



Universidad de  
Oviedo



# **ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.**

## **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

### **ÁREA DE ENERGÍA**

#### **SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA MÓDULO HABITABLE**

**D. Riestra Valdés, Marta**  
**TUTOR: D. Higuera Garrido, Alberto**

**FECHA: Noviembre de 2021**

# Índice

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS Y ALCANCE.....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>SISTEMAS DE GENERACIÓN .....</b>	<b>12</b>
3.1	Sistemas de aire acondicionado .....	12
3.2	Ventilación difusa .....	13
3.3	Aeroterminia .....	14
3.4	Geoterminia .....	16
3.5	Bomba de calor inverter .....	17
3.6	Sistema VRV con recuperación de calor.....	18
3.7	Calderas de biomasa.....	18
3.8	Calderas de gas .....	19
3.9	Termo Eléctrico.....	20
<b>4.</b>	<b>SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>22</b>
4.1	Split Fijo .....	22
4.2	Split Móvil .....	22
4.3	Multisplit .....	23
4.4	Aire Zone .....	23
4.5	Suelo Radiante .....	24
4.6	Radiadores .....	25
<b>5.</b>	<b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>27</b>
<b>6.</b>	<b>SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y EMPLAZAMIENTO .....</b>	<b>31</b>
<b>7.</b>	<b>CLIMATOLOGÍA .....</b>	<b>32</b>
<b>8.</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR DE VIVIENDA .....</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>MÓDULO HABITABLE .....</b>	<b>34</b>
9.1	Contenedor Dry Van .....	34

9.2	Contenedor High Cube .....	35
9.3	Contenedor Open Top .....	36
9.4	Contenedor Open Side.....	36
9.5	Contenedor Flat Rack.....	37
9.6	Contenedor Reefer .....	38
9.7	Contenedor Tank.....	38
<b>10.</b>	<b>AISLAMIENTO .....</b>	<b>41</b>
<b>11.</b>	<b>DISEÑO DEL CONTENEDOR.....</b>	<b>47</b>
11.1	Construcción .....	47
11.2	Interior .....	50
<b>12.</b>	<b>ENVOLVENTE TÉRMICA .....</b>	<b>52</b>
12.1	Conceptos Previos.....	53
12.2	Cálculos .....	55
12.3	Comprobación según Código Técnico de la Edificación .....	69
<b>13.</b>	<b>CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA .....</b>	<b>72</b>
13.1	Datos generales y administrativos.....	72
13.2	Envolverte térmica.....	73
13.3	Definición del edificio .....	73
13.4	Definición de instalaciones.....	76
13.5	Calificación del proyecto.....	86
<b>14.</b>	<b>SUELO RADIANTE .....</b>	<b>90</b>
14.1	Temperaturas .....	91
14.2	Colector y tubos .....	92
14.3	Circuitos.....	93
14.4	Cálculos .....	97
14.5	Bomba de impulsión.....	110
<b>15.</b>	<b>INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA Y ACS .....</b>	<b>113</b>

15.1	Diseño de la instalación.....	114
<b>16.</b>	<b>INSTALACIÓN FINAL.....</b>	<b>125</b>
<b>17.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>128</b>
<b>18.</b>	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>130</b>
18.1	Coste materiales .....	130
18.2	Coste instalaciones .....	131
18.3	Coste mano de obra.....	131
18.4	Coste de equipos .....	132
18.5	Presupuesto Final .....	132
<b>19.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>133</b>
ANEXO I.....		136

# Lista de figuras

Figura 3.1.- Esquema de ciclo refrigerante. ....	13
Figura 3.2.- Ciclo aerotérmico.....	15
Figura 3.3.- Esquema sistema aerotérmico .....	15
Figura 3.4.- Esquema geotermia.....	16
Figura 3.5.Esquema ciclo geotérmico.....	17
Figura 3.6.- Esquema sistema de caldera de biomasa.....	19
Figura 3.7.- Caldera de gas.....	20
Figura 3.8.- Termo eléctrico.....	21
Figura 4.1.-Split fijo.....	22
Figura 4.2.- Split móvil.....	23
Figura 4.3.- Multisplit .....	23
Figura 4.4.- Airezone .....	24
Figura 4.5.- Suelo radiante .....	25
Figura 4.6.-Circuito de calefacción con radiadores .....	26
Figura 6.1.- Zona geográfica Gijón .....	31
Figura 7.1.- Precipitación ciudad de Gijón .....	32
Figura 7.2.- Temperaturas ciudad de Gijón.....	32
Figura 9.1.-Contenedor Dry Van 20' .....	34
Figura 9.2.- Contenedor Dry Van 40' .....	35
Figura 9.3.- Contenedor High Cube 40'.....	35
Figura 9.4.- Contenedor High Cube 45'.....	35
Figura 9.5.- Contenedor Open Top.....	36
Figura 9.6.- Contenedor Open Side .....	37
Figura 9.7.- Contenedor Flat Rack.....	37
Figura 9.8.- Contenedor Reefer .....	38
Figura 9.9.- Contenedor Tank .....	39
Figura 10.1.- Poliestireno expandido .....	41
Figura 10.2.- Poliestireno extruido .....	42
Figura 10.3.- Espuma de poliuretano .....	43
Figura 10.4.- Lana de roca.....	43
Figura 10.5.- Lana de vidrio .....	44

Figura 11.1.- Ilustración de terreno previo.....	47
Figura 11.2.-Estructura inferior del contenedor .....	48
Figura 11.3.- Vista frontal con huecos.....	49
Figura 11.4.- Perfiles.....	49
Figura 11.5.- Vista cama abatible .....	50
Figura 11.6-- Vista de planta de ducha .....	50
Figura 11.7.- Inodoro con lavamanos .....	51
Figura 11.8.- Vista conjunto habitación.....	51
Figura 12.1.- Envoltente térmica .....	52
Figura 12.2.- Circuito conducción .....	53
Figura 12.3.- Convección.....	54
Figura 12.4.- Esquema envoltente térmica principal .....	55
Figura 12.5.- Vista fachadas del contenedor .....	56
Figura 12.6.- Circuito eléctrico equivalente fachadas laterales.....	57
Figura 12.7.- Circuito eléctrico equivalente fachada trasera.....	59
Figura 12.8.- Circuito eléctrico equivalente cubierta.....	60
Figura 12.9.- Esquema envoltente térmica inicial suelo .....	61
Figura 12.10.- Circuito eléctrico equivalente suelo .....	62
Figura 12.11.- Esquema envoltente térmica final suelo .....	63
Figura 12.12.- Circuito eléctrico equivalente final suelo .....	64
Figura 12.13.- Huecos fachada principal .....	66
Figura 12.14.- Tabla Documento Básico DB-HE Transmitancia térmica en huecos .....	67
Figura 12.15.- Tipo de vidrios doble acristalamiento .....	67
Figura 12.16.- Circuito eléctrico equivalente fachada principal .....	68
Figura 12.17.- Tabla Código Técnico de Edificación zonas climáticas.....	70
Figura 12.18.- Tabla Documento Básico DB-HE valores límite de transmitancias en huecos.....	70
Figura 13.1.- Escala certificación energética .....	72
Figura 13.2.- Vista de planta superficie útil .....	73
Figura 13.3.- Tabla Documento Básico DB-HS caudales mínimos para ventilación.....	74
Figura 13.4.- Tabla Documento Básico HE valores mínimos ocupación residencial .....	75
Figura 13.5.- Tabla Documento Básico HE demanda ACS en residencial.....	75
Figura 13.6.- Definición edificio CE3X.....	76
Figura 13.7.- Tabla IDAE factor de ponderación (FP) .....	80

Figura 13.8.- Tabla IDAE factor de corrección (FC).....	81
Figura 13.9.- Coeficiente de rendimiento mínimo a 45°C .....	81
Figura 13.10.- Instalaciones del edificio CE3X .....	82
Figura 13.11.- Parámetros instalaciones del edificio CE3X .....	83
Figura 13.12.-Contribuciones energéticas CE3X .....	86
Figura 13.13.- Calificación energética obtenida CE3X .....	87
Figura 13.14.- Emisiones globales CO <sub>2</sub> CE3X .....	87
Figura 13.15.- Consumo global de energías no renovables CE3X.....	88
Figura 13.16.- Demanda global CE3X.....	88
Figura 14.1.- Esquema suelo partes de suelo radiante .....	90
Figura 14.2.- Calefacción por suelo radiante .....	91
Figura 14.3.- Cuadro de colectores .....	92
Figura 14.4.- Esquema circuitos suelo radiante.....	93
Figura 14.5.- Vista planta del contenedor .....	94
Figura 14.6.- Esquema serpentín simple .....	96
Figura 14.7.- Esquema serpentín doble.....	96
Figura 14.8.- Esquema serpentín en espiral .....	97
Figura 14.9.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 factor de paso .....	101
Figura 14.10.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 factor de recubrimiento.....	101
Figura 14.11.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 factor de diámetro exterior del tubo .....	102
Figura 14.12.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 coeficiente B <sub>G</sub> .....	104
Figura 14.13.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 exponente n <sub>G</sub> .....	105
Figura 14.14.- Gráfico curvas características frente a curvas límites .....	106
Figura 14.15.- Gráfico temperatura media superficial del suelo frente a potencia térmica específica .....	108
Figura 14.16.- Tuberías Evalpex caudal frente a pérdidas de carga .....	111
Figura 14.17.- Curva característica bomba de circulación UP 20-07 N 150 .....	112
Figura 15.1.- Esquema red de tuberías ACS y AFS .....	113
Figura 15.2.- Tabla Documento Básico HS caudal instantáneo mínimo .....	114
Figura 15.3.-Esquema detallado red de tuberías.....	117
Figura 15.4.- Tabla IDAE Guía Técnica para agua caliente sanitaria caudales en función de la velocidad .....	121
Figura 16.1.- Esquema instalación final del proyecto.....	125

# Lista de tablas

Tabla 5.1.- Matriz de decisiones para sistemas de generación.....	30
Tabla 5.2.- Matriz de decisiones para sistemas de distribución .....	30
Tabla 10.1.-Conductividad aislantes térmicos.....	44
Tabla 10.2.- Coste de compra aislantes térmicos .....	45
Tabla 10.3.- Matriz de decisiones aislantes térmicos .....	46
Tabla 12.1.- Propiedades termofísicas del aire a 281,5 K.....	57
Tabla 12.2.- Correlación Sauder y Weise .....	58
Tabla 12.3.- Características envolvente térmica suelo.....	62
Tabla 12.4.- Pérdidas caloríficas módulo.....	69
Tabla 12.5.- Valores de transmitancias en fachadas .....	71
Tabla 13.1.- Consumo mensual ACS.....	85
Tabla 13.2.- Demanda energética mensual de ACS .....	85
Tabla 14.1.- Estimación circuitos .....	95
Tabla 14.2.- Cargas por transmisión en cada partición.....	98
Tabla 14.3.- Cargas totales en cada partición.....	98
Tabla 14.4.- Valores de posibles pasos para diseño .....	100
Tabla 14.5.- Factor de recubrimiento en función del paso.....	102
Tabla 14.6.- Factor de diámetro exterior del tubo en función del paso .....	102
Tabla 14.7.- Valor de $m_T$ en función del paso .....	103
Tabla 14.8.- Curva característica en función de $\Delta\theta_H$ y del paso.....	103
Tabla 14.9.- Coeficiente $B_G$ en función del paso.....	104
Tabla 14.10.- Exponente $n_G$ en función del paso.....	105
Tabla 14.11.- Curva límite en función de $\Delta\theta_H$ y del paso .....	105
Tabla 14.12.- Potencia térmica específica por partición .....	106
Tabla 14.13.- Temperatura de impulsión en función del paso .....	107
Tabla 14.14.- Longitud de tubos por circuito .....	110
Tabla 15.1.- Caudal instantáneo mínimo .....	115
Tabla 15.2.- Longitud de tramos de tubería .....	118
Tabla 15.3.- Caudal de diseño de tramos de tubería .....	118
Tabla 15.4.- Caudal de cálculo de tramos de tubería.....	119
Tabla 15.5.- Diámetro de tramos de tubería estimado .....	121

Tabla 15.6.- Diámetro de tramos de tubería final .....	122
Tabla 15.7.- Pérdidas de carga por tramo de tubería .....	123
Tabla 18.1.- Coste contenedor .....	130
Tabla 18.2.- Coste materiales fachadas .....	130
Tabla 18.3.- Coste componentes interiores contenedor .....	130
Tabla 18.4.- Coste instalación suelo radiante .....	131
Tabla 18.5.- Coste de red de suministro de ACS y AFS .....	131
Tabla 18.6.- Coste bomba de calor aerotérmica con acumulador integrado .....	131
Tabla 18.7.- Coste mano de obra .....	132
Tabla 18.8.- Presupuesto total de proyecto .....	132

# 1. Introducción

Hoy en día, el uso de las energías renovables resulta un tema de gran interés en el mercado, y esto queda reflejado cada año en las estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Este tipo de energías destaca por su gran abundancia, diversidad y aprovechamiento en cualquier zona geográfica, pero sobre todo por no producir gases de efecto invernadero, gases contaminantes que agravan el cambio climático. Son, además, energías limpias e inagotables, ya que provienen de recursos naturales de la tierra, reduciendo así la dependencia energética. En definitiva, su crecimiento es imparable.

Combinando el uso de estas energías, con una opción económica y ecológica como es la adaptación de los contenedores marítimos para un uso habitable, se presenta un proyecto sostenible y de bajo coste. Esta forma de arquitectura barata y rápida, está siendo cada vez más una alternativa viable de construcción para distintos usos.

Enfocado en proporcionar alojamiento e integración social a personas sin hogar, se ha desarrollado este trabajo en base a las necesidades correspondientes de este tipo de situaciones. Este proyecto consistirá en la elección de un sistema de climatización, calefacción y refrigeración, de su distribución en el habitáculo, y de lo que se conoce como Agua Caliente Sanitaria, ACS. Estos bienes son básicos para la habitabilidad de cualquier módulo.

Para ello se estudiarán los diferentes tipos de sistemas que ofrece la industria y se hará una comparativa en cuanto a sostenibilidad, capacidad para cubrir las necesidades o coste de cada uno de ellos. Además del abastecimiento de estos bienes, será importante, estudiar la envolvente térmica que mejor se adapte a las necesidades de este habitáculo. Las temperaturas exteriores, en algunos casos serán muy diferentes a la temperatura de confort en una vivienda. Para evitar que el calor que produce el sistema de climatización no se pierda a través de las finas chapas que constituyen el contenedor, deberá de haber una buena envolvente térmica cubriendo estas paredes. Es decir, una serie de materiales con propiedades aislantes que impidan este fenómeno.

Para comprobar que se ha hecho un buen trabajo comparativo durante el proyecto, se llevará a cabo un certificado energético de calidad del módulo habitable.

## 2. Objetivos y alcance

El principal objetivo de este proyecto, es el estudio de un sistema de climatización y ACS óptimo para darle habitabilidad a un módulo, en este caso, un contenedor marítimo, para que personas sin hogar puedan tener cobijo durante la noche.

El requisito principal es que sea un sistema de climatización de fácil transporte, colindante al sistema de habitáculos o contenido completa o parcialmente en él. Resistente a la intemperie y de fácil limpieza. Además, este sistema deberá ser capaz de:

- Suministrar calor, y a ser posible frío a 6 habitáculos de 5m<sup>2</sup> cada uno.
- Consumir los mínimos recursos energéticos posibles implementando tanta energía renovable como sea viable.
- Encargarse de calentar el agua requerida en los baños y, si se requiriera para la limpieza de los habitáculos, deberá ser capaz de suministrarla también para tal fin.
- Cada habitáculo debe poder regular la entrada de calefacción/refrigeración. No necesariamente la temperatura, pero como mínimo el flujo.

## 3. Sistemas de generación

Existen diferentes tipos de sistemas de climatización y ACS en la industria, según las tecnologías empleadas o la forma de cubrir las necesidades de una vivienda, a continuación, se explicarán cada uno de ellos y se hará una comparativa de las características que poseen.

### 3.1 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Su funcionamiento se basa en el de un ciclo refrigerante. La climatización de un habitáculo consiste en extraer el calor del interior, cediéndolo a un fluido refrigerante.

Estos sistemas están formados por una unidad de evaporación y una de condensación, un compresor, una válvula de expansión y los conductos de cobre por los que circula el líquido refrigerante necesario para este proceso:

1. Al absorber el exceso de calor del interior y entrar en contacto con el refrigerante, este fluido cambia a estado a gaseoso.
2. Gracias a la unidad compresora, la presión en este gas aumenta, haciéndolo también su temperatura.
3. A continuación, pasará por el condensador, que hará que este fluido pase a estado líquido aún a alta presión y alta temperatura.
4. Una válvula de expansión provocará una bajada tanto de presión como de temperatura del líquido.
5. Por último, en la unidad evaporadora, el refrigerante vuelve a cambiar su estado físico, a gas a baja temperatura distribuyéndolo a la habitación.
6. A su vez extraerá el aire del ambiente a mayor temperatura, volviendo a comenzar el ciclo.

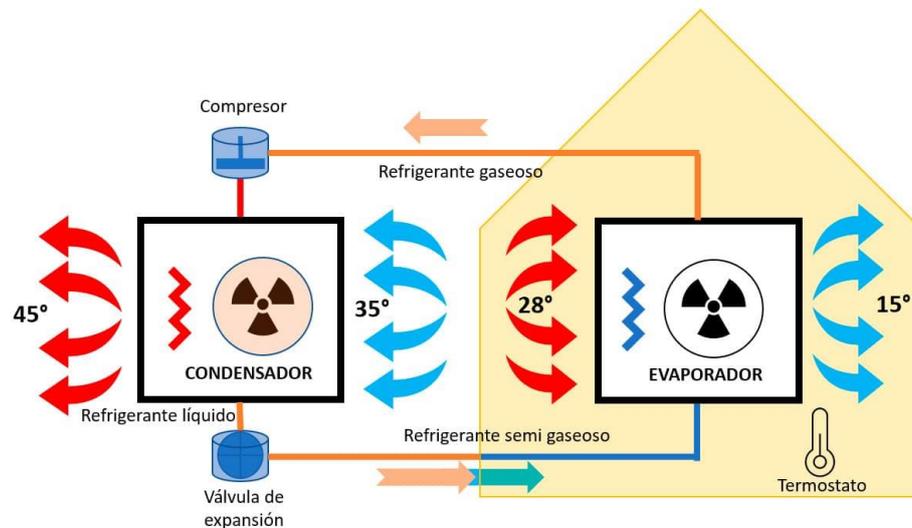


Figura 3.1.- Esquema de ciclo refrigerante.

Este tipo de sistemas, también pueden aportar aire caliente a la estancia. Para ello, debe funcionar de forma reversible gracias a una válvula de cuatro vías en función de las necesidades de la estancia para la que esté trabajando.

### 3.2 VENTILACIÓN DIFUSA

Se trata de un sistema de aire acondicionado con una mejora en su tecnología, que variará en función de los parámetros ambientales del interior del habitáculo en cada momento, es decir, temperatura, presión del aire o concentración de CO<sub>2</sub>.

Su funcionamiento se basa en mantener la presión del aire del interior ligeramente por encima de la exterior e inyectar al primero, un flujo de aire en forma laminar, de manera que se mezcle con el que presenta en ese momento el habitáculo. Para ello este sistema requerirá cierto control tecnológico. Esto hace, que este tipo de sistemas supongan una gran inversión de instalación y de mantenimiento.

Similar al ciclo de funcionamiento de aire acondicionado, se presentan las bombas de calor. A diferencia de un sistema de aire acondicionado, este tipo de máquinas, aprovechan la energía del entorno natural (aire o terreno) para generar calefacción, refrigeración y ACS de forma que el consumo eléctrico sea muy bajo, inferior a lo que se genera.

Por tanto, existen diferentes tipos de bombas de calor dependiendo de donde obtienen la energía necesaria para su ciclo: aerotérmicas, utilizan la energía contenida en el aire; geotérmicas, utilizan la energía obtenida del subsuelo como fuente de energía.

### 3.3 AEROTERMIA

El funcionamiento de este sistema se basa en la captación de la energía del aire ambiente exterior, para aportar refrigeración, calefacción e incluso ACS. Esto se consigue mediante una bomba de calor y un ciclo termodinámico similar al del aire acondicionado.

Al igual que pasa con el aire acondicionado, la clave de su funcionamiento reside en los cambios de temperatura y estado del fluido refrigerante:

1. Recupera del aire exterior la energía ambiental que se encuentra almacenado en éste.
2. Esta energía es trasladada a un circuito en el que tenemos un fluido refrigerante la absorbe y cambia de estado, de líquido a gaseoso.
3. En este proceso de cambio de fase, se aprovecha este calor latente para aumentar la temperatura del fluido a través de un compresor.
4. Finalmente, un intercambiador de calor, será el encargado de transmitir esta energía generada en el circuito de aerotermia, al circuito de calefacción de la vivienda.

