	201.63	41.17
			C 4	16	62.60	49.02	156.03	29.41
	CC 2	Tipo 1	C 1	16	74.75	4.90	27.23	0.98
			C 2	16	168.86	19.60	81.68	7.84
			C 3	16	26.13	0.0		
			C 4	16	196.19	27.45	134.10	18.62
			C 5	16	97.64	8.82	60.96	4.90
			C 6	16	27.24	0.0		

#### Abreviaturas utilizadas

$\varnothing_N$	<i>Diámetro nominal</i>	Caudal refrigeración	<i>Caudal del circuito refrigeración</i>
Caudal calefacción	<i>Caudal del circuito calefacción</i>	$\Delta P$ refrigeración	<i>Pérdida de presión del circuito refrigeración</i>
$\Delta P$ calefacción	<i>Pérdida de presión del circuito calefacción</i>		

Equipo	Descripción
Tipo 1	Colector modular plástico de 1" de diámetro, "UPONOR IBERIA", compuesto de 2 válvulas de paso de 1", 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, llave de llenado, llave de vaciado, caudalímetros, 2 tapones terminales y soportes

La bomba de circulación se calcula tomando la pérdida de presión del circuito más desfavorable y la suma de caudales de los circuitos.

#### 2.8.2.2.2. Selección de la bomba de calor

La bomba de calor se selecciona en función de la carga máxima simultánea del conjunto de recintos.

Equipo	Conjunto de recintos	Armario de colectores
Tipo 1	unifamiliar	CC 1
		CC 2

Equipo	Descripción
Tipo 1	Bomba de calor tierra-agua, modelo geoTHERM VWS 61/2 "VAILLANT"; Potencia calorífica de 6,9 kW, consumo de potencia de 1,4 kW y índice de rendimiento COP de 4,7; Potencia frigorífica de 8,8 kW, consumo de potencia de 1,5 kW y coeficiente de rendimiento EER de 5,7; Tensión nominal de 230 V/50 Hz; Temperatura del circuito de calefacción (mín, máx) 25/ 62 °C; Temperatura del circuito de captadores (mín, máx) -10/ 20 °C; Caudal nominal del circuito de calefacción de 1,061 l/h; Caudal nominal del circuito de los captadores de 1,453 l/h; Potencia sonora de 49 dBA;

## 2.9. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA:

### 2.9.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El objeto del presente proyecto es diseñar la instalación de agua caliente sanitaria, mediante calentamiento por energía solar térmica, para una vivienda unifamiliar de nueva construcción.

Edificio de nueva construcción situado en , Aranguren, zona climática II según CTE DB HE 4.

La vivienda está compuesta por 3 dormitorios y tiene asignada una ocupación de 4 personas.

Los captadores se dispondrán sobre su correspondiente soporte orientados al S(180°).

### 2.9.2. CIRCUITO HIDRÁULICO

#### 2.9.2.1. Condiciones climáticas

Para la determinación de las condiciones climáticas (radiación global total en el campo de captadores, temperatura ambiente diaria y temperatura del agua de suministro de la red) se han utilizado los datos recogidos en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura editado por el IDAE.

Mes	Radiación global (MJul/m <sup>2</sup> )	Temperatura ambiente diaria (°C)	Temperatura de red (°C)
Enero	5.00	5	6
Febrero	7.40	5	7
Marzo	12.30	9	8
Abril	14.50	11	9
Mayo	17.10	14	11
Junio	18.90	18	14
Julio	20.50	20	16
Agosto	18.20	21	16
Septiembre	16.20	18	15
Octubre	10.20	13	12
Noviembre	6.00	8	8
Diciembre	4.50	6	6

## 2.9.2.2. Condiciones de uso

Para valorar el consumo de agua caliente sanitaria se toman los datos que aparecen en la tabla 3.1. del documento básico HE-4 del código técnico de la edificación, concretamente en el capítulo 3, donde se hace referencia al cálculo de la demanda. Dicha tabla hace referencia a la demanda a 60°C.

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Para el nivel de ocupación de la vivienda se hace referencia a los valores que aparecen en el mismo capítulo del documento citado HE-4.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Teniendo en cuenta el nivel de ocupación, se obtiene un valor medio de 30.0 l por persona y día, con una temperatura de consumo de 60 °C.

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, se asume un coeficiente de simultaneidad igual a 1.

Consumo diario= 4 [personas] x 30 [litros ACS / persona día]= 120 [litros ACS / día]

Número de dormitorios:	3
Ocupación (Nº personas):	4
Consumo litros/día:	120

A partir de los datos anteriores se puede calcular la demanda energética para cada mes, a través de los siguientes conceptos:

- Ocupación: Estimación del porcentaje mensual de ocupación.
- Consumo: Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\%Ocup}{100} \cdot N_{mes} (dias) \cdot Q_{acs} (m^3 / dia)$$

Siendo:

- Temperatura de red: Temperatura de suministro de agua (valor mensual en °C).
- Demanda térmica: Expresa la demanda energética necesaria para cubrir el consumo necesario de agua caliente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{acs} = \rho \cdot C \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Siendo:

- $Q_{acs}$ : Demanda de agua caliente (MJ).
- $\rho$ : Densidad volumétrica del agua (Kg/m<sup>3</sup>).
- $C$ : Consumo (m<sup>3</sup>).
- $C_p$ : Calor específico del agua (MJ/kg°C).
- $\Delta T$ : Salto térmico (°C).

Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

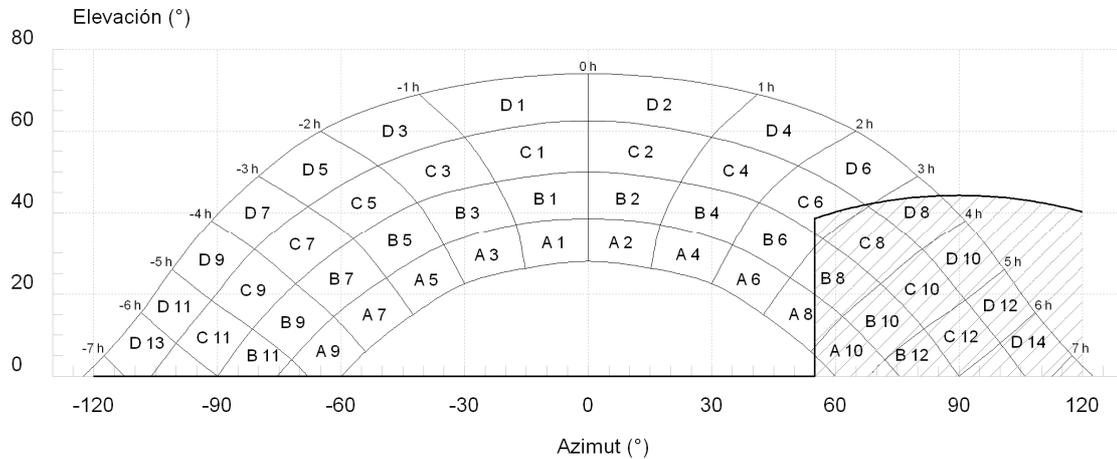
Mes	Ocupación (%)	Consumo (m <sup>3</sup> )	Temperatura de red (°C)	Salto térmico (°C)	Demanda (MJul)
Enero	100	3.7	6	54	830.86
Febrero	100	3.4	7	53	736.62
Marzo	100	3.7	8	52	800.24
Abril	100	3.6	9	51	750.26
Mayo	100	3.7	11	49	744.65
Junio	100	3.6	14	46	676.17
Julio	100	3.7	16	44	668.09
Agosto	100	3.7	16	44	668.09
Septiembre	100	3.6	15	45	661.35
Octubre	100	3.7	12	48	738.99
Noviembre	100	3.6	8	52	774.42
Diciembre	100	3.7	6	54	830.86

### 2.9.3. DETERMINACIÓN DE LA RADIACIÓN

Para obtener la radiación solar efectiva que incide sobre los captadores se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Orientación:	S(180°)
Inclinación:	40°

Las sombras proyectadas sobre los captadores son:



<b>(inclinación 40.00°, orientación 0.00°)</b>			
Porción	Factor de llenado (real)	Pérdidas (%)	Contribución (%)
A 8	0.25 (0.25)	0.98	0.25
A 10	1.00 (0.99)	0.11	0.11
B 6	0.00 (0.02)	1.51	0.00
B 8	0.75 (0.83)	0.99	0.74
B 10	1.00 (1.00)	0.42	0.42
B 12	1.00 (1.00)	0.02	0.02
C 6	0.25 (0.18)	1.65	0.41
C 8	1.00 (1.00)	1.08	1.08
C 10	1.00 (1.00)	0.52	0.52
C 12	1.00 (1.00)	0.10	0.10
D 6	0.00 (0.00)	3.63	0.00
D 8	0.75 (0.80)	2.55	1.91
D 10	1.00 (1.00)	1.33	1.33
D 12	1.00 (1.00)	0.40	0.40
D 14	1.00 (1.00)	0.02	0.02
		<b>TOTAL (%)</b>	<b>7.31</b>

#### 2.9.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

El dimensionamiento de la superficie de captación se ha realizado mediante el método de las curvas 'f' (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura solar y del rendimiento medio para periodos de cálculo mensuales y anuales.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para

dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de A.C.S. o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro  $D_1$ .
4. Cálculo del parámetro  $D_2$ .
5. Determinación de la gráfica  $f$ .
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

El cálculo se ha realizado automáticamente con el programa CYPE-Instalaciones del edificio, dentro del modulo Solar Térmica.

Se asume un volumen de acumulación equivalente, de forma aproximada, a la carga de consumo diario promedio. La superficie de captación se dimensiona para conseguir una fracción solar anual superior al 30%, tal como se indica en el apartado 2.1, 'Contribución solar mínima', de la sección HE 4 DB-HE CTE.

El valor resultante para la superficie de captación es de 2.10 m<sup>2</sup>, y para el volumen de captación de 200 l.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Mes	Radiación global (MJul/m <sup>2</sup> )	Temperatura ambiente diaria (°C)	Demanda (MJul)	Energía auxiliar (MJul)	Fracción solar (%)
Enero	5.00	5	830.86	632.80	24
Febrero	7.40	5	736.62	470.41	36
Marzo	12.30	9	800.24	336.67	58
Abril	14.50	11	750.26	285.38	62
Mayo	17.10	14	744.65	235.67	68
Junio	18.90	18	676.17	166.35	75
Julio	20.50	20	668.09	104.10	84
Agosto	18.20	21	668.09	107.08	84
Septiembre	16.20	18	661.35	107.86	84
Octubre	10.20	13	738.99	294.08	60
Noviembre	6.00	8	774.42	503.58	35
Diciembre	4.50	6	830.86	638.82	23

### 2.9.5. CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR

La instalación cumple la normativa vigente, ya que la energía producida no supera, en ningún mes, el 110% de la demanda de consumo, y no hay una demanda superior al 100% para tres meses consecutivos.

La cobertura solar anual conseguida mediante el sistema es igual al 56%.

### 2.9.6. SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN BÁSICA

La instalación consta de un circuito primario cerrado (circulación forzada) dotado de un sistema de captación (con una superficie total de captación de 2 m<sup>2</sup>) y con un intercambiador, incluido en el acumulador de la vivienda. Se ha previsto, además, la instalación de un sistema de energía auxiliar.

### 2.9.7. SELECCIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR

La temperatura histórica en la zona es de -18°C. La instalación debe estar preparada para soportar sin congelación una temperatura de -23°C (5° menos que la temperatura mínima histórica). Para ello, el porcentaje en peso de anticongelante será de 39% con un calor específico de 3.480 KJ/kgK y una viscosidad de 4.050800 mPa s a una temperatura de 60°C.

### 2.9.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

El sistema de captación estará formado por elementos del tipo Logasol CP/1/SKS/SU200 ("BUDERUS"), cuya curva de rendimiento INTA es:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \left( \frac{t^e - t^a}{I} \right)$$

Siendo:

- $\eta_0$ : Factor óptico (0.85).
- $a_1$ : Coeficiente de pérdida (4.04).
- $t^e$ : Temperatura media (°C).
- $t^a$ : Temperatura ambiente (°C).
- $I$ : Irradiación solar (W/m<sup>2</sup>).

La superficie de apertura de cada captador es de 2.10 m<sup>2</sup>.

La disposición del sistema de captación queda completamente definida en los planos del proyecto.

### 2.9.9. DISEÑO DEL SISTEMA INTERCAMBIADOR-ACUMULADOR

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con las especificaciones del apartado 3.3.3.1: Generalidades de la sección HE 4 DB-HE CTE.

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

- A: Suma de las áreas de los captadores.
- V: Volumen de acumulación expresado en litros.

Unidad de ocupación	Modelo	Caudal l/h:	Pérdida de carga Pa:	Sup. intercambio m <sup>2</sup> :	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Vol. acumulación (l)
	Logasol CP/1/SKS/SU200	1080	0.0	0.70	556	1448	200
Total				0.70			200

La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación es superior a 0.15 e inferior o igual a 1.

## 2.9.10. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

### 2.9.10.1. Cálculo del diámetro de las tuberías

Tanto para el circuito primario de la instalación, como para el secundario, se utilizarán tuberías de cobre.

El diámetro de las tuberías se selecciona de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s. El dimensionamiento de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en las mismas nunca sea superior a 40.00 mm.c.a/m.

### 2.9.10.2. Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación

Deben determinarse las pérdidas de carga en los siguientes componentes de la instalación:

- Captadores
- Tuberías (montantes y derivaciones a las baterías de captadores del circuito primario).
- Intercambiador

## FÓRMULAS UTILIZADAS

Para el cálculo de la pérdida de carga, DP, en las tuberías, utilizaremos la formulación de Darcy-Weisbach que se describe a continuación:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81}$$

Siendo:

- DP: Pérdida de carga (m.c.a).
- $\lambda$ : Coeficiente de fricción
- L: Longitud de la tubería (m).
- D: Diámetro de la tubería (m).
- v: Velocidad del fluido (m/s).

Para calcular las pérdidas de carga, se le suma a la longitud real de la tubería la longitud equivalente correspondiente a las singularidades del circuito (codos, té, válvulas, etc.). Ésta longitud equivalente corresponde a la longitud de tubería que provocaría una pérdida de carga igual a la producida por dichas singularidades.

De forma aproximada, la longitud equivalente se calcula como un porcentaje de la longitud real de la tubería. En este caso, se ha asumido un porcentaje igual al 15%.

El coeficiente de fricción,  $\lambda$ , depende del número de Reynolds.

Cálculo del número de Reynolds: ( $R_e$ )

$$R_e = \frac{(\rho \cdot v \cdot D)}{\mu}$$

Siendo:

- $R_e$ : Valor del número de Reynolds (adimensional).
- $\rho$ : 1000 Kg/m<sup>3</sup>
- $v$ : Velocidad del fluido (m/s).
- $D$ : Diámetro de la tubería (m).
- $\mu$ : Viscosidad del agua (0.001 poises a 20°C).

Cálculo del coeficiente de fricción ( $\lambda$ ) para un valor de  $R_e$  comprendido entre 3000 y 10<sup>5</sup> (éste es el caso más frecuente para instalaciones de captación solar):

$$\lambda = \frac{0,32}{R_e^{0,25}}$$

Como los cálculos se han realizado suponiendo que el fluido circulante es agua a una temperatura de 60°C y con una viscosidad de 4.050800 mPa, los valores de la pérdida de carga se multiplican por el siguiente factor de corrección:

$$factor = \sqrt{\frac{\mu_{FC}}{\mu_{agua}}}$$

### 2.9.10.3.- Bomba de circulación

La bomba de circulación necesaria en el circuito primario se debe dimensionar para una presión disponible igual a las pérdidas totales del circuito (tuberías, captadores e intercambiadores). El caudal de circulación tiene un valor de 130.00 l/h.

La pérdida de presión en el conjunto de captación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta P_T = \frac{\Delta P \cdot N \cdot (N + 1)}{4}$$

Siendo:

- $\Delta P_T$ : Pérdida de presión en el conjunto de captación.
- $\Delta P$ : Pérdida de presión para un captador

- N: Número total de captadores

La pérdida de presión en el intercambiador tiene un valor de 0.0 Pa.

Por tanto, la pérdida de presión total en el circuito primario tiene un valor de 2055 KPa.

La potencia de la bomba de circulación tendrá un valor de 0.07 kW. Dicho valor se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$P = C \cdot \Delta p$$

Siendo:

- P: Potencia eléctrica (kW)
- C: Caudal (l/s)
- Dp: Pérdida total de presión de la instalación (Pa).

En este caso, utilizaremos una bomba de rotor húmedo montada en línea.

Según el apartado 3.4.4 'Bombas de circulación' de la sección HE 4 DB-HE CTE, la potencia eléctrica parásita para la bomba de circulación no deberá superar los valores siguientes:

Tipo de sistema	Potencia eléctrica de la bomba de circulación
Sistemas pequeños	50 W o 2 % de la potencia calorífica máxima que pueda suministrar el grupo de captadores.
Sistemas grandes	1% de la potencia calorífica máxima que pueda suministrar el grupo de captadores.

#### 2.9.10.4. Vaso de expansión

El valor teórico del coeficiente de expansión térmica, calculado según la norma UNE 100.155, es de 0.079. El vaso de expansión seleccionado tiene una capacidad de 5 l.

Para calcular el volumen necesario se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

- $V_t$ : Volumen útil necesario (l).
- V: Volumen total de fluido de trabajo en el circuito (l).
- $C_e$ : Coeficiente de expansión del fluido.
- $C_p$ : Coeficiente de presión

El volumen total de fluido contenido en el circuito primario se obtiene sumando el contenido en las tuberías (1.85 l), en los elementos de captación (0.00 l) y en el intercambiador (7.50 l). En este caso, el volumen total es de 9.35 l.

Con los valores de la temperatura mínima (-18°C) y máxima (140°C), y el valor del porcentaje de glicol etilénico en agua (39%) se obtiene un valor de 'Ce' igual a 0.079. Para calcular este parámetro se han utilizado las siguientes expresiones:

$$C_e = fc \cdot (-95 + 1.2 \cdot t) \cdot 10^{-3}$$

Siendo:

- fc: Factor de correlación debido al porcentaje de glicol etilénico.
- t: Temperatura máxima en el circuito.

El factor 'fc' se calcula mediante la siguiente expresión:

$$fc = a \cdot (1.8 \cdot t + 32)^b$$

Siendo:

- $a = -0.0134 \cdot (G^2 - 143.8 \cdot G + 1918.2) = 28.92$
- $b = 0.00035 \cdot (G^2 - 94.57 \cdot G + 500.) = -0.58$
- G: Porcentaje de glicol etilénico en agua (39%).

El coeficiente de presión (Cp) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_{\max}}{P_{\max} - P_{\min}}$$

Siendo:

- Pmax: Presión máxima en el vaso de expansión.
- Pmin: Presión mínima en el vaso de expansión.

El punto de mínima presión de la instalación corresponde a los captadores solares, ya que se encuentran a la cota máxima. Para evitar la entrada de aire, se considera una presión mínima aceptable de 1.5 bar.

La presión mínima del vaso debe ser ligeramente inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad (aproximadamente 0.9 veces). Por otro lado, el componente crítico respecto a la presión es el captador solar, cuya presión máxima es de 10 bar (sin incorporar el kit de fijación especial).

A partir de las presiones máxima y mínima, se calcula el coeficiente de presión (Cp). En este caso, el valor obtenido es de 1.2.

#### 2.9.10.5. Purgadores y desaireadores

El sistema de purga está situado en la batería de captadores. Por tanto, se asume un volumen total de 100.0 cm<sup>3</sup>.

#### 2.9.11. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

El sistema de regulación y control tiene como finalidad la actuación sobre el régimen de funcionamiento de las bombas de circulación, la activación y desactivación del sistema

antiheladas, así como el control de la temperatura máxima en el acumulador. En este caso, el regulador utilizado es el siguiente: Logasol CP/1/SKS/SU200, "BUDERUS".

### 2.9.12. AISLAMIENTO

El aislamiento térmico del circuito primario se realizará mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. El espesor del aislamiento será de 30 mm en las tuberías exteriores y de 20 mm en las interiores.

## 2.10. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

### 2.10.1. Datos de partida

#### 2.10.1.1. Datos relativos al DB-HE1 del Código Técnico de la Edificación

##### 2.10.1.1.1. Características generales

Zona climática	Latitud	$S_u$ Superficie útil	V Volumen	Nº de plantas sobre rasante (encerradas por la envolvente térmica)
	(grados)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
D1	42.79	145.26	378.36	1

##### 2.10.1.1.2. Áreas y parámetros característicos de muros y huecos

Orientación fachada	$A_M$ Área muros	$U_{Mm}$ Transmitancia media muros	$A_M \times U_{Mm}$	$A_H$ Área huecos	$U_{Hm}$ Transmitancia media huecos	$A_H \times U_{Hm}$	$F_{Hm}$ Factor solar modificado medio de huecos
	(m <sup>2</sup> )	W/m <sup>2</sup> K	W/K	(m <sup>2</sup> )	W/m <sup>2</sup> K	W/K	
Norte	41.47	0.45	18.87	1.60	3.18	5.09	N/A
Este	46.32	0.37	17.01	0.80	3.18	2.54	0.24
Oeste	42.94	0.45	19.53	7.60	3.07	23.32	0.25
Sur	39.96	0.45	18.17	3.00	3.04	9.12	0.20
Sureste	---	---	---	---	---	---	---
Sudoeste	---	---	---	---	---	---	---
	$A_{TM} = \sum A_M$ Área total muros edificio (m <sup>2</sup> )		$\sum A_M \times U_{Mm}$ W/K	$A_{TH} = \sum A_H$ Área total huecos edificio (m <sup>2</sup> )		$\sum A_H \times U_{Hm}$ W/K	
	170.69		73.58	13.00		40.07	

$U_{Mme} = \sum A_M \times U_{Mm} / A_{TM}$ Transmitancia térmica media de muros del edificio W/m <sup>2</sup> K	$U_{Hme} = \sum A_H \times U_{Hm} / A_{TH}$ Transmitancia térmica media de huecos del edificio W/m <sup>2</sup> K
0.43	3.08

### 2.10.1.1.3. Áreas y parámetros característicos de suelos, cubiertas (incluidos lucernarios) y cerramientos en contacto con el terreno

$A_{TS}$ Área total de suelos	$U_{Sm}$ Transmitancia térmica media de suelos	$A_{TC}$ Área total de cubiertas	$U_{Cm}$ Transmitancia térmica media de cubiertas	$A_{CT}$ Área total de cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Tm}$ Transmitancia térmica media de cerramientos en contacto con el terreno
(m <sup>2</sup> )	W/m <sup>2</sup> K	(m <sup>2</sup> )	W/m <sup>2</sup> K	(m <sup>2</sup> )	W/m <sup>2</sup> K
73.80	0.42	73.41	0.24	---	---

### 2.10.1.2. Datos relativos al DB-HE4 del Código Técnico de la Edificación

#### 2.10.1.2.1. Fracción de la demanda de ACS cubierta por energías renovables, para el cumplimiento de la exigencia del DB-HE4 del CTE

En %

### 2.10.1.3. Datos relativos al DB-HS3 del Código Técnico de la Edificación

#### 2.10.1.3.1. Caudal de ventilación total del edificio, para el cumplimiento de la exigencia del DB-HS3 del CTE

(m<sup>3</sup>/h)

### 2.10.1.4. Datos relativos a las instalaciones

#### 2.10.1.4.1. Instalación de calefacción

Grado de centralización del sistema:

Centralizado Bloque  Centralizado Vivienda  Equipos individuales

Equipo: Bomba de calor Combustible: Electricidad  
 Rendimiento o COP nominal: 4.70 % calefactado de la superficie útil: 86.16

#### 2.10.1.4.2. Instalación de Agua Caliente Sanitaria

Equipo de producción: Caldera para ACS, combustión estándar Combustible: GLP Rendimiento o COP nominal: 0.90

2.10.1.5. Datos relativos a la captación solar de los huecos

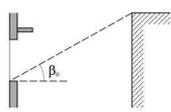
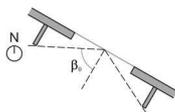
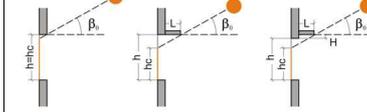
2.10.1.5.1. Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sur

Huecos a Sur Descripción	$A_H$ Área de huecos orientados a Sur (m <sup>2</sup> )	Condición 1		Condición 2		Factor de corrección por obstrucción vertical FC			$A_{HCS} = A_H \cdot FC$ (m <sup>2</sup> )
		Latitud	$b_0$	Latitud	$b_1$	Latitud	K	$b_2$	
		> 41°	< 22°	> 41°	> 65°	> 41°	0,73	36°	
		38° £ L £ 41°	< 23°	38° £ L £ 41°	> 60°	38° £ L £ 41°	0,78	38°	
		< 38°	< 25°	< 38°	> 60°	< 38°	0,84	40°	
		Sección		Planta		Sección			
		$b_0$		$b_1$		a) $FC = \frac{hc}{h}$ b) $FC = 1 + \frac{H}{h} - \frac{L}{h} \cdot K$			
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 6/10/4	1.50	90.00		---		---			---
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 6/10/4	1.50	---		---		0.89			1.33
$\Sigma A_{HCS}$ , Área de huecos captadores a Sur									1.33

2.10.1.5.2. Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sureste

Huecos a Sureste Descripción	$A_H$ Área de huecos orientados a Sureste (m <sup>2</sup> )	Condición 1		Condición 2		Factor de corrección por obstrucción vertical FC			$A_{HCSE} = A_H \cdot FC$ (m <sup>2</sup> )
		Latitud	$b_0$	Latitud	$b_1$	Latitud	K	$b_2$	
		> 41°	< 10°	> 41°	> 65°	> 41°	0,73	36°	
		38° £ L £ 41°	< 12°	38° £ L £ 41°	> 60°	38° £ L £ 41°	0,78	38°	
		< 38°	< 15°	< 38°	> 60°	< 38°	0,84	40°	
		Sección		Planta		Sección			
		$b_0$		$b_1$		a) $FC = \frac{hc}{h}$ b) $FC = 1 + \frac{H}{h} - \frac{L}{h} \cdot K$			
$\Sigma A_{HCSE}$ , Área de huecos captadores a Sureste									---

2.10.1.5.3. Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sudoeste

Huecos a Sudoeste Descripción	$A_H$ Área de huecos orientados a Sudoeste (m <sup>2</sup> )	Condición 1		Condición 2		Factor de corrección por obstrucción vertical FC			$A_{HCSO} = A_H \cdot FC$ (m <sup>2</sup> )
		Latitud	$b_0$	Latitud	$b_1$	Latitud	K	$b_2$	
		> 41°	< 10°	> 41°	> 65°	> 41°	0,73	36°	
		38° £ L £ 41°	< 12°	38° £ L £ 41°	> 60°	38° £ L £ 41°	0,78	38°	
		< 38°	< 15°	< 38°	> 60°	< 38°	0,84	40°	
									
		Sección		Planta		Sección			
		$b_0$		$b_1$		a) $FC = \frac{hc}{h}$ b) $FC = 1 + \frac{H}{h} - \frac{L}{h} \cdot K$			
$\Sigma A_{HCSO}$ , Área de huecos captadores a Sudoeste									---

2.10.2. CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN

<b>F<sub>DC</sub> - Du</b>	FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN $IEE_{DC}$	ZONA	D
		TIPO	UNIFAMILIAR

$$IEE_{DC} = IEE_{opaco} \times f_{pt} + IEE_{vent} + DIEE_{huecos}$$

PROYECTO	
UBICACIÓN	Aranguren (Navarra)

1. INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO OPACO,  $IEE_{opaco}$

$A_{TM} + A_{TH} + A_{TS} + A_{TC} + A_{CT}$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{U_{opaco}}{A_T} = \frac{U_{Mme} \times (A_{TM} + A_{TH}) + U_{Sm} \times A_{TS} + U_{cm} \times A_{TC} + U_{Tm} \times A_{CT}}{A_T}$ (W/m <sup>2</sup> K)	V / A <sub>T</sub> (m)	$IEE_{opaco}$
330.90	0.39	1.14	0.48

2. FACTOR CORRECTOR DE PUENTES TÉRMICOS,  $f_{pt}$

$f_{pt}$	1.34
----------	------

### 3. INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEBIDO A LA VENTILACIÓN, $IEE_{vent}$

Caudal de ventilación	$IEE_{vent}$
Renovaciones / hora = (litros / segundo) x 3,6 / Volumen = 0.58	0.38

### 4. MODIFICACIÓN DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEBIDO A LA SUPERFICIE ACRISTALADA, $DIEE_{Huecos}$

$A_{TH} / S_U$	$A_{THC}$ Área total de huecos captore $A_{HCS} + A_{HCSE} + A_{HCSE}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{THC} / A_{TH}$ (%)	$U_{Hme} - U_{Mme}$ (W/m <sup>2</sup> K)	$DIEE_{Huecos}$
0.09	1.33	10.26	2.65	0.11

### 5. INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN

$IEE_{DC} = IEE_{opaco} \times f_{pt} + IEE_{vent} + DIEE_{huecos}$	1.13
---	------

### 6. CALIFICACIÓN PARCIAL

Indicador de eficiencia energética de demanda de calefacción	Valor	Calificación parcial
$IEE_{DC}$	1.13	D

A	$IEE < 0.37$
B	$0.37 \leq IEE < 0.60$
C	$0.60 \leq IEE < 0.93$
D	$0.93 \leq IEE < 1.43$
E	$1.43 \leq IEE$

### 2.11.3. CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS

F sis	FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS $IEE_{SC} \quad IEE_{SR} \quad IEE_{SACS}$

PROYECTO	
UBICACIÓN	Aranguren (Navarra)

## IEE SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Sistemas de calefacción	Rendimiento o COP nominal	Factor de ponderación	Rendimiento o COP medio estacional	IEE	Superficie (m <sup>2</sup> )	IEE x Superficie
Tipo / Combustible	(a)	(b)	(c) = (a) x (b)	(d)	(e)	(f) = (d) x (e)
Bomba de calor Electricidad	4.70	0.68	3.20	0.65	125.15	81.35
Sin sistema de calefacción	---	---	---	1.20	20.11	24.13
$\sum$ IEE x Superficie =						105.47

$IEE_{sc}$ $(\sum IEE \times Superficie) / S_u$	0.73
--	------

## IEE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Sistemas de refrigeración	EER nominal	Factor de ponderación	EER medio estacional	IEE	Superficie (m <sup>2</sup> )	IEE x Superficie
	(a)	(b)	(c) = (a) x (b)	(d)	(e)	(f) = (d) x (e)
Sin sistema de refrigeración	---	---	---	1.07	145.26	155.42
$\sum$ IEE x Superficie =						155.42

$IEE_{SR}$ $(\sum IEE \times Superficie) / S_u$	1.07
--	------

## IEE SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

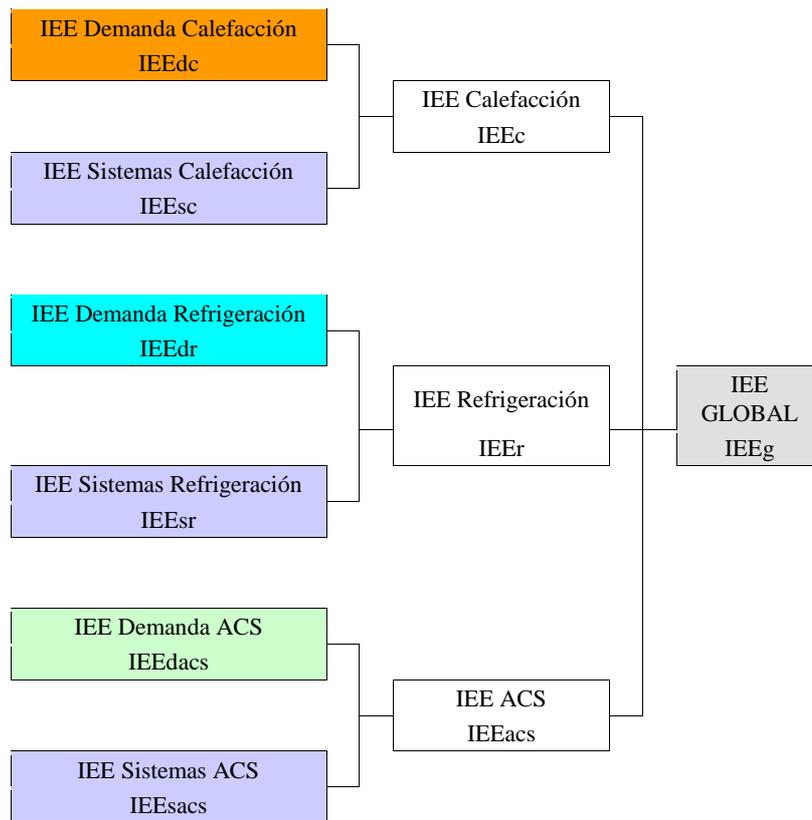
Sistemas de ACS	Rendimiento o COP nominal	Factor de ponderación	Rendimiento o COP medio estacional	$IEE_{SACS}$
Tipo / Combustible	(a)	(b)	(c) = (a) x (b)	(d)
Caldera para ACS, combustión estándar Gas natural	0.90	0.93	0.84	0.67

## 2.10.4. CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL

$F_G - D_{1u}$	FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL $IEE_G$	ZONA INVIERNO	D
		ZONA VERANO	1
		TIPOLOGÍA	UNIFAMILIAR

PROYECTO	
UBICACIÓN	Aranguren (Navarra)

## SITUACIÓN EN EL ESQUEMA GENERAL



**CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL IEE<sub>G</sub>**

	IEE demanda (a)	IEE sistemas (b)	IEE (c) = (a) x (b)	Coefficientes de reparto (d)	(e) = (c) x (d)
Calefacción	IEE <sub>DC</sub> = 1.13	IEE <sub>SC</sub> = 0.73	IEE <sub>C</sub> = 0.82	0.88	0.81
Refrigeración	IEE <sub>DR</sub> = ---	IEE <sub>SR</sub> = 1.07	IEE <sub>R</sub> = ---	---	---
ACS	IEE <sub>DACS</sub> = 0.80 (100-contribución solar) / 50=	IEE <sub>SACS</sub> = 0.67	IEE <sub>ACS</sub> = 0.54	0.12	0.06
IEE Global Σ (f)					<b>0.79</b>

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

Indicador de eficiencia energética global	Valor	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
IEE <sub>G</sub>	0.79	<b>C</b>

A	IEE < 0.41
B	0.41 ≤ IEE < 0.63
C	0.63 ≤ IEE < 0.94
D	0.94 ≤ IEE < 1.40
E	1.40 ≤ IEE

**Pamplona, Junio de 2012.  
El Ingeniero Técnico Industrial:**

**DANIEL MÉNDEZ NIEVES**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCION DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

DOCUMENTO 3: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012

**ÍNDICE:****3.1. MEMORIA****3.1.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES**

3.1.1.1. Justificación .....	5
3.1.1.2. Objeto .....	5
3.1.1.3. Contenido del EBSS .....	5

**3.1.2. DATOS GENERALES**

3.1.2.1. Agentes .....	6
3.1.2.2. Características generales del proyecto de ejecución .....	6
3.1.2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno .....	6
3.1.2.4. Características generales de la obra .....	7

**3.1.3. MEDIOS DE AUXILIO .....** 7

3.1.3.1. Medios de auxilio en obra .....	7
3.1.3.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más Próximos .....	7

**3.1.4. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR DE LOS  
TRABAJADORES .....** 8

3.1.4.1. Vestuarios .....	8
3.1.4.2. Aseos .....	8
3.1.4.3. Comedor .....	8

**3.1.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS A  
ADOPTAR .....** 8

3.1.5.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra .....	10
3.1.5.2. Durante las fases de ejecución de la obra .....	11
3.1.5.3. Durante la utilización de medios auxiliares .....	15

3.1.5.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas .....	16
3.1.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES EVITABLES .....	20
3.1.6.1. Caídas al mismo nivel .....	20
3.1.6.2. Caídas a distinto nivel .....	21
3.1.6.3. Polvo y partículas .....	21
3.1.6.4. Ruido .....	21
3.1.6.5. Esfuerzos .....	21
3.1.6.6. Incendios .....	21
3.1.6.7. Intoxicación por emanaciones .....	21
3.1.7. RELACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE .....	21
3.1.7.1. Caída de objetos .....	22
3.1.7.2. Dermatitis .....	22
3.1.7.3. Electrocuciiones .....	22
3.1.7.4. Quemaduras .....	22
3.1.7.5. Golpes y cortes en extremidades .....	22
3.1.8. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD, EN TRABAJOS POSTERIORES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	23
3.1.8.1. Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas .....	23
3.1.8.2. Trabajos en instalaciones .....	23
3.1.8.3. Trabajos con pinturas y barnices .....	23
3.1.9. TRABAJOS QUE IMPLICAN RIESGOS ESPECIALES .....	23
3.1.10. MEDIDAS EN CASO DE EMEERGENCIA .....	24
3.1.11. PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS DEL CONTRATISTA .....	24

**3.2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES ..... 25****3.3. PLIEGO****3.3.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS**

3.3.1.1. Disposiciones generales .....	34
3.3.1.2. Disposiciones facultativas .....	34
3.3.1.3. Formación en seguridad .....	38
3.3.1.4. Reconocimientos médicos .....	38
3.3.1.5. Salud e higiene en el trabajo .....	38
3.3.1.6. Documentación de obra .....	39
3.3.1.7. Disposiciones económicas .....	41

**3.3.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

3.3.2.1. Medios de protección colectiva .....	42
3.3.2.2. Medios de protección individual .....	42
3.3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort .....	42

### 3.1 MEMORIA

#### 3.1.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

##### 3.1.1.1. Justificación

La obra proyectada requiere la redacción de un estudio básico de seguridad y salud, debido a su reducido volumen y a su relativa sencillez de ejecución, cumpliéndose el artículo 4. "Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras" del Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, al verificarse que:

- El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00 euros.
- No se cumple que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen estimado de mano de obra, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, no es superior a 500 días.
- No se trata de una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

##### 3.1.1.2. Objeto

En el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con el Real Decreto 1627/97, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos

##### 3.1.1.3. Contenido del EBSS

De acuerdo con el artículo 6 del Real Decreto 1627/97, el Estudio Básico de Seguridad y Salud precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello, así como la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan

medidas alternativas, además de cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

En el estudio básico se contemplan también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de reparación o mantenimiento, siempre dentro del marco de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborables.

### 3.1.2. DATOS GENERALES

#### 3.1.2.1. Agentes

Entre los agentes que intervienen en materia de seguridad y salud en la obra objeto del presente estudio, se reseñan:

Promotor	
Autor del proyecto	Daniel Méndez Nieves
Constructor - Jefe de obra	
Coordinador de seguridad y salud	

#### 3.1.2.2. Características generales del Proyecto de Ejecución

De la información disponible en la fase de proyecto básico y de ejecución, se aporta aquella que se considera relevante y que puede servir de ayuda para la redacción del Plan de Seguridad y Salud.

Denominación del proyecto	Climatización de un unifamiliar por energía geotérmica y producción de A.C.S. por energía solar térmica
Plantas sobre rasante	
Plantas bajo rasante	
Presupuesto de ejecución material	36.520,27 €
Plazo de ejecución	6 meses
Núm. máx. operarios	1

#### 3.1.2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno

En el presente apartado se especifican, de forma resumida, las condiciones del entorno a considerar para la adecuada evaluación y delimitación de los riesgos que pudieran causar.

Dirección	Aranguren (Navarra).
Accesos a la obra	
Topografía del terreno	
Edificaciones colindantes	
Servidumbres y condicionantes	
Climatología	

Durante los periodos en los que se produzca entrada y salida de vehículos se señalizará convenientemente el acceso de los mismos, tomándose todas las medidas oportunas establecidas por la Dirección General de Tráfico y por la Policía Local, para evitar posibles accidentes de circulación.

Se conservarán los bordillos y el pavimento de las aceras colindantes, causando el mínimo deterioro posible y reponiendo, en cualquier caso, aquellas unidades en las que se aprecie algún desperfecto.

#### 3.1.2.4. Características generales de la obra

Descripción de las características de las unidades de la obra que pueden influir en la previsión de los riesgos laborales:

#### 3.1.3. MEDIOS DE AUXILIO

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

Se dispondrá en lugar visible de la obra un cartel con los teléfonos de urgencias y de los centros sanitarios más próximos.

##### 3.1.3.1. Medios de auxilio en obra

En la obra se dispondrá de un armario botiquín portátil modelo B con destino a empresas de 5 a 25 trabajadores, en un lugar accesible a los operarios y debidamente equipado, según la Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo. Su contenido se limitará, como mínimo, al establecido en el anexo VI. A). 3 del Real Decreto 486/97, de 14 de abril:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados
- Gasas estériles
- Algodón hidrófilo
- Vendas
- Esparadrapo
- Apósitos adhesivos
- Tijeras
- Pinzas y guantes desechables

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

##### 1.1.3.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos

Se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegara a producir un accidente laboral.

NIVEL ASISTENCIAL	NOMBRE, EMPLAZAMIENTO Y TELÉFONO	DISTANCIA APROX. (KM)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia primaria (Urgencias)		5,00 km

La distancia al centro asistencial más próximo se estima en 15 minutos, en condiciones normales de tráfico.

### 3.1.4. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras" contenidas en el apartado 15 del Anexo IV (Parte A) del R.D. 1627/97.

Dadas las características y el volumen de la obra, se ha previsto la colocación de instalaciones provisionales tipo caseta prefabricada para los vestuarios y aseos, pudiéndose habilitar posteriormente zonas en la propia obra para albergar dichos servicios, cuando las condiciones y las fases de ejecución lo permitan.

#### 3.1.4.1. Vestuarios

Los vestuarios dispondrán de una superficie total de 2,0 m<sup>2</sup> por cada trabajador que deba utilizarlos simultáneamente, incluyendo bancos y asientos suficientes, además de taquillas dotadas de llave y con la capacidad necesaria para guardar la ropa y el calzado.

#### 3.1.4.2. Aseos

La dotación mínima prevista para los aseos es de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen simultáneamente en la obra
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción
- 1 lavabo por cada retrete
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

#### 3.1.4.3. Comedor

La zona destinada a comedor tendrá una altura mínima de 2,5 m, dispondrá de fregaderos de agua potable para la limpieza de los utensilios y la vajilla, estará equipada con mesas y asientos, y tendrá una provisión suficiente de vasos, platos y cubiertos, preferentemente desechables.

### 3.1.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR

A continuación se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir durante las distintas fases de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva

a adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.

Riesgos generales más frecuentes

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Desprendimiento de cargas suspendidas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Electrocuaciones por contacto directo o indirecto
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases

Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra
- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos, en cumplimiento de los supuestos regulados por el Real Decreto 604/06 que exigen su presencia.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida
- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios
- Ante la existencia de líneas eléctricas aéreas, se guardarán las distancias mínimas preventivas, en función de su intensidad y voltaje
- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos
- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de ejecución de la obra

- Casco de seguridad homologado
- Casco de seguridad con barboquejo
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma
- Guantes de cuero
- Guantes aislantes
- Calzado con puntera reforzada
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos
- Botas de caña alta de goma
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Ropa de trabajo impermeable
- Faja antilumbago
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

#### 3.1.5.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

##### 3.1.5.1.1. *Instalación eléctrica provisional*

Riesgos más frecuentes

- Electrocuciiones por contacto directo o indirecto
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de partículas en los ojos
- Incendios

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, mediante el sistema de protección de puesta a tierra y dispositivos de corte (interruptores diferenciales)
- Se respetará una distancia mínima a las líneas de alta tensión de 6 m para las líneas aéreas y de 2 m para las líneas enterradas
- Se comprobará que el trazado de la línea eléctrica no coincide con el del suministro de agua
- Se ubicarán los cuadros eléctricos en lugares accesibles, dentro de cajas prefabricadas homologadas, con su toma de tierra independiente, protegidas de la intemperie y provistas de puerta, llave y visera
- Se utilizarán solamente conducciones eléctricas antihumedad y conexiones estancas
- En caso de tender líneas eléctricas sobre zonas de paso, se situarán a una altura mínima de 2,2 m si se ha dispuesto algún elemento para impedir el paso de vehículos y de 5,0 m en caso contrario
- Los cables enterrados estarán perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0,4 m

- Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas
- Quedan terminantemente prohibidas las conexiones triples (ladrones) y el empleo de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado aislante para electricistas
- Guantes dieléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes
- Ropa de trabajo impermeable
- Ropa de trabajo reflectante

#### 3.1.5.1.2. Vallado de obra

##### Riesgos más frecuentes

- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de fragmentos o de partículas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se prohibirá el aparcamiento en la zona destinada a la entrada de vehículos a la obra
- Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado
- Se localizarán las conducciones que puedan existir en la zona de trabajo, previamente a la excavación

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo reflectante

#### 3.1.5.2. Durante las fases de ejecución de la obra

##### 3.1.5.2.1. Acondicionamiento del terreno

##### Riesgos más frecuentes

- Atropellos y colisiones en giros o movimientos inesperados de las máquinas, especialmente durante la operación de marcha atrás
- Circulación de camiones con el volquete levantado
- Fallo mecánico en vehículos y maquinaria, en especial de frenos y de sistema de dirección
- Caída de material desde la cuchara de la máquina
- Caída de tierra durante las maniobras de desplazamiento del camión
- Vuelco de máquinas por exceso de carga

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Antes de iniciar la excavación se verificará que no existen líneas o conducciones enterradas
- Los vehículos no circularán a distancia inferiores a 2,0 metros de los bordes de la excavación ni de los desniveles existentes
- Las vías de acceso y de circulación en el interior de la obra se mantendrán libres de montículos de tierra y de hoyos
- Todas las máquinas estarán provistas de dispositivos sonoros y luz blanca en marcha atrás
- La zona de tránsito quedará perfectamente señalizada y sin materiales acopiados
- Se realizarán entibaciones cuando exista peligro de desprendimiento de tierras

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Auriculares antirruído
- Cinturón antivibratorio para el operador de la máquina

#### 3.1.5.2.2. Cimentación

##### Riesgos más frecuentes

- Inundaciones o filtraciones de agua
- Vuelcos, choques y golpes provocados por la maquinaria o por vehículos
- Medidas preventivas y protecciones colectivas
- Se colocarán protectores homologados en las puntas de las armaduras de espera
- El transporte de las armaduras se efectuará mediante eslingas, enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad
- Se retirarán los clavos sobrantes y los materiales punzantes

##### Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

#### 3.1.5.2.3. Estructura

##### Riesgos más frecuentes

- Desprendimientos de los materiales de encofrado por apilado incorrecto
- Caída del encofrado al vacío durante las operaciones de desencofrado
- Cortes al utilizar la sierra circular de mesa o las sierras de mano

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se protegerá la vía pública con una visera de protección formada por ménsula y entablado
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas

##### Equipos de protección individual (EPI)

- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

#### 3.1.5.2.4. Cerramientos y revestimientos exteriores

##### Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos o materiales desde distinto nivel
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Afecciones cutáneas por contacto con morteros, yeso, escayola o materiales aislantes

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Marquesinas para la protección frente a la caída de objetos
- No retirada de las barandillas antes de la ejecución del cerramiento

##### Equipos de protección individual (EPI)

- Uso de mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra

#### 3.1.5.2.5. Cubiertas

##### Riesgos más frecuentes

- Caída por los bordes de cubierta o deslizamiento por los faldones
- Medidas preventivas y protecciones colectivas
- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación, preferentemente sobre vigas o soportes
- El acceso a la cubierta se realizará mediante escaleras de mano homologadas, ubicadas en huecos protegidos y apoyadas sobre superficies horizontales, sobrepasando 1,0 m la altura de desembarque
- Se instalarán anclajes en la cumbrera para amarrar los cables y/o los cinturones de seguridad

##### Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado con suela antideslizante
- Ropa de trabajo impermeable
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

#### 3.1.5.2.6. Instalaciones en general

##### Riesgos más frecuentes

- Electroclusiones por contacto directo o indirecto
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura
- Incendios y explosiones

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor
- Se utilizarán solamente lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes aislantes en pruebas de tensión
- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes

#### 3.1.5.2.7. Revestimientos interiores y acabados

##### Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos o materiales desde el mismo nivel o desde distinto nivel
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas o pegamentos...
- Intoxicación por inhalación de humos y gases

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Las pinturas se almacenarán en lugares que dispongan de ventilación suficiente, con el fin de minimizar los riesgos de incendio y de intoxicación
- Las operaciones de lijado se realizarán siempre en lugares ventilados, con corriente de aire
- En las estancias recién pintadas con productos que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos queda prohibido comer o fumar
- Se señalizarán convenientemente las zonas destinadas a descarga y acopio de mobiliario de cocina y aparatos sanitarios, para no obstaculizar las zonas de paso y evitar tropiezos, caídas y accidentes
- Los restos de embalajes se acopiarán ordenadamente y se retirarán al finalizar cada jornada de trabajo

##### Equipos de protección individual (EPI)

- Casco de seguridad homologado
- Guantes de goma
- Guantes de cuero
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

### 3.1.5.3. Durante la utilización de medios auxiliares

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y a la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de agosto de 1970), prestando especial atención a la Sección 3ª "Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas" Subsección 2ª "Andamios en general". En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