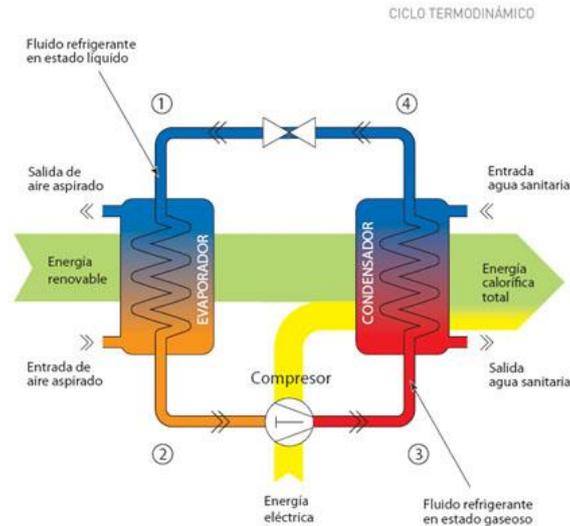


Figura 3.2.- Ciclo aerotérmico

En el caso de un sistema de aerotermia con abastecimiento de ACS, el calor cedido por la bomba de calor, irá tanto a los circuitos de calefacción, como a un acumulador de agua.

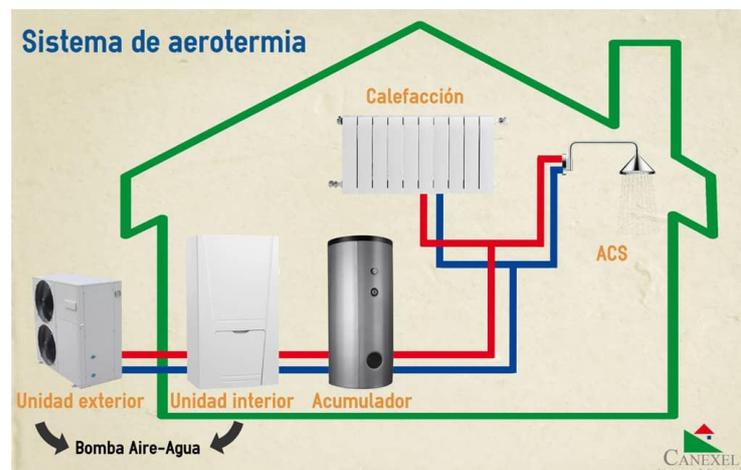


Figura 3.3.- Esquema sistema aerotérmico

Además de su principal ventaja, es decir, la posibilidad de abastecer al habitáculo de aire frío, aire caliente y ACS, se trata de una fuente de energía sostenible y limpia. Estos equipos darán lugar a una buena eficiencia energética además de a un gran ahorro energético a largo plazo, aunque la inversión inicial sea mayor que en un sistema de calefacción convencional.

Su principal desventaja es el condicionamiento del clima al depender de la energía ambiental, por ello no es recomendable su uso en lugares en los que las temperaturas medias seas muy altas o muy bajas.

### 3.4 GEOTERMIA

Un sistema de este tipo, se basa en un funcionamiento muy similar al de la aerotermia, distinguiéndose en que el aprovechamiento de la energía ambiental proviene del terreno, siendo capaz de aportar de la misma forma aire caliente, frío y ACS.

El intercambiador enterrado a poca profundidad absorbe el calor del suelo y se dirige a la bomba de calor. El líquido que viene del intercambiador transfiere su temperatura al fluido del circuito termodinámico, desarrollándose así el proceso termodinámico anteriormente explicado en el sistema de aerotermia.

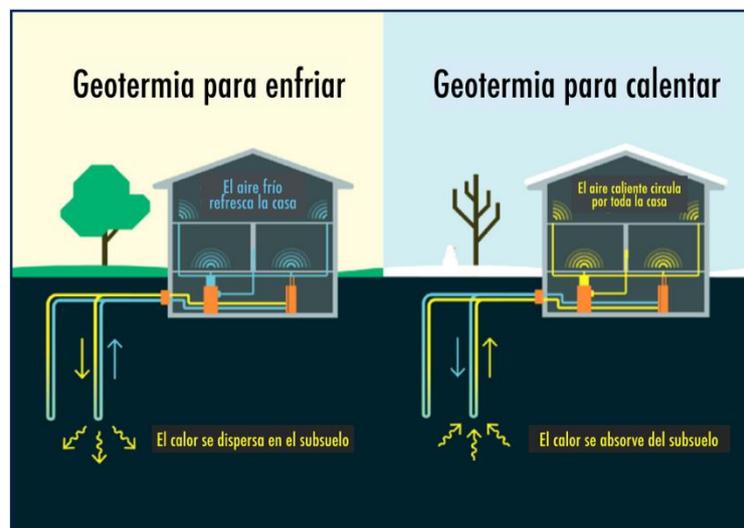


Figura 3.4.- Esquema geotermia

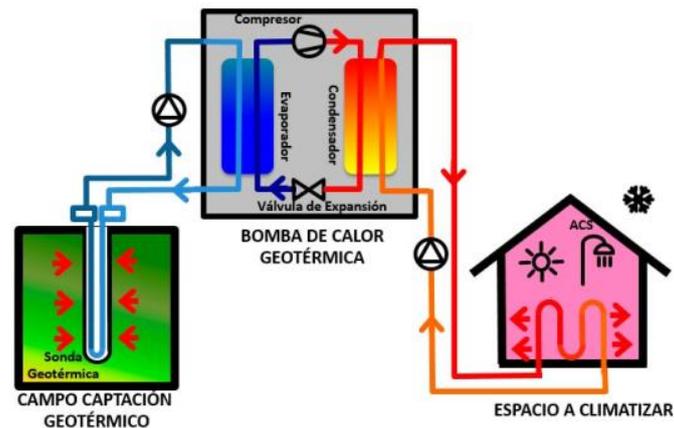


Figura 3.5. Esquema ciclo geotérmico

En cuanto a ubicación según sus condiciones meteorológicas, un sistema de geotermia es menos estricto que uno de aerotermia, pero requiere un coste de instalación mayor. A su vez su zonificación es mayor que en la aerotermia.

### 3.5 BOMBA DE CALOR INVERTER

Dentro de las bombas de calor existen diferentes tecnologías para su optimización y regulación. En un sistema inverter, atendiendo a la demanda de frío o calor en el habitáculo, varía la velocidad del compresor de la instalación, que actúa de forma continua. Esto tiene como consecuencia evitar el arranque y parada del sistema, y el alcance de la temperatura deseada a mayor velocidad que en los sistemas más convencionales. Mantiene la temperatura a un menor gasto y niveles de ruido, así como un menor mantenimiento por la reducción del desgaste mecánico del sistema. Da lugar a una optimización de la energía consumida, aunque su coste inicial suele ser mayor que el de las unidades convencionales.

### 3.6 SISTEMA VRV CON RECUPERACIÓN DE CALOR

Este tipo de bomba hace variar el caudal de refrigerante que llega a las unidades de evaporación y condensación, para así optimizar la demanda de temperatura. Además, al tratarse de un equipo con recuperación de calor, nos permite aportar frío y calor simultáneamente. Esto ocurre cuando se “transporta” el refrigerante en estado gaseoso a las unidades de calefacción, produciéndose allí la condensación del gas. A continuación, el refrigerante en estado líquido, volverá a la unidad evaporadora. Este control de flujo se lleva a cabo a través de un sistema de control electrónico.

En cuanto a la zonificación de climatización abarca grandes espacios, por ello es comúnmente utilizado en comercios o entornos industriales. Un sistema similar a la bomba de calor inverter.

### 3.7 CALDERAS DE BIOMASA

Se puede hacer uso también, de sistemas de generación de calor y ACS que no se basan en el funcionamiento de un ciclo termodinámico o una bomba de calor, como ocurre con las calderas.

Estos equipos se basan en la utilización de recursos naturales, previamente tratados, como sustitutivo de los combustibles tradicionales como el carbón o el petróleo. Esta característica hace que sea un sistema sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Las calderas de biomasa pueden ser policombustibles, admiten distintos tipos de recursos como pellet, hueso de aceituna o cáscara de almendras, o monocombustibles, únicamente admitirán un tipo de los nombrados anteriormente.

La combustión de este tipo de combustibles produce tanto energía eléctrica como térmica. Este calor se transmite a un circuito de agua que interviene en el sistema de calefacción y a su vez se podrá almacenar en un acumulador de agua para su uso como ACS.

Aunque presenta varias ventajas tales como un rendimiento elevado y unos costes de operación bajos, así como una buena eficiencia y uso prolongado de la instalación, como principal desventaja, tiene no poder aportar refrigeración al interior del habitáculo.

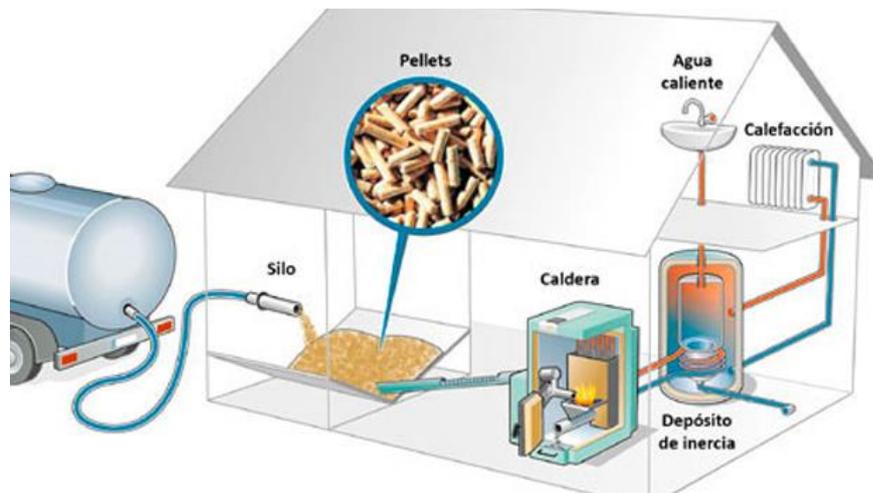


Figura 3.6.- Esquema sistema de caldera de biomasa

### 3.8 CALDERAS DE GAS

Al igual que ocurre en el sistema anterior, las calderas de gas no aportan aire frío al ambiente, pero sí ACS y calefacción. Este equipo se basa en la combustión de gas en su interior.

Se compone de un quemador en el que la entrada de gas y de aire simultáneamente produce la combustión. Este proceso cede aire caliente al intercambiador, en el que hay unas tuberías en forma de serpentín con agua, la cual entra fría y gracias al calor aportado por el gas de la combustión, sale caliente hacia el resto del circuito. Esta agua caliente recorre el sistema de calefacción aportando calor al ambiente y ACS. Los gases residuales de la combustión serán expulsados a través de una tubería de salida al exterior.

Este tipo de caldera es menos sostenible que la explicada en el punto anterior, además de tener un coste mayor. Pero a su vez tiene una mayor capacidad de producir energía térmica.

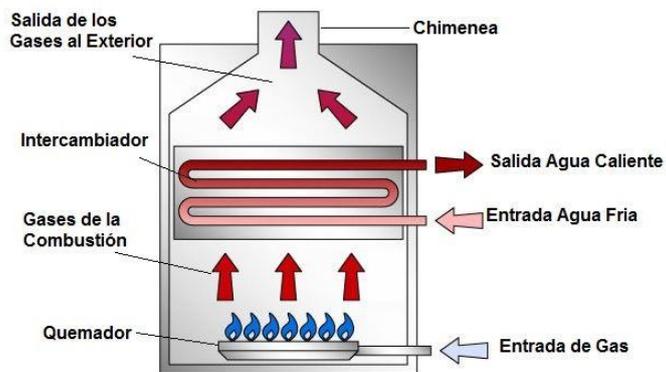


Figura 3.7.- Caldera de gas

### 3.9 TERMO ELÉCTRICO

Tan solo cubre el abastecimiento de ACS, como principal desventaja. Este sistema se basa en aumentar la temperatura del agua almacenada en el interior de un termo a través de una resistencia eléctrica. Una vez alcanzada la temperatura deseada, la corriente de alimentación se interrumpe almacenando el agua caliente hasta su uso.

Cuando el agua sale del depósito para ser utilizada, entra en él nueva agua fría. Al tener menor densidad el agua con mayor temperatura, ocupa la parte superior del termo, saliéndose de éste por arriba y no mezclándose con la de menor temperatura que se almacenaría en la parte de abajo y se iría calentando con la resistencia.

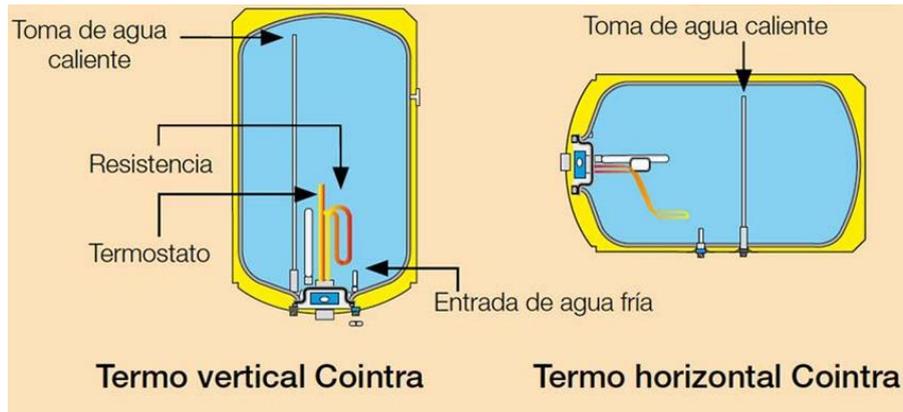


Figura 3.8.- Termo eléctrico

La colocación del termo necesita una pared capaz de soportar grandes cargas. Además, el calentador deber estar instalado lo más próximo posible a los puntos de uso, para evitar pérdidas en los tramos de conexión.

## 4. Sistemas de distribución

Una vez estudiados los sistemas de generación de calor y ACS, existen diferentes equipos para el abastecimiento de estos bienes dentro del habitáculo.

Para aquellos sistemas de aire acondicionado y bombas de calor, que utilicen aire para abastecer las necesidades, la industria ofrece:

### 4.1 SPLIT FIJO

Opción más demandada por el consumidor, y a su vez la más económica. Consta de un solo equipo de climatización, es decir de una sola unidad interior, lo que hace que en cuanto a la zonificación esta opción esté más limitada.



Figura 4.1.-Split fijo

### 4.2 SPLIT MÓVIL

Esta unidad, ofrece la posibilidad de transportar el equipo de una habitación a otra, sin necesidad de un profesional. Sin embargo, la potencia que ofrece es menor que uno fijo y el consumo, mayor.

### APARATO SPLIT MÓVILES

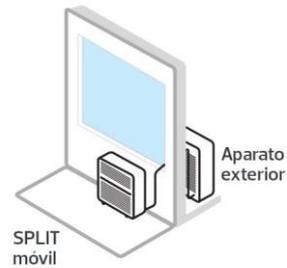


Figura 4.2.- Split móvil

### 4.3 MULTISPLIT

Sistema formado por varios equipos Split, lo que significa más espacio climatizado. En consecuencia, el precio se ve incrementado.

### APARATO MULTISPLIT

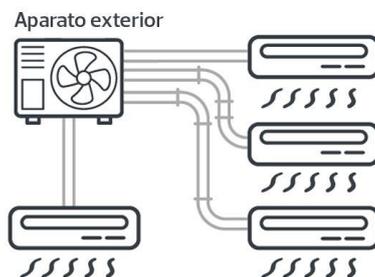


Figura 4.3.- Multisplit

### 4.4 AIRE ZONE

En cuanto a la climatización de más de un habitáculo, es el más utilizado. Consiste en un equipo central que reparte el aire por los diferentes conductos que llegan a cada espacio. Cada habitación tiene un termostato propio, permitiendo tener diferentes temperaturas en cada una de manera independiente o incluso apagar las estancias que no estén en uso, lo que supone una gran ventaja frente a un equipo multisplit. Esto produce a su vez un gran ahorro energético.

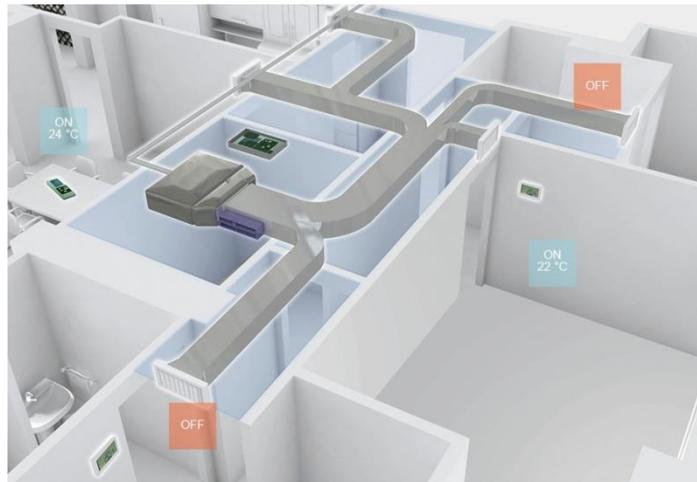


Figura 4.4.- Airezone

En cuanto a bombas de calor que utilicen agua como medio de abastecimiento al habitáculo y calderas de gas, existen diferentes equipos de distribución de climatización:

#### 4.5 SUELO RADIANTE

Se encuentra en sistemas de climatización como aerotermia, geotermia o calderas. Se trata de una red de tuberías distribuidas a lo largo del suelo de la vivienda o local, por las que circula agua aumentando así la temperatura ambiente.

Cuando el sistema está en fase de calefacción, se aprovecha el calor cedido para aumentar la temperatura del agua que recorrerá las tuberías. A su vez puede actuar como refrigerador, con el paso de agua a una menor temperatura, controlando tanto ésta como la humedad, para evitar la condensación sobre el pavimento.

El hecho de tener una zona de funcionamiento más amplia, supone una menor temperatura de operación que los radiadores convencionales, y un menor gasto de energía. Además, tiene un elevado rendimiento, ya que los circuitos son tan finos que suponen muy poco caudal de paso. Otra de sus principales ventajas, es el hecho de que,

al estar bajo suelo, no tenemos que colocar elementos en paredes o techos que provoquen impacto visual.

Su mayor desventaja es su precio. Su mantenimiento e instalación debe de llevarse a cabo por personal muy cualificado. Además, es recomendable colocarlo en zonas en la que su utilización se haga de forma prolongada, ya que supone una gran inercia térmica.



Figura 4.5.- Suelo radiante

## 4.6 RADIADORES

El agua que viene del generador (bomba de calor, caldera...) recorre un circuito cerrado por el interior de estos. Los radiadores se calientan por el contacto con el agua e irradian ese calor al aire ambiente del habitáculo. El agua se va enfriando a su paso por estos equipos y es devuelta al sistema de generación para el comienzo del ciclo.

Aunque su instalación y mantenimiento es más fácil que en otros equipos, la principal desventaja de estos equipos es no poder refrigerar el ambiente. Su uso queda limitado a la calefacción del habitáculo.

Otra importante característica de estos equipos es que son regulables, es decir, se puede controlar la entrada de agua en los tubos que forman su interior, y así impedir que la temperatura sea más o menos elevada. A su vez, se pueden cerrar los radiadores de las

habitaciones que no estén en uso. El radiador de aluminio es el más común, debido a su bajo precio y poco peso.

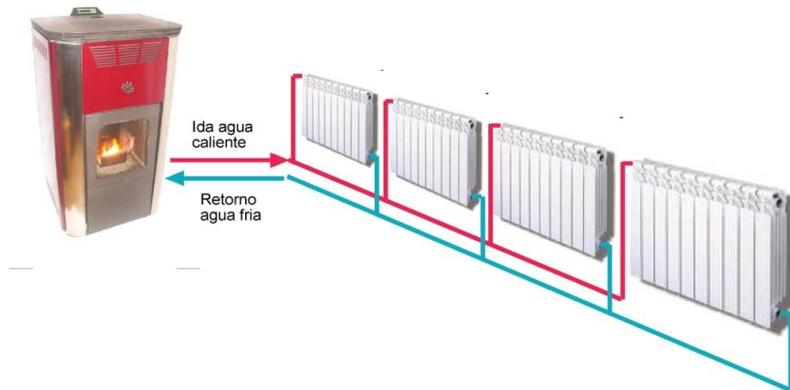


Figura 4.6.-Circuito de calefacción con radiadores

## 5. Selección de alternativas

Tras estudiar todos los tipos de sistemas de climatización y ACS que nos ofrece la industria, así como los sistemas de distribución, se ha llevado a cabo la selección de aquel que más se adapte a las necesidades y requisitos exigidos:

- **Requisito 1:** deberá ser capaz de suministrar calor y, a ser posible, frío a seis habitáculos de 5m<sup>2</sup> cada uno.

Los sistemas de aire acondicionado y bombas de calor serán capaces de funcionar en ambos casos, ya que poseen una válvula de cuatro vías que lo hace posible. Además de esto, también hay que tener en cuenta el tipo de equipo que se va a utilizar para aportar el aire al interior del habitáculo. En el caso de un solo Split fijo o móvil, nos impedirá abastecer los 6 habitáculos, o bien nos supondrá una mayor inversión en diferentes equipos. La opción de un sistema multisplit o airezone se adapta mejor a las condiciones del proyecto.

Los sistemas de aeroterminia y geoterminia que utilicen agua para la distribución de las necesidades, también pueden ceder calor en invierno y frío en verano al interior del habitáculo. Pero su distribución se ve más bien limitada al uso de suelo radiante, capaz de calentar y refrigerar el habitáculo. Los radiadores no tienen la capacidad de refrigeración.

En cambio, en el caso de utilizar como sistema de climatización, una caldera de gas o biomasa, se ve limita a la aportación de aire caliente únicamente, no cumpliendo con uno de los requisitos exigidos. Al igual que el termo eléctrico, no teniendo la capacidad de funcionar como sistema de climatización.