#### 3.1.5.3.1. Puntales

- No se retirarán los puntales, ni se modificará su disposición una vez hayan entrado en carga, respetándose el periodo estricto de desencofrado
- Los puntales no quedarán dispersos por la obra, evitando su apoyo en posición inclinada sobre los paramentos verticales, acopiándose siempre cuando dejen de utilizarse
- Los puntales telescópicos se transportarán con los mecanismos de extensión bloqueados

#### 3.1.5.3.2. Torre de hormigonado

- Se colocará, en un lugar visible al pie de la torre de hormigonado, un cartel que indique "Prohibido el acceso a toda persona no autorizada"
- Las torres de hormigonado permanecerán protegidas perimetralmente mediante barandillas homologadas, con rodapié, con una altura igual o superior a 0,9 m
- No se permitirá la presencia de personas ni de objetos sobre las plataformas de las torres de hormigonado durante sus cambios de posición
- En el hormigonado de los pilares de esquina, las torres de hormigonado se ubicarán con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, con el fin de lograr la posición más segura y eficaz

#### 3.1.5.3.3. Escalera de mano

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras
- Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares

- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical
- El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas
- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

#### 3.1.5.3.4. Andamio de borriquetas

- Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos
- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro

#### 3.1.5.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.
- b) La maquinaria cumplirá las prescripciones contenidas en el Reglamento de Seguridad en las Máquinas (Real Decreto 1495/86), las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las especificaciones de los fabricantes.
- c) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artefacto mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

##### 3.1.5.4.1. Pala cargadora

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina
- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte
- La extracción de tierras se efectuará en posición frontal a la pendiente
- El transporte de tierras se realizará con la cuchara en la posición más baja posible, para garantizar la estabilidad de la pala

#### 3.1.5.4.2. *Retroexcavadora*

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina
- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte
- Los desplazamientos de la retroexcavadora se realizarán con la cuchara apoyada sobre la máquina en el sentido de la marcha
- Los cambios de posición de la cuchara en superficies inclinadas se realizarán por la zona de mayor altura
- Se prohibirá la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina

#### 3.1.5.4.3. *Camión de caja basculante*

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga
- No se circulará con la caja izada después de la descarga

#### 3.1.5.4.4. *Camión para transporte*

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona
- Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas
- En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina

#### 3.1.5.4.5. *Hormigonera*

- Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica
- La hormigonera tendrá un grado de protección IP-55
- Su uso estará restringido sólo a personas autorizadas
- Dispondrá de freno de basculamiento del bombo
- Los conductos de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial
- Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra
- No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados

#### 3.1.5.4.6. *Vibrador*

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable

- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida cuando discorra por zonas de paso
- Tanto el cable de alimentación como su conexión al transformador estarán en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento
- Los operarios no efectuarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si es necesario, esta operación se realizará entre dos operarios
- El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas de trabajo seguras, no permaneciendo en ningún momento el operario sobre el encofrado ni sobre elementos inestables
- Nunca se abandonará el vibrador en funcionamiento, ni se desplazará tirando de los cables
- Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, no superará 2,5 m/s<sup>2</sup>, siendo el valor límite de 5 m/s<sup>2</sup>

#### 3.1.5.4.7. Martillo picador

- Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal
- No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha
- Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras
- Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo

#### 3.1.5.4.8. Maquinillo

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice el maquinillo estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Previamente al inicio de cualquier trabajo, se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, del cable de suspensión de cargas y de las eslingas
- Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impide el choque de la carga contra el extremo superior de la pluma
- Dispondrá de marcado CE, de declaración de conformidad y de manual de instrucciones emitido por el fabricante
- Quedará claramente visible el cartel que indica el peso máximo a elevar
- Se acotará la zona de la obra en la que exista riesgo de caída de los materiales transportados por el maquinillo
- Se revisará el cable a diario, siendo obligatoria su sustitución cuando el número de hilos rotos sea igual o superior al 10% del total
- El anclaje del maquinillo se realizará según se indica en el manual de instrucciones del fabricante
- El arriostamiento nunca se hará con bidones llenos de agua, de arena u de otro material
- Se realizará el mantenimiento previsto por el fabricante

#### 3.1.5.4.9. Sierra circular

- Su uso está destinado exclusivamente al corte de elementos o piezas de la obra
- Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra
- Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando
- La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo
- No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas

#### 3.1.5.4.10. Sierra circular de mesa

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice la sierra circular estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos
- La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco
- La parte superior de la sierra dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas
- Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de modo que en ningún caso la mano quede expuesta al disco de la sierra
- La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo

#### 3.1.5.4.11. Cortadora de material cerámico

- Se comprobará el estado del disco antes de iniciar cualquier trabajo. Si estuviera desgastado o resquebrajado se procederá a su inmediata sustitución
- la protección del disco y de la transmisión estará activada en todo momento
- No se presionará contra el disco la pieza a cortar para evitar el bloqueo

#### 3.1.5.4.12. Equipo de soldadura

- No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura
- Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte
- Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible
- En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada
- Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo
- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto

#### 3.1.5.4.13. Herramientas manuales diversas

- La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento
- El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas
- No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante
- Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares
- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas a tierra
- En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección
- Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos
- Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos
- Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos

### 3.1.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES EVITABLES

En este apartado se reseña la relación de las medidas preventivas a adoptar para evitar o reducir el efecto de los riesgos más frecuentes durante la ejecución de la obra.

#### 3.1.6.1. Caídas al mismo nivel

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

- Se habilitarán y balizarán las zonas de acopio de materiales

#### 3.1.6.2. Caídas a distinto nivel

- Se dispondrán escaleras de acceso para salvar los desniveles
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas
- Se mantendrán en buen estado las protecciones de los huecos y de los desniveles
- Las escaleras de acceso quedarán firmemente sujetas y bien amarradas

#### 3.1.6.3. Polvo y partículas

- Se regará periódicamente la zona de trabajo para evitar el polvo
- Se usarán gafas de protección y mascarillas antipolvo en aquellos trabajos en los que se genere polvo o partículas

#### 3.1.6.4. Ruido

- Se evaluarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo
- Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico
- Se dispondrán los medios necesarios para eliminar o amortiguar los ruidos

#### 3.1.6.5. Esfuerzos

- Se evitará el desplazamiento manual de las cargas pesadas
- Se limitará el peso de las cargas en caso de desplazamiento manual
- Se evitarán los sobreesfuerzos o los esfuerzos repetitivos
- Se evitarán las posturas inadecuadas o forzadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas

#### 3.1.6.6. Incendios

- No se fumará en presencia de materiales fungibles ni en caso de existir riesgo de incendio

#### 3.1.6.7. Intoxicación por emanaciones

- Los locales y las zonas de trabajo dispondrán de ventilación suficiente
- Se utilizarán mascarillas y filtros apropiados

#### 3.1.7. RELACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE

Los riesgos que difícilmente pueden eliminarse son los que se producen por causas inesperadas (como caídas de objetos y desprendimientos, entre otras). No obstante, pueden reducirse con el adecuado uso de las protecciones individuales y colectivas, así como con el estricto cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud, y de las normas de la buena construcción.

### 3.1.7.1. Caída de objetos

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se montarán marquesinas en los accesos
- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se evitará el amontonamiento de materiales u objetos sobre los andamios
- No se lanzarán cascotes ni restos de materiales desde los andamios

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Casco
- Guantes y botas de seguridad
- Uso de bolsa portaherramientas

### 3.1.7.2. Dermatitis

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se evitará la generación de polvo de cemento

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y ropa de trabajo adecuada

### 3.1.7.3. Electroclusiones

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se revisará periódicamente la instalación eléctrica
- El tendido eléctrico quedará fijado a los paramentos verticales
- Los alargadores portátiles tendrán mango aislante
- La maquinaria portátil dispondrá de protección con doble aislamiento
- Toda la maquinaria eléctrica estará provista de toma de tierra

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes dieléctricos
- Calzado aislante para electricistas
- Banquetas aislantes de la electricidad

### 3.1.7.4. Quemaduras

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes, polainas y mandiles de cuero

### 3.1.7.5. Golpes y cortes en extremidades

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y botas de seguridad

### 3.1.8. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD, EN TRABAJOS POSTERIORES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO

En este apartado se aporta la información útil para realizar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido que entrañan mayores riesgos.

#### 3.1.8.1. Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas

Para los trabajos en cerramientos, aleros de cubierta, revestimientos de paramentos exteriores o cualquier otro que se efectúe con riesgo de caída en altura, deberán utilizarse andamios que cumplan las condiciones especificadas en el presente estudio básico de seguridad y salud.

Durante los trabajos que puedan afectar a la vía pública, se colocará una visera de protección a la altura de la primera planta, para proteger a los transeúntes y a los vehículos de las posibles caídas de objetos.

#### 3.1.8.2. Trabajos en instalaciones

Los trabajos correspondientes a las instalaciones de fontanería, eléctrica y de gas, deberán realizarse por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones establecidas en su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, así como en la normativa vigente en cada materia.

Antes de la ejecución de cualquier trabajo de reparación o de mantenimiento de los ascensores y montacargas, deberá elaborarse un Plan de Seguridad suscrito por un técnico competente en la materia.

#### 3.1.8.3. Trabajos con pinturas y barnices

Los trabajos con pinturas u otros materiales cuya inhalación pueda resultar tóxica deberán realizarse con ventilación suficiente, adoptando los elementos de protección adecuados.

### 3.1.9. TRABAJOS QUE IMPLICAN RIESGOS ESPECIALES

En la obra objeto del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud concurren los riesgos especiales referidos en los puntos 1, 2 y 10 incluidos en el Anexo II. "Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores" del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre.

Estos riesgos especiales suelen presentarse en la ejecución de la estructura, cerramientos y cubiertas y en el propio montaje de las medidas de seguridad y de protección. Cabe destacar:

- Montaje de forjado, especialmente en los bordes perimetrales.

- Ejecución de cerramientos exteriores.
- Formación de los antepechos de cubierta.
- Colocación de horcas y redes de protección.
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas
- Disposición de plataformas voladas.
- Elevación y acople de los módulos de andamiaje para la ejecución de las fachadas.

### 3.1.10. MEDIDAS EN CASO DE EMERGENCIA

El Contratista deberá reflejar en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud las posibles situaciones de emergencia, estableciendo las medidas oportunas en caso de primeros auxilios y designando para ello a personal con formación, que se hará cargo de dichas medidas.

Los trabajadores responsables de las medidas de emergencia tienen derecho a la paralización de su actividad, debiendo estar garantizada la adecuada administración de los primeros auxilios y, cuando la situación lo requiera, el rápido traslado del operario a un centro de asistencia médica.

### 3.1.11. PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS DEL CONTRATISTA

Dadas las características de la obra y los riesgos previstos en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada contratista deberá asignar la presencia de sus recursos preventivos en la obra, según se establece en la Ley 54/03, de 12 de diciembre, de Reforma del Marco Normativo de Prevención de Riesgos Laborales, a través de su artículo 4.3.

A tales estos efectos, el contratista deberá concretar los recursos preventivos asignados a la obra con capacitación suficiente, que deberán disponer de los medios necesarios para vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud.

Dicha vigilancia incluirá la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas en dicho Plan, así como la adecuación de tales actividades a los riesgos que pretenden prevenirse o a la aparición de riesgos no previstos y derivados de la situación que determina la necesidad de la presencia de los recursos preventivos.

Si, como resultado de la vigilancia, se observa un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas que tengan asignada la presencia harán las indicaciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas oportunas para corregir las deficiencias observadas.

### **3.2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.**

#### 3.2.1. Y. Seguridad y salud

##### **Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 25 de octubre de 1997

Completado por:

##### **Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

##### **Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

##### **Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción**

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Disposición final tercera. Modificación de los artículos 13 y 18 del Real Decreto 1627/1997.

B.O.E.: 25 de agosto de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 12 de septiembre de 2007

##### **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 10 de noviembre de 1995

Completada por:

##### **Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificada por:

##### **Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social**

Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

Modificación de los artículos 45, 47, 48 y 49 de la Ley 31/1995.

B.O.E.: 31 de diciembre de 1998

Completada por:

**Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completada por:

**Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico**

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completada por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de junio de 2003

Modificada por:

**Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales**

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 13 de diciembre de 2003

Desarrollada por:

**Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales**

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 2004

Completada por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas**

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completada por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completada por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificada por:

**Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

**Reglamento de los Servicios de Prevención**

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 1997

Completado por:

**Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

**Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención**

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Completado por:

**Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

**Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico**

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas**

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

**Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

**Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención**

Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración.

B.O.E.: 23 de marzo de 2010

**Seguridad y Salud en los lugares de trabajo**

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

**Manipulación de cargas**

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

**Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

**Modificación del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y ampliación de su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos**

Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 5 de abril de 2003

Completado por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

### **Utilización de equipos de trabajo**

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 7 de agosto de 1997

Modificado por:

**Modificación del 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, en materia de trabajos temporales en altura**

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de noviembre de 2004

#### 3.2.1.1. YC. Sistemas de protección colectiva

##### 3.2.1.1.1. YCI. Protección contra incendios

**Disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión**

Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 31 de mayo de 1999

Completado por:

**Publicación de la relación de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos a presión**

Resolución de 28 de octubre de 2002, de la Dirección General de Política Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: 4 de diciembre de 2002

### **Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias**

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 5 de febrero de 2009

Corrección de errores:

**Corrección de errores del Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias**

B.O.E.: 28 de octubre de 2009

Modificado por:

**Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

#### 3.2.1.2. YI. Equipos de protección individual

### **Utilización de equipos de protección individual**

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 12 de junio de 1997

Corrección de errores:

**Corrección de erratas del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual**

Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de julio de 1997

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

3.2.1.3. YP. Instalaciones provisionales de higiene y bienestar

**DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

**Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre**

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de abril de 2009

**Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano**

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de febrero de 2003

**Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

**Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51**

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002

Modificado por:

**Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03**

Sentencia de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

B.O.E.: 5 de abril de 2004

Completado por:

**Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico**

Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial.

B.O.E.: 19 de febrero de 1988

Modificado por:

**Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

**Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones**

Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: 14 de mayo de 2003

Derogado el capítulo III por:

**Reglamento regulador de la actividad de instalación y mantenimiento de equipos y sistemas de telecomunicación**

Real Decreto 244/2010, de 5 de marzo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 24 de marzo de 2010

3.2.1.4. YS. Señalizaciones y cerramientos del solar

**Señalización de seguridad y salud en el trabajo**

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

**Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

### 3.3. PLIEGO

#### 3.3.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

##### 3.3.1.1. Disposiciones generales

###### 3.3.1.1.1. Objeto del Pliego de condiciones

El presente Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de climatización de un unifamiliar por energía geotérmica, situada en Aranguren (Navarra), según el proyecto redactado por . Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido.

##### 3.3.1.2. Disposiciones facultativas

###### 3.3.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones y las obligaciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas en sus aspectos generales por la Ley 38/99, de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Las garantías y responsabilidades de los agentes y trabajadores de la obra frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo en materia de seguridad y salud, son las establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997 "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

###### 3.3.1.2.2. El Promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Tiene la responsabilidad de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud - o Estudio Básico, en su caso - al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D.

1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción, facilitando copias a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados directamente por el Promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

El Promotor tendrá la consideración de Contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma, excepto en los casos estipulados en el Real Decreto 1627/1997.

### 3.3.1.2.3. *El Proyectista*

Es el agente que, por encargo del Promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Tomará en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y de salud, de acuerdo con la legislación vigente.

### 3.3.1.2.4. *El Contratista y Subcontratista*

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997:

Contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

El Contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D.1627/1997, de 24 de octubre.

Adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el Coordinador de Seguridad y Salud en la fase de ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al Coordinador de Seguridad y Salud en la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del contratista y de los subcontratistas en materia de seguridad y salud, cabe destacar las contenidas en el artículo 11 "Obligaciones de los contratistas y subcontratistas" del R.D. 1627/1997.

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

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 y las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del R.D. 1627/1997, durante la ejecución de la obra.

Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo referente a su seguridad y salud en la obra.

Atender las indicaciones y consignas del Coordinador en Materia de Seguridad y Salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obra.

Responderán de la correcta ejecución 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.

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.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

#### *3.3.1.2.5. La Dirección Facultativa*

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997, se entiende como Dirección Facultativa:

El técnico o los técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximen en ningún caso de las atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

#### *3.3.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto*

Es el técnico competente designado por el Promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud.

#### *3.3.1.2.7. Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución*

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el Promotor, que forma parte de la Dirección Facultativa. Asumirá las tareas y responsabilidades contenidas en la Guía Técnica sobre el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, cuyas funciones consisten en:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.

- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

#### *3.3.1.2.8. Trabajadores Autónomos*

Son las personas físicas distintas del Contratista y Subcontratista, que realizan de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asumen contractualmente ante el Promotor, el Contratista o el Subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de Contratista o Subcontratista.

Los trabajadores autónomos cumplirán lo establecido en el plan de seguridad y salud.

#### *3.3.1.2.9. Trabajadores por cuenta ajena*

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El Contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones.

#### *3.3.1.2.10. Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción*

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información que indique la forma correcta de utilización por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.

#### *3.3.1.2.11. Recursos preventivos*

Con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, según lo establecido en la Ley 31/95, Ley 54/03 y Real Decreto 604/06, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la Dirección Facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o

personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

#### 3.3.1.3. Formación en Seguridad

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente formación en las materias preventivas de seguridad y salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

#### 3.3.1.4. Reconocimientos médicos

La vigilancia del estado de salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

Dicha vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

#### 3.3.1.5. Salud e higiene en el trabajo

##### 3.3.1.5.1. Primeros auxilios

El empresario designará al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios.

El Contratista instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

##### 3.3.1.5.2. Actuación en caso de accidente

En caso de accidente se tomarán solamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad.

Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal.

No se le suministrará agua, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

### 3.3.1.6. Documentación de obra

#### 3.3.1.6.1. *Estudio básico de seguridad y Salud*

Es el documento elaborado por el técnico competente designado por el Promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

#### 3.3.1.6.2. *Plan de seguridad y salud*

En aplicación del presente estudio básico de seguridad y salud, cada Contratista elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra aprobará el plan de seguridad y salud antes del inicio de la misma.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma, siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos y de la Dirección Facultativa.

#### 3.3.1.6.3. *Acta de aprobación del plan*

El plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección Facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien deberá emitir un acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

#### 3.3.1.6.4. *Aviso previo*

El Promotor efectuará un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de los trabajos.

El aviso contendrá la fecha, dirección de la obra, Promotor, Proyectista, tipo de obra, Coordinador de Seguridad y Salud, fecha de inicio, duración prevista, número máximo de trabajadores en obra, número previsto y datos de identificación de los contratistas, subcontratistas y autónomos. El aviso deberá exponerse en la obra de forma visible,

actualizándose en el caso de que se incorporen a la obra un Coordinador de Seguridad y Salud o contratistas no identificados, en el aviso inicialmente remitido a la autoridad laboral.

#### *3.3.1.6.5. Comunicación de apertura de centro de trabajo*

Al inicio de la obra, el Contratista presentará la comunicación de apertura a la autoridad laboral, en un plazo máximo de 30 días.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

#### *3.3.1.6.6. Libro de incidencias*

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto. Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso la Dirección Facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo. El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá notificar al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Cuando las anotaciones se refieran a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación anterior.

#### *3.3.1.6.7. Libro de órdenes*

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la Dirección Facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra. Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

#### *3.3.1.6.8. Libro de visitas*

El libro de visitas deberá estar en obra, a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro lo habilitará el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo o los siguientes, será necesario presentar el anterior. En caso

de pérdida o destrucción, el representante legal de la empresa deberá justificar por escrito los motivos y las pruebas. Una vez agotado un libro, se conservará durante 5 años, contados desde la última diligencia.

#### 3.3.1.6.9. Libro de subcontratación

El Contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

El libro de subcontratación cumplirá las prescripciones contenidas en 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, en particular el artículo 15 "Contenido del Libro de Subcontratación" y el artículo 16 "Obligaciones y derechos relativos al Libro de Subcontratación".

Al libro de subcontratación tendrán acceso el Promotor, la Dirección Facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, las empresas y trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervengan en la ejecución de la obra.

#### 3.3.1.7. Disposiciones económicas

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra, se fija en el pliego de condiciones del proyecto o en el correspondiente contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, debiendo contener al menos los puntos siguientes:

- Fianzas
  - o De los precios
  - o Precio básico
  - o Precio unitario
  - o Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
  - o Precios contradictorios
  - o Reclamación de aumento de precios
  - o Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios
  - o De la revisión de los precios contratados
  - o Acopio de materiales
  - o Obras por administración
- Valoración y abono de los trabajos
- Indemnizaciones mutuas
- Retenciones en concepto de garantía
- Plazos de ejecución y plan de obra
- Liquidación económica de las obras
- Liquidación final de la obra

### 3.3.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

#### 3.3.2.1. Medios de protección colectiva

Los medios de protección colectiva se colocarán según las especificaciones del Plan de Seguridad y Salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado de forma periódica (cada semana) por el Delegado de Prevención.

#### 3.3.2.2. Medios de protección individual

Todos los equipos de protección individual (EPI) empleados en la obra dispondrán de marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, traducidos a la lengua oficial. Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitaciones límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.

#### 3.3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort

Los locales destinados a instalaciones provisionales de salud y confort tendrán una temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad adecuadas para su uso. Los revestimientos de los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permita la limpieza con desinfectantes o antisépticos.

El Contratista mantendrá las instalaciones en perfectas condiciones sanitarias (limpieza diaria), estarán provistas de agua corriente fría y caliente y dotadas de los complementos necesarios para higiene personal, tales como jabón, toallas y recipientes de desechos.

##### 3.3.2.3.1. Vestuarios

Serán de fácil acceso, estarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Se dispondrá una superficie mínima de 2 m<sup>2</sup> por cada trabajador destinada a vestuario, con una altura mínima de 2,30 m.

Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

#### 3.3.2.3.2. Aseos y duchas

Estarán junto a los vestuarios y dispondrán de instalación de agua fría y caliente, ubicando al menos una cuarta parte de los grifos en cabinas individuales con puerta con cierre interior.

Las cabinas tendrán una superficie mínima de 2 m<sup>2</sup> y una altura mínima de 2,30 m.

La dotación mínima prevista para los aseos será de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen en la misma jornada
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción
- 1 lavabo por cada retrete
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

#### 3.3.2.3.3. Retretes

Serán de fácil acceso y estarán próximos al área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas de dimensiones mínimas 1,2x1,0 m con altura de 2,30 m, sin visibilidad desde el exterior y provistas de percha y puerta con cierre interior.

Dispondrán de ventilación al exterior, pudiendo no tener techo siempre que comuniquen con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Tendrán descarga automática de agua corriente y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillado se dispondrá de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

#### 3.3.2.3.4. Comedor y cocina

Los locales destinados a comedor y cocina estarán equipados con mesas, sillas de material lavable y vajilla, y dispondrán de calefacción en invierno. Quedarán separados de las áreas de trabajo y de cualquier fuente de contaminación ambiental.

En el caso de que los trabajadores lleven su propia comida, dispondrán de calentaplatos, prohibiéndose fuera de los lugares previstos la preparación de la comida mediante fuego, brasas o barbacoas.

La superficie destinada a la zona de comedor y cocina será como mínimo de 2 m<sup>2</sup> por cada operario que utilice dicha instalación.

**Pamplona, Junio de 2012.  
El Ingeniero Técnico Industrial:**

**DANIEL MÉNDEZ NIEVES**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

DOCUMENTO 4: PLANOS

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012

**ÍNDICE:**

PLANO N° 1: EMPLAZAMIENTO

PLANO N° 2: PLANTAS

PLANO N° 3: AISLAMIENTO PLANTA BAJA

PLANO N° 4: AISLAMIENTO PLANTA PRIMERA

PLANO N° 5: AISLAMIENTO CUBIERTA

PLANO N° 6: INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PLANTA BAJA

PLANO N° 7: ESQUEMA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

PLANO N° 8: INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN PLANTA BAJA

PLANO N° 9: INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN PLANTA PRIMERA

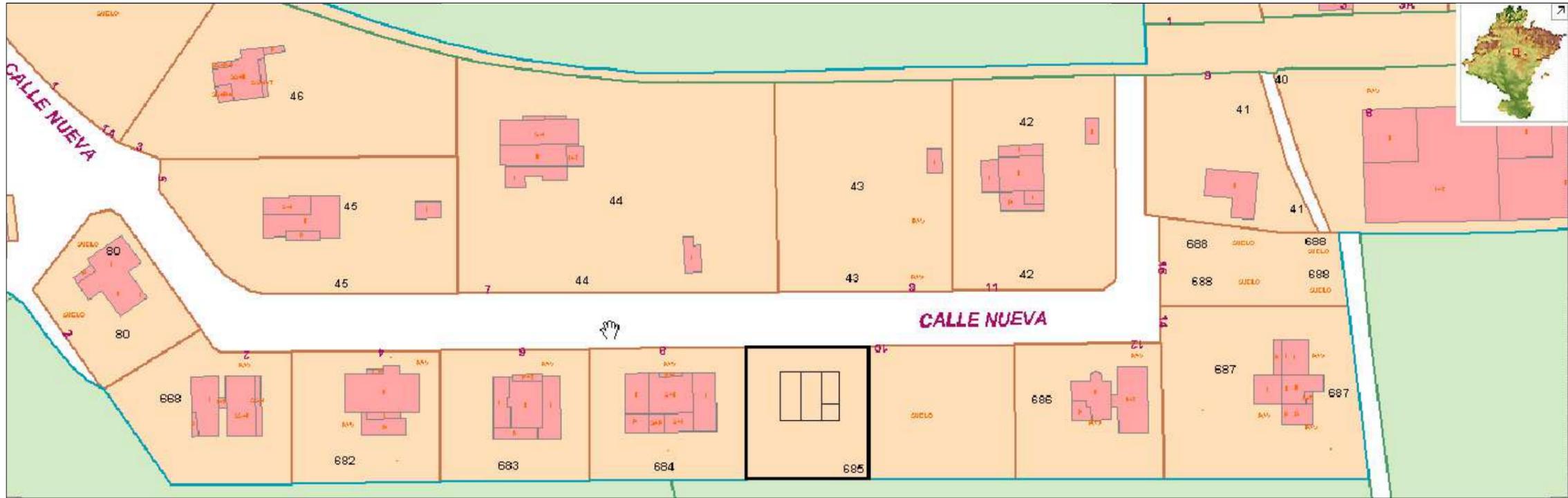
PLANO N° 10: INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN VISTA 3D

PLANO N° 11: ESQUEMA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

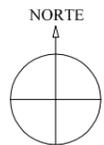
PLANO N° 12: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PLANTA BAJA

PLANO N° 13: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PLANTA PRIMERA

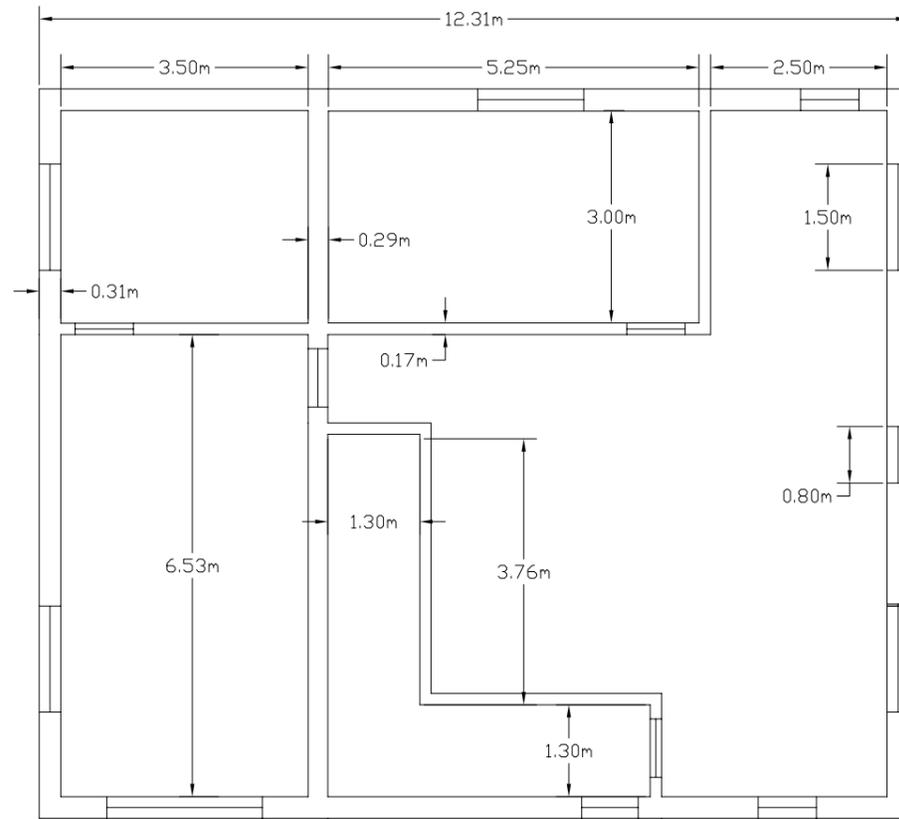
PLANO N° 14: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA VISTA 3D



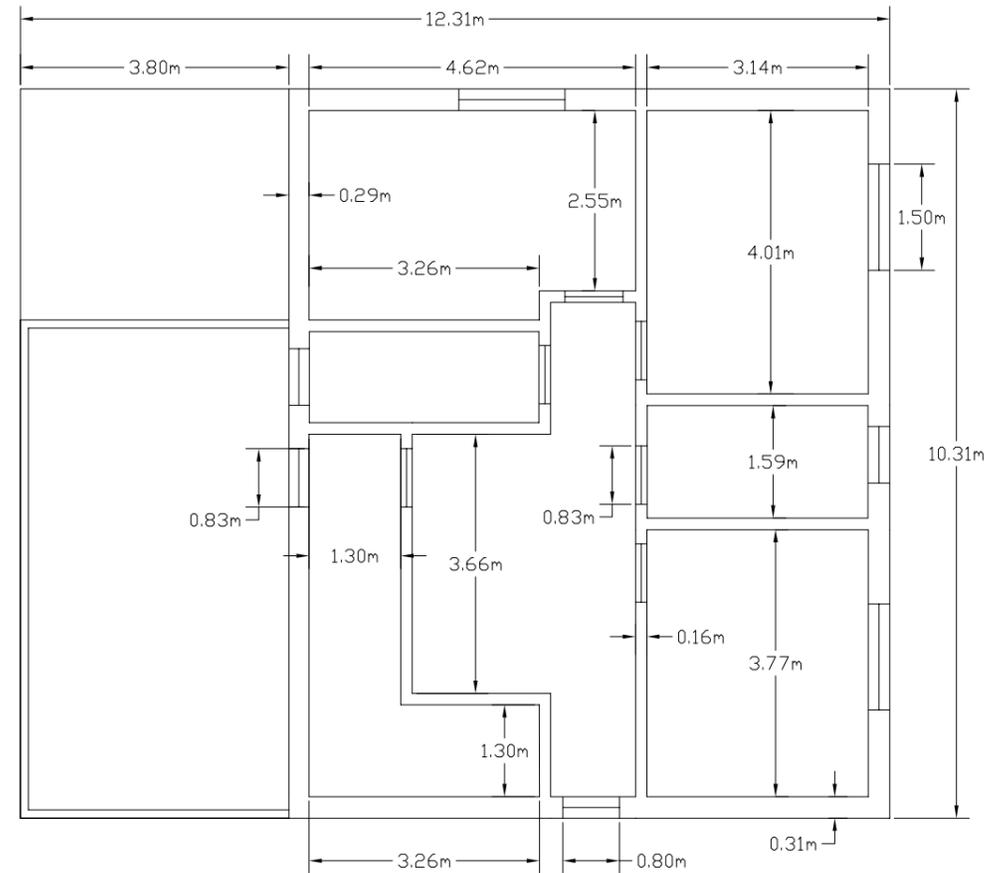
SITUACIÓN



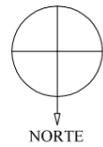
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:			
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>			
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>			
PLANO: <b>EMPLAZAMIENTO</b>		FIRMA:	FECHA: 06/2012	ESCALA: 1/1000	Nº PLANO: 1



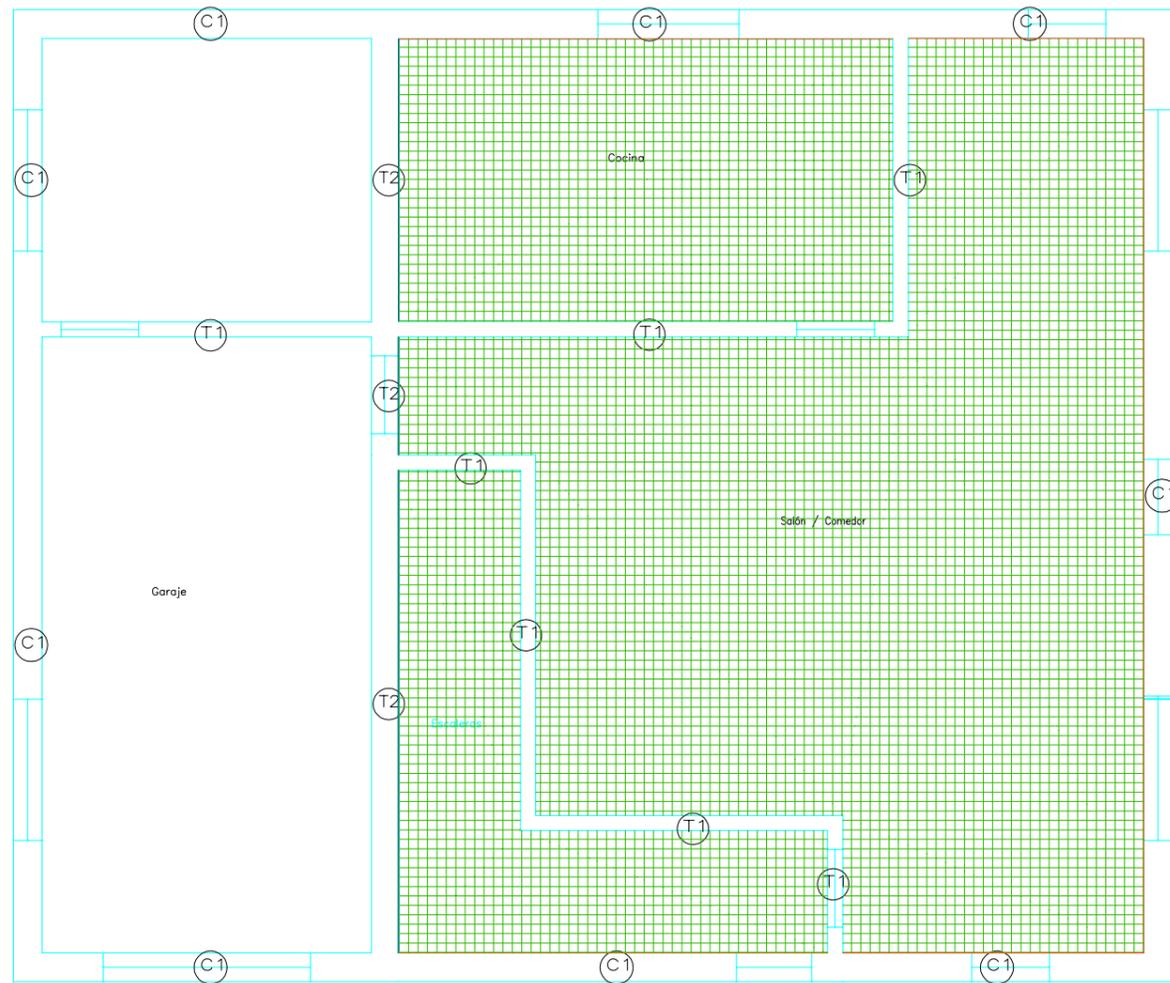
Planta baja



Planta 1ª

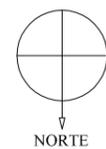


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>PLANTAS</b>		FIRMA:	FECHA: 06/2012
		ESCALA: 1/100	Nº PLANO: 2

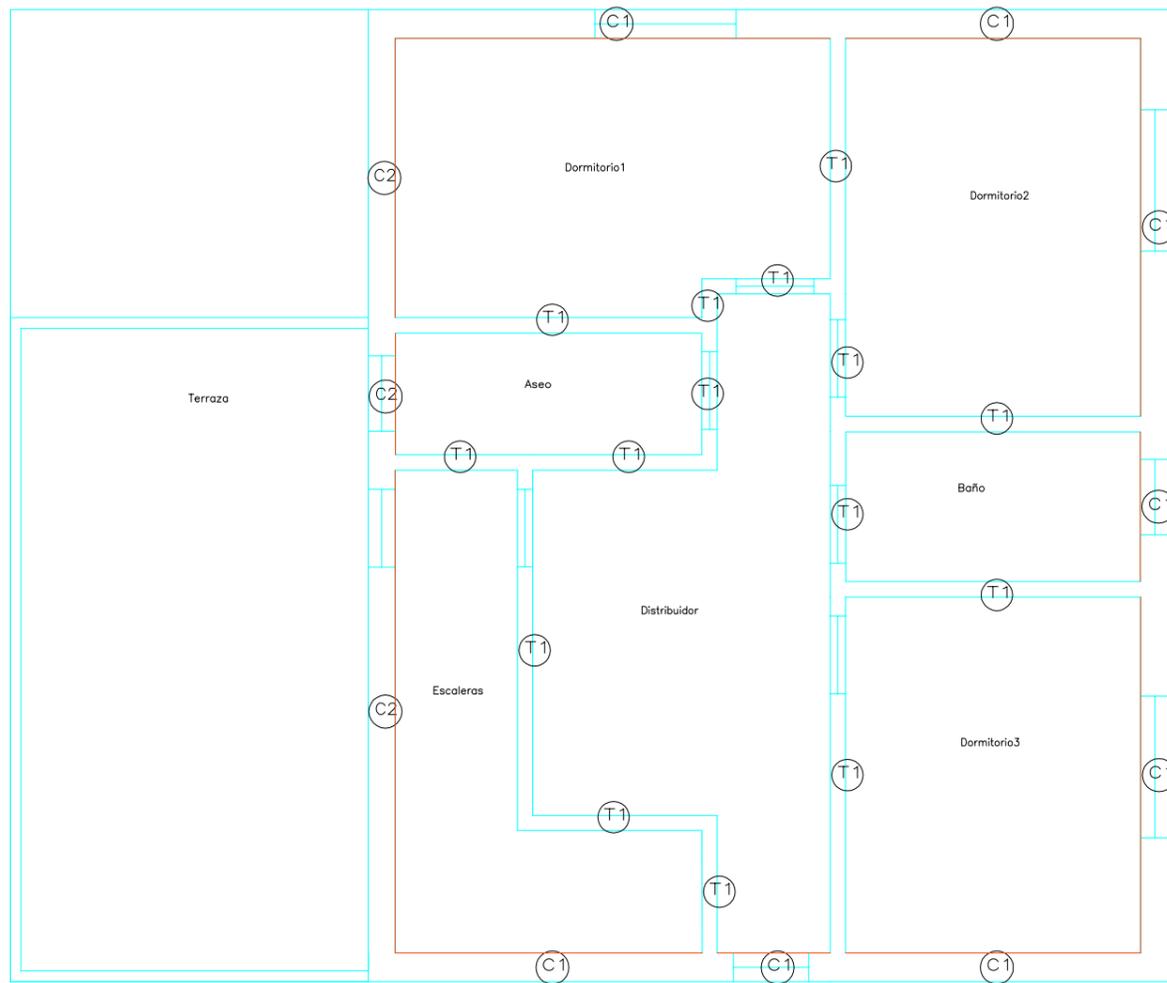


Planta baja

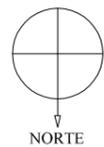
Cerramientos	
Referencia	Descripción
C1	CV 1/2 pie y fábrica_1: Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 5 cm, hoja interior de ladrillo hueco doble de 9 cm y guarnecido.
Tabiquerías	
Referencia	Descripción
T1	Tabique LH Doble Hoja: Partición de dos hojas de ladrillo cerámico hueco sencillo de 4 cm, con revestimiento de yeso de 1.5 cm en cada cara y aislamiento de lana mineral de 5 cm de espesor.
T2	Tabique LP y doble PD: Partición de una hoja de ladrillo cerámico perforado de 11.5 cm, con doble trasdosado de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral de 4 cm de espesor.
Envolvente térmica	
	Cerramientos exteriores
	Partición interior en contacto con espacios no habitables
	Suelos en contacto con el terreno



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		FIRMA:
PLANO: <b> AISLAMIENTO PLANTA BAJA </b>	FECHA: 06/2012	ESCALA: 1/75
		Nº PLANO: 3

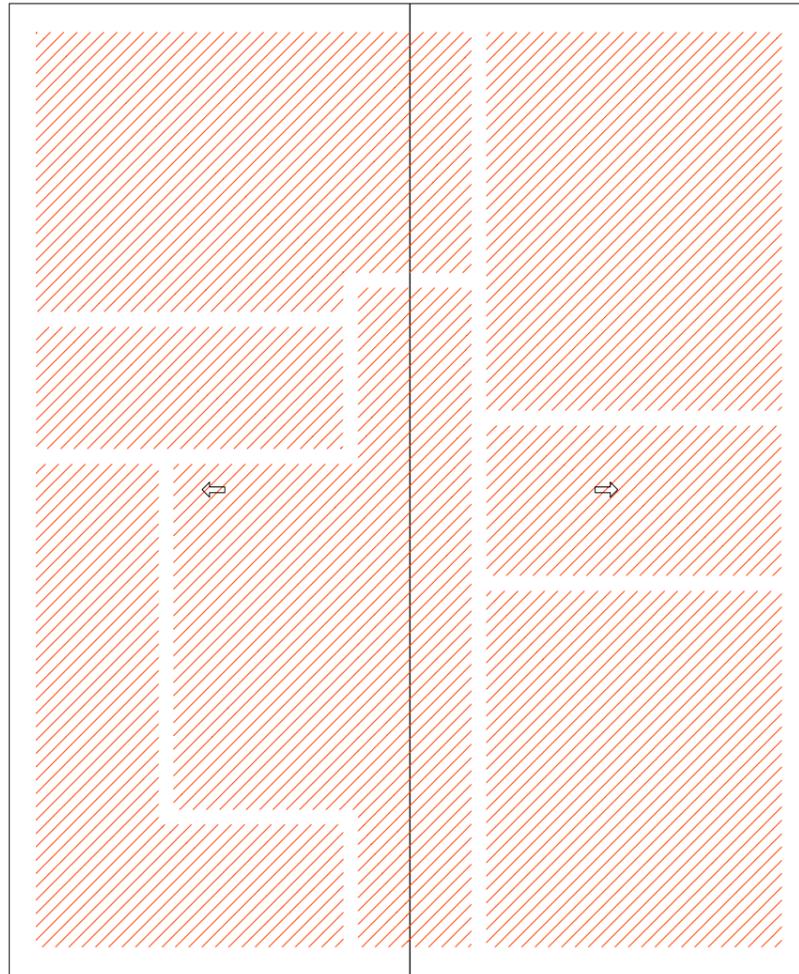


Planta 1º

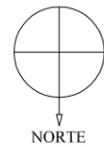


Cerramientos	
Referencia	Descripción
C1	CV 1/2 pie y fábrica_1: Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 5 cm, hoja interior de ladrillo hueco doble de 9 cm y guarnecido.
C2	CV 1/2 pie y fábrica_3: Cerramiento doble, cara vista, de ladrillo perforado de 11.5 cm con enfoscado interior, aislamiento de lana mineral de 6 cm de espesor con barrera de vapor incorporada, sujeto a la hoja exterior, cámara de aire no ventilada de 3 cm, hoja interior de ladrillo hueco de 4 cm y guarnecido.
Tabiquerías	
Referencia	Descripción
T1	Tabique LH Doble Hoja: Partición de dos hojas de ladrillo cerámico hueco sencillo de 4 cm, con revestimiento de yeso de 1.5 cm en cada cara y aislamiento de lana mineral de 5 cm de espesor.
Envolvente térmica	
—	Cerramientos exteriores

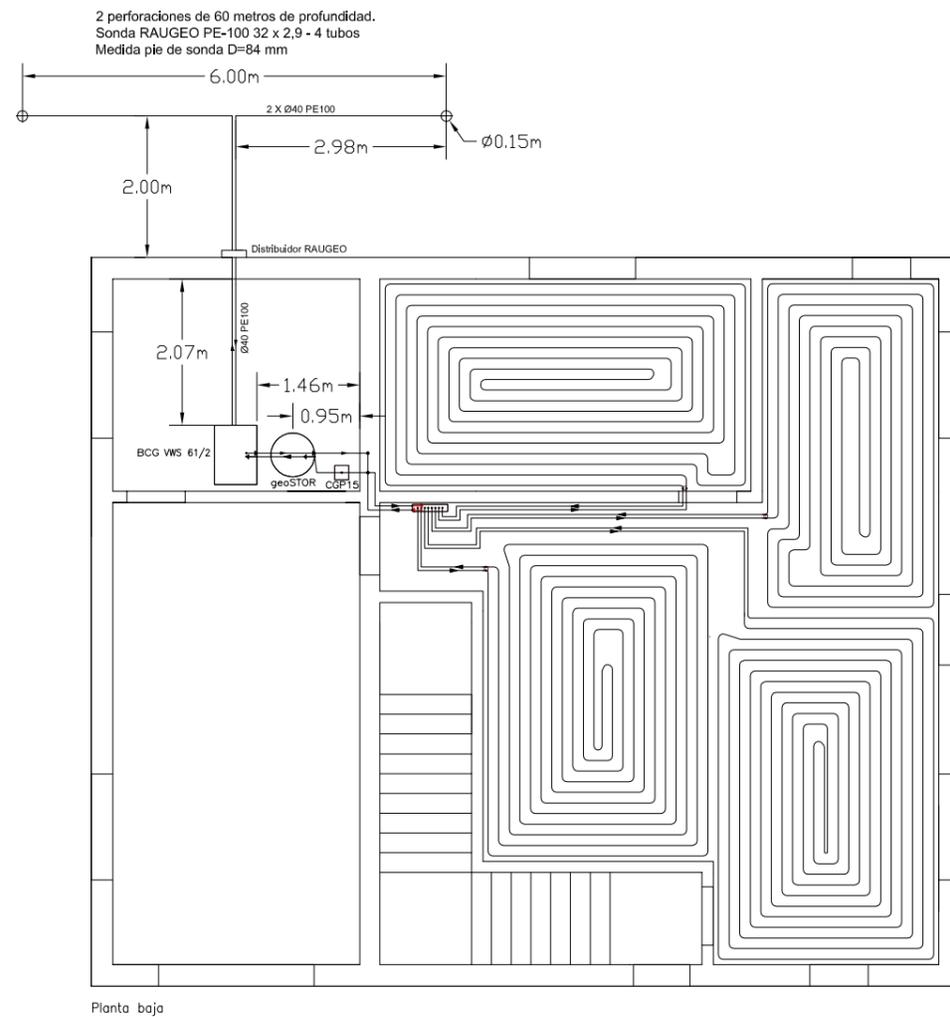
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>AISLAMIENTO PLANTA PRIMERA</b>		FIRMA:	FECHA: 06/2012
		ESCALA: 1/75	Nº PLANO: 4



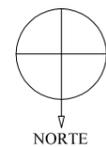
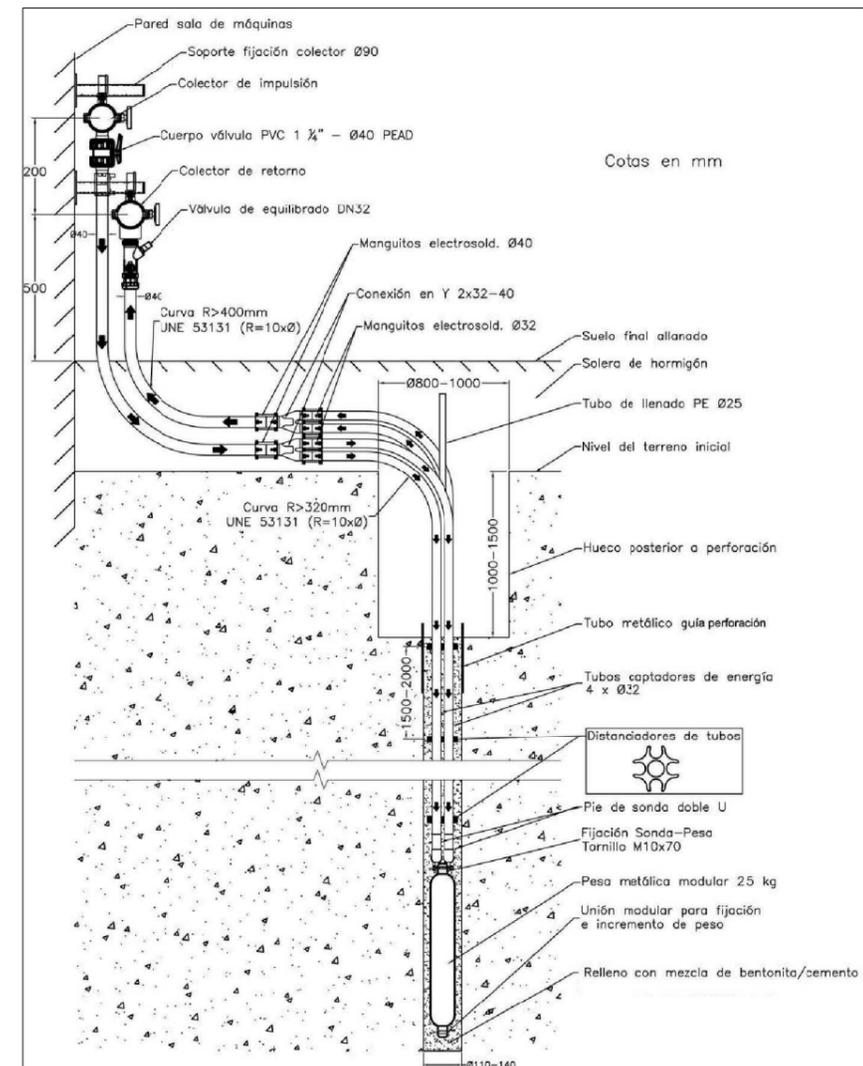
Cubierta