- **Requisito 2:** deberá consumir los mínimos recursos energéticos posibles implementando tanta energía renovable como sea viable.

En este caso, la caldera de biomasa destaca por ser un sistema que se basa en la utilización de recursos naturales para su funcionamiento. Por ello hace que sea altamente sostenible.

La aeroterminia y geoterminia también cumplen este requisito, pues capta la energía del aire ambiente y del propio terreno.

Por lo contrario, la caldera de gas, no forma parte de los sistemas más sostenibles, ya que su funcionamiento lleva a cabo una combustión, la cual produce gases residuales que son expulsados al ambiente exterior. También el termo eléctrico necesita constantemente una corriente de alimentación para su uso y funcionamiento.

En cuanto a su distribución, este requisito no se ve afectado.

- **Requisito 3:** deberá ser lo más económico posible, tanto su instalación como su mantenimiento.

El coste de la instalación de un sistema de aire acondicionado o bomba de calor para abastecer tan solo aire, va en función de los equipos que tenga para su distribución. Cuantos más equipos (multisplit) y más compleja sea su instalación y funcionamiento (airezone), más aumentará el precio de este. En el caso de la ventilación difusa que además requiere un control tecnológico y un sistema más inteligente se verá aún más incrementado este coste. Al igual que ocurre con el precio del mantenimiento de estos equipos.

Un sistema de aeroterminia con distribución de agua supone un mayor precio de instalación y mantenimiento que en los anteriormente nombrados. El caso de la geoterminia, que supone una modificación del terreno para la instalación y posterior mantenimiento, hace que sea el sistema de climatización y ACS menos económico. En este caso, el suelo radiante supone además de una mayor inversión que los radiadores, un coste de mantenimiento y reparación más elevado.

La caldera de gas y biomasa no suponen una gran inversión en su instalación. Además, en el caso de la caldera de biomasa, su simple funcionamiento hace que no se dispare el coste de mantenimiento.

- **Requisito 4:** preferiblemente irá contenido en una envolvente que se pueda anexas al sistema de habitáculos y será de fácil transporte.

En cuanto a la posible portabilidad de los habitáculos, las calderas de gas y biomasa, requieren de un depósito que habrá que transportar juntos con el sistema de habitáculos.

En el caso de un sistema de aeroterminia, solo consta de una unidad exterior, siendo de fácil transporte. En cambio, la geoterminia no facilitará el transporte de los habitáculos, ya que parte del sistema está bajo suelo.

- **Requisito 5:** se encargará de calentar el agua requerida en los baños y, si se requiriera para la limpieza de los habitáculos, deberá ser capaz de suministrarla también para tal fin.

Todos los tipos de sistemas de aire acondicionado o bomba de calor aire-aire, no cumplen con la capacidad de aportar ACS al sistema de habitáculos.

Los sistemas de aeroterminia y geoterminia sí cumplen con el requisito, calentando el agua del acumulador para su posterior utilización. Al igual que ocurre en las calderas de biomasa y gas.

El sistema de terno eléctrico se centra únicamente en la aportación de ACS, con lo cual también cumple con esta necesidad.

Además de estos requisitos del proyecto, se han tenido en cuenta cualidades de los diferentes sistemas, así como ventajas e inconvenientes. Se ha llevado a cabo una matriz de decisiones para los sistemas de generación y otra para los sistemas de distribución. Se puede observar que las mejores opciones para este proyecto son la utilización de aeroterminia con un sistema de suelo radiante.

Cualidades	Peso	Climatización				Climatización y ACS				ACS
		Sistema de aire acondicionado	Ventilación difusa	Bomba de calor inverter	Sistema VRY con recuperación de calor	Calderas de biomasa	Aeroterminia	Geotermia	Calderas de gas	Termo-eléctrico
Sostenibilidad	9	8	7	8	8	9	9	9	7	8
Coste de uso	9	8	6	8	8	8	8	8	7	8
Capacidad de proporcionar calefacción	10	9	9	9	9	10	10	10	10	0
Capacidad de proporcionar refrigeración	7	10	10	10	10	0	10	10	0	0
Capacidad de proporcionar ACS	10	0	0	0	0	10	10	10	10	10
Seguridad	8	8	8	8	8	7	9	9	8	8
Rendimiento	8	8	9	8	8	9	9	9	8	7
Coste de instalación	7	8	6	6	6	8	7	6	8	7
Mantenimiento	9	8	6	8	7	9	8	7	8	8
Condiciones geográfica	8	9	9	9	9	9	6	8	9	9
Tamaño y estética	6	7	7	7	7	7	7	8	7	6
Inercia térmica	7	8	9	9	9	7	8	8	8	8
Portabilidad	10	8	8	8	8	8	8	0	8	8
		810	766	803	794	861	914	840	832	729

Tabla 5.1.- Matriz de decisiones para sistemas de generación

Cualidades	Peso	Split fijo	Split móvil	Multisplit	Aire zone	Suelo radiante	Radiadores
Sostenibilidad	9	8	8	8	8	8	8
Coste de uso	9	7	7	7	7	9	7
Capacidad de proporcionar calefacción	10	8	8	8	8	10	10
Capacidad de proporcionar refrigeración	7	9	9	9	9	10	0
Seguridad	8	7	7	7	7	9	8
Rendimiento	8	7	7	7	8	9	8
Coste de instalación	7	7	8	6	6	6	7
Mantenimiento	9	8	8	7	6	7	8
Condiciones geográfica	8	9	9	9	9	8	9
Tamaño y estética	6	7	7	6	7	10	7
Inercia térmica	7	8	8	8	8	7	7
Zonificación	9	5	5	7	8	9	7
Portabilidad	10	9	9	8	8	0	9
		816	823	802	816	826	800

Tabla 5.2.- Matriz de decisiones para sistemas de distribución

# 6. Situación geográfica y emplazamiento

El proyecto se va a llevar a cabo en la ciudad de Gijón, encontrándose ésta a las orillas del mar cantábrico, en la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias. Considerada “capital de la costa verde”, siendo litoral de la costa de Asturias y uno de los mejor preservados del país.

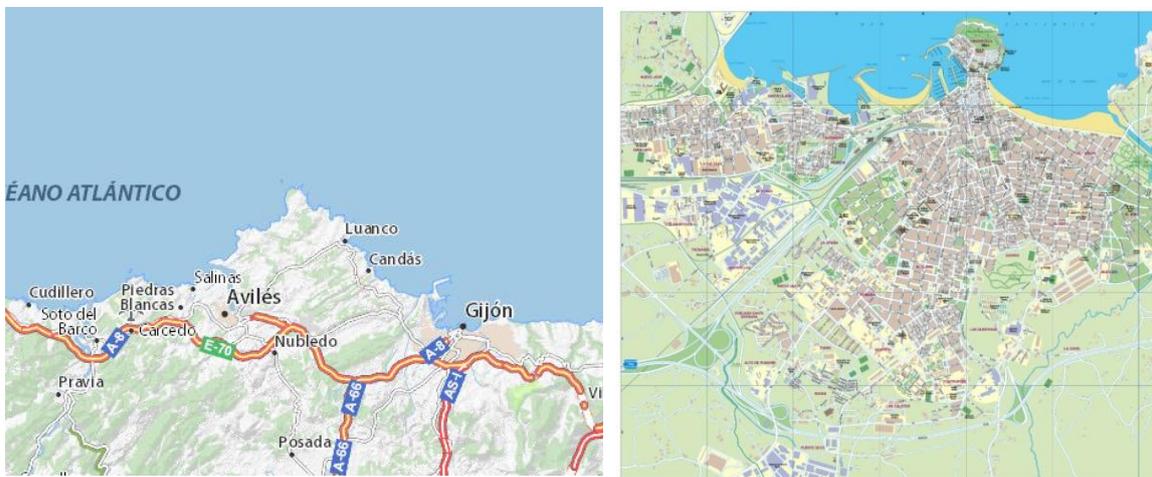


Figura 6.1.- Zona geográfica Gijón

Consta con una superficie de 181,7 km<sup>2</sup> y una población de 271.717 habitantes según el INE.

# 7. Climatología

La ciudad se encuentra a 15 metros sobre el nivel del mar. Su clima se considera cálido y templado. Siendo significativa su precipitación, con un pico de 159 mm en el mes de noviembre, y 72 mm en julio, mes más seco.

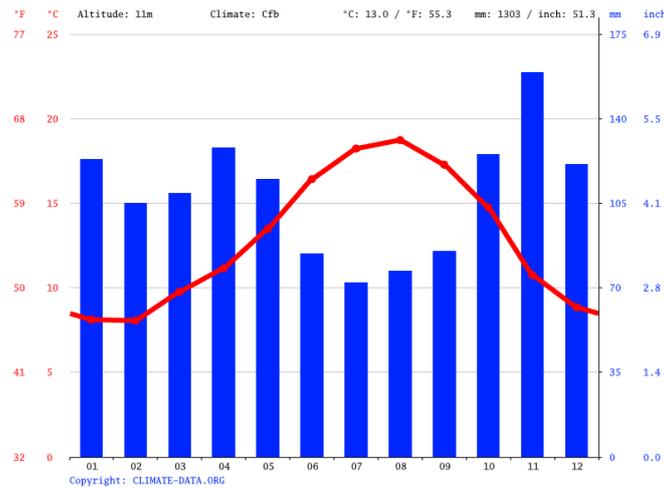


Figura 7.1.- Precipitación ciudad de Gijón

En cuanto a temperaturas, las más altas en promedio tienen lugar en el mes de agosto, con alrededor de 18,7°C y las más bajas en febrero, con un promedio de 8,1°C. Los veranos son cortos, cómodos y secos, y los inviernos largos, fríos y mojados, estando parcialmente nublado durante todo el año.

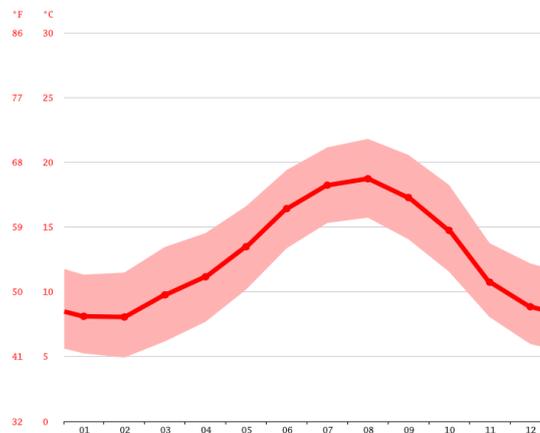


Figura 7.2.- Temperaturas ciudad de Gijón

# 8. Temperatura interior de vivienda

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la temperatura ideal para el interior de una vivienda debe oscilar entre los 20-21°C durante el día, y 15-17°C por la noche. Estos datos en el caso de que haya una persona dentro del hogar, en caso contrario, es conveniente bajar la temperatura. Como en este caso el proyecto se basa en el estudio de habitáculos para pasar la noche, habrá que tener en cuenta sobre todo la temperatura recomendable durante esta franja horaria.

Además, es importante realizar un estudio sobre la orientación del módulo habitable, con el objetivo de captar la mayor cantidad de calor posible durante el día y liberarlo por la noche. Para ello, una óptima orientación en climas fríos, es la orientación sur, ya que el sol incide durante todo el día, a lo largo de prácticamente todo el año.

## 9. Módulo habitable

El principal objetivo de este proyecto es proporcionarle habitabilidad a un módulo. Para ello se van a utilizar contenedores marítimos estandarizados.

Los contenedores marítimos llevan siendo utilizados para el transporte de mercancías desde hace más de 60 años. El hecho de estandarizar sus dimensiones simplificó su manejo y transporte en camiones, trenes, y puertos de todo el mundo, permitiendo ser desmontados del chasis del camión y cargados directamente en el barco. Se estandarizaron también para ello, los propios barcos, grúas y camiones. Además, la estructura portante de los contenedores ha sido meticulosamente diseñada con el fin de soportar fuertes acciones climatológicas exteriores, al mínimo precio posible.

Existen diferentes tipos de contenedores marítimos con diferentes dimensiones normalizadas y características, que se adaptan a cada tipo de carga a transportar.

### 9.1 CONTENEDOR DRY VAN

Los contenedores más utilizados a nivel mundial. Son contenedores cerrados herméticamente y sin ventilación ni refrigeración. Tienen puertas solo en un lado y unas dimensiones estándar de anchura y altura. Existen dos modelos principales según la longitud del contenedor, 20 pies o 40 pies (equivalente a 6 y 12 metros respectivamente). También existen modelos de 30 y 10 pies, pero menos utilizados.

CONTENEDOR DRY-VAN 20'

<b>PESO</b>	<b>VACIO</b>	2.250 Kg	
	<b>PESO MAXIMO</b>	28.240 Kg	
<b>MEDIDAS</b>	<b>EXTERNO</b>	<b>INTERNO</b>	<b>PUERTAS ABIERTAS</b>
	<b>LARGO</b>	6.058 mm	5.900 mm
<b>ANCHO</b>	2.438 mm	2.345 mm	2.335 mm
<b>ALTO</b>	2.591 mm	2.400 mm	2.290 mm
<b>VOLUMEN</b>	33,30 m <sup>3</sup>		



Figura 9.1.-Contenedor Dry Van 20'

**CONTENEDOR DRY-VAN 40'**

<b>PESO</b>	<b>VACIO</b>	3.630 Kg	
	<b>PESO MAXIMO</b>	26.850 Kg	
<b>MEDIDAS</b>	<b>EXTERNO</b>	<b>INTERNO</b>	<b>PUERTAS ABIERTAS</b>
<b>LARGO</b>	12.192 mm	12.030 mm	-
<b>ANCHO</b>	2.438 mm	2.345 mm	2.335 mm
<b>ALTO</b>	2.591 mm	2.400 mm	2.290 mm
<b>VOLUMEN</b>	67,70 m <sup>3</sup>		



Figura 9.2.- Contenedor Dry Van 40'

**9.2 CONTENEDOR HIGH CUBE**

Este tipo de contenedores son muy similares a los Dry Van, excepto por su altura, que es mayor. Esta altura extra resulta ideal para cargas sobredimensionadas o más voluminosas. Existen contenedores High Cube de 40 y de 45 pies, aunque estos últimos menos comunes.

**CONTENEDOR DRY-VAN 40' HIGH CUBE**

<b>PESO</b>	<b>VACIO</b>	3.800 Kg	
	<b>PESO MAXIMO</b>	26.600 Kg	
<b>MEDIDAS</b>	<b>EXTERNO</b>	<b>INTERNO</b>	<b>PUERTAS ABIERTAS</b>
<b>LARGO</b>	12.192 mm	12.030 mm	
<b>ANCHO</b>	2.438 mm	2.350 mm	2.335 mm
<b>ALTO</b>	2.896 mm	2.710 mm	2.595 mm
<b>VOLUMEN</b>	76,50 m <sup>3</sup>		



Figura 9.3.- Contenedor High Cube 40'

**CONTENEDOR DRY-VAN 45' HIGH CUBE**

<b>PESO</b>	<b>VACIO</b>	3.880 Kg	
	<b>PESO MAXIMO</b>	29.140 Kg	
<b>MEDIDAS</b>	<b>EXTERNO</b>	<b>INTERNO</b>	<b>PUERTAS ABIERTAS</b>
<b>LARGO</b>	13.722 mm	13.560 mm	
<b>ANCHO</b>	2.438 mm	2.350 mm	2.335 mm
<b>ALTO</b>	2.896 mm	2.710 mm	2.595 mm
<b>VOLUMEN</b>	86,40 m <sup>3</sup>		



Figura 9.4.- Contenedor High Cube 45'

Estos tres modelos vistos, son los más utilizados en la industria y transporte de cargas. Pero existen otros tipos de contenedores más específicos para las necesidades de cada mercancía.

### **9.3 CONTENEDOR OPEN TOP**

Este modelo, también similar a los Dry Van, con modelos de 20 y 40 pies, con la diferencia de que no tienen techo. Esta característica, facilita la carga de mercancías pesadas o muy voluminosas que necesitan ser levantadas con grúas o que son demasiado altas para un contenedor High Cube. Para cubrir el interior del contenedor se les suele colocar un toldo de lona.



Figura 9.5.- Contenedor Open Top

### **9.4 CONTENEDOR OPEN SIDE**

Los contenedores Open Side, muy parecidos a los Dry Van, tienen además en los laterales, unas puertas de 4 hojas, que facilitan el acceso a la mercancía de su interior. Útiles para cargas de gran longitud que dificulten la entrada por las puertas normales. Al igual que los Dry Van, existen modelos de 20 y 40 pies.



Figura 9.6.- Contenedor Open Side

## 9.5 CONTENEDOR FLAT RACK

Un tipo de contenedor sin techo ni paredes laterales. Se utiliza para dar cabida a mercancías sobredimensionadas, que no permiten su transporte en contenedores estándar de 20 o 40 pies, ni High Cube. Las cargas son aseguradas mediante cadenas o cintas a la base del Flat Rack. Además, al no tener cubierta, la mercancía se ve expuesta a las condiciones meteorológicas durante su transporte.



Figura 9.7.- Contenedor Flat Rack

## 9.6 CONTENEDOR REEFER

Diseñado para el transporte de alimentos frescos o medicamentos, mercancías que tienen la necesidad de mantener un control de su temperatura. Los contenedores Reefer, pueden mantener una temperatura en su interior desde  $-25^{\circ}\text{C}$  hasta  $+25^{\circ}\text{C}$ . No enfría ni calienta el aire interior, sino que lo mantiene constante.

En el caso de que sea necesaria la refrigeración de su interior, el contenedor cuenta con un motor integrado, y el sistema debe estar conectado en todo momento a una red energética en los buques, puertos o camiones por los que sea transportado el contenedor.

En este caso también existen contenedores de 20 y 40 pies, con altura normal o High Cube.



Figura 9.8.- Contenedor Reefer

## 9.7 CONTENEDOR TANK

Por último, el contenedor Tank, destinado al transporte de cargas a granel, tanto líquidos como aceite o vino, como sustancias peligrosas. Se trata de una cisterna dentro de un marco de vigas de acero que hacen que tenga las mismas dimensiones que los demás contenedores estándar, y así poder ser manipulada y transportada como un contenedor más.



Figura 9.9.- Contenedor Tank

Una vez comentados los distintos tipos de contenedores que existen en la industria, se debe estudiar el tipo de contenedor que sea más adecuado para el proyecto.

En primer lugar, se descartan los contenedores diseñados específicamente para un tipo de carga y su transporte. En este proyecto no será útil el uso de un tanque para fluidos, contenedores con refrigeración para el mantenimiento de mercancías, o con el techo abierto, ya que debe estar enfocado a un uso habitable. Con lo cual, se plantean ideas con los contenedores más comunes Dry Van y High Cube.

Como principal requisito del trabajo, se deben crear 6 habitáculos de al menos 5 m<sup>2</sup>:

- En el caso de utilizar un contenedor Dry Van 20', se tiene una longitud interior del contenedor de 5,900 m. Esto quiere decir que, si dividimos el espacio en 6, no se cumple el requisito de superficie mínima de cada habitáculo, ya que el ancho interior del contenedor es de 2,345 m, lo que hace que cada separación mida  $(5,900/6) \cdot 2,345 = 2,306 \text{ m}^2$ .
- Lo mismo ocurre con un contenedor Dry Van 40'. Su longitud interior es de 12,030 m, dividiendo este largo entre 6 habitáculos (2'005 m cada uno) y multiplicándolo por el ancho del contenedor, el área habitable para cada espacio se queda en 4,702 m<sup>2</sup> no siendo suficiente para el proyecto.
- Para el caso de un contenedor High Cube 40' se aprecia el mismo problema que en el caso anterior, ya que entre los contenedores Dry Van y High Cube la longitud del espacio útil es la misma, solo cambiando la altura.

- En un contenedor High Cube 45', existen 13,560 m de longitud. Haciendo los mismos cálculos que en los otros casos, se tienen 2,260 m de largo para cada habitáculo. Hallando el área de cada uno, cada espacio tendrá 5,299 m<sup>2</sup>. Este caso cumple con el principal requisito del proyecto, incluso deja espacio para aislantes entre tabiques interiores o demás instalaciones a añadir al estudio.

Por tanto, el único contenedor que cumple con los requisitos del proyecto es el contenedor High Cube de 45 pies. Posteriormente, se estudiará el diseño y organización de los habitáculos, para darle la mayor conformidad posible.

# 10. Aislamiento

El aislamiento del habitáculo es un aspecto básico en cuanto a eficiencia energética en un proyecto de estas características. En el caso de tener un bajo aislamiento térmico, daría lugar a pérdidas caloríficas, lo que se traduciría como una mayor necesidad de potencia y consumo de energía. En cambio, con un buen aislamiento térmico, el consumo de calefacción se vería reducido.

Existen diferentes tipos de aislamientos térmicos que podemos emplear para mejorar el confort de un habitáculo:

- Poliestireno expandido (EPS): se trata de un material muy versátil y con una amplia gama de espesores y densidades, lo que puede dar lugar a un material extremadamente ligero.

Su composición de un 95% poliestireno y un 5% gas y su proceso de conformado, hace que sea poco denso, así como que tenga el poro abierto y absorba la humedad. Tendrá una resistencia mecánica menor que otros aislantes. A su vez ofrece diferentes conductividades térmicas de entre 0,029 y 0,053 W/(mK).