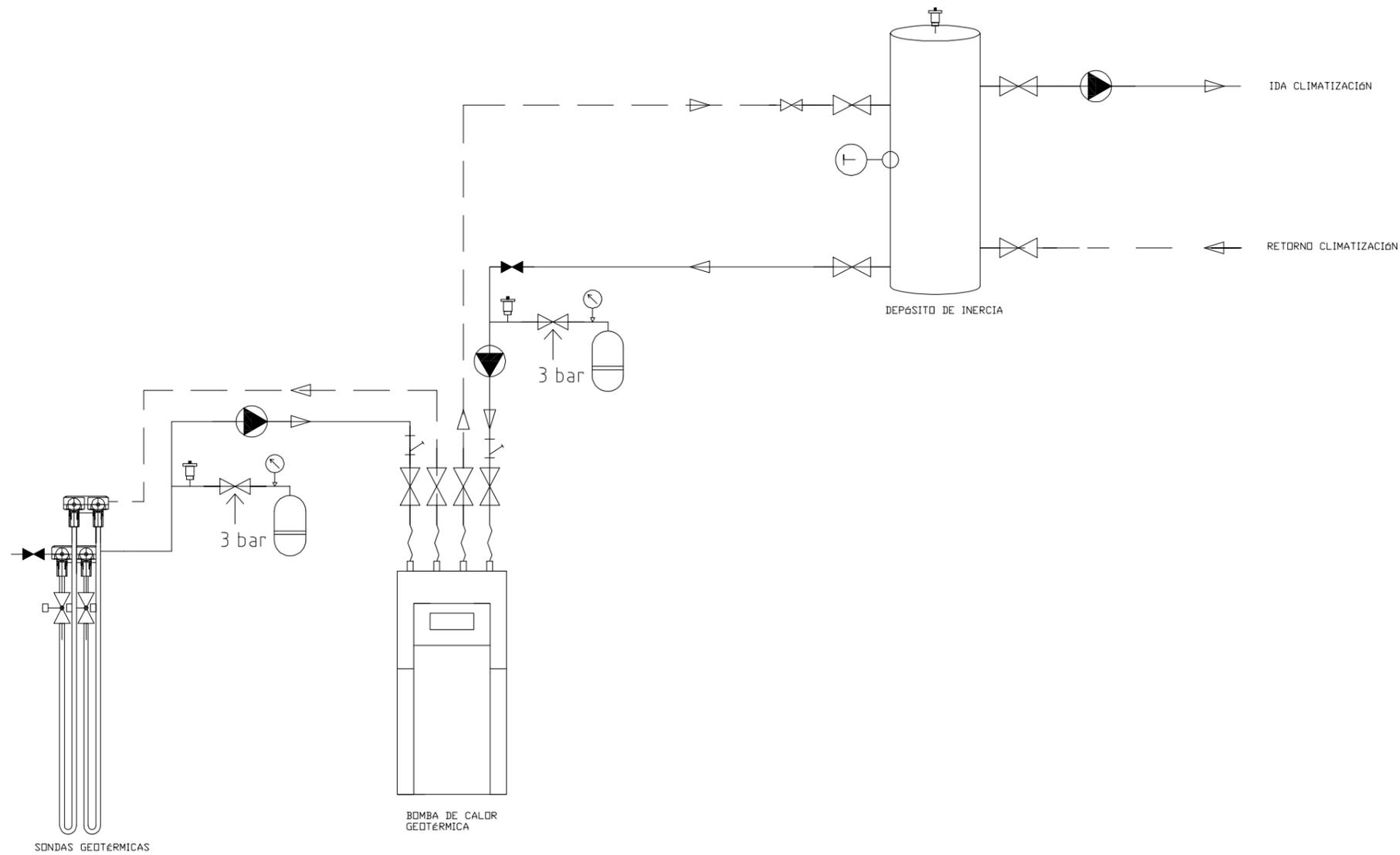
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
		FIRMA:	
PLANO: <b> AISLAMIENTO CUBIERTA </b>	FECHA: 06/2012	ESCALA: 1/75	Nº PLANO: 5



### DETALLE SONDA GEOTÉRMICA

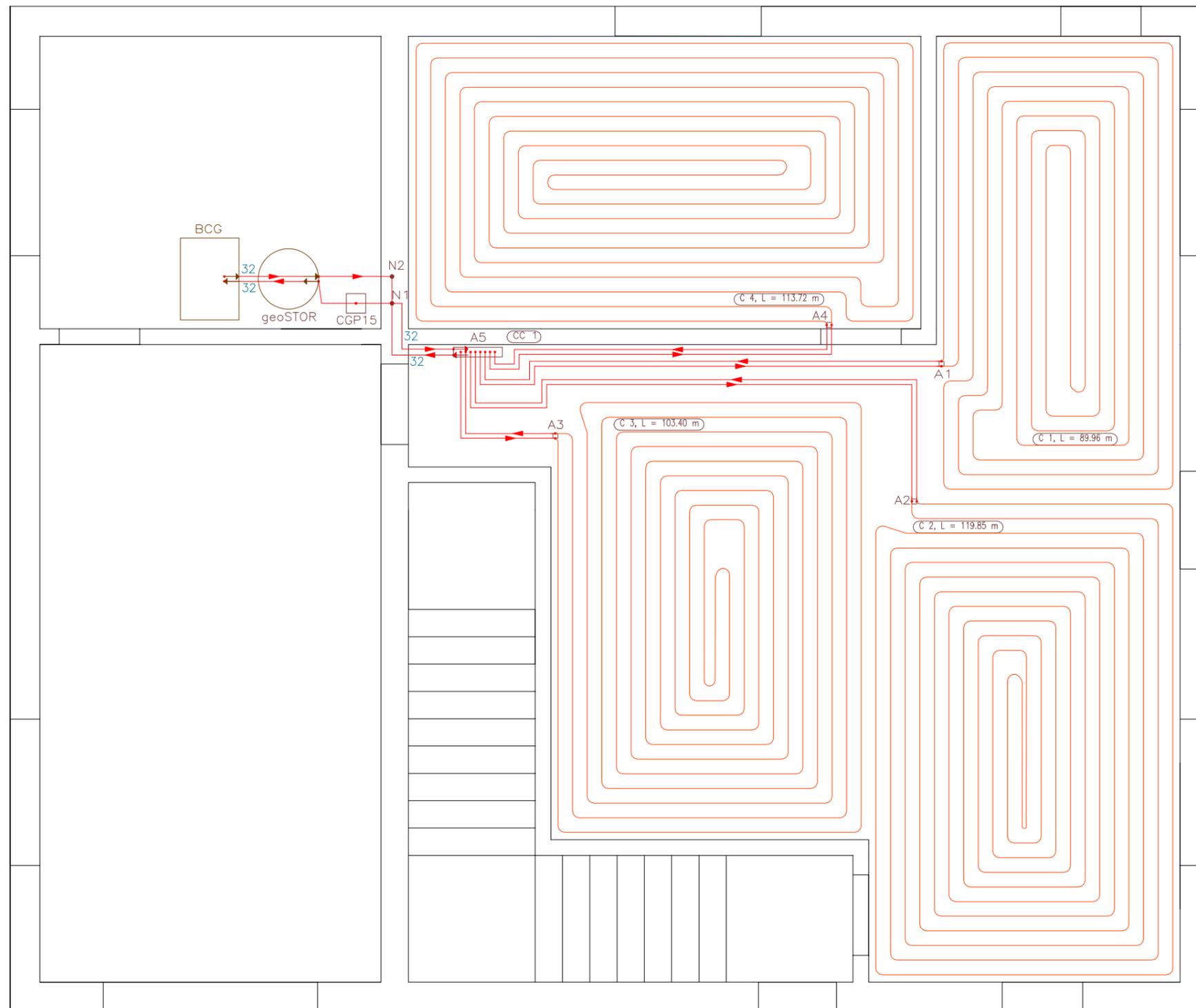


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>INSTALACIÓN GEOTÉRMICA PLANTA BAJA</b>		FIRMA:	
	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
	06/2012	1/100	6



	Vaso de expansión
	Bomba de circulación
	Llave de corte
	Manómetro
	Termómetro
	Límitador de caudal
	Válvula de llenado y vaciado
	Filtro

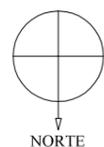
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	I.T.I. - MECÁNICA	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA</b>		FECHA:	ESCALA:
		06/2012	-
		Nº PLANO:	7



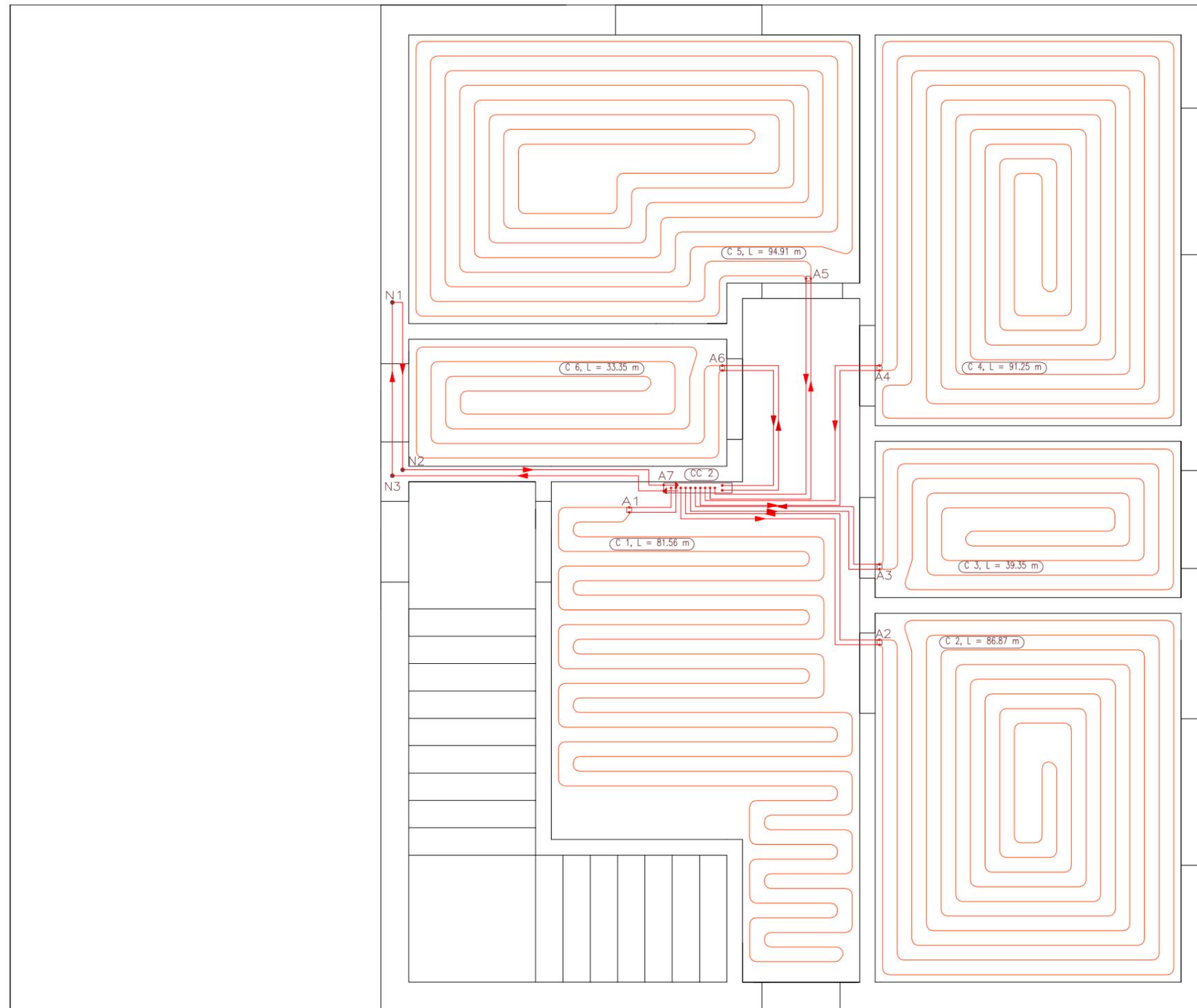
Planta baja

BCG	Bomba de calor geotérmica VWS 61/2
geoSTOR	Acumulador de inercia de 200 litros de volumen
CGP15	Grupo de impulsión y centralita
N1	Tubería vertical hasta planta primera
N2	Tramo de tubería
A5	Colector modular plástico para 4 circuitos
A1, A2, A3, A4	Circuitos de suelo radiante

Tuberías de distribución de agua	
Material	Polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno
Protección	Aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica

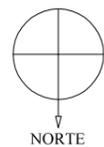


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>
PLANO: <b>INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN PLANTA BAJA</b>		FIRMA:  FECHA: 06/2012    ESCALA: 1/50    Nº PLANO: 8



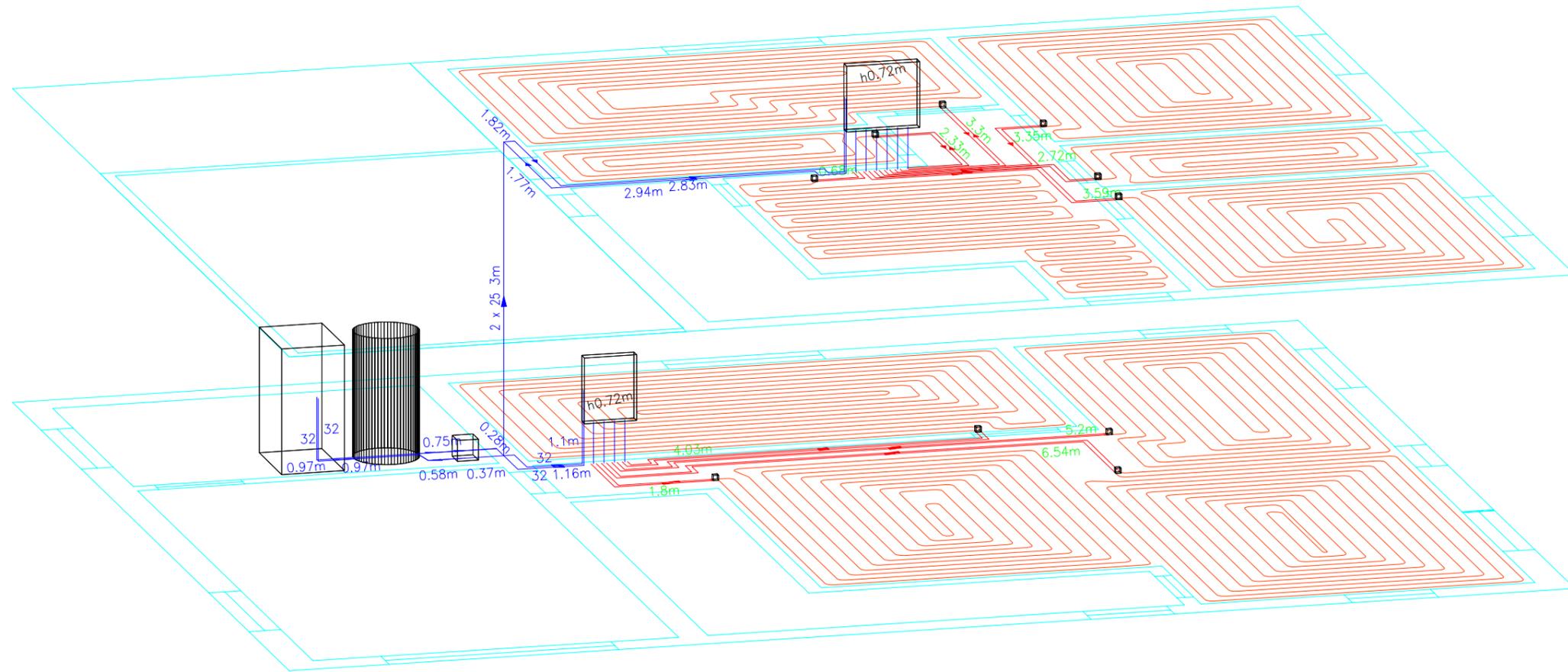
N1	Tubería vertical hasta planta baja
N2, N3	Tramo de tubería
A7	Colector modular plástico para 6 circuitos
A1, A2, A3, A4, A5, A6	Circuitos de suelo radiante

Tuberías de distribución de agua	
Material	Polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno
Protección	Aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica



Planta 1ª

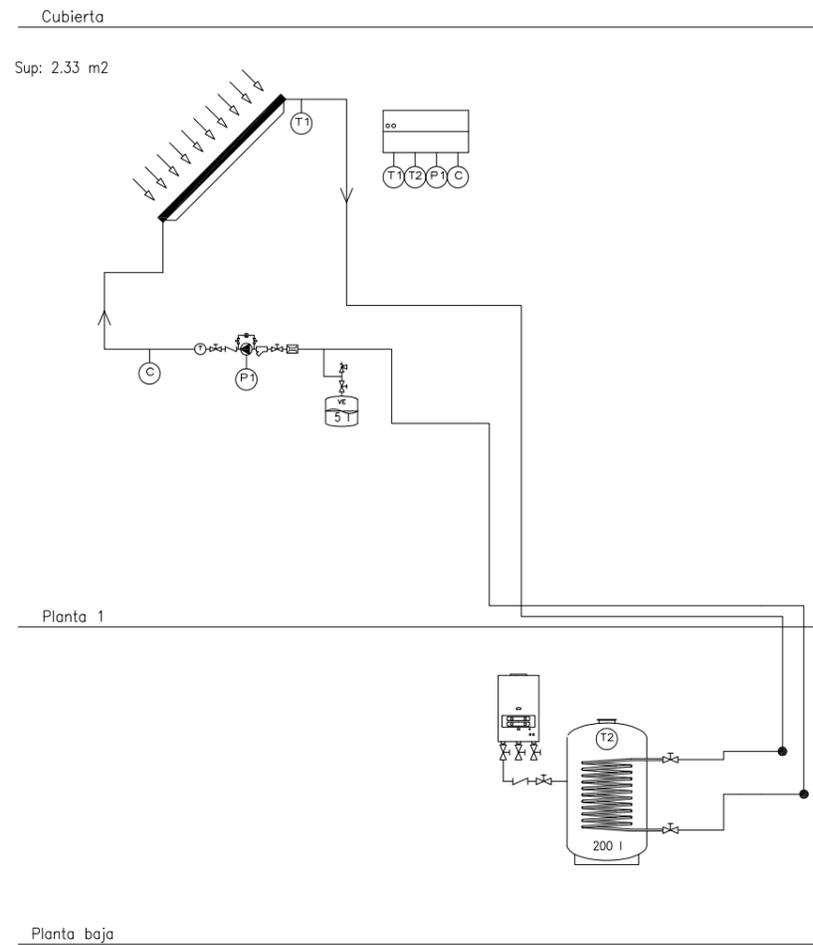
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	I.T.I. - MECÁNICA	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>	REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN PLANTA PRIMERA</b>	FIRMA:	FECHA: 06/2012 ESCALA: 1/50 Nº PLANO: 9



Vista 3D

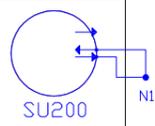
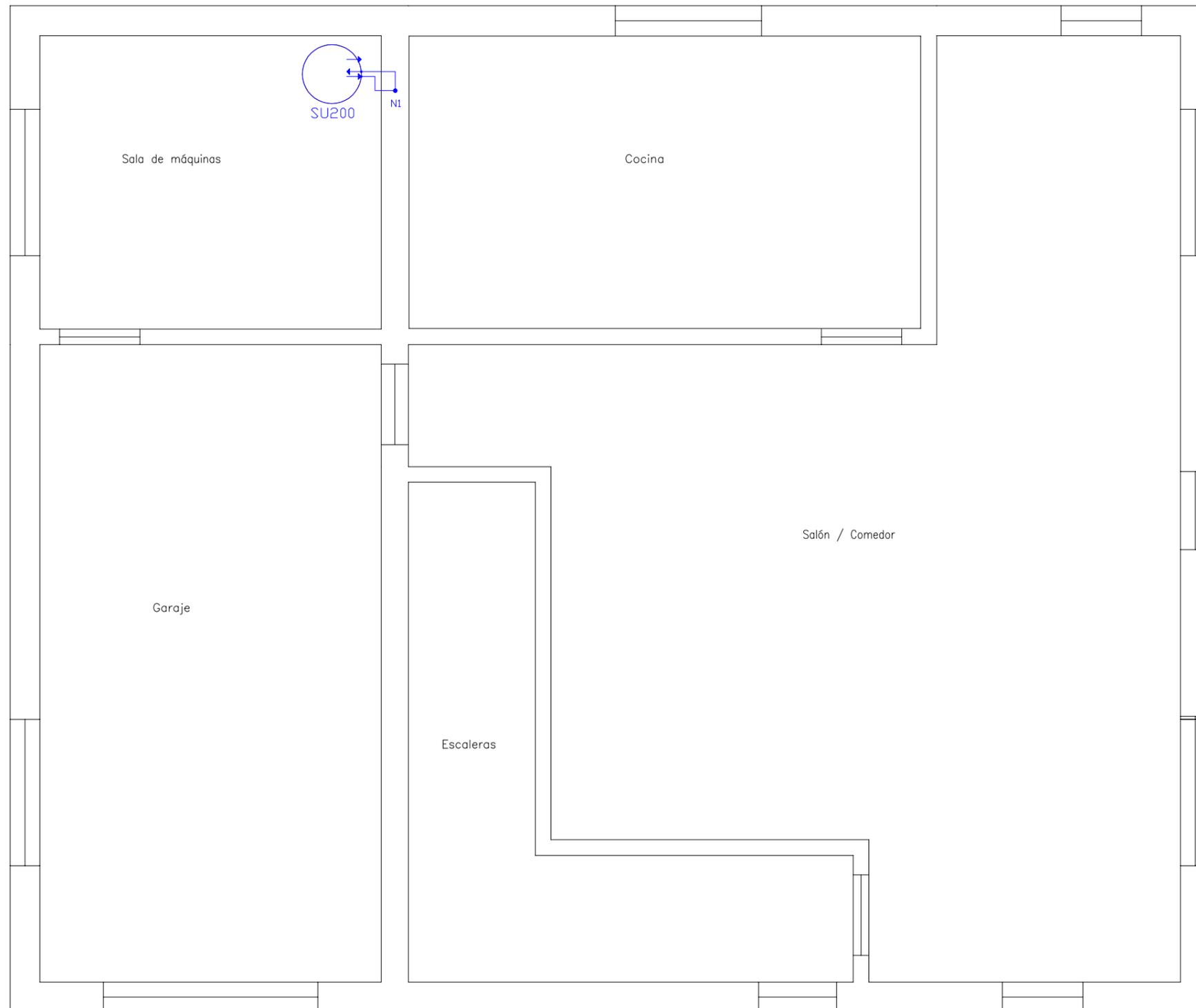
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	I.T.I. - MECÁNICA	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN VISTA 3D</b>		FIRMA:	FECHA: 06/2012
		ESCALA: 1/50	Nº PLANO: 10

Esquema de instalación de energía solar térmica



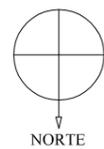
☞ Válvula de tres vías motorizada	~ Válvula antirretorno	⊙ Termómetro
☞ Válvula de dos vías motorizada	⊞ Regulador de caudal	⚙ Bomba
☞ Válvula de corte	☞ Válvula de equilibrado	Ⓢ Contador
☞ Válvula termostática de A.C.S.	☞ Válvula de seguridad	
⊞ Filtro	⊙ Manómetro	

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
		FIRMA:	
PLANO: <b>ESQUEMA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA</b>	FECHA: 06/2012	ESCALA: -	Nº PLANO: 11



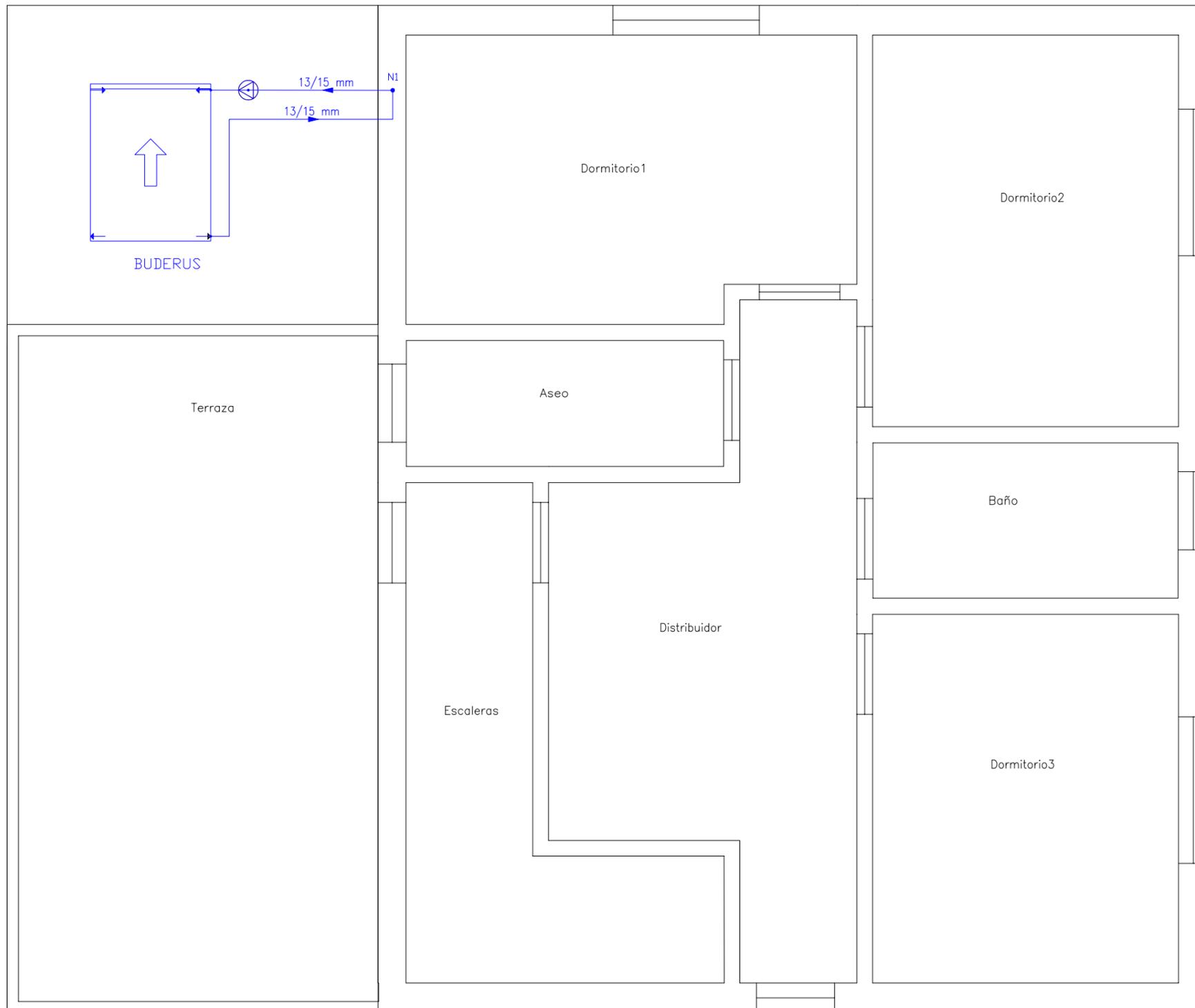
N1	Tubería vertical hasta planta primera
SU200	Interacumulador de acero vitrificado de 200 litros

Tuberías de distribución de agua	
Material	Tubo de cobre con pared de 1 mm de espesor
Protección	Aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio



Planta baja

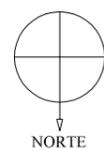
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PLANTA BAJA</b>		FIRMA:	FECHA: 06/2012
		ESCALA: 1/50	Nº PLANO: 12



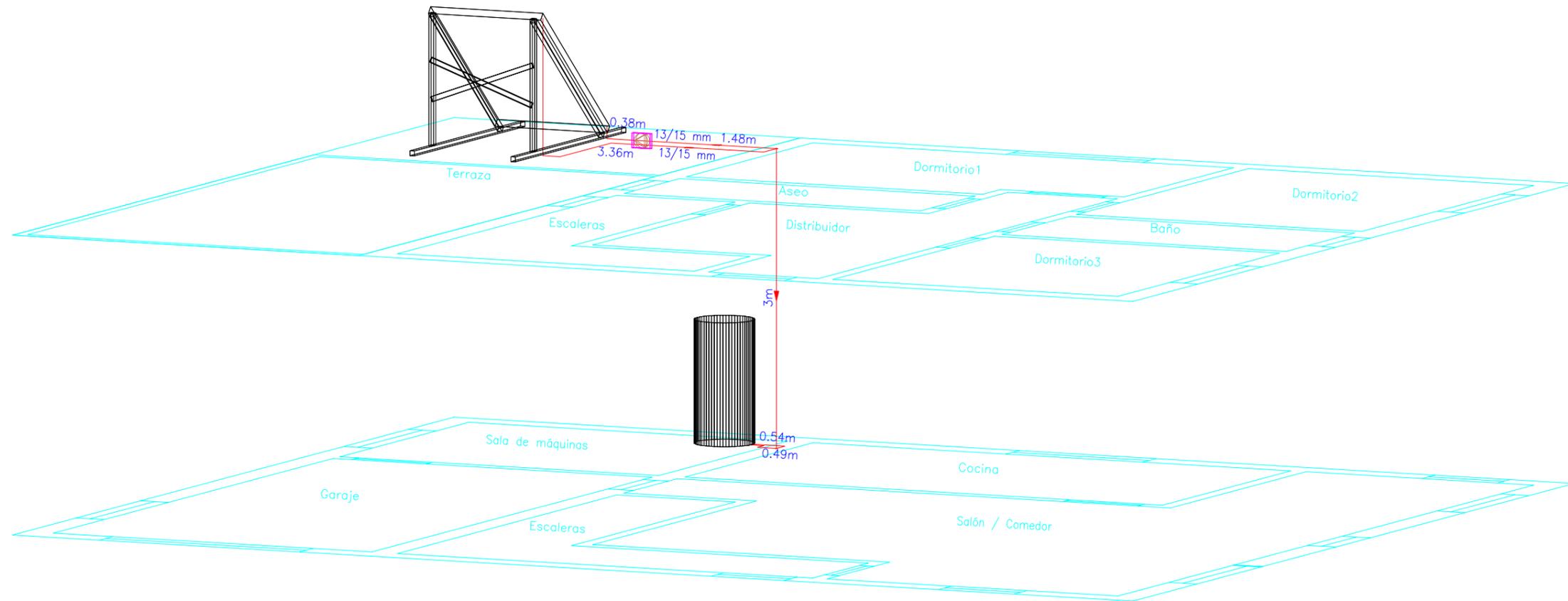
Planta 1ª

N1	Tubería vertical hasta planta baja
BUDERUS	Captador solar térmico modelo Logasol SKS 4.0

Tuberías de distribución de agua	
Material	Tubo de cobre con pared de 1 mm de espesor
Protección	Aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	<b>I.T.I. - MECÁNICA</b>	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PLANTA PRIMERA</b>		FIRMA:	FECHA: 06/2012
		ESCALA: 1/50	Nº PLANO: 13



Vista 3D

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:	
	I.T.I. - MECÁNICA	<b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>		REALIZADO: <b>MÉNDEZ NIEVES, DANIEL</b>	
PLANO: <b>INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA VISTA 3D</b>		FIRMA:	
	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
	06/2012	1/50	14



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012

Según figura en el Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado mediante Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, el proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas del CTE y demás normativa aplicable. Esta definición incluirá, al menos, la siguiente información contenida en el Pliego de Condiciones:

- Las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente al edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre los materiales, del presente Pliego de Condiciones.
- Las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra, del presente Pliego de Condiciones.
- Las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado, del presente Pliego de Condiciones.

**ÍNDICE:****5.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS****5.1.1. DISPOSICIONES GENERALES****5.1.1.1. Disposiciones de carácter general**

5.1.1.1.1. Objeto del pliego de condiciones .....	10
5.1.1.1.2. Contrato de obra .....	10
5.1.1.1.3. Documentación del contrato de obra .....	10
5.1.1.1.4. Proyecto arquitectónico .....	10
5.1.1.1.5. Reglamentación urbanística .....	11
5.1.1.1.6. Formalización del contrato de obra .....	11
5.1.1.1.7. Jurisdicción competente .....	11
5.1.1.1.8. Responsabilidad del contratista .....	11
5.1.1.1.9. Accidentes de trabajo .....	12
5.1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros .....	12
5.1.1.1.11. Anuncios y carteles .....	12
5.1.1.1.12. Copia de documentos .....	12
5.1.1.1.13. Suministro de materiales .....	13
5.1.1.1.14. Hallazgos .....	13
5.1.1.1.15. Causas de rescisión del contrato de obra .....	13
5.1.1.1.16. Omisiones: Buena fe .....	13
5.1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares .....	14
5.1.1.2.1. Accesos y vallados .....	14
5.1.1.2.2. Replanteo .....	14

5.1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los materiales .....	14
5.1.1.2.4. Orden de los trabajos .....	15
5.1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas .....	15
5.1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor .....	15
5.1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto ...	15
5.1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor .....	16
5.1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra .....	16
5.1.1.2.10. Trabajos defectuosos .....	16
5.1.1.2.11. Vicios ocultos .....	16
5.1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos .....	17
5.1.1.2.13. Presentación de muestras .....	17
5.1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos .....	17
5.1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos .....	17
5.1.1.2.16. Limpieza de las obras .....	18
5.1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas .....	18
5.1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras ajenas	
5.1.1.3.1. Consideraciones de carácter general .....	18
5.1.1.3.2. Recepción provisional .....	19
5.1.1.3.3. Documentación final de la obra .....	19
5.1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra .....	19
5.1.1.3.5. Plazo de garantía .....	19
5.1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	20
5.1.1.3.7. Recepción definitiva .....	20

5.1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía .....	20
5.1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida .....	20
5.1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS	
5.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación ..	20
5.1.2.1.1. El promotor .....	21
5.1.2.1.2. El proyectista .....	21
5.1.2.1.3. El constructor o contratista .....	21
5.1.2.1.4. El director de obra .....	21
5.1.2.1.5. El director de la ejecución de la obra .....	22
5.1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación .....	22
5.1.2.1.7. Los suministradores de productos .....	22
5.1.2.2. Agentes que intervienen en la obra según Ley 38/1999 (L.O.E.) .....	22
5.1.2.3. Agentes en materias de seguridad y salud según R.D. 1627/1997 .....	22
5.1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos según R.D. 105/2008 .....	22
5.1.2.5. La dirección facultativa .....	22
5.1.2.6. Visitas facultativas .....	23
5.1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes .....	23
5.1.2.7.1. El promotor .....	23
5.1.2.7.2. El proyectista .....	24
5.1.2.7.3. El constructor o contratista .....	25
5.1.2.7.4. El director de obra .....	26
5.1.2.7.5. El director de la ejecución de la obra .....	28
5.1.2.7.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación .....	29

5.1.2.7.7. Los suministradores de productos .....	30
5.1.2.7.8. Los propietarios y los usuarios .....	30
5.1.2.8. Documentación final de obra: Libro del edificio .....	30
5.1.2.8.1. Los propietarios y los usuarios .....	30
<b>5.1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS</b>	
5.1.3.1. Definición .....	31
5.1.3.2. Contrato de obra .....	31
5.1.3.3. Criterio general .....	31
5.1.3.4. Fianzas .....	32
5.1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza .....	32
5.1.3.4.2. Devolución de las fianzas .....	32
5.1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales .....	32
5.1.3.5. De los precios .....	32
5.1.3.5.1. Precio básico .....	32
5.1.3.5.2. Precio unitario .....	32
5.1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM) .....	34
5.1.3.5.4. Precios contradictorios .....	34
5.1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios .....	34
5.1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios .....	35
5.1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados .....	35
5.1.3.5.8. Acopio de materiales .....	35
5.1.3.6. Obras por administración .....	35
5.1.3.7. Valoración y abono de los trabajos	
5.1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras .....	35

5.1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones .....	36
5.1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas .....	36
5.1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada .....	36
5.1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados .....	37
5.1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía .....	37
5.1.3.8. Indemnizaciones mutuas	
5.1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las Obras .....	37
5.1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del Promotor .....	37
5.1.3.9. Varios	
5.1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra .....	37
5.1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas .....	38
5.1.3.9.3. Seguro de las obras .....	38
5.1.3.9.4. Conservación de la obra .....	38
5.1.3.9.5. Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor .....	38
5.1.3.9.6. Pago de arbitrios .....	38
5.1.3.10. Retenciones en concepto de garantía .....	38
5.1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra .....	39
5.1.3.12. Liquidación económica de las obras .....	39
5.1.3.13. Liquidación final de la obra .....	39

## **5.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

5.2.1. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES .....	40
5.2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE) .....	41
5.2.1.2. Aislantes e impermeabilizantes	

5.2.1.2.1. Aislantes conformados en planchas rígidas	
5.2.1.2.1.1. Condiciones de suministro.....	43
5.2.1.2.1.2. Recepción y control .....	43
5.2.1.2.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación .....	44
5.2.1.2.1.4. Recomendaciones para su uso en obra .....	44
5.2.1.2.2. Imprimadores bituminosos	
5.2.1.2.2.1. Condiciones de suministro.....	44
5.2.1.2.2.2. Recepción y control .....	44
5.2.1.2.2.3. Conservación, almacenamiento y manipulación .....	44
5.2.1.2.2.4. Recomendaciones para su uso en obra .....	44
5.2.1.3. Instalaciones	
5.2.1.3.1. Tubos de plástico (PP, PE-X, PB, PVC-C)	
5.2.1.3.1.1. Condiciones de suministro.....	45
5.2.1.3.1.2. Recepción y control .....	45
5.2.1.3.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación .....	46
5.2.1.3.2. Tubos de cobre	
5.2.1.2.2.1. Condiciones de suministro.....	47
5.2.1.2.2.2. Recepción y control .....	47
5.2.1.2.2.3. Conservación, almacenamiento y manipulación .....	47
5.2.1.2.2.4. Recomendaciones para su uso en obra .....	47
5.2.2. PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDAD DE OBRA .....	48
5.2.2.1. Instalaciones	
5.2.2.1.1. Instalación de climatización .....	51
5.2.2.1.2. Instalación solar térmica .....	61

5.2.3. CONDICIONES DE MONTAJE	
5.2.3.1. Generalidades .....	63
5.2.3.2. Montaje de la estructura soporte y de los captadores .....	64
5.2.3.3. Montaje del acumulador .....	65
5.2.3.4. Montaje del intercambiador .....	65
5.2.3.5. Montaje de la bomba de circulación .....	65
5.2.3.6. Montaje de tuberías y accesorios .....	65
5.2.3.7. Montaje del aislamiento .....	67
5.2.4. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO	
5.2.4.1. Generalidades .....	67
5.2.4.2. Programa de mantenimiento .....	68
5.2.4.2.1. Plan de vigilancia .....	68
5.2.4.2.2. Plan de mantenimiento preventivo .....	69
5.2.4.2.3. Mantenimiento correctivo .....	71
5.2.4.3. Garantías .....	71
5.2.5. PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO .....	72

## **5.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS**

### **5.1.1. DISPOSICIONES GENERALES**

#### **5.1.1.1. Disposiciones de carácter general**

##### *5.1.1.1.1- Objeto del Pliego de Condiciones*

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

##### *5.1.1.1.2. Contrato de obra*

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

##### *5.1.1.1.3. Documentación del contrato de obra*

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

Las condiciones fijadas en el contrato de obra

- El presente Pliego de Condiciones
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

##### *5.1.1.1.4. Proyecto Arquitectónico*

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en el artículo 2 de la Ley de Ordenación de la Edificación. En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.

- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada Contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

#### *5.1.1.1.5. Reglamentación urbanística*

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

#### *5.1.1.1.6. Formalización del Contrato de Obra*

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el Contratista.

#### *5.1.1.1.7. Jurisdicción competente*

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

#### *5.1.1.1.8. Responsabilidad del Contratista*

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

#### *5.1.1.1.9. Accidentes de trabajo*

Es de obligado cumplimiento el 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 y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

#### *5.1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros*

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

#### *5.1.1.1.11. Anuncios y carteles*

Sin previa autorización del Promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

#### *5.1.1.1.12. Copia de documentos*

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

#### 5.1.1.1.13. *Suministro de materiales*

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

#### 5.1.1.1.14. *Hallazgos*

El Promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del Director de Obra.

El Promotor abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

#### 5.1.1.1.15. *Causas de rescisión del contrato de obra*

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del Contratista.
- b) La quiebra del Contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
  - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- e) Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- h) El abandono de la obra sin causas justificadas.
- i) La mala fe en la ejecución de la obra.

#### 5.1.1.1.16. *Omisiones: Buena fe*

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la

obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

#### 5.1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

##### 5.1.1.2.1. Accesos y vallados

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de la Obra su modificación o mejora.

##### 5.1.1.2.2. Replanteo

El Contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

##### 5.1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Aviso previo a la Autoridad laboral competente efectuado por el Promotor.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

#### *5.1.1.2.4. Orden de los trabajos*

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

#### *5.1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas*

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

#### *5.1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor*

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

#### *5.1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto*

El Contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

#### *5.1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor*

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

#### *5.1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra*

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

#### *5.1.1.2.10. Trabajos defectuosos*

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

#### *5.1.1.2.11. Vicios ocultos*

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director del Ejecución de Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

#### *5.1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos*

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto. Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

#### *5.1.1.2.13. Presentación de muestras*

A petición del Director de Obra, el Contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

#### *5.1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos*

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta de Contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

#### *5.1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos*

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del Contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del Contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el Director de Obra considere necesarios.

#### 5.1.1.2.16. Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

#### 5.1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

#### 5.1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas

##### 5.1.1.3.1. Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de la Ejecución de la Obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecidos en la L.O.E., y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

#### *5.1.1.3.2. Recepción provisional*

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de la Obra al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas.

Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

#### *5.1.1.3.3. Documentación final de la obra*

El Director de Ejecución de la Obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, en el caso de viviendas, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

#### *5.1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra*

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

#### *5.1.1.3.5. Plazo de garantía*

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses

#### *5.1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente*

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo de la Propiedad y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

#### *5.1.1.3.7. Recepción definitiva*

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

#### *5.1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía*

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

#### *5.1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida*

En caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

### 5.1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

#### 5.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

#### *5.1.2.1.1. El Promotor*

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

#### *5.1.2.1.2. El Proyectista*

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

#### *5.1.2.1.3. El Constructor o Contratista*

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

**CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.**

#### *5.1.2.1.4. El Director de Obra*

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

#### *5.1.2.1.5. El Director de la Ejecución de la Obra*

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Arquitecto, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

#### *5.1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación*

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

#### *5.1.2.1.7. Los suministradores de productos*

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

#### *5.1.2.2. Agentes que intervienen en la obra según Ley 38/1999 (L.O.E.)*

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

#### *5.1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud según R.D. 1627/1997*

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

#### *5.1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos según R.D. 105/2008.*

La relación de agentes intervinientes en materia de gestión de residuos, se encuentra en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

#### *5.1.2.5. La Dirección Facultativa*

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el

Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

#### 5.1.2.6. Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

#### 5.1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en los artículos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, del capítulo III de la L.O.E. y demás legislación aplicable.

##### 5.1.2.7.1. *El Promotor*

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él. Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el

plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

#### *5.1.2.7.2. El Projectista*

Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Arquitecto y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Arquitecto y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar

el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

#### *5.1.2.7.3. El Constructor o Contratista*

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del RD 1627/97 de 24 de octubre.

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes. Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del Arquitecto Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aún cuando éstos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la

obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Arquitecto Técnico o Aparejador, Director de Ejecución Material de la Obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del Arquitecto Técnico o Aparejador los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa. Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Facilitar a los Arquitectos Directores de Obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

#### *5.1.2.7.4. El Director de Obra*

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el Promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.

Además de todas las facultades que corresponden al Arquitecto Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los Arquitectos Directores de Obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al Contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

#### *5.1.2.7.5. El Director de la Ejecución de la Obra*

Corresponde al Arquitecto Técnico o Aparejador, según se establece en el Artículo 13 de la LOE y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pié de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del Director de Obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al Arquitecto o Arquitectos Directores de Obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el Contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (*lex artis*) y a las normativas de aplicación.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al Contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a la especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los Arquitectos Directores de Obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al Promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el Contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.

Informar con prontitud a los Arquitectos Directores de Obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos,

proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el Contratista, los Subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el Arquitecto Técnico, Director de la Ejecución de las Obras, se considerara como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

#### *5.1.2.7.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación*

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente

acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

#### *5.1.2.7.7. Los suministradores de productos*

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

#### *5.1.2.7.8. Los propietarios y los usuarios*

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

#### *5.1.2.8. Documentación final de obra: Libro del Edificio*

De acuerdo al Artículo 7 de la Ley de Ordenación de la Edificación, una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, 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, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el **Libro del Edificio**, será entregada a los usuarios finales del edificio.

#### *5.1.2.8.1. Los propietarios y los usuarios*

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

### 5.1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

#### 5.1.3.1. Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

#### 5.1.3.2. Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

#### 5.1.3.3. Criterio General

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones

contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

#### 5.1.3.4. Fianzas

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

##### *5.1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza*

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

##### *5.1.3.4.2. Devolución de las fianzas*

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

##### *5.1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales*

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

#### 5.1.3.5. De los precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

##### *5.1.3.5.1. Precio básico*

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

##### *5.1.3.5.2. Precio unitario*

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

#### *5.1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)*

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

#### *5.1.3.5.4. Precios contradictorios*

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Director de Obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

#### *5.1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios*

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

#### 5.1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

#### 5.1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### 5.1.3.5.8. Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

#### 5.1.3.6. Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un Contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al Contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del Contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

#### 5.1.3.7. Valoración y abono de los trabajos

##### 5.1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por unidad de obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones. Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista. A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

#### *5.1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones*

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

#### *5.1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas*

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

#### *5.1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada*

El abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

#### *5.1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados*

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

#### *5.1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía*

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

#### *5.1.3.8. Indemnizaciones Mutuas*

##### *5.1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras*

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

##### *5.1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del Promotor*

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos

#### *5.1.3.9. Varios*

##### *5.1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra*

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de Obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

#### *5.1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas*

Las obras defectuosas no se valorarán.

#### *5.1.3.9.3. Seguro de las obras*

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

#### *5.1.3.9.4. Conservación de la obra*

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

#### *5.1.3.9.5. Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor*

No podrá el Contratista hacer uso de edificio o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

#### *5.1.3.9.6. Pago de arbitrios*

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

#### *5.1.3.10. Retenciones en concepto de garantía*

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

#### 5.1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

#### 5.1.3.12. Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

#### 5.1.3.13. Liquidación final de la obra

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

## 5.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

### 5.2.1. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES

Para facilitar la labor a realizar, por parte del Director de la Ejecución de la Obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el artículo 7.2. del CTE, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto.

Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego.