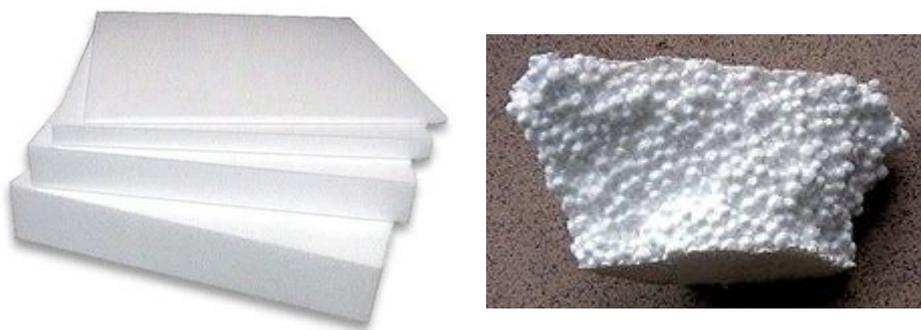


Figura 10.1.- Poliestireno expandido

- Poliestireno extruido (XPS): un material muy similar al poliestireno expandido, pero con diferentes características, ya que el proceso de conformado por extrusión

produce una estructura de burbuja cerrada. Por ello, este aislante térmico puede mojarse sin perder propiedades.

Soporta además grandes cargas sin deformarse, ya que tiene una elevada resistencia mecánica. Otra de las ventajas de este aislante es su instalación y mantenimiento, al ser colocado sin ningún tipo de adhesivo, es fácilmente reemplazable. Su conductividad térmica se encuentra entre 0,033 y 0,036 W/(mK).

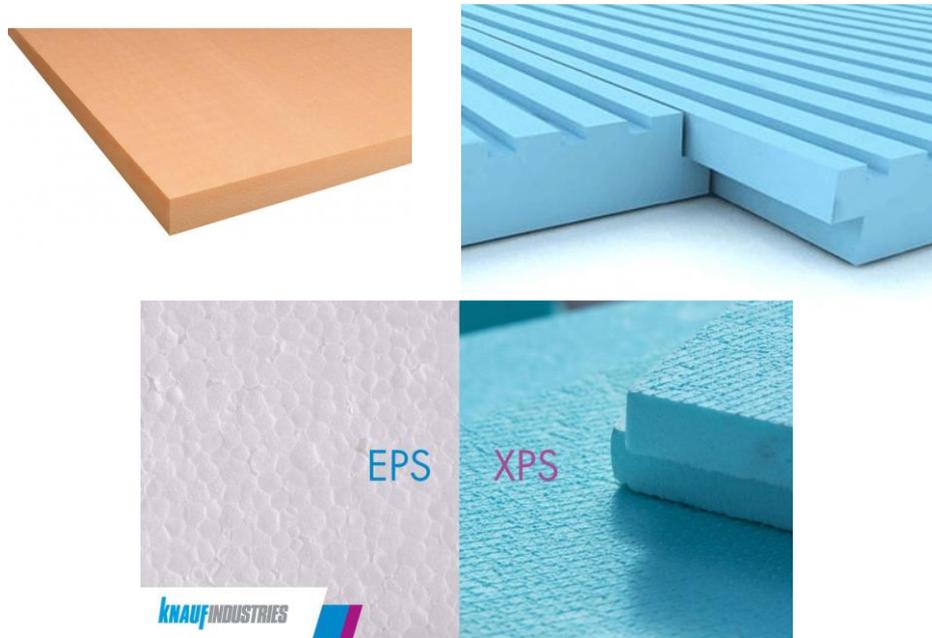


Figura 10.2.- Poliestireno extruido

- Espuma de poliuretano (PUR): compuesto de petróleo y azúcar, da lugar a una buena conductividad térmica de entre 0,019 y 0,040 W/(mK). Una de sus propiedades principales, además de su rigidez estructural, es su aplicación con pistola, permitiendo el relleno de huecos y facilitando el proceso de instalación.



Figura 10.3.- Espuma de poliuretano

- Lana de roca: uno de los aislantes térmicos más empleados por su alto rendimiento. Está compuesto prácticamente en su totalidad por rocas de origen volcánico, sometiéndolas a altas temperaturas y añadiendo un pequeño porcentaje de ligante orgánico formándose paneles, fácilmente manejables. Este proceso, hace que sea un aislante respetuoso con el medio ambiente.

A diferencia del poliestireno extruido y expandido, los paneles de lana de roca y de vidrio no son inflamables, y por su disposición multidireccional tiene la capacidad de aislante acústico. Tienen una conductividad térmica de entre 0,03 y 0,05 W/(mK).

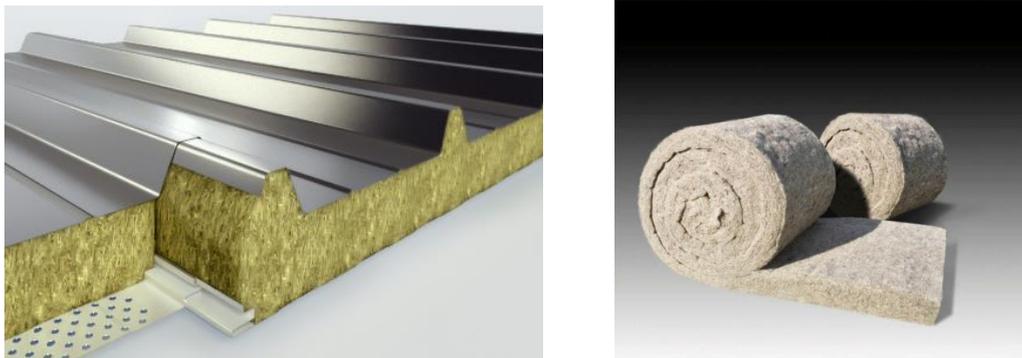


Figura 10.4.- Lana de roca

- Lana de vidrio: o fibra de vidrio es un producto de origen natural y mineral que está compuesto por filamentos de vidrio aglutinados mediante resina. Con características similares a la lana de roca, presentando además una buena resistencia a la humedad.



Figura 10.5.- Lana de vidrio

Una vez estudiados los diferentes tipos de aislamiento que se pueden colocar en una vivienda, se elige el que mejor se adapte a las condiciones del proyecto. Para ello se debe de tener en cuenta:

- **Conductividad:** la espuma de poliuretano (PUR) destaca por su buena conductividad frente a los demás aislantes.

Aislante	Conductividad
<b>Poliestireno expandido (EPS)</b>	0.029-0.053 W/(mK)
<b>Poliestireno extruido (XPS)</b>	0.033-0.036 W/(mK)
<b>Espuma de poliuretano (PUR)</b>	0.019-0.040 W/(mK)
<b>Lana de roca</b>	0.030-0.050 W/(mK)
<b>Lana de vidrio</b>	0.030-0.050 W/(mK)

Tabla 10.1.-Conductividad aislantes térmicos

- **Coste de compra:** los aislantes más económicos son los poliestirenos.

Aislante	Precio/ m <sup>2</sup>
Poliestireno expandido (EPS)	10 €/m <sup>2</sup>
Poliestireno extruido (XPS)	10 €/m <sup>2</sup>
Espuma de poliuretano (PUR)	13 €/m <sup>2</sup>
Lana de roca	12 €/m <sup>2</sup>
Lana de vidrio	12 €/m <sup>2</sup>

Tabla 10.2.- Coste de compra aislantes térmicos

- **Coste de instalación y mantenimiento:** la espuma de poliuretano (PUR) es el aislante más económico en cuanto a su instalación, aunque ésta deba de ser por parte de profesionales, es rápido y sencillo. En cambio, su mantenimiento es más costoso, siendo el único aislante que no se coloca en planchas o mantas, con lo cual es más difícil su reparación y revisión.

El mantenimiento del poliestireno extruido (XPS) es el más sencillo y económico, fácilmente extraíble y reparable ya que se coloca en forma de planchas que no necesitan ningún tipo de adhesivo para su instalación.

- **Aislamiento acústico:** los únicos aislantes que proporcionan un aislamiento acústico son las lanas de vidrio y de roca. Esto, es debido a la disposición multidireccional de sus fibras.
- **Impermeabilidad:** la principal diferencia entre el poliestireno expandido (EPS), y el poliestireno extruido (XPS) es su proceso de conformado, lo que hace que el extruido sea más denso, con burbujas cerradas y por tanto tenga la capacidad de ser impermeable. Con lo cual, el aislante que mejor cumple con esta condición es el poliestireno extruido (XPS). La lana de vidrio, presenta también una buena resistencia a la humedad.

- **Reciclaje** después de su uso: en este caso, las lanas de vidrio y de roca son los aislantes más sostenibles, ya que proceden de recursos naturales, lo que conlleva a un buen degradado tras su uso. Al contrario, por ejemplo, que la espuma de poliuretano (PUR), que está compuesta de petróleo.

Tras valorar cada característica conforme al proyecto a estudiar, se decide utilizar como primera opción la lana de vidrio como aislante térmico.

Características	Peso	Poliestireno expandido (EPS)	Poliestireno extruido (XPS)	Espuma de poliuretano (PUR)	Lana de roca	Lana de vidrio
Conductividad	10	8	7	9	8	8
Coste de compra	9	9	9	7	8	8
Coste de instalación	9	8	8	9	7	7
Mantenimiento	8	8	9	8	9	9
Aislamiento acústico	7	5	5	5	9	9
Impermeabilidad	8	6	9	7	6	7
Reciclaje después del uso	8	6	6	6	8	8
		428	450	437	462	470

Tabla 10.3.- Matriz de decisiones aislantes térmicos

# 11. Diseño del contenedor

Antes de estudiar el aislamiento y envoltura térmica del módulo, se propone un diseño, con las correspondientes particiones y huecos para el acceso y la entrada de luz a su interior. Así como la posible disposición de las unidades interiores y exteriores del sistema de climatización elegido con anterioridad.

## 11.1 CONSTRUCCIÓN

Una vez se tiene en cuenta la orientación que se desea para el proyecto, el primer paso para la colocación del contenedor es allanar y excavar el terreno sobre el que irá posado. Para ello, se coloca una estructura de refuerzo de acero que posteriormente irá rellena de hormigón. Antes de este paso, es necesario realizar el zanjeo donde irá la instalación de cañerías y desagües del proyecto. Colocadas las tuberías y el relleno de hormigón, se procederá a extraer la estructura de refuerzo y a la colocación del contenedor.

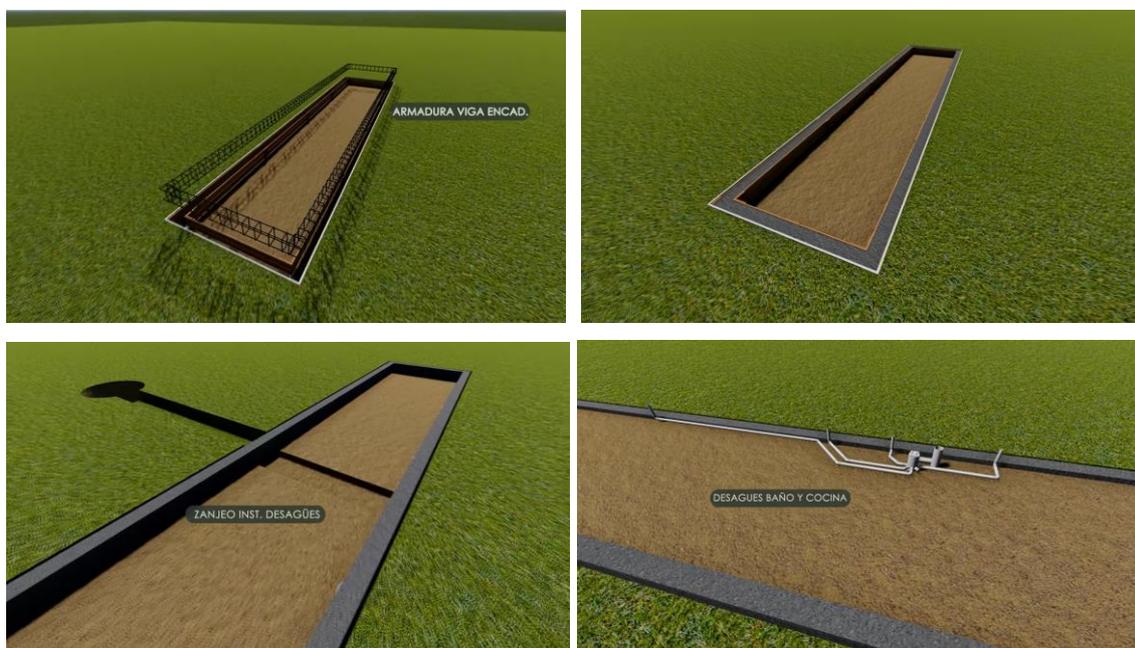


Figura 11.1.- Ilustración de terreno previo

Al estar el suelo del contenedor formado por vigas transversales de perfiles en U, entre éstas irán las cañerías y desagües de cada habitación del módulo. Sobre estas vigas, se colocará un tablero de madera de 28 mm de espesor. En una primera idea de diseño, no se colocará aislante en el suelo del contenedor. Ya que como sistema de calefacción y refrigeración se ha decidido utilizar suelo radiante, y la instalación de este conlleva la colocación de capas de aislante EPS.

En apartados posteriores del proyecto, se estudiará si este aislante es el adecuado para una óptima habitabilidad. En caso contrario, se propondrá otra solución, hasta que se consiga el confort deseado.

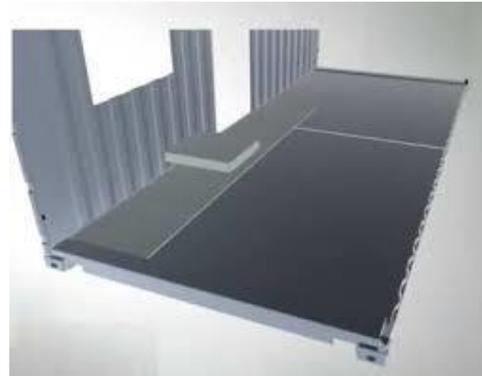


Figura 11.2.-Estructura inferior del contenedor

El siguiente paso será cortar los huecos de ventanas y puertas en la chapa de acero acanalada con una amoladora. Las paredes del contenedor, tienen un espesor de 1,5 mm.

Para ello se diseña previamente un modelo de habitáculo con las correspondientes medidas en cada partición. Se ha decidido cortar huecos rectangulares para ventanas y sus correspondientes marcos, de 30x188 cm en la fachada principal del módulo. Una en cada separación, de modo que entre luz natural en cada una de ellas a lo largo de todo el día. Además, cada partición, tendrá su propia puerta de acceso de 83x200 cm de área, con marco incluido.

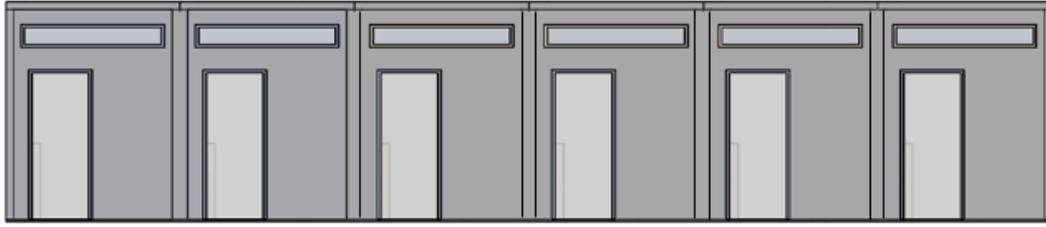


Figura 11.3.- Vista frontal con huecos

Para el resto de fachadas no se proponen huecos como primera opción de diseño.

Una vez realizados los cortes de cada hueco, se colocarán unos perfiles en las paredes interiores del contenedor y techo, así como en las particiones de cada habitación del proyecto. Las cañerías y demás conexiones irán por dentro de estos perfiles, quedando posteriormente cubiertas por el aislante térmico elegido.



Figura 11.4.- Perfiles

Una vez aisladas las paredes y el techo del habitáculo, se colocarán placas de yeso como soporte, tanto en las paredes laterales del contenedor como en las separaciones de las diferentes particiones.

## 11.2 INTERIOR

Ya colocados aislantes, tuberías y placas de yeso, y con las particiones de cada habitación del contenedor bien definidas, se hará una selección de elementos que cubran las necesidades básicas en las que está enfocado este proyecto.

- Una cama abatible horizontalmente de 80x180 cm, para el aprovechamiento del mayor espacio posible.

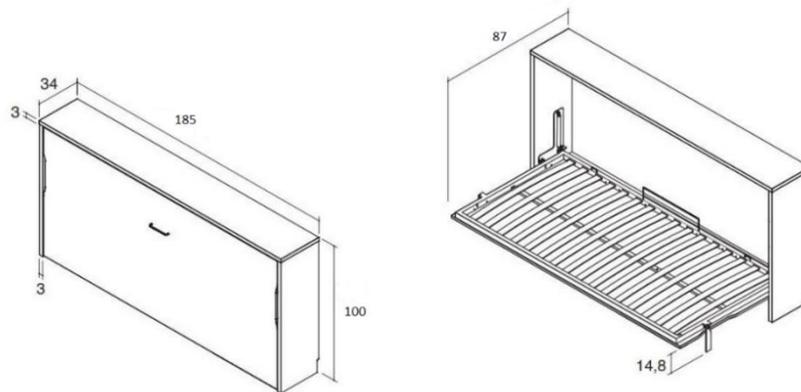


Figura 11.5.- Vista cama abatible

- Para la ducha, siendo el único elemento que suministra agua caliente, irá pegado a la pared trasera del contenedor, y así optimizar los conductos de tuberías. Se colocará un plato de ducha de porcelana cuadrado de 70x70 cm.

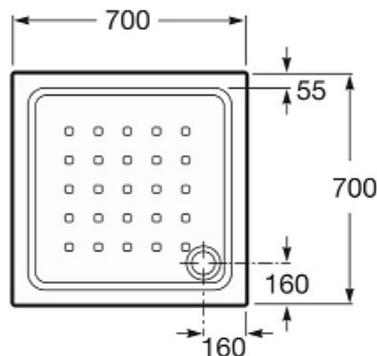


Figura 11.6-- Vista de planta de ducha

- En cuanto a inodoro y lavabo, se elige un tipo de sistema en el que el lavabo está incorporado en el inodoro. De esta forma, el agua usada en el lavabo, se aprovechará para la cisterna del otro. Además, se disminuye el número de cañerías para la distribución del agua y el espacio usado en la habitación.



Figura 11.7.- Inodoro con lavamanos

Quedando el diseño del contenedor de la siguiente forma:

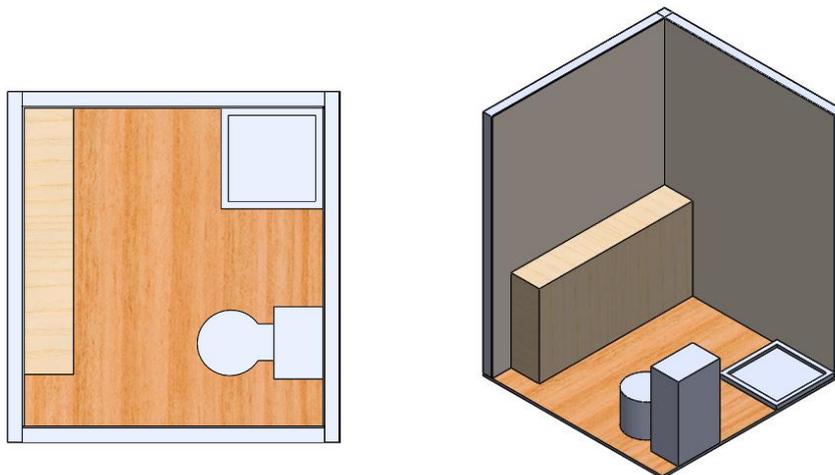


Figura 11.8.- Vista conjunto habitación

## 12. Envoltente térmica

Una vez elegido el aislante térmico y el diseño que más se adapta a las necesidades del proyecto, se define la envoltente térmica del módulo habitable, y se comprueba que cumple con las necesidades de confort para la vida en su interior.

La envoltente térmica de un edificio es la parte que está en contacto con el aire exterior, y que protege al interior de la humedad y de la temperatura. Está compuesta por las capas superficiales que separan las partes interiores de las exteriores, como pueden ser muros, suelos, cubiertas o ventanas.



Figura 12.1.- Envoltente térmica

Su objetivo, es buscar un equilibrio entre el bienestar en su interior y la eficiencia energética. Para el estudio de su comportamiento energético, hay que tener en cuenta los materiales de los que están hechos cada capa de la envoltente, sus propiedades e incluso el clima y la orientación donde se encuentra el edificio de estudio.

En primer lugar, en este proyecto se va a estudiar la envoltente térmica de cada parte de la estructura con el aislante que se ha decidido utilizar según la matriz de decisiones que se ha desarrollado con anterioridad. Para ello es necesario previamente conocer algunos términos específicos para el cálculo de la eficiencia:

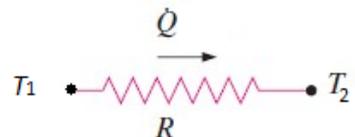
## 12.1 CONCEPTOS PREVIOS

- La transmisión de calor o potencia térmica ( $Q$ ), es la cantidad de energía calorífica que atraviesa una superficie por unidad de tiempo. Se mide en (W).