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá según el artículo 7.2. del CTE:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 7.2.1.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 7.2.2.
- El control mediante ensayos, conforme al artículo 7.2.3.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las calidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El Contratista notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser copiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no

extinguiéndose la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

#### 5.2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El mercado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

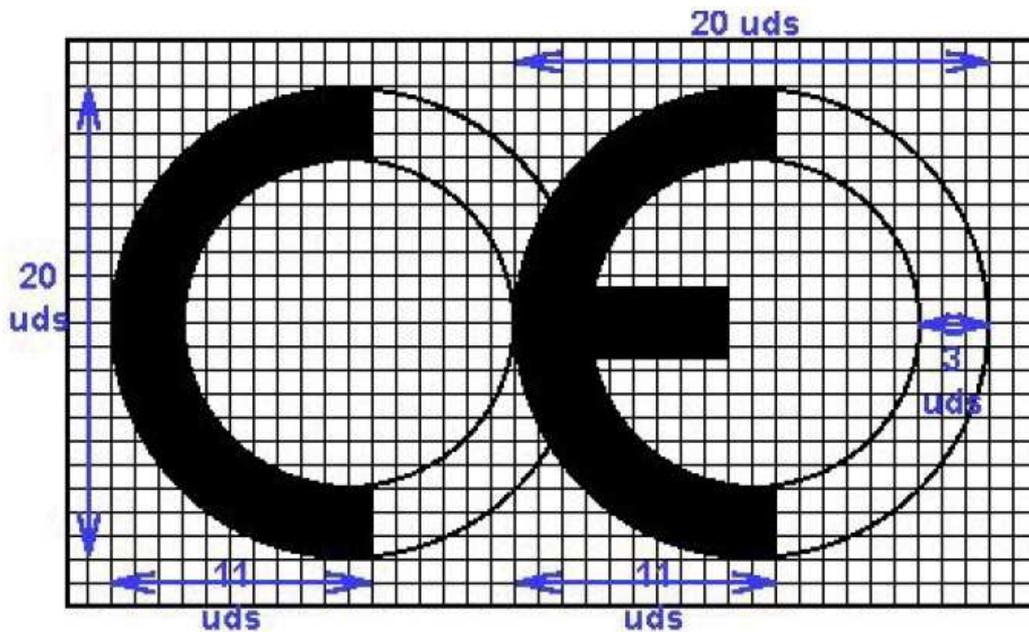
Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del mercado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

El mercado CE se materializa mediante el símbolo “CE” acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el mercado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE se realizan según el dibujo adjunto y deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.



Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- el número de identificación del organismo notificado (cuando proceda)
- el nombre comercial o la marca distintiva del fabricante
- la dirección del fabricante
- el nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica
- las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto
- el número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)
- el número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas
- la designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Ejemplo de marcado CE:

	Símbolo
0123	Nº de organismo notificado
Empresa	Nombre del fabricante
Dirección registrada	Dirección del fabricante
Fábrica	Nombre de la fábrica
Año	Dos últimas cifras del año
0123-CPD-0456	Nº del certificado de conformidad CE
EN 197-1	Norma armonizada
CEM I 42,5 R	Designación normalizada
Límite de cloruros (%) Límite de pérdida por calcinación de cenizas (%) Nomenclatura normalizada de aditivos	Información adicional

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

#### 5. 2.1.2. Aislantes e impermeabilizantes

##### 5.2.1.2.1. Aislantes conformados en planchas rígidas

###### 5.2.1.2.1.1. Condiciones de suministro

- Los aislantes se deben suministrar en forma de paneles, envueltos en films plásticos en sus seis caras.
- Los paneles se agruparán formando palets para su mejor almacenamiento y transporte.
- En caso de desmontar los palets, los paquetes resultantes deben transportarse de forma que no se desplacen por la caja del transporte.

###### 5.2.1.2.1.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.
- Si el material ha de ser componente de la parte ciega del cerramiento exterior de un espacio habitable, el fabricante declarará el valor del factor de resistencia a la difusión del agua.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

#### 5.2.1.2.1.3. *Conservación, almacenamiento y manipulación*

- Los palets completos pueden almacenarse a la intemperie por un periodo limitado de tiempo.
- Se apilarán horizontalmente sobre superficies planas y limpias.
- Se protegerán de la insolación directa y de la acción del viento.

#### 5.2.1.2.1.4. *Recomendaciones para su uso en obra*

- Se seguirán las recomendaciones de aplicación y de uso proporcionadas por el fabricante en su documentación técnica.

#### 5.2.1.2.2. *Imprimadores bituminosos*

##### 5.2.1.2.2.1. *Condiciones de suministro*

- Los imprimadores se deben suministrar en envase hermético.

##### 5.2.1.2.2.2. *Recepción y control*

Documentación de los suministros:

- Los imprimadores bituminosos, en su envase, deberán llevar marcado:
- La identificación del fabricante o marca comercial.
- La designación con arreglo a la norma correspondiente.
- Las incompatibilidades de uso e instrucciones de aplicación.
- El sello de calidad, en su caso.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

##### 5.2.1.2.2.3. *Conservación, almacenamiento y manipulación*

- El almacenamiento se realizará en envases cerrados herméticamente, protegidos de la humedad, de las heladas y de la radiación solar directa.
- El tiempo máximo de almacenamiento es de 6 meses.
- No deberán sedimentarse durante el almacenamiento de forma que no pueda devolverseles su condición primitiva por agitación moderada.

##### 5.2.1.2.2.4. *Recomendaciones para su uso en obra*

- Se suelen aplicar a temperatura ambiente. No podrán aplicarse con temperatura ambiente inferior a 5°C.

- La superficie a imprimir debe estar libre de partículas extrañas, restos no adheridos, polvo y grasa.
- Las emulsiones tipo A y C se aplican directamente sobre las superficies, las de los tipo B y D, para su aplicación como imprimación de superficies, deben disolverse en agua hasta alcanzar la viscosidad exigida a los tipos A y C.
- Las pinturas de imprimación de tipo I solo pueden aplicarse cuando la impermeabilización se realiza con productos asfálticos; las de tipo II solamente deben utilizarse cuando la impermeabilización se realiza con productos de alquitrán de hulla.

### 5.2.1.3. Instalaciones

#### 5.2.1.3.1. Tubos de plástico (PP, PE-X, PB, PVC-C)

##### 5.2.1.3.1.1. Condiciones de suministro

- Los tubos se deben suministrar a pie de obra en camiones con suelo plano, sin paletizar, y los accesorios en cajas adecuadas para ellos.
- Los tubos se deben colocar sobre los camiones de forma que no se produzcan deformaciones por contacto con aristas vivas, cadenas, etc., y de forma que no queden tramos salientes innecesarios.
- Los tubos y accesorios se deben cargar de forma que no se produzca ningún deterioro durante el transporte. Los tubos se deben apilar a una altura máxima de 1,5 m.
- Se debe evitar la colocación de peso excesivo encima de los tubos, colocando las cajas de accesorios en la base del camión.
- Cuando los tubos se suministren en rollos, se deben colocar de forma horizontal en la base del camión, o encima de los tubos suministrados en barras si los hubiera, cuidando de evitar su aplastamiento.
- Los rollos de gran diámetro que, por sus dimensiones, la plataforma del vehículo no admita en posición horizontal, deben colocarse verticalmente, teniendo la precaución de que permanezcan el menor tiempo posible en esta posición.
- Los tubos y accesorios se deben cargar y descargar cuidadosamente.

##### 5.2.1.3.1.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Los tubos deben estar marcados a intervalos máximos de 1 m y al menos una vez por accesorio, con:
- Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.
- La trazabilidad del tubo (información facilitada por el fabricante que indique la fecha de fabricación, en cifras o en código, y un número o código indicativo de la factoría de fabricación en caso de existir más de una).
- Los caracteres de marcado deben estar impresos o grabados directamente sobre el tubo o accesorio de forma que sean legibles después de su almacenamiento, exposición a la intemperie, instalación y puesta en obra

- El marcado no debe producir fisuras u otro tipo de defecto que influya desfavorablemente en el comportamiento funcional del tubo o accesorio.
- Si se utiliza el sistema de impresión, el color de la información debe ser diferente al color base del tubo o accesorio.
- El tamaño del marcado debe ser fácilmente legible sin aumento.
- Los tubos y accesorios certificados por una tercera parte pueden estar marcados en consecuencia.

#### Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

#### 5.2.1.3.1.3. *Conservación, almacenamiento y manipulación*

- Debe evitarse el daño en las superficies y en los extremos de los tubos y accesorios. Deben utilizarse, si fuese posible, los embalajes de origen.
- Debe evitarse el almacenamiento a la luz directa del sol durante largos periodos de tiempo.
- Debe disponerse de una zona de almacenamiento que tenga el suelo liso y nivelado o un lecho plano de estructura de madera, con el fin de evitar cualquier curvatura o deterioro de los tubos.
- Los tubos con embocadura y con accesorios montados previamente se deben disponer de forma que estén protegidos contra el deterioro y los extremos queden libres de cargas, por ejemplo, alternando los extremos con embocadura y los extremos sin embocadura o en capas adyacentes.
- Los tubos en rollos se deben almacenar en pisos apilados uno sobre otro o verticalmente en soportes o estanterías especialmente diseñadas para este fin.
- El desenrollado de los tubos debe hacerse tangencialmente al rollo, rodándolo sobre sí mismo. No debe hacerse jamás en espiral.
- Debe evitarse todo riesgo de deterioro llevando los tubos y accesorios sin arrastrar hasta el lugar de trabajo, y evitando dejarlos caer sobre una superficie dura.
- Cuando se utilicen medios mecánicos de manipulación, las técnicas empleadas deben asegurar que no producen daños en los tubos. Las eslingas de metal, ganchos y cadenas empleadas en la manipulación no deben entrar en contacto con el tubo.
- Debe evitarse cualquier indicio de suciedad en los accesorios y en las bocas de los tubos, pues puede dar lugar, si no se limpia, a instalaciones defectuosas. Los extremos de los tubos se deben cubrir o proteger con el fin de evitar la entrada de suciedad en los mismos. La limpieza del tubo y de los accesorios se debe realizar siguiendo las instrucciones del fabricante.
- El tubo se debe cortar con su correspondiente cortatubos.

### 5.2.1.3.2. Tubos de cobre

#### 5.2.1.3.2.1. Condiciones de suministro

Los tubos se suministran en barras y en rollos:

- En barras: estos tubos se suministran en estado duro en longitudes de 5 m.
- En rollos: los tubos recocidos se obtienen a partir de los duros por medio de un tratamiento térmico; los tubos en rollos se suministran hasta un diámetro exterior de 22 mm, siempre en longitud de 50 m; se pueden solicitar rollos con cromado exterior para instalaciones vistas.

#### 5.2.1.3.2.2 Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Los tubos de  $DN \geq 10$  mm y  $DN \leq 54$  mm deben estar marcados, indeleblemente, a intervalos menores de 600 mm a lo largo de una generatriz, con la designación normalizada.
- Los tubos de  $DN > 6$  mm y  $DN < 10$  mm, o  $DN > 54$  mm mm deben estar marcados de idéntica manera al menos en los 2 extremos.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

#### 5.2.1.3.2.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

- El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la humedad. Se colocarán paralelos y en posición horizontal sobre superficies planas.

#### 5.2.1.3.2.4. Recomendaciones para su uso en obra

Las características de la instalación de agua o calefacción a la que va destinado el tubo de cobre son las que determinan la elección del estado del tubo: duro o recocido.

- Los tubos en estado duro se utilizan en instalaciones que requieren una gran rigidez o en aquellas en que los tramos rectos son de gran longitud.
- Los tubos recocidos se utilizan en instalaciones con recorridos de gran longitud, sinuosos o irregulares, cuando es necesario adaptarlos al lugar en el que vayan a ser colocados.

### 5.2.2. PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN DE OBRA

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

#### **MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.**

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

#### **NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

#### **CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

#### **CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.**

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el Director de la Ejecución de la Obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del Director de la Ejecución de la Obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra. Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

#### **DEL SOPORTE.**

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

**AMBIENTALES.**

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

**DEL CONTRATISTA.**

En algunos casos, será necesaria la presentación al Director de la Ejecución de la Obra de una serie de documentos por parte del Contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

**PROCESO DE EJECUCIÓN.**

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

**FASES DE EJECUCIÓN.**

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

**CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el Contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio Contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

## **CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO**

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final

## **COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del Director de Ejecución de la Obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del Contratista, entendiéndose que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciere a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el Director de Ejecución de la Obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares. No será de abono al Contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

## **TERMINOLOGÍA APLICADA EN EL CRITERIO DE MEDICIÓN.**

### **INSTALACIONES.**

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

### 5.2.2.1. Instalaciones

#### 5.2.2.1.1. Instalación de climatización

***Unidad de obra ICS005: Punto de llenado formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, para climatización, colocada superficialmente, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.***

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de punto de llenado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, según UNE-EN ISO 15875-2, colocada superficialmente, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica, válvulas de corte, filtro retenedor de residuos, contador de agua y válvula de retención. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

#### **CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

#### **CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.**

##### **DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

#### **PROCESO DE EJECUCIÓN.**

##### **FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.

##### **CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

La instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.

#### **PRUEBAS DE SERVICIO.**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.

Normativa de aplicación:

- CTE. DB HS Salubridad
- UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano

**CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICS010b: Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", empotrada en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", según UNE-EN ISO 15875-2, empotrado en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

**NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación **CTE. DB HS Salubridad.**

**CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

**CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.****DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

**PROCESO DE EJECUCIÓN.****FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.

**CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

La instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.

**PRUEBAS DE SERVICIO.**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.

Normativa de aplicación:

- CTE. DB HS Salubridad
- UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano

**CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICS010: Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", empotrada en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", según UNE-EN ISO 15875-2, empotrado en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

**NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación CTE. DB HS Salubridad.

**EJECUCIÓN, MEDICIÓN Y ABONO.**

Como la unidad de obra ICS010b

*Unidad de obra ICS015: Punto de vaciado formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, para climatización, colocada superficialmente.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de punto de vaciado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm,

según UNE-EN ISO 15875-2, colocada superficialmente y válvula de corte. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

#### **CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

#### **CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.**

##### **DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

#### **PROCESO DE EJECUCIÓN.**

##### **FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.

##### **CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

La instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.

#### **PRUEBAS DE SERVICIO.**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.

Normativa de aplicación:

- CTE. DB HS Salubridad
- UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano

#### **CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

#### **COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICS040: Vaso de expansión cerrado con una capacidad de 5 l.*

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de vaso de expansión cerrado con una capacidad de 5 l, 190 mm de altura, 270 mm de diámetro, con rosca de 3/4" de diámetro y 10 bar de presión, incluso

manómetro y elementos de montaje y conexión necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.

**CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

**CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.****DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto.

**FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo. Colocación del vaso. Conexión a la red de distribución.

**CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICS075: Válvula de 3 vías de 1/2", mezcladora, con actuador de 220 V.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de válvula de 3 vías de 1/2", mezcladora, con actuador de 220 V; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.

**CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

**CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.****DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto.

**PROCESO DE EJECUCIÓN.****FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula a los tubos.

**CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

La conexión a la red será adecuada.

**CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICS080: Purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 6 bar y una temperatura máxima de 110°C; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.

**CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

**CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.****DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto.

**PROCESO DE EJECUCIÓN.****FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo. Colocación del purgador. Conexionado.

**CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

La conexión a la red será adecuada.

**CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICE100: Colector modular plástico de 1" de diámetro, "UPONOR IBERIA", para 4 circuitos, con armario de 80x500x630 mm y puerta para armario de 500x630 mm, acabado blanco, con curvatubos de plástico.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de colector modular plástico de 1" de diámetro, "UPONOR IBERIA", para 4 circuitos, compuesto de 2 válvulas de paso de 1", 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, llave de llenado, llave de vaciado, caudalímetros, 2 tapones terminales y soportes, con armario de 80x500x630 mm y puerta para armario de 500x630 mm, acabado blanco, con curvatubos de plástico. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

**NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación **UNE-EN 1264-4. Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes. Parte 4: Instalación.**

**CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

**CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.****DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación. Se comprobará que todos los tabiques están levantados y que la red de desagües está acabada.

**FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo del emplazamiento del colector. Colocación del armario para el colector. Colocación del colector. Conexión de las tuberías al colector. Conexión del colector a la red de distribución interior o a la caldera. Realización de pruebas de servicio.

**PRUEBAS DE SERVICIO.**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.

Normativa de aplicación: CTE. DB HS Salubridad

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICE100b: Colector modular plástico de 1" de diámetro, "UPONOR IBERIA", para 6 circuitos, con armario de 80x700x630 mm y puerta para armario de 700x630 mm, acabado blanco, con curvatubos de plástico.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de colector modular plástico de 1" de diámetro, "UPONOR IBERIA", para 6 circuitos, compuesto de 2 válvulas de paso de 1", 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, llave de llenado, llave de vaciado, caudalímetros, 2 tapones terminales y soportes, con armario de 80x700x630 mm y puerta para armario de 700x630 mm, acabado blanco, con curvatubos de plástico. Totalmente montado, conexionado y

probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

#### **NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación UNE-EN 1264-4. Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes.

#### **Parte 4: Instalación.**

#### **EJECUCIÓN, MEDICIÓN Y ABONO.**

Como la unidad de obra ICE100

*Unidad de obra ICE110: Sistema de calefacción y refrigeración por suelo radiante "UPONOR IBERIA", compuesto por panel portatubos aislante de 1450x850 mm y 13 mm de espesor, de poliestireno expandido (EPS), de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad, tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, EvalPEX y capa de mortero autonivelante de 5 cm de espesor.*

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de sistema de calefacción y refrigeración por suelo radiante "UPONOR IBERIA", formado por film de polietileno, panel portatubos aislante de 1450x850 mm y 13 mm de espesor, de poliestireno expandido (EPS), de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad, tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, EvalPEX y capa de mortero autonivelante de 5 cm de espesor, incluso piezas especiales y formación de juntas de dilatación. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

#### **NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación UNE-EN 1264-4. Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes.

#### **Parte 4: Instalación.**

#### **CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Superficie útil, medida según documentación gráfica de Proyecto.

#### **CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.**

##### **DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación. Se comprobará que todos los tabiques están levantados y que la red de desagües está acabada.

#### **PROCESO DE EJECUCIÓN.**

##### **FASES DE EJECUCIÓN.**

Preparación y limpieza de la superficie de apoyo. Replanteo de la instalación. Extendido del film de polietileno. Fijación del zócalo perimetral. Colocación de los

paneles. Replanteo de la tubería. Colocación y fijación de las tuberías. Vertido y extendido de la capa de mortero. Realización de pruebas de servicio.

#### **CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

La superficie acabada tendrá resistencia y planeidad.

#### **PRUEBAS DE SERVICIO.**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.

Normativa de aplicación: CTE. DB HS Salubridad

#### **COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICE150: Sistema de regulación de la temperatura "UPONOR IBERIA", compuesto de unidad base de control termostático, para un máximo de 12 termostatos de control por cable y 14 cabezales electrotérmicos a 24 V, modelo C35, termostato de control, estándar, por cable, modelo T35 y cabezales electrotérmicos.*

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de sistema de regulación de la temperatura "UPONOR IBERIA", compuesto de unidad base de control termostático, para un máximo de 12 termostatos de control por cable y 14 cabezales electrotérmicos a 24 V, modelo C35, termostato de control, estándar, por cable, modelo T35 y cabezales electrotérmicos. Totalmente montado, conexionado y probado.

#### **NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación UNE-EN 1264-4. Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes.

**Parte 4: Instalación.**

#### **CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

#### **CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.**

##### **DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.

#### **FASES DE EJECUCIÓN.**

Conexionado al sistema de control de temperatura.

#### **COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICE150b: Sistema de regulación de la temperatura "UPONOR IBERIA", compuesto de unidad base de control termostático, para un máximo de 12 termostatos de control por cable y 14 cabezales electrotérmicos a 24 V, modelo C35, termostato de control, estándar, por cable, modelo T35 y cabezales electrotérmicos.*

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de sistema de regulación de la temperatura "UPONOR IBERIA", compuesto de unidad base de control termostático, para un máximo de 12 termostatos de control por cable y 14 cabezales electrotérmicos a 24 V, modelo C35, termostato de control, estándar, por cable, modelo T35 y cabezales electrotérmicos. Totalmente montado, conexionado y probado.

#### **NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación **UNE-EN 1264-4. Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes. Parte 4: Instalación.**

#### **EJECUCIÓN, MEDICIÓN Y ABONO.**

Como la unidad de obra ICE150

*Unidad de obra ICE161: Grupo de impulsión para control de la bomba de circulación y de la humedad en instalaciones de calefacción y refrigeración, con centralita, instalación en sala de calderas, válido para superficie de suelo radiante de hasta 125 m<sup>2</sup>, modelo CGP15, "UPONOR IBERIA", formado por centralita modelo C46 con sonda de temperatura exterior y sondas de temperatura de impulsión y retorno, circulador Alpha 2L 25-60 y válvula de 3 vías.*

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de grupo de impulsión para control de la bomba de circulación y de la humedad en instalaciones de calefacción y refrigeración, con centralita, instalación en sala de calderas, válido para superficie de suelo radiante de hasta 125 m<sup>2</sup>, modelo CGP15, "UPONOR IBERIA", formado por centralita modelo C46 con sonda de temperatura exterior y sondas de temperatura de impulsión y retorno, circulador Alpha 2L 25-60 y válvula de 3 vías, con sonda de humedad y antena para conexión inalámbrica con sonda de humedad. Totalmente montado, conexionado y probado.

#### **NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación **UNE-EN 1264-4. Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes. Parte 4: Instalación.**

#### **CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

#### **CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.**

**DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*5.2.2.1.2. Instalación solar térmica*

*Unidad de obra ICB005: Captador solar térmico completo, partido, para instalación individual, modelo Logasol CP/1/SKS/SU200 "BUDERUS", formado por un panel modelo SKS 4.0-s, de 1145x2070x90 mm, superficie útil 2,1 m<sup>2</sup>, rendimiento óptico 0,851, coeficiente de pérdidas primario 4,036 W/m<sup>2</sup>K y coeficiente de pérdidas secundario 0,0108 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>, según UNE-EN 12975-2, estructura de soporte sobre cubierta horizontal e interacumulador de un serpentín modelo SU200 de 200 litros.*

**MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.**

Se instalarán manguitos electrolíticos entre metales de distinto potencial.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de captador solar térmico completo, partido, para instalación individual, modelo Logasol CP/1/SKS/SU200 "BUDERUS", compuesto por: un panel modelo SKS 4.0-s, superficie útil 2,1 m<sup>2</sup>, rendimiento óptico 0,851, coeficiente de pérdidas primario 4,036 W/m<sup>2</sup>K y coeficiente de pérdidas secundario 0,0108 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>, según UNE-EN 12975-2, compuesto de: panel de vidrio de alta transmisividad (granulado), lámina absorbadora de una sola pieza con tratamiento selectivo (Tinox-PVD), tubos absorbadores de doble meandro, aislamiento térmico, panel trasero, bastidor de fibra de vidrio negro con esquinas de plástico inyectado y vaina para sonda de temperatura; estructura de soporte sobre cubierta horizontal; kit de tuberías y accesorios de conexión de acero inoxidable; interacumulador de acero vitrificado, de un serpentín modelo SU200 de 200 litros; estación solar con regulación integrada modelo KS0105 SC20; vaso de expansión de 25 litros con kit de conexión AAS; válvula de seguridad; purgador automático y líquido solar Tyfocor (2x20 litros). Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.

**CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

**CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.****DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada y exenta de cualquier tipo de material sobrante de trabajos efectuados con anterioridad.

**AMBIENTALES.**

Se suspenderán los trabajos cuando llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

**PROCESO DE EJECUCIÓN.****FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo del conjunto. Colocación de la estructura soporte. Colocación y fijación de los paneles sobre la estructura soporte. Colocación del sistema de acumulación solar. Conexión con la red de conducción de agua. Llenado del circuito. Puesta en marcha.

**CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

Todos los componentes de la instalación quedarán limpios de cualquier resto de suciedad y debidamente señalizados.

**CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras. Se mantendrán taponados los captadores hasta su puesta en funcionamiento.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

*Unidad de obra ICS010: Circuito primario de sistemas solares térmicos formada por tubo de cobre rígido, de 13/15 mm de diámetro, colocada superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco.*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Suministro e instalación de tubería de distribución de mezcla de agua y anticongelante para circuito primario de sistemas solares térmicos, formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 13/15 mm de diámetro, colocado superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexión y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

**NORMATIVA DE APLICACIÓN.**

Instalación **CTE. DB HS Salubridad.**

**CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.**

Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

**CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.****DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

**PROCESO DE EJECUCIÓN.****FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Aplicación del revestimiento superficial del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.

**CONDICIONES DE TERMINACIÓN.**

La instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.

**PRUEBAS DE SERVICIO.**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.

Normativa de aplicación: CTE. DB HS Salubridad

**CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

**COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.**

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

**5.2.3. CONDICIONES DE MONTAJE****5.2.3.1. Generalidades**

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen el cumplimiento de las exigencias del servicio, la durabilidad y las condiciones de salubridad y que faciliten el mantenimiento de la instalación.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que sean de aplicación.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuadas para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos. Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Así mismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a los mismos a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles una vez instalados.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y los desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

#### 5.2.3.2. Montaje de la estructura soporte y de los captadores

Si los captadores son instalados en los tejados del edificio, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores, de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

Cuando se monten tuberías flexibles, se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura inferiores a los especificados por el fabricante.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período, las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda ser largo, el suministrador procederá a tapar los captadores.

#### 5.2.3.3. Montaje del acumulador

La estructura soporte para los depósitos y su fijación se realizarán según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación, para depósitos de más de 1000 litros situados en cubiertas o pisos, deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción, cuando se sitúen en cubiertas de piso, tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá, para depósitos de más de 300 litros, el diseño de un profesional competente.

#### 5.2.3.4. Montaje del intercambiador

Se tendrá en cuenta la accesibilidad al intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

#### 5.2.3.5. Montaje de la bomba de circulación

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser desmontado fácilmente. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a bombas en línea dispondrán, en las inmediaciones de las mismas, de soportes adecuados para que no se provoquen esfuerzos recíprocos.

En la conexión de las tuberías a las bombas, cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W, se dispondrán manguitos antivibratorios para garantizar la no aparición de esfuerzos recíprocos.

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensaestopas, se instalarán sistemas de llenado automáticos.

#### 5.2.3.6. Montaje de tuberías y accesorios

Antes del montaje, deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o dañadas de cualquier otra forma.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anticorrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanquidad, etc. se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán con la menor separación posible a los paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm. Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector, no debe ser inferior a los siguientes valores:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, tales como cuadros o motores.

No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones entre las tuberías y los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones entre los componentes del circuito deben ser fácilmente desmontables, mediante bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente del 1% en el sentido de circulación.

Se facilitará la dilatación de las tuberías utilizando cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de las tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con la valvulería y los equipos podrán ser roscadas hasta 2" de diámetro. Para diámetros superiores, las uniones se realizarán mediante bridas.

En ningún caso se permitirá ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

Las uniones entre tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos, el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, separación y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de la norma UNE 100.152.

Durante el montaje se evitarán, en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas, el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o de impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud. En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

#### 5.2.3.7. Montaje del aislamiento

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones, se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

### 5.2.4. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO

#### 5.2.4.1. Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie útil homologada inferior o igual a 20 m<sup>2</sup>, y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies superiores a 20 m<sup>2</sup>.

Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100% son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores: Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento pero, dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores: En este caso, el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y, a su vez, evacúa los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

En caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las visitas a realizar para el vaciado parcial o tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

#### 5.2.4.2. Programa de mantenimiento

**Objeto:** El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria.

**Criterios generales:** Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- Vigilancia
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

##### 5.2.4.2.1. Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario que, asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la tabla 1.

	Operación	Frecuencia	Descripción (*)
Captadores	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3 meses	IV - Condensaciones, sustitución
	Juntas	3 meses	IV - Agrietamiento y deformaciones
	Absorbedor	3 meses	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3 meses	IV - Fugas
	Estructura	3 meses	IV - Degradación, indicios de corrosión
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6 meses	IV - Ausencia de humedad y fugas
	Purgador manual	3 meses	Vaciar el aire del botellín
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	IV - Temperatura
	Tubería y aislamiento	6 meses	IV - Ausencia de humedad y fugas
	Acumulador solar	3 meses	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito

(\*) IV: Inspección visual

## 5.2.4.2.2. Plan de mantenimiento preventivo

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras que, aplicadas a la instalación, deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>.

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente, que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

A continuación se desarrollan, de forma detallada, las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Equipo	Frecuencia	Descripción
Captadores	6 meses	IV - Diferencias sobre el original
		IV - Diferencias entre captadores
Cristales		IV - Condensaciones y suciedad
Juntas		IV - Agrietamiento y deformaciones
Absorbedor		IV - Corrosión y deformaciones
Carcasa		IV - Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones		IV - Aparición de fugas
Estructura		IV - Degradación, indicios de corrosión, apriete de tornillos
Captadores (*)	6 meses	Tapado parcial del campo de captadores
		Destapado parcial del campo de captadores
		Vaciado parcial del campo de captadores
		Llenado parcial del campo de captadores

(\*) IV: Inspección visual

(\*) Estas operaciones se realizarán en caso de optar por las medidas b) y c) del apartado 2.1 de la sección HE-4 del DB HE Ahorro de energía del CTE.

Equipo	Frecuencia	Descripción
Depósito	24 meses	Presencia de lodos en el fondo
Ánodos de sacrificio	12 meses	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12 meses	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12 meses	Comprobar que no hay humedad

Tabla C. Sistema de intercambio		
Equipo	Frecuencia	Descripción (*)
Intercambiador de placas	12 meses	CF - Eficiencia y prestaciones
	60 meses	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12 meses	CF - Eficiencia y prestaciones
	60 meses	Limpieza

(\*) CF: Control de funcionamiento

Tabla D. Sistema eléctrico y de control		
Equipo	Frecuencia	Descripción (*)
Cuadro eléctrico	12 meses	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12 meses	CF Actuación
Termostato	12 meses	CF Actuación
Verificación del sistema de medida	12 meses	CF Actuación

(\*) CF: Control de funcionamiento

Tabla E. Circuito hidráulico		
Equipo	Frecuencia	Descripción (*)
Fluido refrigerante	12 meses	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24 meses	Efectuar prueba de presión
Aislamiento exterior	6 meses	IV - Degradación, protección de uniones y ausencia de humedad
Aislamiento interior	12 meses	IV - Uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12 meses	Control de funcionamiento y limpieza
Purgador manual	6 meses	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12 meses	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6 meses	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6 meses	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6 meses	CF Actuación
Válvula de corte	12 meses	CF Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12 meses	Actuación

(\*) IV: Inspección visual

(\*) CF: Control de funcionamiento

Tabla F. Sistema de energía auxiliar		
Equipo	Frecuencia	Descripción (*)
Sistema auxiliar	12 meses	CF Actuación
Sondas de temperatura	12 meses	CF Actuación

(\*) CF: Control de funcionamiento

Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos

sistemas. Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

#### 5.2.4.2.3. *Mantenimiento correctivo*

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de 'Garantías', cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarios para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

#### 5.2.4.3. Garantías

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Así mismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación por escrito, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- Una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de la instalación 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.

#### 5.2.5. PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO

De acuerdo con el artículo 7.4 del CTE, en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la Dirección Facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado y cuyo coste se especifica detalladamente en el capítulo de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución material (PEM) del proyecto.

#### INSTALACIONES

Las pruebas finales de la instalación se efectuarán, una vez esté el edificio terminado, por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios materiales y humanos necesarios para su realización.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del director de Ejecución de la Obra, que 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. Se indicarán marca y modelo y se mostrarán, para cada equipo, los datos de funcionamiento según proyecto y los datos medidos en obra durante la puesta en marcha.

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 el instalador autorizado o por el director de la instalación, y bajo su responsabilidad.

Serán a cargo de la empresa instaladora todos los gastos ocasionados por la realización de estas pruebas finales, así como los gastos ocasionados por el incumplimiento de las mismas.

**Pamplona, Junio de 2012.  
El Ingeniero Técnico Industrial:**

**DANIEL MÉNDEZ NIEVES**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

DOCUMENTO 6: PRESUPUESTO

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012

**ÍNDICE:**

**6.1. PRESUPUESTO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA**

6.1.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ..... 3

**6.2. PRESUPUESTO INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA**

6.2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ..... 11

**6.3. PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN**

5.3.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ..... 13

**6.4. PRESUPUESTO TOTAL INSTALACIONES ..... 23**

**6.1. PRESUPUESTO INSTALACIÓN GEOTÉRMICA****6.1.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de bomba de calor geotérmica "Vaillant", modelo geoTHERM VWS 61/2. Potencia térmica de 6,9 kW, consumo de potencia de 1,4 kW y coeficiente de rendimiento COP de 4,7. Tensión nominal de 230 V / 50 Hz. Temperatura de salida de hasta 62°C. Dispone de resistencia adicional de apoyo a la calefacción y protección legionella. Circuito de refrigeración totalmente controlado por sensores. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Bombas de circulación integradas en circuito primario y secundario. Limitador de corriente de arranque. Módulo de refrigeración activa geotermia ACM 17. Deposito de compensación de agua glicolada con válvula de seguridad. Dispositivo de control remoto. Sondas de lectura de temperatura exterior y calefacción. Válvulas de corte, manómetros, conjunto de conexiones hidráulicas, accesorios de montaje y fijación. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00 ud	10.450,00 €/ud	<b>10.450,00 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
2	<p>A) Descripción: Excavación mecánica de 2 pozos de 60 m de profundidad cada uno para la instalación de sondas geotérmicas. Diámetro máximo de perforación de 150 mm. Totalmente montado e instalado por la empresa instaladora.</p> <p>B) Incluye: Accesorios y maquinaria necesaria para la realización y montaje del pozo.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	120,00 m	38,00 €/m	<b>4.560,00 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
3	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de sonda geotérmica en U doble, sonda RAUGEO PE 100, en polietileno de alta densidad, diámetro de pie de sonda de 32x2,9 (mm), 60 m de longitud de suministro, 66 kg de peso y 129 l de volumen de tubo. Presión nominal PN 16 para temperatura del medio de 20°C. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Certificado de inspección y control de calidad. Accesorios de montaje y fijación. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2,00 ud	633,00 €/ud	<b>1.266,00 €</b>

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>4</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de lastre para sonda RAUGEO PE 100. Peso de 25 kg para facilitar la introducción de la sonda en el sondeo. Material de acero.</p> <p>B) Incluye: Material para la fijación.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2 ud	144,00 €/ud	<b>288,00 €</b>

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>5</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de tubo en Y RAUGEO para interconectar las 2 impulsiones y los 2 retornos dentro del sondeo. Interconectar de 32x2,9 a 40x3,7 (mm). Fabricado en PE 100. Soporta la presión nominal correspondiente a SDR 11 según DIN 8075. Montaje en la obra mediante soldadura de manquito con mandril.</p> <p>B) Incluye: Accesorios de montaje y fijación.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	4 ud	50,91 €/ud	<b>203,64 €</b>

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>6</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de distanciador RAUGEO de 32x2,9 (mm) que asegura una separación definida de la sonda dentro del sondeo, para evitar un cortocircuito térmico con el contacto directo entre los tubos de la sonda. Dispone de un orificio central de 45 mm para pasar un tubo de llenado. Totalmente montado y probado.</p> <p>B) Incluye: Montaje en la obra mediante soldadura de manquito con mandril.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	60 uds	0,64 €/ud	<b>38,40 €</b>

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>7</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación del tubo de llenado RAUGEO PE 100 SDR 11, para la inyección dentro del sondeo, en polietileno según DIN8074/75. Tubo de llenado 25x2,3 (mm), estabilizado frente a los rayos UV, en color negro y presión nominal PN 16. Longitud de suministro de 60 m.</p> <p>B) Incluye: Accesorios para montaje y fijación.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2 uds	0,75 €/ud	<b>1,50 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
8	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de distribuidor RAUGEO, para la conexión de los circuitos de agua glicolada individuales, con racor de conexión de 40x3,7 y caudalímetro con rango de medición 8-30 l/min. Compuesto por 2 tubos distribuidores, uno de ellos con válvulas de esfera premontadas y el otro con válvulas de compensación premontadas. Material del distribuidor/colector en latón. Consolas en acero galvanizado. Longitud del colector de 300 mm y 6,30 kg de peso. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Piezas terminales de distribuidor, con purga de aire y válvula combinada de llenado y vaciado incorporadas. Consolas distribuidoras insonorizadas, con montaje mural. Conexión para el agua glicolada con racores y tubo distribuidor, colector sometido a prueba de presión con válvulas de esfera incorporadas para seccionar los circuitos. Colocación y fijación de tuberías y accesorios. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	1.124,00 €/ud	<b>1.124,00 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
9	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de acumulador geoSTOR. Acumulador de inercia de acero al carbono de 200 l. de volumen.</p> <p>B) Incluye: Material para montaje y fijación.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	570,00 €/ud	<b>570,00 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>10</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de material para relleno de la perforación geotérmica. Material formado por cemento-bentonita. Diámetro del pozo de 150 mm. Profundidad del pozo de 60m. Ejecutado según especificaciones.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2 ud	480,00 €/ud	<b>960,00 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>11</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de tubo REHAU de PE 100 SDR 11 para tuberías de conexión 40x3,7 (mm) desde la salida de la sonda RAUGEO PE 100 a través del tubo en Y RAUGEO hasta el distribuidor/colector RAUGEO. En polietileno según DIN 8074/75, estabilizado frente a los rayos UV, color negro. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Colocación y fijación de tuberías y accesorios. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto</p>	20,00 m	2,97 €/m	<b>59,40 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
12	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de tubo REHAU de PE 100 SDR 11 para tuberías de conexión 40x3,7 (mm) desde la salida del distribuidor/colector RAUGEO hasta la bomba de calor geotérmica VAILLANT. En polietileno según DIN 8074/75, estabilizado frente a los rayos UV, color negro. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Colocación y fijación de tuberías y accesorios. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto</p>	4,80 m	2,97 €/m	<b>14,26 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
13	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de vaso de expansión cerrado con una capacidad de 5 l, 190 mm de altura, 270 mm de diámetro, con rosca de 3/4" de diámetro y 10 bar de presión, incluso manómetro y elementos de montaje y conexión necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación del vaso. Conexión a la red de distribución.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00 ud	115,77 €/ud	<b>115,77 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
14	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de tubo termorretráctil RAUGEO de 20-55 mm para la protección contra la corrosión de elementos enterrados en el terreno. Material de polietileno reticulado y cola termofusible.</p> <p>B) Incluye: Accesorios para montaje y fijación.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	18,00 m	16,54 €/m	<b>297,72 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
15	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de coquilla aislante de 40 mm para el aislamiento estanco al vapor de agua de tuberías dentro del edificio, según DIN 4140. Espesor de la capa aislante 14,5 mm.</p> <p>B) Incluye: Accesorios para montaje y fijación.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	4,20 m	15,30 €/m	<b>64,26 €</b>

Total de ejecución material **20.012,95 €**

Asciende el presupuesto total de ejecución material de la instalación geotérmica a la expresada cantidad de **VEINTE MIL DOCE EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS.**

**6.2. PRESUPUESTO INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA****6.2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de captador solar térmico completo, partido, para instalación individual, modelo Logasol CP/1/SKS/SU200 "BUDERUS", compuesto por: un panel modelo SKS 4.0-s, superficie útil 2,1 m<sup>2</sup>, rendimiento óptico 0,851, coeficiente de pérdidas primario 4,036 W/m<sup>2</sup>K y coeficiente de pérdidas secundario 0,0108 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>, según UNE-EN 12975-2, compuesto de: panel de vidrio de alta transmisividad (granulado), lámina absorbadora de una sola pieza con tratamiento selectivo (Tinox-PVD), tubos absorbadores de doble meandro, aislamiento térmico, panel trasero, bastidor de fibra de vidrio negro con esquinas de plástico inyectado y vaina para sonda de temperatura; estructura de soporte sobre cubierta horizontal; kit de tuberías y accesorios de conexión de acero inoxidable; interacumulador de acero vitrificado, de un serpentín modelo SU200 de 200 litros; estación solar con regulación integrada modelo KS0105 SC20; vaso de expansión de 25 litros con kit de conexión AAS; válvula de seguridad; purgador automático y líquido solar Tyfocor (2x20 litros). Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>B) Incluye: Replanteo del conjunto. Colocación de la estructura soporte. Colocación y fijación de los paneles sobre la estructura soporte. Colocación del sistema de acumulación solar. Conexionado con la red de conducción de agua. Llenado del circuito. Puesta en marcha.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00 ud	3.337,78 €/ud	<b>3.337,78 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
2	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de tubería de distribución de mezcla de agua y anticongelante para circuito primario de sistemas solares térmicos, formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 13/15 mm de diámetro, colocado superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Aplicación del revestimiento superficial del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	13,93 m	20,56 €/m	<b>286,40 €</b>

Total de ejecución material

**3.624,18 €**

Asciende el presupuesto total de ejecución material de la instalación solar térmica a la expresada cantidad de **TRES MIL SEISCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.**

**6.3. PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN****6.3.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de colector modular plástico de 1" de diámetro, "UPONOR IBERIA", para 4 circuitos, compuesto de 2 válvulas de paso de 1", 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, llave de llenado, llave de vaciado, caudalímetros, 2 tapones terminales y soportes, con armario de 80x500x630 mm y puerta para armario de 500x630 mm, acabado blanco, con curvatubos de plástico. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Replanteo del emplazamiento del colector. Colocación del armario para el colector. Colocación del colector. Conexión de las tuberías al colector. Conexión del colector a la red de distribución interior o a la caldera. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00 ud	515,13 €/ud	<b>515,13 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
2	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de colector modular plástico de 1" de diámetro, "UPONOR IBERIA", para 6 circuitos, compuesto de 2 válvulas de paso de 1", 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, llave de llenado, llave de vaciado, caudalímetros, 2 tapones terminales y soportes, con armario de 80x700x630 mm y puerta para armario de 700x630 mm, acabado blanco, con curvatubos de plástico. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Replanteo del emplazamiento del colector. Colocación del armario para el colector. Colocación del colector. Conexión de las tuberías al colector. Conexión del colector a la red de distribución interior o a la caldera. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto</p>	1,00 ud	663,41 €/ud	<b>663,41 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
3	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de sistema de calefacción y refrigeración por suelo radiante "UPONOR IBERIA", formado por film de polietileno, panel portatubos aislante de 1450x850 mm y 13 mm de espesor, de poliestireno expandido (EPS), de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad, tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, EvalPEX y capa de mortero autonivelante de 5 cm de espesor, incluso piezas especiales y formación de juntas de dilatación. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Preparación y limpieza de la superficie de apoyo. Replanteo de la instalación. Extendido del film de polietileno. Fijación del zócalo perimetral. Colocación de los paneles. Replanteo de la tubería. Colocación y fijación de las tuberías. Vertido y extendido de la capa de mortero. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie útil, medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	116,87 m <sup>2</sup>	66,33 €/ m <sup>2</sup>	<b>7.751,99 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
4	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de sistema de regulación de la temperatura "UPONOR IBERIA", compuesto de unidad base de control termostático, para un máximo de 12 termostatos de control por cable y 14 cabezales electrotérmicos a 24 V, modelo C35, termostato de control, estándar, por cable, modelo T35 y cabezales electrotérmicos. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Conexionado al sistema de control de temperatura.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	453,53 €/ud	<b>453,53 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
5	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de sistema de regulación de la temperatura "UPONOR IBERIA", compuesto de unidad base de control termostático, para un máximo de 12 termostatos de control por cable y 14 cabezales electrotérmicos a 24 V, modelo C35, termostato de control, estándar, por cable, modelo T35 y cabezales electrotérmicos. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Conexionado al sistema de control de temperatura.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	543,21 €/ud	<b>543,21 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
6	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de grupo de impulsión para control de la bomba de circulación y de la humedad en instalaciones de calefacción y refrigeración, con centralita, instalación en sala de calderas, válido para superficie de suelo radiante de hasta 125 m<sup>2</sup>, modelo CGP15, "UPONOR IBERIA", formado por centralita modelo C46 con sonda de temperatura exterior y sondas de temperatura de impulsión y retorno, circulador Alpha 2L 25-60 y válvula de 3 vías, con sonda de humedad y antena para conexión inalámbrica con sonda de humedad. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	2.118,68 €/ud	<b>2.118,68 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
7	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de punto de llenado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, según UNE-EN ISO 15875-2, colocada superficialmente, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica, válvulas de corte, filtro retenedor de residuos, contador de agua y válvula de retención. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	96,70 €/ud	<b>96,70 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
8	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", según UNE-EN ISO 15875-2, empotrado en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	16,80 m	17,57 €/m	<b>295,18 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
9	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, EvalPEX, sistema de unión Quick and Easy, "UPONOR IBERIA", según UNE-EN ISO 15875-2, empotrado en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	8,82 m	23,27 €/m	<b>205,24 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>10</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de punto de vaciado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVAL), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, según UNE-EN ISO 15875-2, colocada superficialmente y válvula de corte. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	3 uds	26,86 €/ud	<b>80,58 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>11</b>	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de vaso de expansión cerrado con una capacidad de 5 l, 190 mm de altura, 270 mm de diámetro, con rosca de 3/4" de diámetro y 10 bar de presión, incluso manómetro y elementos de montaje y conexión necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación del vaso. Conexión a la red de distribución.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	115,77 €/ud	<b>115,77 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
12	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de válvula de 3 vías de 1/2", mezcladora, con actuador de 220 V; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexiónada y probada.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula a los tubos.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1 ud	193,62 €/ud	<b>193,62 €</b>

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
13	<p>A) Descripción: Suministro e instalación de purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 6 bar y una temperatura máxima de 110°C; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexiónado y probado.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación del purgador. Conexiónado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto..</p>	2 uds	11,07 €/ud	<b>22,14 €</b>

**Total de ejecución material** **13.055,18 €**

Asciende el presupuesto total de ejecución material de la instalación de climatización a la expresada cantidad de **TRECE MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.**

**6.4. PRESUPUESTO TOTAL INSTALACIONES**

Presupuesto total instalación geotérmica	20.012,95 €
Presupuesto total instalación solar térmica	3.624,18 €
Presupuesto total instalación de climatización	<u>13.055,18 €</u>
Presupuesto total de ejecución material	<b>36.692,31 €</b>
5 % de gastos generales.	1.834,62 €
5 % de beneficio industrial	<u>1.834,62 €</u>
Suma	40.361,55 €
3 % de redacción	1.210,85 €
3 % de dirección	<u>1.210,85 €</u>
Suma	42.783,25 €
IVA: 18.00%	<u>7.700,99 €</u>
Presupuesto total	<b>50.484,24 €</b>

Asciende el presupuesto total de este proyecto a la expresada cantidad de **CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.**

**Pamplona, Junio de 2012.**  
**El Ingeniero Técnico Industrial:**

**DANIEL MÉNDEZ NIEVES**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CLIMATIZACIÓN DE UN UNIFAMILIAR POR ENERGÍA  
GEOTÉRMICA Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. POR ENERGÍA  
SOLAR TÉRMICA”

## DOCUMENTO 7: BIBLIOGRAFÍA

Daniel Méndez Nieves

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Junio de 2012

**ÍNDICE:**

<b>7.1. LIBROS .....</b>	<b>3</b>
<b>7.2. NORMATIVA .....</b>	<b>3</b>
<b>7.3. PROGRAMAS INFORMÁTICOS .....</b>	<b>3</b>
<b>7.4. PÁGINAS WEB .....</b>	<b>4</b>
<b>7.5. CATÁLOGOS .....</b>	<b>4</b>

## 7.1. LIBROS

- “Manual de geotermia”, realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), fruto de un Convenio Marco de colaboración entre ambos organismos.
- “Guía de la Energía Geotérmica”, Comunidad de Madrid, de Guillermo Llopis Trillo y Vicente Rodrigo Angulo.
- “Documento Anexo de la Guía de la Energía Geotérmica”, Comunidad de Madrid.  
  
“Guía técnica: Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica”, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA).
- “Energía solar térmica”, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA).
- “Manual técnico para instalaciones de calefacción y refrigeración por suelo”, Climatización invisible residencial UPONOR.
- Manual del usuario: “Cype Ingenieros – Instalaciones de Edificios”
- “Sistema rauego, Información técnica 827600 es, para el aprovechamiento geotérmico”.

## 7.2. NORMATIVA

- Código técnico de la edificación (C.T.E.)
  - o Documento Básico HE 1: Limitación de demanda energética.
  - o Documento Básico HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (R.I.T.E.).
- Normas UNE de aplicación al proyecto.

## 7.3. PROGRAMAS INFORMÁTICOS

- CYPE- Instalaciones del edificio: módulos de Aislamiento, Climatización y Solar térmica. Software de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Versión 2012.c
- Limitación de la Demanda Energética LIDER, patrocinado por el Ministerio de Vivienda.
- Arquímedes y control de obra. Versión 2012.

- Procedimiento Simplificado para la Certificación Energética
- Autocad 2009.
- Microsoft Office Word 2007.
- Microsoft Office Excel 2007.

#### **7.4. PÁGINAS DE INTERNET**

- [www.lgme.es](http://www.lgme.es) (Instituto Geológico y Minero de España).
- [www.sitna.navarra.es](http://www.sitna.navarra.es) (Sistema de Información Territorial de Navarra).
- [www.cype.es](http://www.cype.es) (Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción).
- [www.vaillant.es/geotermia](http://www.vaillant.es/geotermia) (Energías Renovables).
- [www.idae.es](http://www.idae.es) (Instituto para la Diversificación y Ahorro de energía).

#### **7.5. CATÁLOGOS**

- “Vaillant, tarifas 2012”, Energías Renovables.
- “Sistema raugco, gama de productos 2012”
- “Buderus solar, Tarifa Energías Renovables”.
- “Tarifas Uponor”

A continuación se adjuntan varios catálogos que han sido utilizados para la realización de este Proyecto Fin de Carrera.