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \quad \text{siendo } U \text{ la transmitancia térmica,} \quad U = \frac{1}{Req}$$

Ecuación 12.1.- Trasmisión de calor

- La resistencia térmica total será la suma de las resistencias térmicas de cada capa del cerramiento más las resistencias térmicas superficiales del aire exterior y del aire interior.



$$Req = \frac{1}{h} + \sum \frac{e}{k}$$

Ecuación 12.2.- Resistencia térmica total

- La conducción es el intercambio de energía cinética por contacto directo entre películas de materiales. Para su cálculo es necesaria la conductividad térmica,  $k$ , propiedad física de los materiales, que se mide en (W/mk).

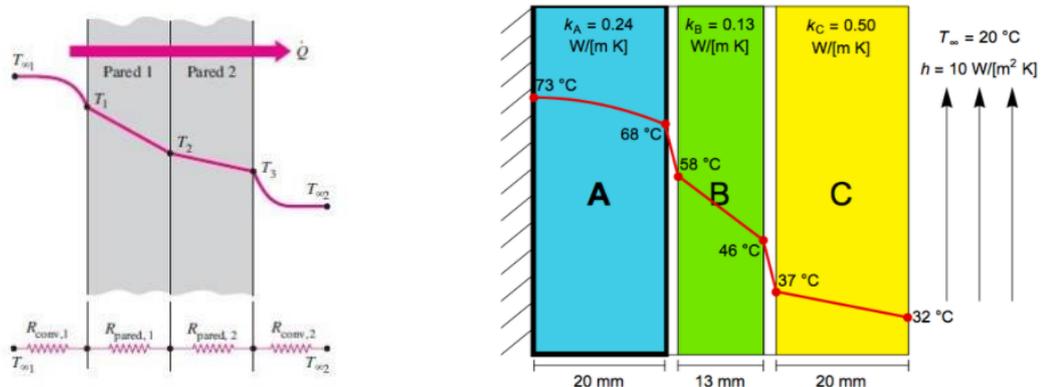


Figura 12.2.- Circuito conducción

- En la radiación, la energía es transmitida por todos los cuerpos, por el hecho de encontrarse a cierta temperatura, pudiendo ser absorbida por otros, aumentando la temperatura de éstos últimos.
- La convección tiene lugar en el seno de un fluido en movimiento en contacto con un material. Existiendo convección forzada (el movimiento del fluido es producido por causas mecánicas), y convección natural (movimiento producido por diferencias de densidades debido al gradiente de temperatura). Para su cálculo es necesario el coeficiente de película ( $h$ ), medido en  $(W/m^2k)$ .

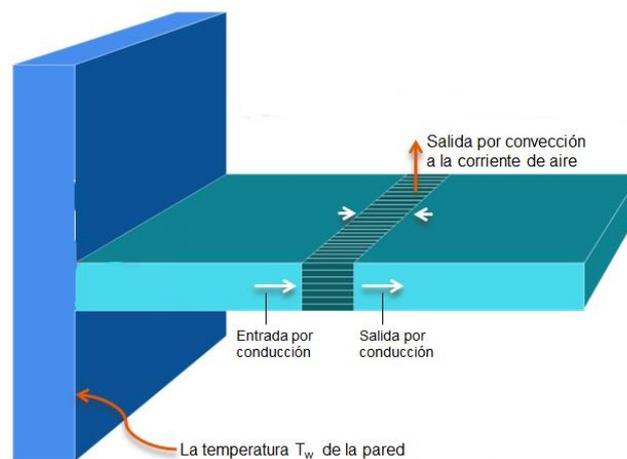


Figura 12.3.- Convección

Todos estos valores se obtienen con ayuda de tablas contenidas en el Código Técnico de la Edificación, según la posición del cerramiento y dirección del flujo.

Se harán primero los cálculos de las pérdidas de calor con el aislante propuesto en cada fachada. Una vez se conozca si el aislante es el adecuado o no, se calculará la certificación energética del módulo habitable, con ayuda del programa oficial CE3X. Para ello, es necesario previamente, definir las áreas de cada fachada, huecos y espesores.

## 12.2 CÁLCULOS

En todas las fachadas y techo del contenedor, a excepción del suelo, se propone como primera opción:

- Aislante de lana de vidrio de 100 mm de espesor y resistencia térmica para este espesor de  $2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ .
- Placa de yeso laminado de 12,5 mm de espesor y  $0,25 \text{ W/mk}$  de conductividad térmica.
- Chapa de acero de 1.5 mm de espesor y  $50,2 \text{ W/mk}$  de conductividad térmica.

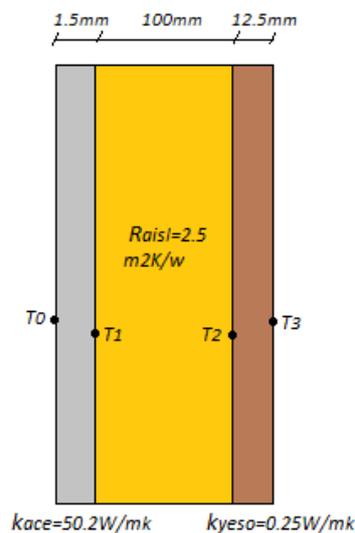


Figura 12.4.- Esquema envoltorio térmico principal

Además, hay que tener en cuenta la temperatura en el exterior y en el interior del módulo. Ya que el proyecto está planteado como lugar para pasar la noche, hay que considerar como temperatura interior del habitáculo, la temperatura media durante esta franja horaria, entre  $15$  y  $17 \text{ }^\circ\text{C}$ . También el lugar de diseño de esta idea, que es la ciudad costera de Gijón, con una temperatura mínima en invierno de  $8,1 \text{ }^\circ\text{C}$  y en verano de  $18,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Las diferentes superficies en las que se calculará la envoltorio térmico son las siguientes:

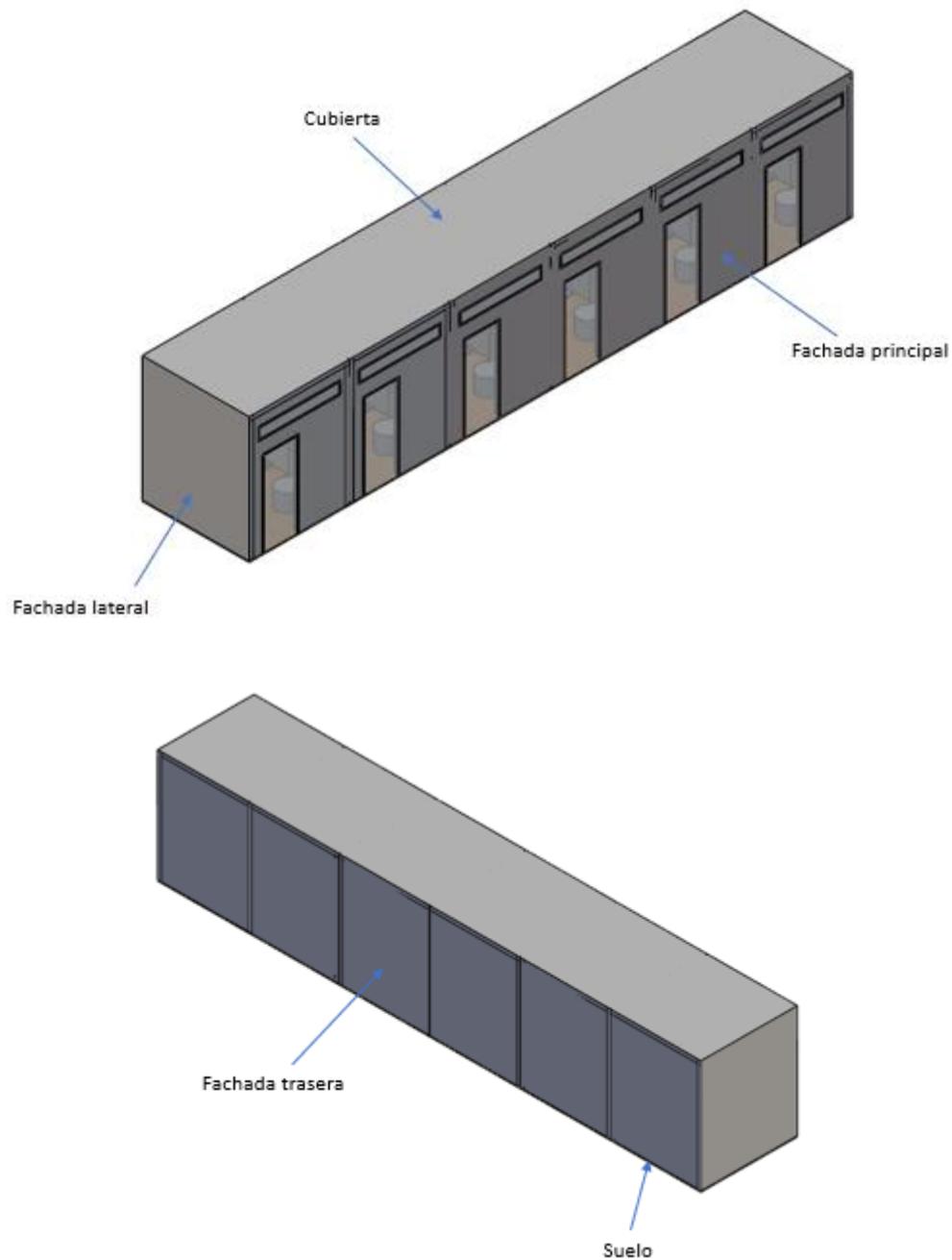


Figura 12.5.- Vista fachadas del contenedor

- **Fachadas laterales:**

Con un área de  $7.06 \text{ m}^2$  idéntico para ambas fachadas. El circuito eléctrico equivalente en ese caso será el siguiente:

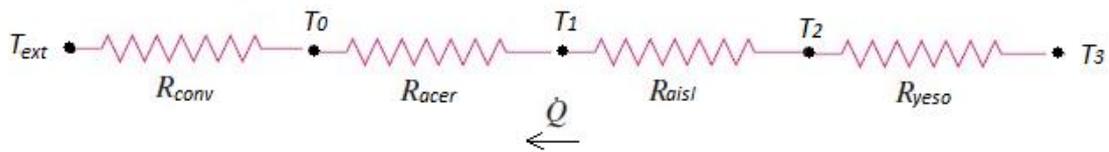


Figura 12.6.- Circuito eléctrico equivalente fachadas laterales

En este caso, hay convección entre el aire exterior y la pared exterior del contenedor, y conducción debido a la transmisión de calor por contacto entre el resto de las capas de la envolvente.

Como dato, tenemos todas las conductividades térmicas de los distintos materiales que forman las capas de la envolvente. Así como la temperatura del ambiente exterior e interior. Haciendo uso de las tablas de correlaciones, en este caso por convección natural alrededor de placas verticales, se calculará el coeficiente de película exterior ( $h_{ext}$ ) entre el aire exterior y la pared exterior.

Tomando  $T_3=16^\circ\text{C}$ ,  $T_{ext}= 8,1^\circ\text{C}$  y considerando la temperatura de la pared exterior  $0,5^\circ\text{C}$  por encima de la temperatura ambiente, es decir,  $T_0=8,6^\circ\text{C}$ .

Se calculan las propiedades termofísicas del aire (a 1 atm) para la temperatura promedio, es decir, la media aritmética entre la temperatura de la superficie del sólido y la del fluido sin perturbar,  $T_p = \frac{T_0 + T_{ext}}{2} = 8,35^\circ\text{C} = 281,5 \text{ K}$

Interpolando para ese valor en la tabla para propiedades termofísicas del aire, se obtiene:

<b><math>k=0.026 \text{ W/mk}</math></b>
<b><math>\rho=1.258 \text{ kg/m}^3</math></b>
<b><math>C_p=1007.85 \text{ J/kgK}</math></b>
<b><math>\mu=17.663 \cdot 10^{-6} \text{ kg/ms}</math></b>
<b><math>Pr=0,69</math></b>

Tabla 12.1.- Propiedades termofísicas del aire a 281,5 K

Utilizando la correlación de Sauder y Weise en régimen turbulento:

TIPO/RÉGIMEN	CORRELACIÓN	CONDICIONES DE APLICABILIDAD	EVALUACIÓN
C. NATURAL R. LAMINAR	SAUDERS Y WEISE $Nu_L = C (Gr_L Pr)^m$	$10^4 < Gr_L Pr < 10^7$ $C = 0,59 \quad m = 1/4$	$\rho, \mu, Pr, Nu_L : T_p$ $\beta : T_w$
C. NATURAL R. TURBULENTO		$10^9 < Gr_L Pr < 10^{12}$ $C = 0,13 \quad m = 1/3$	$\Delta T = T_0 - T_w$

Tabla 12.2.- Correlación Sauder y Weise

Es necesario el cálculo del número adimensional de Grashof,  $Gr = \frac{\beta \cdot \Delta T \cdot g \cdot L^3}{\nu^2}$

Ecuación 12.2.- Número de Grashof

siendo,

$$\beta = \frac{1}{T_{ext}} = \frac{1}{(273.15 + 8.1)} = 3,55 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta T = T_0 - T_{ext} = (281.75 - 281.25) = 0,5 \text{ K}$$

$$L, \text{ altura de la fachada, } 2,896 \text{ m, } L^3 = 2,896^3 = 24,288 \text{ m}^3$$

$$\nu = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)^2 = (1,404 \cdot 10^{-5})^2$$

$Gr = 2,1497 \cdot 10^9$ , y como  $Gr \cdot Pr = 1,48 \cdot 10^9$  está en el intervalo  $10^9 < Gr \cdot Pr < 10^{12}$ , entonces  $C=0.13$  y  $m=1/3$ . Con lo cual el número de Nusselt, con el que posteriormente se calculará el coeficiente de película,  $Nu = C (Gr \cdot Pr)^m = 148,26$ .

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} \text{ despejando } h_{ext} = \frac{148.26 \cdot 0.02559}{2.896} = 1,31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Ecuación 12.3.- Número de Nusselt

Una vez se haya calculado el coeficiente de película exterior, ya se puede calcular la resistencia térmica equivalente del circuito de la envolvente térmica:

$$R_{eq} = \frac{1}{1.31 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{50.2 \text{ W/mk}} + 2.5 \frac{\text{m}^2\text{k}}{\text{W}} + \frac{12.5 \cdot 10^{-3}}{0.25 \text{ W/mk}} = 3.313 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Ecuación 12.4.- Cálculo resistencia equivalente fachada lateral

La transmitancia térmica entonces sería  $U = \frac{1}{R_{eq}} = 0,302 \text{ W/m}^2\text{K}$ , y la transferencia de calor  $Q = A \cdot U \cdot (T_3 - T_{ext}) = 7,06 \cdot 0,302 \cdot (16 - 8,1) = 16,833 \text{ W}$

Ecuación 12.5.- Cálculo transferencia de calor fachada lateral

Se observa una transmitancia con un valor bajo para este diseño de envolvente térmica. Cuanto mayor sea la resistencia térmica de un cerramiento, menor será el valor de la transmitancia, siendo esto el objetivo a la hora del diseño de cerramientos, así, cuanto mayor sea la resistencia térmica menores serán las pérdidas de calor.

Para las demás fachadas del contenedor, así como para el techo, se tomará como valor de coeficiente de película con el ambiente exterior el ya calculado para las fachadas laterales. Así como la temperatura de la pared exterior del contenedor  $T_0 = 8,6^\circ\text{C}$ . Esto se debe a que en todas las caras del contenedor incide la misma corriente de aire, y el material en contacto con este flujo es el mismo.

- **Fachada trasera:**

Siendo el área de esta superficie  $39,739 \text{ m}^2$ , el circuito eléctrico equivalente es el mismo que en las fachadas laterales.

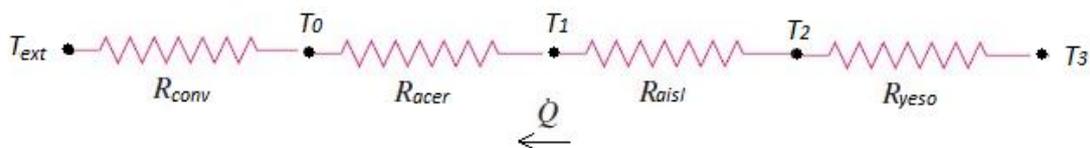


Figura 12.7.- Circuito eléctrico equivalente fachada trasera

La resistencia equivalente quedaría:

$$R_{eq} = \frac{1}{1.31 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{50.2 \text{ W/mk}} + 2.5 \frac{\text{m}^2\text{k}}{\text{W}} + \frac{12.5 \cdot 10^{-3}}{0.25 \text{ W/mk}} = 3.313 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Ecuación 12.6.- Cálculo resistencia equivalente fachada trasera

La transmitancia térmica  $U = \frac{1}{R_{eq}} = 0,302 \text{ W/m}^2\text{K}$ , y en este caso la transferencia de calor se calcularía como  $Q = A \cdot U \cdot (T_3 - T_{ext}) = 39,739 \cdot 0,302 \cdot (16 - 8,1) = 94,746 \text{ W}$ .

Ecuación 12.7.- Cálculo transferencia de calor fachada trasera

Como se puede observar, el valor de la transferencia de calor es mayor que en las fachadas laterales, pero la transmitancia térmica sigue siendo baja, esto indica que la envolvente térmica elegida para este caso es efectiva.

- **Cubierta:**

Con una superficie de  $33,454 \text{ m}^2$ , el circuito eléctrico equivalente se repite también en este caso, al igual que la resistencia equivalente y la transmitancia térmica:

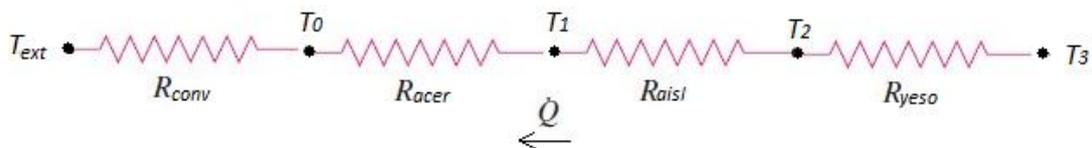


Figura 12.8.- Circuito eléctrico equivalente cubierta

$$R_{eq} = \frac{1}{1.31 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{50.2 \text{ W/mk}} + 2.5 \frac{\text{m}^2\text{k}}{\text{W}} + \frac{12.5 \cdot 10^{-3}}{0.25 \text{ W/mk}} = 3.313 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Ecuación 12.8.- Cálculo resistencia equivalente fachada trasera

$$U = \frac{1}{R_{eq}} = 0,302 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Calculando la transferencia de calor para esta superficie,

$$Q = A \cdot U \cdot (T_3 - T_{ext}) = 33,454 \cdot 0,302 \cdot (16 - 8,1) = 79,76 \text{ W}$$

Ecuación 12.9.- Cálculo transferencia de calor cubierta

La transmitancia térmica sigue teniendo un valor óptimo para este caso.

- **Suelo:**

Para esta superficie no se utiliza la misma envolvente térmica que en las demás fachadas. En este caso, como en el proyecto se va a utilizar suelo radiante como sistema de climatización, en la instalación de éste, va incorporada una plancha de aislante EPS.

Como primer diseño de envolvente térmica, y ya que el contenedor va apoyado sobre una estructura de hormigón anteriormente comentada, se propone, en el interior de esta estructura, la colocación de 7 cm de espesor de grava directamente sobre el terreno. Entre la grava y la tarima de madera de 28 mm que constituye el suelo del módulo, habrá entonces una cámara de aire sin ventilar de 15 cm de espesor. A continuación, la tarima de madera, y sobre esta, la plancha de aislante EPS de 2 cm de espesor. Una vez colocados los conductos del suelo radiante, se cubrirá con mortero de 4 cm de espesor.

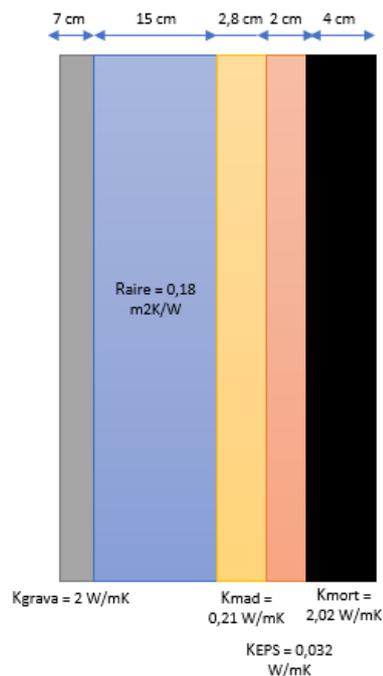


Figura 12.9.- Esquema envolvente térmica inicial suelo

De esta manera, el área de la superficie que afecta en la envolvente térmica del suelo, cubre 29,82 m<sup>2</sup>

Siendo la temperatura media del suelo de Gijón, 15°C, el circuito térmico equivalente sería el siguiente:

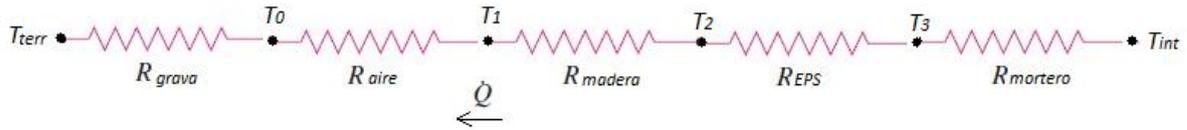


Figura 12.10.- Circuito eléctrico equivalente suelo

Se tiene en cuenta que la temperatura del terreno es  $T_{terr} = 15^{\circ}\text{C}$  y la temperatura del interior, es decir, la del mortero, la misma que  $T_3$  en las demás fachadas,  $T_{int} = 16^{\circ}\text{C}$ . Considerando una transmisión de calor por conducción en todo momento, desde el terreno, hasta el interior del habitáculo, y con las siguientes conductividades térmicas como dato, se obtiene:

Material	Espesor	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Grava	$7 \cdot 10^{-2}$ m	2	
Cámara de aire	$15 \cdot 10^{-2}$ m		0,18
Madera	$28 \cdot 10^{-3}$ m	0,21	
EPS	$2 \cdot 10^{-2}$ m	0,032	
Mortero	$4 \cdot 10^{-2}$ m	2,02	

Tabla 12.3.- Características envolvente térmica suelo

$$R_{eq} = \frac{7 \cdot 10^{-2}}{2 \text{ W/mK}} + 0,18 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{28 \cdot 10^{-3}}{0,21 \text{ W/mK}} + \frac{2 \cdot 10^{-2}}{0,032 \text{ W/mK}} + \frac{4 \cdot 10^{-2}}{2,02 \text{ W/mK}} = 0,993 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Ecuación 12.10.- Cálculo resistencia equivalente suelo

$$\text{La transmitancia entonces quedaría, } U = \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{0,993} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_{int} - T_{terr}) = 29,82 \text{ W}$$

Ecuación 12.11.- Cálculo transferencia de calor suelo

Aunque el valor de la transmisión de calor sea bajo, la transmitancia térmica tiene un valor elevado en consecuencia del valor de la resistencia equivalente. Esto nos indica que esta envolvente térmica no es eficaz. Para lograr que lo sea, se modificarán los elementos y materiales de ésta.

Se propone colocar entre la cámara de aire y la madera que cubre el suelo del contenedor, otra plancha de madera del mismo espesor, es decir, entre las vigas transversales que constituyen la estructura inferior del contenedor. Esto hace que la cámara de aire disminuya a 5 cm de espesor ( $R = 0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$ ). Además, entre las dos planchas de madera de 28 mm de espesor, se colocará lana de vidrio de 100 mm de espesor al igual que en las demás fachadas del contenedor. Con esto, la envolvente térmica quedaría:

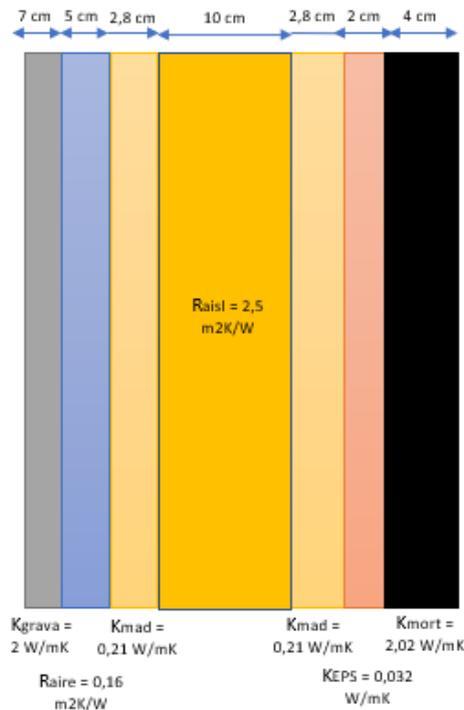


Figura 12.11.- Esquema envolvente térmica final suelo

Y el circuito eléctrico equivalente y la resistencia térmica,



Figura 12.12.- Circuito eléctrico equivalente final suelo

$$R_{eq} = \frac{7 \cdot 10^{-2}}{2 \text{ W/mK}} + 0,16 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + \frac{28 \cdot 10^{-3}}{0,21 \text{ W/mK}} + 2,5 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + \frac{28 \cdot 10^{-3}}{0,21 \text{ W/mK}} + \frac{2 \cdot 10^{-2}}{0,032 \text{ W/mK}} + \frac{4 \cdot 10^{-2}}{2,02 \text{ W/mK}} = 3,606 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

Ecuación 12.12.- Cálculo resistencia equivalente final suelo

$$U = \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3,606} = 0,277 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_{int} - T_{terr}) = 8,27 \text{ W}$$

Ecuación 12.13.- Cálculo transferencia de calor final suelo

El valor de la transmitancia térmica disminuye notoriamente, de esta forma, la envolvente térmica cumple con las condiciones de confort del proyecto.

#### - Fachada principal:

En esta fachada, para el cálculo de la envolvente térmica habrá que tener en cuenta los huecos de ventanas y puertas, y el tipo de ventana, cristalería o marco que cumplirá mejor con los requisitos del proyecto.

Basándose en el Código Técnico de la Edificación y su Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, apartado 2.1.4 Huecos y lucernarios; 2.1.4.1 Transmitancia térmica de huecos, se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo de la transmitancia en los huecos de la fachada:

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\Psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\Psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Ecuación 12.14.- Transmitancia térmica huecos fachada principal

siendo,

$U_H$  la transmitancia térmica del hueco (ventana, lucernario o puerta) [W/m<sup>2</sup> K];

$U_{Hv}$  la transmitancia térmica del acristalamiento [W/m<sup>2</sup> K];

$U_{Hm}$  la transmitancia térmica del marco [W/m<sup>2</sup> K];

$U_{Hp}$  la transmitancia térmica de la zona con panel opaco o cajón de persiana [W/m<sup>2</sup> K];

$\Psi_v$  la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento [W/mK];

$\Psi_p$  la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos o cajón de persiana [W/mK];

$A_{Hv}$  el área de la parte acristalada [m<sup>2</sup>];

$A_{Hm}$  el área del marco [m<sup>2</sup>];

$A_{Hp}$  el área de la parte con panel opaco o cajón de persiana [m<sup>2</sup>];

$l_v$  la longitud de contacto entre marco y acristalamiento [m];

$l_p$  la longitud de contacto entre marco y paneles opacos o cajón de persiana [m];

Pero antes, habrá que hacer una selección del tipo de ventana, marco y cristalería más adecuado, y comprobar que cumple con una buena transmitancia.

En cuanto al tipo de cristal, la mejor opción para un buen aislamiento térmico es la instalación de doble cristal. Consiste en la colocación de dos cristales separados entre sí y entre ellos una cavidad, que funciona como cámara de aire, generalmente rellena de gases nobles, los cuales tienen unas buenas propiedades aislantes. Esta elección hace que aumente tanto el aislamiento térmico, como el acústico, además de proporcionar un ahorro energético a largo plazo.

En un primer cálculo se tomará como cristal un vidrio normal, con la composición más básica 4-6-4, siendo estos los espesores vidrio-cámara-vidrio expresados en milímetros, comenzando por el vidrio exterior.

También se debe seleccionar el tipo de marco que irá en el proyecto, ya que representan entre el 25% y el 35% de la superficie total del hueco. Existen diferentes tipos según su material y propiedades, metálico, de madera, PVC... Para este proyecto, la mejor opción serán marcos de PVC. Además de tener un coste menor que otros, cumple con un buen aislamiento térmico.

Calculando el área de huecos, marcos y cristales, y teniendo en cuenta que no se colocarán paneles opacos ni cajones de persiana:

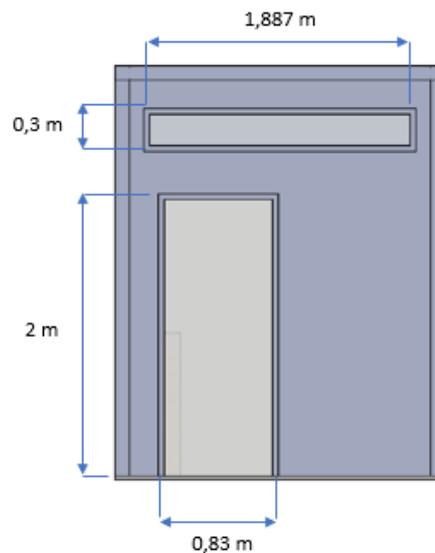


Figura 12.13.- Huecos fachada principal

$$U_{hm} = 1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$U_{hv} = 3,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$U_{hp} = 0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Tabla 10 Transmitancia térmica lineal  $\Psi_p$  y  $\Psi_v$  en huecos\*

Material del marco	Acrilamiento o empanelado simple	Acrilamiento o empanelado doble o triple	Acrilamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

Figura 12.14.- Tabla Documento Básico DB-HE Transmitancia térmica en huecos

$$\Psi_v = 0,06/0,05 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_p = 0 \text{ W/mK}$$

$$AH_v = 9,3496 \text{ m}^2$$

$$AH_m = 4 \text{ m}^2$$

$$AH_p = 0 \text{ m}^2$$

$$I_p = 0 \text{ m}$$

$$I_v = 53,964 \text{ m}$$

$$U_H = 3,05 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Se observa un valor de transmitancia térmica elevado en comparación con las demás fachadas. En consecuencia, se propone la colocación de otros tipos de vidrios, como vidrios con baja emisividad en sustitución a uno de los vidrios del doble acristalamiento. Este tipo de vidrios, posee una capa de óxidos metálicos del orden de nanómetros, aportando una capacidad de aislamiento térmico reforzado.

Composición <sup>5</sup> con un vidrio normal y un vidrio de baja emisividad ( $\epsilon \leq 0,03$ )	4-6-4	4-8-4	4-10-4	4-12-6
U (W/m <sup>2</sup> K)	2,5	2,1	1,8	1,7

Figura 12.15.- Tipo de vidrios doble acristalamiento

Con la utilización entonces de un doble acristalamiento con un vidrio normal y otro de baja emisividad, y una composición 4-10-4 en cuanto a espesor de la cámara de aire, la transmitancia del acristalamiento disminuiría de 3,3 W/m<sup>2</sup>K a 1,8 W/m<sup>2</sup>K.

Por tanto, volviendo a calcular la transmitancia térmica total de los huecos con el nuevo acristalamiento, se obtiene un valor  $U_H = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , siendo este más aceptable que el calculado inicialmente.

Como el área total de los huecos suma 13,357 m<sup>2</sup>, las pérdidas totales en ellos serían,

$$Q = A \cdot U \cdot (T_3 - T_{ext}) = 13,357 \cdot 2 \cdot (16 - 8,1) = 211,034 \text{ W}$$

Ecuación 12.15.- Cálculo transferencia de calor huecos fachada principal

Para el resto de la fachada, con un área de 26,382 m<sup>2</sup>, se calcularán las pérdidas caloríficas de igual forma que en los apartados anteriores:

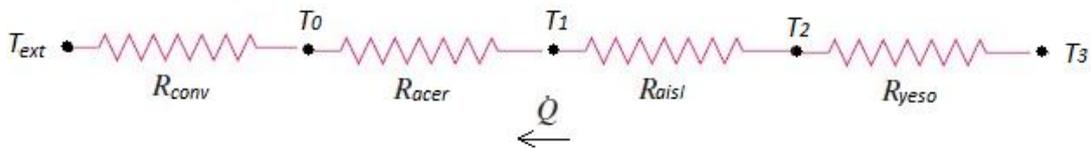


Figura 12.16.- Circuito eléctrico equivalente fachada principal

$$R_{eq} = \frac{1}{1.31 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{50.2 \text{ W/mk}} + 2.5 \frac{\text{m}^2\text{k}}{\text{W}} + \frac{12.5 \cdot 10^{-3}}{0.25 \text{ W/mk}} = 3.313 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Ecuación 12.16.- Cálculo resistencia equivalente fachada principal

$$U = \frac{1}{R_{eq}} = 0,302 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q = A \cdot U \cdot (T_3 - T_{ext}) = 26,3823 \cdot 0,302 \cdot (16 - 8,1) = 62,90 \text{ W}$$

Ecuación 12.17.- Cálculo transferencia de calor fachada principal

Las pérdidas totales de la fachada principal del proyecto serían entonces,

$$Q_T = Q_{\text{huecos}} + Q_{\text{fachada}} = 211,034 \text{ W} + 62,90 \text{ W} = 273,934 \text{ W}$$

Comparando las pérdidas caloríficas de cada fachada, observamos:

<b>Superficie</b>	<b>Pérdidas caloríficas</b>
<b>Fachada lateral</b>	16,833 W
<b>Fachada lateral</b>	16,833 W
<b>Fachada trasera</b>	94,746 W
<b>Cubierta</b>	79,76 W
<b>Suelo</b>	8,27 W
<b>Fachada principal</b>	273,934 W
	<b>Pérdidas totales: 490,37 W</b>

Tabla 12.4.- Pérdidas caloríficas módulo

Se puede observar, que la fachada principal es la que menos aislamiento térmico aporta a la vivienda. A pesar de ello, la orientación del módulo, y por el tanto el calor que absorberán las ventanas con doble acristalamiento, hará que estas pérdidas sean menores, aportando calor al interior de la vivienda.

### 12.3 COMPROBACIÓN SEGÚN CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Calculados los parámetros característicos de la envolvente térmica del módulo, se ha de comprobar que cumplen la normativa en rigor. Para ello, se ha de conocer la zona climática del proyecto según su ubicación.

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m
Albacete	C3										D3					E1							
Alicante/Alacant	B4				B3				C3				D3										
Almería	A4		B4		B3		C3						D3										
Araba/Álava	D1										E1												
Asturias	C1	D1								E1													
Ávila	D2										D1					E1							
Badajoz	C4						C3		D3														
Balears, Illes	B3				C3																		
Barcelona	C2				D2				D1				E1										
Bizkaia	C1				D1																		

Figura 12.17.- Tabla Código Técnico de Edificación zonas climáticas

Como ya se ha comentado en puntos anteriores, la altitud de la ciudad de Gijón sobre el nivel del mar es menor de 50 m. Por lo tanto, corresponde con una zona climática C1.

En cuanto las transmitancias de cada superficie del módulo, deben de cumplir con un valor inferior al valor límite según la normativa.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_c$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_i$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{M,i}$ )						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%			5,7			

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.

Figura 12.18.- Tabla Documento Básico DB-HE valores límite de transmitancias en huecos

Siendo las transmitancias ( $U$ ) calculadas en este proyecto las siguientes,

<b>Fachada lateral (<math>U_m</math>)</b>	0,302	< 0,59
<b>Fachada trasera (<math>U_m</math>)</b>	0,302	< 0,59
<b>Cubierta (<math>U_c</math>)</b>	0,302	< 0,40
<b>Suelo (<math>U_t</math>)</b>	0,277	< 0,70
<b>Huecos (<math>U_H</math>)</b>	2	< 2,1

Tabla 12.5.- Valores de transmitancias en fachadas

Se comprueba que las transmitancias obtenidas en los cálculos del proyecto cumplen la normativa vigente del Código Técnico de la Edificación.

# 13. Certificación energética

Una vez seleccionados aislamientos, envolventes y materiales de cada superficie del contenedor, el siguiente paso será comprobar los cálculos desarrollados, y si el módulo cumple con una buena eficiencia energética.

Para ello se utilizará el programa oficial para certificación energética CE3X. Esta herramienta, permite certificar de manera simple cualquier tipo de edificio existente, ya sea residencial, pequeño terciario o gran terciario, con gran variedad de valores y posibilidades tanto de envolvente térmica como instalaciones. Generando una certificación energética desde “A” hasta “G”.



Figura 13.1.- Escala certificación energética

## 13.1 DATOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS

El primer paso para la obtención de la certificación energética de esta vivienda, es completar una serie de datos administrativos y generales sobre el proyecto: ubicación, tipo de vivienda, en este caso residencial, año de construcción, datos del cliente, zona climática, superficie habitable, número de plantas habitables. Se muestra en el Anexo I-A.

### 13.2 ENVOLVENTE TÉRMICA

Una vez completados los datos más generales, se procede a la definición de la envolvente térmica, muros de fachada, suelo o huecos que tenga la vivienda. Para ello es necesario seleccionar que tipo de muro se va a definir, así como sus cerramientos, superficie u orientación. En el anexo I-A, se muestran las diferentes envolventes que se han definido en el proyecto.

### 13.3 DEFINICIÓN DEL EDIFICIO

Una vez definidas todas las envolventes térmicas de las distintas superficies, se deben desarrollar los parámetros fundamentales de diseño, así como las características de la instalación de ACS y sistema de climatización utilizado.

En primer lugar, se debe de calcular la superficie útil habitable y la altura libre de planta. Este paso no se ha podido resolver hasta que no se ha comprobado que la envolvente térmica es la correcta, ya que se calcula restándole a la superficie total del contenedor, el espesor que ocupan los aislantes y demás cavidades de la envolvente. De igual manera, se calcula la altura libre de planta.

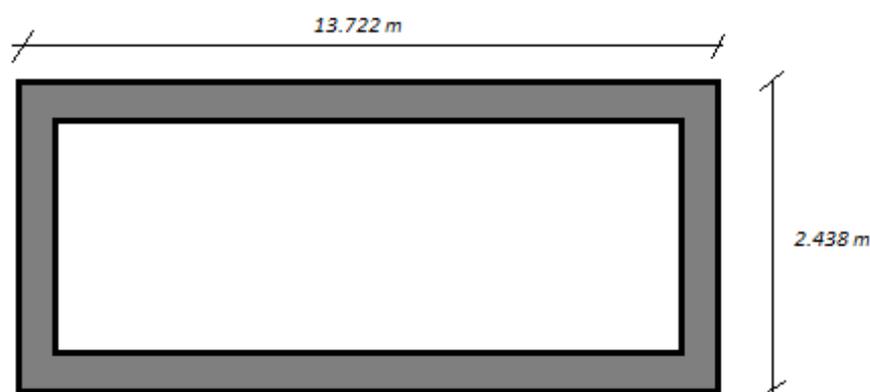


Figura 13.2.- Vista de planta superficie útil

Con un espesor de envolvente térmica de  $1.5 \cdot 10^{-3} + 0,1 + 0,0125 = 0,114$  m

$$\text{Superficie de la envolvente} = 13,722 \cdot 0,114 \cdot 2 + (2,438 - 0,114 \cdot 2) \cdot 0,114 = 3,38 \text{ m}^2$$

$$\text{Sup útil habitable} = (13,722 \cdot 2,438) - 3,38 = 30,074 \text{ m}^2$$

Con una altura de contenedor de 2,896 m, teniendo en cuenta la envoltura correspondiente a la cubierta y al suelo del contenedor (madera, plancha de aislante EPS y mortero),

$$\text{Alt libre de planta} = 2,896 - 1,5 \cdot 10^{-3} - 0,1 - 0,0125 - 28 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2} - 4 \cdot 10^{-2} = 2,694 \text{ m}$$

Para el cálculo de la ventilación del inmueble, haciendo uso del documento DB-HS Salubridad, del Código Técnico de la Edificación, sección HS3:

Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo $q_v$ en l/s				
	Locales secos <sup>(1) (2)</sup>			Locales húmedos <sup>(2)</sup>	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup>	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Figura 13.3.- Tabla Documento Básico DB-HS caudales mínimos para ventilación

Se toma como local húmedo y seco, a cada partición del módulo, obteniendo así, 6 locales secos como dormitorio no principal y 6 locales húmedos.

$$\text{Caudal locales secos} = 6 \text{ dormitorios} \times 4 \text{ l/s} = 24 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal locales húmedos} = 8 \text{ baños} \times 6 \text{ l/s} = 48 \text{ l/s} > 33 \text{ l/s}$$

Siendo mayor el caudal para locales húmedos, para el cálculo de renovaciones por hora.

$$48 \text{ l/s} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 172,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Volumen del módulo} = 2,694 \times 13,494 \times 2,21 = 80,34 \text{ m}^3$$

$$\frac{172,8 \text{ m}^3/\text{h}}{80,34 \text{ m}^3} = 2,15 \text{ ren/h}$$

En cuanto al cálculo de la demanda diaria de ACS, se rige por el Anejo F del Documento Básico HE Ahorro de energía. Para un módulo de 6 viviendas de 1 dormitorio, el valor mínimo de ocupación para los cálculos de ACS será de 1,5 personas por vivienda.

**Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado**

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Figura 13.4.- Tabla Documento Básico HE valores mínimos ocupación residencial

Tomando este proyecto como un albergue, ya que su uso es exclusivo para pasar la noche, según la tabla c de este anejo, la demanda diaria de ACS será de 24 l/día·persona.

**Tabla c-Anejo F Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado**

Criterio de demanda	Litros/día·persona
Hospitales y clínicas	55
Ambulatorio y centro de salud	41
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel ***	41
Hotel/hostal **	34
Camping	21
Hostal/pensión *	28
Residencia	41
Centro penitenciario	28
Albergue	24
Vestuarios/Duchas colectivas	21
Escuela sin ducha	4
Escuela con ducha	21
Cuarteles	28
Fábricas y talleres	21
Oficinas	2
Gimnasios	21
Restaurantes	8
Cafeterías	1

Figura 13.5.- Tabla Documento Básico HE demanda ACS en residencial

Por lo tanto, la demanda diaria de ACS = 1,5 personas x 6 viviendas x 24 l/día·persona  
= 216 l/día.

Calculados estos parámetros, queda definido el edificio de estudio en el programa oficial para certificación energética CE3X.

**Definición edificio**

Superficie útil habitable	<input type="text" value="30.07"/>	m <sup>2</sup>
Altura libre de planta	<input type="text" value="2.694"/>	m
Número de plantas habitables	<input type="text" value="1"/>	
Ventilación del inmueble	<input type="text" value="2.15"/>	ren/h
Demanda diaria de ACS	<input type="text" value="216"/>	l/día

Figura 13.6.- Definición edificio CE3X

### 13.4 DEFINICIÓN DE INSTALACIONES

El siguiente paso para el cálculo de la eficiencia energética, será definir las instalaciones del edificio. Como se ha estudiado en apartados anteriores, la mejor opción para la climatización y el abastecimiento de ACS en este proyecto es el uso de aerotermia, con suelo radiante para su distribución. Para ello se ha de elegir el equipo del mercado que mejor se adapte a las necesidades de este módulo habitable.

Será necesario en primer lugar, estimar la potencia que se requerirá para este proyecto. La potencia térmica indica la cantidad de calor que la bomba, en este caso, aerotérmica, necesitará producir. Para calcular la potencia requerida en el proyecto se ha de tener en cuenta las cargas térmicas totales. Estas cargas engloban, las pérdidas por transmisión de calor de las distintas paredes del habitáculo, calculadas en el apartado *12.Envolvente*

*térmica*; las cargas por renovación de caudal mínimo de aire según el Documento HB-HS del CTE, y las cargas por infiltración de aire.

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{transmision}} + Q_{\text{ren}} + Q_{\text{infiltraciones}}$$

### Ecuación 13.1.- Cálculo cargas térmicas totales

En cuanto a las cargas térmicas totales, será la suma del flujo de transmisión de calor en cada fachada del módulo, indicado en la tabla 12.4.

$$Q_{\text{transmisión total}} = 490,37 \text{ W}$$

Para la carga térmica por renovación de caudal de aire mínimo, se parte de los litros/día calculados en el punto anterior en base al CTE. Siguiendo la ecuación:

$$Q_{\text{ren}} = q_v \cdot C_p \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

### Ecuación 13.2.- Carga térmica por renovación de caudal de aire mínimo

siendo,

$q_v$ , caudal de renovación mínimo exigido ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$C_p$ , calor específico del aire ( $\text{J}/\text{K}\cdot\text{Kg}$ )

$\rho_{\text{aire}}$ , densidad del aire ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$$Q_{\text{ren total}} = 172,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot 1012 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{K}} \cdot 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot (16 - 8,1) = 460,5 \text{ W}$$

Por último, la carga térmica por infiltración consiste en las posibles infiltraciones de aire que puede tener la vivienda, ya sea por las rendijas de las puertas o los marcos de las ventanas. Se estima una carga de infiltración correspondiente a un 30% de la carga de renovación.

$$Q_{\text{infil}} = 0,3 \cdot 460,5 = 138,15 \text{ W}$$

El resultado, por tanto, de las cargas térmica totales será:

$$Q_{\text{total}} = 490,37 + 460,5 + 138,15 = 1089,02 \text{ W}$$

Otra forma de obtener la potencia calorífica requerida para este proyecto será en función de parámetros como la orientación, la ubicación geográfica de la vivienda o la superficie a calefactar. Siguiendo la ecuación:

$$\text{Potencia requerida (W)} = A \times B \times C \times D \times 85$$

Ecuación 13.3.- Potencia requerida

siendo,

A: superficie de la vivienda que se quiera climatizar

B: orientación de la vivienda

Norte: 1,12

Sur: 0,92

Este: 1

Oeste: 1

C: aislamiento de la vivienda, si ésta posee un buen aislamiento o no

Mal aislamiento: 1,10

Aislamiento medio: 1

Buen aislamiento: 0,93

D: zona climática en la que se encuentra la vivienda, en este caso, Gijón se encuentra en la Zona C, según el CTE

Zona A: 0,88

Zona B: 0,95

Zona C: 1,04

Zona D: 1,12

Zona E: 1,19

Siendo el cálculo para el caso de este proyecto,

$$\text{Pot requerida (W)} = 30,07 \times 0,92 \times 0,93 \times 1,04 \times 85 = 2274,34 \text{ W} = 2,27 \text{ kW}$$

Eligiendo la opción más desfavorable para el proyecto, es decir la que mayor potencia calorífica requiera, se necesitará un equipo que sea capaz de aportar alrededor de 3 kW de potencia al proyecto. Serán importantes, además, otros parámetros característicos de la bomba de calor elegida.

El coeficiente de rendimiento (COP), define la relación entre la potencia eléctrica consumida y la calorífica que aporta la bomba de calor en modo calefacción. Para este caso, se utilizará una bomba de calor con un COP nominal de 5,11 para una temperatura de calefacción de 35°C y 7°C en el exterior. Esto significa, que está absorbiendo calor de un aire a 7°C e impulsando agua a 35°C.

El ratio de eficiencia energética (EER), define la misma relación entre la potencia eléctrica consumida y la aportada que el COP, pero en este caso con la bomba en modo refrigeración, potencia frigorífica. Para este modelo de bomba de calor el EER nominal a 18°C y con temperatura exterior de 35°C es de 4,32.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la bomba de calor es accionada eléctricamente, debe considerarse como bomba de calor renovable si su valor mínimo SPF o SCOP, de es superior a 2,5. Este coeficiente de rendimiento medio estacional (SCOP), se calcula según la Guía Técnica que facilita el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y consiste en la corrección del valor nominal del COP obtenido en las

condiciones de ensayo, con un factor de ponderación (FP) y un factor de corrección (FC), y determinar así la eficiencia real de una bomba de calor.

El factor de ponderación (FP), tiene en cuenta la zona climática en la que se encuentra la máquina, según el CTE. Para este caso, zona C.

El factor de corrección (FC) tiene en cuenta la diferencia de temperatura de distribución y la temperatura para la que se ha obtenido el COP en el ensayo. La bomba de calor para este proyecto se ha ensayado a 35°C. Además, la temperatura de preparación, será en este caso de 45°C, ya que el tipo de sistema consiste en suelo radiante.

Para calcular el SCOP,

$$SCOP = COP_{nominal} \times FP \times FC$$

Ecuación 13.4.- Coeficiente medio estacional

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

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

Figura 13.7.- Tabla IDAE factor de ponderación (FP)

El factor de ponderación, como se trata de energía aerotérmica para equipos centralizados, suelo radiante, tomará un valor de 0,80.

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

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

Figura 13.8.- Tabla IDAE factor de corrección (FC)

El factor de corrección, con una temperatura de condensación de 45°C para la distribución del ACS, y una temperatura de 35°C para el valor nominal del COP, tomará el valor de 0,77.

Por tanto,

$$SCOP_{calef} = 5,11 \times 0,80 \times 0,77 = 3,15$$

En conclusión, como el valor de  $SCOP > 2,5$  se puede considerar una bomba de calor renovable. Además, basándose en el Documento de Prestaciones Medias Estacionales del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, se puede comprobar que el COP también alcanza un valor, el cual supera el mínimo para consideración de renovable.

Fuente Energética de la bomba de calor	COP mínimo para calefacción a 45°C				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica Equipos centralizados	3,74	4,04	4,04	4,34	4,34
Energía Aerotérmica Equipos individuales tipo split	4,92	4,76	4,76	5,09	5,09
Energía Hidrotérmica	3,28	3,39	3,51	3,78	4,04
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	3,11	3,21	3,35	3,60	3,83
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	2,61	2,64	2,76	2,92	3,14
Energía Geotérmica de circuito abierto	2,48	2,50	2,64	2,78	2,98

Figura 13.9.- Coeficiente de rendimiento mínimo a 45°C

Una vez obtenido el SCOP para calefacción, se procede al cálculo del SCOP para la distribución de ACS, dato que proporciona la ficha técnica de la máquina, siendo éste, para un clima cálido de 14°C según la norma,

$$SCOP_{ACS} = 4,25$$

Por último, también se ha de calcular el coeficiente SEER para refrigeración. con un EER de 4,32 según el catálogo de la bomba de calor, y una temperatura de preparación de 18°C.

$$SEER = 5,20$$

El paso final, conocidos los parámetros del equipo del proyecto, será introducir estos datos en el Programa Oficial CE3X y así comprobar que los cálculos y elecciones realizadas hasta el momento son correctas.

En el apartado instalaciones del edificio, se ha de seleccionar “Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS”. Con un equipo posterior al 2013 y unos valores de rendimiento medio estacional conocidos.

### Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Nombre	Calefacción, refrigeración y ACS		Zona	Edificio Objeto		
<i>Características</i>				<i>Demanda cubierta</i>		
Tipo de generador	Bomba de Calor		ACS	Calefacción	Refrigeración	
Tipo de combustible	Electricidad		Superficie (m2)	30.07	30.07	30.07
			Porcentaje (%)	100	100	100
<i>Rendimiento medio estacional</i>						
<b>Rendimiento estacional</b>	Conocido (Ensayado/justificado)					
<b>A.C.S</b>	Rendimiento medio estacional	425	%			
<b>Calefacción</b>	Rendimiento medio estacional	315	%			
<b>Refrigeración</b>	Rendimiento medio estacional	520	%			

Figura 13.10- Instalaciones del edificio CE3X

Posteriormente, se marcará la casilla de “Acumulación”. El sistema de aerotermia elegido, consta de un acumulador de 190 L, con una temperatura de impulsión máxima de 55°C y mínima de 7°C.

<input checked="" type="checkbox"/> Con Acumulación				UA	5.1	W/K
Valor UA	Por defecto			Tª alta	55	°C
Volumen de un depósito	190	Multiplicador	1	Tª baja	7	°C

Figura 13.11.- Parámetros instalaciones del edificio CE3X

Como se ha comentado, el coeficiente SCOP indica si la bomba de calor con la que se trabaja es renovable o no. Esto, no quiere decir que toda la energía que la bomba genera lo sea, sino un porcentaje de ella. Para conocer que cantidad de energía procede de fuentes renovables, se ha de utilizar la fórmula correspondiente a los criterios del Boletín Oficial del Estado, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables:

$$E_{res} = Q_{usable} \times \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

Ecuación 13.5.- Energía renovable procedente de la fuente

siendo,

$Q_{usable}$ , el calor útil total proporcionado por la bomba de calor y calculándose como

$$Q_{usable} = HHP * Prated$$

HHP, número de horas al año durante las que se supone que una bomba de calor debe suministrar calor a la potencia nominal, expresado en h. Para este caso, se ha estimado un uso de 6h al día del sistema, lo que conlleva 6h/día x 365 días = 2190 h de funcionamiento.

Prated, capacidad de refrigeración o de calefacción del ciclo en condiciones estándar.

Para el modo calefacción, con un SCOP = 3,15,

$$Q_{\text{usable}} = 2190\text{h} \times 4,6\text{kW} = 10074 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{res}} = 10074 \times \left(1 - \frac{1}{3,15}\right) = 6875,90 \text{ kWh}$$

Representando este valor el 68,25% de la energía calorífica aportada, se puede observar que cumple con el porcentaje mínimo de contribución renovable.

En el caso de la refrigeración, con un SEER = 5,2,

$$Q_{\text{usable}} = 2190\text{h} \times 4,12\text{kW} = 9022,8 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{res}} = 9022,8 \times \left(1 - \frac{1}{5,20}\right) = 7287,65 \text{ kWh}$$

Este valor representa el 80,77% de la energía refrigerante que la bomba es capaz de suministrar. Se observa también, un valor razonable para considerar energía renovable.

En cuanto a la energía necesaria para la instalación de ACS y su distribución, la ficha técnica de la bomba no muestra este valor. Para ello se calculará la demanda energética para la producción de ACS. Como bien se refleja en el apartado *13.3. Definición del edificio*, el consumo diario del módulo habitable será de 216 l/día. Quedando entonces un cálculo de consumo mensual:

MES	Litros/día	Días/mes	Litros/mes
Enero	216	31	6696
Febrero	216	28	6048
Marzo	216	31	6696
Abril	216	30	6480
Mayo	216	31	6696
Junio	216	30	6480
Julio	216	31	6696
Agosto	216	31	6696
Septiembre	216	30	6480
Octubre	216	31	6696
Noviembre	216	30	6480
Diciembre	216	31	6696

Tabla 13.1.- Consumo mensual ACS

Por tanto, la demanda energética de la instalación seguirá la siguiente ecuación:

$$Q = D \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{uso} - T_{min})$$

Ecuación 13.6.- Demanda energética de ACS

siendo,

$T_{uso}$ , para esta instalación se tomará un valor de 55°C.

$T_{min}$ , 8°C como temperatura mínima para consumo humano

MES	Litros/mes	$\rho$ (kg/l)	$C_p$ (kJ/kg°C)	$T_{uso}$ (°C)	$T_{min}$ (°C)	D (kJ/mes)	D (kWh/mes)
Enero	207576	1	4,18	55	8	1315496,16	365,42
Febrero	169344	1	4,18	55	8	1188190,08	330,05
Marzo	207576	1	4,18	55	8	1315496,16	365,42
Abril	194400	1	4,18	55	8	1273060,8	353,63
Mayo	207576	1	4,18	55	8	1315496,16	365,42
Junio	194400	1	4,18	55	8	1273060,8	353,63
Julio	207576	1	4,18	55	8	1315496,16	365,42
Agosto	207576	1	4,18	55	8	1315496,16	365,42
Septiembre	194400	1	4,18	55	8	1273060,8	353,63
Octubre	207576	1	4,18	55	8	1315496,16	365,42
Noviembre	194400	1	4,18	55	8	1273060,8	353,63
Diciembre	207576	1	4,18	55	8	1315496,16	365,42

Tabla 13.2.- Demanda energética mensual de ACS

Siendo la demanda total de ACS de 4302,47 kWh al año.

Por tanto, con un  $SCOP_{ACS} = 4,25$ ,

$$E_{res} = 4302,47 \times \left(1 - \frac{1}{4,25}\right) = 3290,12 \text{ kWh}$$

Representando este valor, un 76,5% de la energía demandada por la instalación.

Una vez se comprueba la cantidad de energía renovable que se utiliza en el proyecto, se actualizará la certificación en el programa oficial CE3X. En el apartado contribuciones energéticas, fuentes de energía renovable, se ha de indicar los porcentajes de estas fuentes en relación a la energía total de la bomba.

**Contribuciones energéticas**

Nombre

Fuentes de energía renovable

Porcentaje de demanda de ACS cubierto	<input type="text" value="76.51"/>	%
Porcentaje de demanda de calefacción cubierto	<input type="text" value="68.25"/>	%
Porcentaje de demanda de refrigeración cubierto	<input type="text" value="80.77"/>	%

Figura 13.12.-Contribuciones energéticas CE3X

### 13.5 CALIFICACIÓN DEL PROYECTO

Finalmente, se procede a la calificación energética e indicador de  $\text{kgCO}_2/\text{m}^2$  de este proyecto. Generando el informe de certificación, se pueden observar unos valores óptimos tanto para las emisiones de  $\text{CO}_2$ , como para el consumo de energía del edificio para fuentes no renovables.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]	
	← 37.2 B		← 6.3 A

Figura 13.13.- Calificación energética obtenida CE3X

En cuanto a las emisiones de dióxido de carbono, se obtiene un buen resultado de eficiencia. Este valor se traduce en bajas emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, ya que gran parte de la energía consumida, procede de fuentes de energía renovables, como ya se ha calculado con anterioridad. Se observa que la mayor parte de la emisión viene producida por el modo calefacción del sistema, seguido de la producción de ACS.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	← 6.3 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	A	<i>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	A
		3.52		2.72	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	-	<i>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	-		
<i>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>		0.07			

Figura 13.14.- Emisiones globales CO<sub>2</sub> CE3X

En cuanto al consumo de energía primaria no renovable para este proyecto, se observa una calificación energética ligeramente inferior a la perteneciente a las emisiones, pero igualmente óptima. La mayor parte del consumo para este tipo de energías, procede del modo calefacción del equipo.

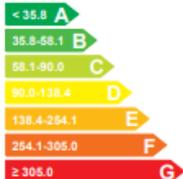
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	37.2 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	C
		20.75		16.04	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	-	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
		0.40		-	

Figura 13.15.- Consumo global de energías no renovables CE3X

Por último, para la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración se obtiene una certificación E para calefacción, y una demanda no calificable para refrigeración. Este valor es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

Para calefacción, se observa una calificación inferior a los otros parámetros medidos en el certificado energético, pero realmente se encuentra dentro de los valores medios para el consumo en viviendas. En cambio, para refrigeración, no aparece un valor definido. Esto se debe a que no hay valores de referencia para la zona climática en la que se encuentra este proyecto con respecto a refrigeración. Por lo que, independientemente de la demanda calculada, no aparecerá valor calificado.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	No calificable
105.4 E	
Demanda de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	Demanda de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]

Figura 13.16.- Demanda global CE3X

En definitiva, se presenta un proyecto con un sistema de instalaciones respetuoso con el medio ambiente, utilizando gran porcentaje de energías renovables, y siendo el mayor consumo el necesario para la calefacción.

Se adjunta en el anexo I-B el informe de certificación energética completo.

# 14. Suelo radiante

En puntos anteriores del proyecto, se ha llevado a cabo una comparativa entre los distintos tipos de distribución para la climatización de un módulo habitable, siendo el resultado favorable para suelos radiantes.

Este sistema consiste en una serie de circuitos, colocados y fijados adhesivamente sobre una capa de aislante EPS, y cubiertos por una capa de mortero de cemento. Este material, absorbe el calor de los tubos y lo transmite a la habitación, principalmente por radiación.



Figura 14.1.- Esquema suelo partes de suelo radiante

Según la norma UNE-EN 1264, “Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies”, existen diferentes tipos de sistemas de suelo radiante, según la colocación de los tubos en el sistema. Estos irán explicados en el anexo I-C. Para este proyecto, los cálculos irán basados en un sistema de suelo radiante tipo A, con tubos dentro del pavimento.

## 14.1 TEMPERATURAS

Desde el punto de vista del confort, lo ideal, es tener un sistema de distribución, con una temperatura lo más constante posible en toda la superficie a climatizar. La distribución del agua caliente se lleva a cabo a temperaturas inferiores que en los sistemas de calefacción por radiadores. Estas temperaturas oscilan entre 30 y 45°C. De esta manera, la temperatura superficial del suelo estaría comprendida entre 22 y 29°C.

Es necesario, además, en este tipo de sistemas, un dispositivo de seguridad que impida el paso del agua, directamente de la bomba de calor, a temperaturas superiores a las aconsejables para suelo radiante, ya que, en ese caso, el pavimento podría llegar a sufrir deterioros y los tubos de la instalación destruirse si son de plástico.

En el caso del modo de suelo refrigerante, la temperatura de impulsión del agua rondaría los 18°C. Es importante controlar la temperatura de rocío del aire en este caso, para evitar condensaciones en el suelo del habitáculo.

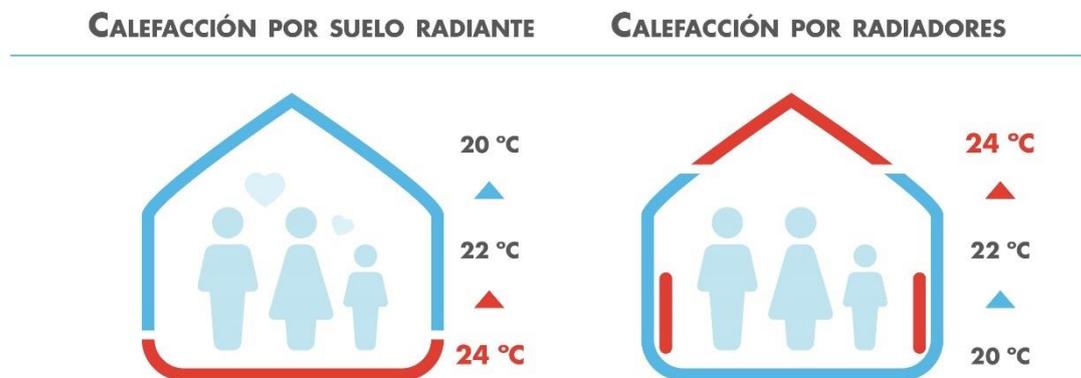


Figura 14.2.- Calefacción por suelo radiante

## 14.2 COLECTOR Y TUBOS

El sistema de suelo radiante se basa en la distribución de distintos circuitos de tubos en el pavimento del habitáculo. Estos tubos deberán de estar alimentados por un elemento que permita el control y la distribución de fluidos en ellos. Este elemento será el colector.

Cada circuito empieza y acaba en un cuadro de colectores, perteneciendo un único colector a un único circuito. El cuadro de distribución de estos elementos, debe estar ubicado lo más centrado posible para que la longitud de cada circuito sea la mínima.

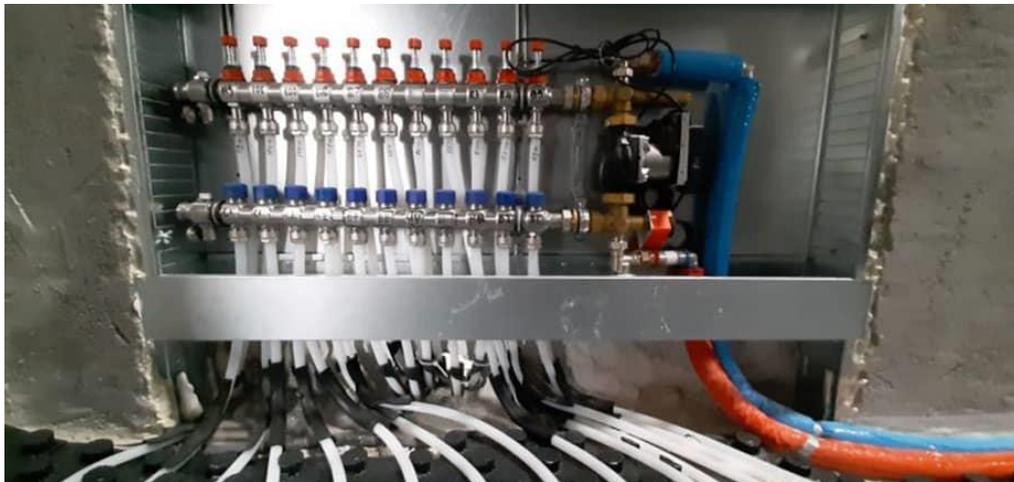


Figura 14.3.- Cuadro de colectores

Para conseguir un buen equilibrio tanto térmico como hidráulico en los circuitos, se coloca un caudalímetro y una válvula de regulación en cada vía de salida del colector, y un único termómetro común, ya que el agua circula para todos a la misma temperatura, pero puede ser que no al mismo caudal. Un sistema de distribución por colectores, puede llegar a alimentar hasta 12 circuitos.

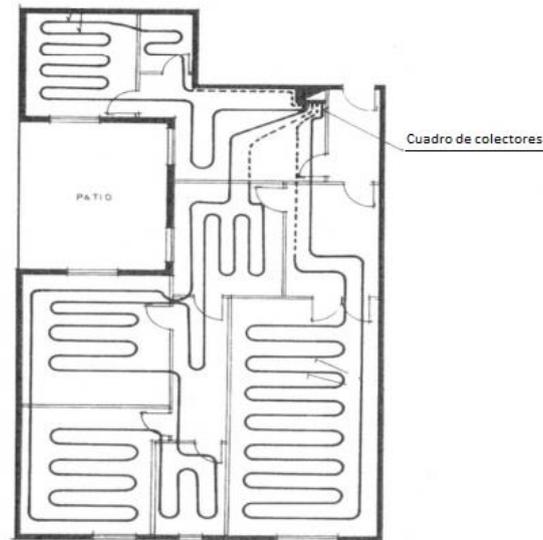


Figura 14.4.- Esquema circuitos suelo radiante

En cuanto a los tubos que forman los circuitos, el plástico ha ido reemplazando a los tubos de acero. Hoy en día los más utilizados son los tubos de polietileno reticulado (PE-X), ya que este material es el termoplástico más resistente a elevadas temperaturas. Además, estos tubos deben llevar una barrera de oxígeno, puesto que los plásticos son permeables a los gases, el oxígeno del ambiente puede entrar en la tubería y disolverse en el agua, provocando corrosión en los componentes metálicos de la instalación.

### 14.3 CIRCUITOS

Con medidas de tubos estandarizados de 12/16 mm y 16/20 mm, el primer parámetro que se debe tener en cuenta al diseñar los circuitos para suelo radiante, es la separación entre tubos, es decir, la distancia que debe haber entre las tuberías de un circuito. La importancia de este parámetro es fundamental, ya que la potencia calorífica suministrada es proporcionalmente inversa a esta medida. Es decir, a mayor distancia, menor potencia suministrada.

En cuanto a la longitud de tuberías, no debe ser superior a 120 m, ya que aumentarían las pérdidas de carga.

Para calcular esta longitud L, se utiliza la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A}{T} + 2 \cdot l$$

Ecuación 14.1.- Longitud de tuberías

siendo,

A, área a calefactar por el circuito (m<sup>2</sup>)

T, separación entre tubos (m)

l, distancia entre colector y estancia a calefactar (m)

Teniendo en cuenta en este proyecto la superficie que ocupan los elementos de aseo, ducha e inodoro, la superficie a calefactar para el proyecto sería de 26,65 m<sup>2</sup>.

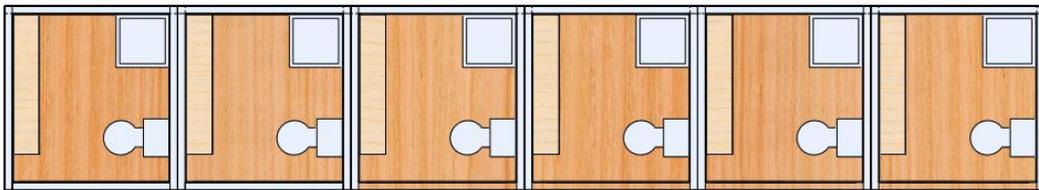


Figura 14.5.- Vista planta del contenedor

Colocando el colector en una ubicación centrada para todas las particiones del módulo, y estimando una longitud entre tubos de 0,2 m, se plantea en primer lugar un solo circuito de suelo radiante, con una distancia al colector de 0 m,

$$L = \frac{26,65}{0,2} = 133,24 \text{ m}$$

Este valor superaría la longitud máxima de tubería por circuito. Si se plantean dos circuitos en el habitáculo, igualmente con distancia 0 al colector, habría una superficie de 13,33 m<sup>2</sup> a calefactar por circuito, siendo cada longitud de 66,63 m. Dicha longitud,

cumple con el valor máximo por circuito, pero se plantea como la opción más favorable, la disposición de un solo circuito por cada partición, debido a los componentes de aseo que ocupan el interior de éstas.

Se hará por tanto una última estimación de cálculo con un circuito por partición, de manera que sea más sencillo el diseño de éstos y haya la posibilidad de regular el caudal en cada habitación del módulo.

Partición	A (m <sup>2</sup> )	T (m)	l (m)	nº circuitos	L (m)
1	4,80	0,2	4,65	1	33,3
2	5,05	0,2	2,36	1	30
3	5,05	0,2	0,075	1	25,4
4	5,05	0,2	0	1	25,25
5	5,05	0,2	2,287	1	29,82
6	4,80	0,2	4,57	1	33.14

Tabla 14.1.- Estimación circuitos

Se observa que es más sencilla esta distribución. Posteriormente se tendrá en cuenta para los cálculos siguiendo la norma UNE-EN 1264.

En cuanto a la disposición de los tubos, existen 3 tipos de configuración. Teniendo en cuenta que las tuberías de ida y de retorno tiene origen y destino siempre en el mismo punto, el colector:

- Serpentin simple: configuración más sencilla. Consiste en la colocación de las tuberías paralelamente a lo largo de la superficie. Presenta por ello el inconveniente de que el agua se irá enfriando a lo largo del recorrido, habiendo un gran salto térmico de un extremo a otro de la superficie a calefactar.

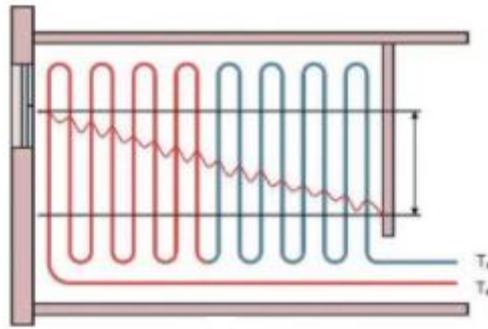


Figura 14.6.- Esquema serpentín simple

- Serpentín doble: recomendado para aquellas superficies con forma geométrica compleja. Consiste en colocar el circuito de ida dejando un hueco de por medio, para el circuito de retorno, de modo que el inconveniente mencionado en el serpentín simple desaparezca.

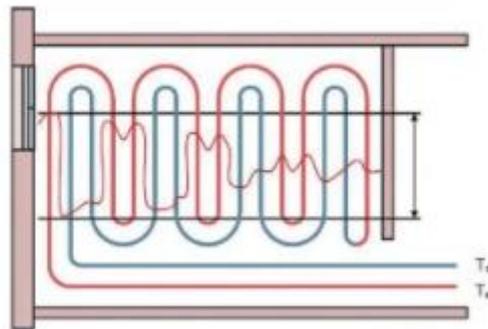


Figura 14.7.- Esquema serpentín doble

- En espiral: utilizado en grandes superficies o con gran demanda de calor, pero con geometrías sencillas. Consiste en una espiral rectangular, colocando la tubería de ida por el exterior, de fuera hacia dentro, dejando un hueco para la tubería de retorno que irá de dentro hacia fuera.

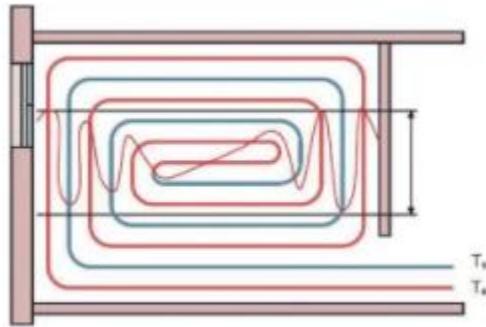


Figura 14.8.- Esquema serpentín en espiral

## 14.4 CÁLCULOS

Una vez se conocen los parámetros de diseño necesarios de los circuitos de un sistema de suelo radiante, se debe de tener en cuenta para su elección, el tipo de sistema de climatización y ACS que abastecerá la vivienda. Para ello, se recurrirá a cálculos previamente desarrollados en el proyecto.

### 14.4.1.- Cálculo de cargas térmicas

Como se ha explicado en el apartado *13.4 Definición de instalaciones*, las cargas térmicas de una vivienda engloban tanto las cargas por transmitancia, como las cargas por renovación de caudal mínimo de aire e infiltraciones. En este caso, además, es necesario el cálculo de las cargas térmicas totales para cada una de las particiones del proyecto.

En cuanto a las cargas térmicas por transmisión, se calcularán de forma independiente en cada habitación, siendo el resultado de cada flujo de calor en las distintas paredes el indicado en la tabla 12.4.

Partición	Q <sub>trans</sub> (W)
1	92,95
2	76,12
3	76,12
4	76,12
5	76,12
6	92,95

Tabla 14.2.- Cargas por transmisión en cada partición

La carga térmica por renovación se basará en el caudal de renovación/h calculado en el apartado 13. *Certificación energética; 13.3. Definición del edificio.*

$$Q_{\text{ren por partición}}, \quad \frac{Q_{\text{ren total}}}{6 \text{ particiones}} = \frac{460,5}{6} = 76,75 \text{ W}$$

Las cargas por infiltración suponen el 30% de las cargas por renovación. Quedando por tanto la carga térmica total de cada partición del habitáculo como,

Partición	Q <sub>trans</sub> (W)	Q <sub>ren</sub> (W)	Q <sub>infil</sub> (W)	Q <sub>total</sub> (W)
1	92,95	76,75	23,03	192,73
2	76,12	76,75	23,03	175,9
3	76,12	76,75	23,03	175,9
4	76,12	76,75	23,03	175,9
5	76,12	76,75	23,03	175,9
6	92,95	76,75	23,03	192,73
				<b>1089,06</b>

Tabla 14.3.- Cargas totales en cada partición

A partir de los valores calculados del equipo de climatización y ACS, se podrá comenzar a dimensionar el sistema de suelo radiante. Los parámetros de diseño a calcular son,

- $q$ , potencia térmica específica ( $W/m^2$ )
- $\theta_i$ , temperatura del ambiente interior ( $^{\circ}C$ )
- $\theta_v$ , temperatura de impulsión ( $^{\circ}C$ )
- $T$ , separación entre tuberías (m)
- $\sigma$ , salto térmico entre la temperatura de impulsión y la de retorno ( $^{\circ}C$ )
- $\theta_R$ , temperatura de retorno ( $^{\circ}C$ )
- $\theta_{F,m}$ , temperatura de la superficie del suelo ( $^{\circ}C$ )
- $m_h$ , caudal de agua en cada circuito (kg/s)

Teniendo en cuenta los valores de la configuración tipo A de este sistema,

- Revestimiento del suelo con resistencia térmica,  $R_{\lambda,\beta} = 0,02$  ( $m^2K/W$ )
- Capa de mortero de cemento con conductividad,  $\lambda_E = 2,02$  ( $W/mK$ )
- Capa de aislamiento de EPS
- Espesor de la capa de mortero,  $S_u = 0,04$  m
- Diámetro exterior del tubo,  $D = 0,02$  m
- Espesor del tubo,  $S_R = 0,002$  m
- Conductividad térmica del tubo,  $\lambda_R = 0,35$  ( $W/mK$ )

En primer lugar, y según la norma UNE-EN-1264, para conocer la temperatura de impulsión de la instalación, será necesario conocer previamente la partición con mayor potencia térmica específica.

La norma impone dos limitaciones para conocer los valores límites de diseño de la instalación ( $q$  y  $\theta_{F,m}$ ):

- La condición de temperatura de superficie máxima  $\theta_{F,máx} = 29^{\circ}C$ . La temperatura media de la superficie debe ser inferior a ese valor.
- La potencia térmica específica que emite el suelo radiante ( $q$ ), no debe superar a la potencia térmica específica máxima admisible marcada por la curva límite,  $q_G$ .

Esta curva límite representa la relación entre la potencia específica y la diferencia de temperatura entre el fluido del sistema radiante y el ambiente del habitáculo. Se elaboran en base a los distintos parámetros del diseño para distinta separación de tuberías, distinta T. Para este proyecto, se establecen los siguientes pasos:

T = 0,05 m
T = 0,15 m
T = 0,225 m
T = 0,375 m

Tabla 14.4.- Valores de posibles pasos para diseño

#### 14.4.2.-Curvas características

Siguiendo la norma y teniendo en cuenta el tipo de configuración A, para este proyecto, las curvas características seguirán la ecuación:

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{mT} \cdot a_U^{mU} \cdot a_D^{mD} \cdot \Delta\theta_H$$

Ecuación 14.2.- Curva característica

siendo,

- El coeficiente característico del sistema, con valor de  $B = B_0 = 6,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- $a_i$ , parámetros para el cálculo de las curvas características, con  $i = B, T, U, D$ .
- $m_i$ , exponentes para el cálculo de las curvas características, con  $i = B, T, U, D$ .
- $\Delta\theta_H$ , diferencia media logarítmica entre el fluido del sistema del suelo y el ambiente de la sala (°C)

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

Ecuación 14.3.- Diferencia media logarítmica entre fluido de suelo y ambiente

$a_B$ , factor de revestimiento del suelo,

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,o}}{\lambda_{u,o}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,o}}{\lambda E} + R_{\lambda,\beta}} = 1,02$$

Ecuación 14.4.- Factor de revestimiento del suelo

donde según la norma  $\alpha = 10,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $\lambda_{u,o} = 1 \text{ W/mK}$ ;  $S_{u,o} = 0,045 \text{ m}$

$\alpha_T$ , es el factor de paso, y se obtiene en función de  $R_{\lambda,B}$ .

Tabla A.1 – Factor de paso  $\alpha_T$  para los sistemas de tipo A y tipo C

$R_{\lambda,B}$ $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	0	0,05	0,10	0,15
$\alpha_T$	1,23	1,188	1,156	1,134

Figura 14.9.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 factor de paso

Como el valor  $R_{\lambda,B} = 0,02 \text{ m}^2\text{K/W}$ , es un valor medio entre 0 y 0,05, interpolando,  $\alpha_T = 1,21$ .

$\alpha_U$ , es el factor de recubrimiento, en función de  $T$  y  $R_{\lambda,B}$ . Mediante la tabla A.2 de la norma e interpolando se sacará su valor:

Tabla A.2 – Factor de revestimiento de suelo  $\alpha_u$  en función del paso de tubo  $T$  y de la resistencia térmica  $R_{\lambda,B}$  del revestimiento de suelo para los sistemas de tipo A y tipo C

$R_{\lambda,B}$ $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	0	0,05	0,10	0,15
$T$ (m)	$\alpha_u$			
0,05	1,069	1,056	1,043	1,037
0,075	1,066	1,053	1,041	1,035
0,1	1,063	1,05	1,039	1,033 5
0,15	1,057	1,046	1,035	1,030 5
0,2	1,051	1,041	1,031 5	1,027 5
0,225	1,048	1,038	1,029 5	1,026
0,3	1,039 5	1,031	1,024	1,021
0,375	1,03	1,022 1	1,018 1	1,015

Figura 14.10.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 factor de recubrimiento

T = 0,05 m	$\alpha_U = 1,064$
T = 0,15 m	$\alpha_U = 1,053$
T = 0,225 m	$\alpha_U = 1,044$
T = 0,375 m	$\alpha_U = 1,027$

Tabla 14.5.- Factor de recubrimiento en función del paso

$\alpha_D$ , es el factor de diámetro exterior del tubo, depende de la misma forma de T y  $R_{\lambda,B}$ .

Mediante la tabla A.3:

Tabla A.3 – Factor del diámetro exterior del tubo dependiendo de la resistencia a la conducción térmica  $R_{\lambda,B}$  del recubrimiento del suelo y del paso T para sistemas de tipo A y C

$R_{\lambda,B}$ m <sup>2</sup> · K/W	0	0,05	0,10	0,15
T (m)	$\alpha_D$			
0,05	1,013	1,013	1,012	1,011
0,075	1,021	1,019	1,016	1,014
0,1	1,029	1,025	1,022	1,018
0,15	1,04	1,034	1,029	1,024
0,2	1,046	1,04	1,035	1,03
0,225	1,049	1,043	1,038	1,033
0,3	1,053	1,049	1,044	1,039
0,375	1,056	1,051	1,046	1,042

Figura 14.11.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 factor de diámetro exterior del tubo

T = 0,05 m	$\alpha_D = 1,013$
T = 0,15 m	$\alpha_D = 1,038$
T = 0,225 m	$\alpha_D = 1,047$
T = 0,375 m	$\alpha_D = 1,054$

Tabla 14.6.- Factor de diámetro exterior del tubo en función del paso

$m_T$ , se aplica cuando  $0,05 \text{ m} \leq T \leq 0,375 \text{ m}$ , siendo:

$$m_T = 1 - \frac{T}{0,075}$$

T = 0,05 m	$m_T = 0,333$
T = 0,15 m	$m_T = -1$
T = 0,225 m	$m_T = -2$
T = 0,375 m	$m_T = -3$

Tabla 14.7.- Valor de  $m_T$  en función del paso

$m_U$ , se aplica cuando  $S_U \geq 0,010$  m, para  $S_U = 0,4$  m:

$$m_U = 100 \cdot (0,045 - S_U) = 0,5$$

$m_D$ , se aplica cuando  $0,008 \text{ m} \leq D \leq 0,030$  m, para  $D = 0,02$  m:

$$m_D = 250 \cdot (D - 0,020) = 0$$

Resolviendo la ecuación 14.2, para cada valor de T, se obtiene la potencia térmica específica en función de  $\Delta\theta_H$ :

T = 0,05 m	$q = 7,51\Delta\theta_H$
T = 0,15 m	$q = 5,79\Delta\theta_H$
T = 0,225 m	$q = 4,77\Delta\theta_H$
T = 0,375 m	$q = 3,91\Delta\theta_H$

Tabla 14.8.- Curva característica en función de  $\Delta\theta_H$  y del paso

### 14.4.3.-Curvas límite

Para el cálculo de esta función, se seguirá un procedimiento similar al de las curvas características, para cada valor de T, habrá una curva límite correspondiente, siguiendo la siguiente ecuación:

$$q_G = \varphi \cdot B_G \cdot \left[ \frac{\Delta\theta_H}{\varphi} \right]^{n_G}$$

Ecuación 14.5.- Curva límite

Siendo,

- $\phi$ , el factor de conversión para todos los valores de temperaturas  $\theta_{F,max}$  y  $\theta_i$ . Se calcula:

$$\phi = \frac{\theta_{F,max} - \theta_i}{\Delta\theta_0} = 1,44$$

donde,  $\theta_{F,max} = 29^\circ\text{C}$ ,  $\theta_i = 16^\circ\text{C}$ ;  $\Delta\theta_0 = 9^\circ\text{C}$

Ecuación 14.6.- Factor de conversión

- $B_G$ , coeficiente que depende de  $S_U/\lambda_E = 0,0198$ , según tabla A.4a.:

Tabla A.4a – Coeficiente  $B_G$  dependiendo del de la relación  $\frac{s_u}{\lambda_E}$  para  $\frac{s_u}{\lambda_E} \leq 0,0792$  y del paso  $T$  para sistemas con tubos instalados dentro de la placa (tipo A y tipo C)

$\frac{s_u}{\lambda_E}$ m <sup>2</sup> · K/W	0,01	0,020 8	0,029 2	0,037 5	0,045 8	0,054 2	0,062 5	0,070 8	0,079 2
$T$ m									
0,05	85,0	91,5	96,8	100	100	100	100	100	100
0,075	75,3	83,5	89,9	96,3	99,5	100	100	100	100
0,1	66,0	75,4	82,9	89,3	95,5	98,8	100	100	100
0,15	51,0	61,1	69,2	76,3	82,7	87,5	91,8	95,1	97,8
0,2	38,5	48,2	56,2	63,1	69,1	74,5	81,3	86,4	90,0
0,225	33,0	42,5	49,5	56,5	62	67,5	75,3	81,6	86,1
0,3	20,5	26,8	31,6	36,4	41,5	47,5	57,5	65,3	72,4
0,375	11,5	13,7	15,5	18,2	21,5	27,5	40,0	49,1	58,3

Figura 14.12.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 coeficiente  $B_G$

Interpolando para las distintas  $T$ :

$T = 0,05$ m	$B_G = 90,9$
$T = 0,15$ m	$B_G = 60,16$
$T = 0,225$ m	$B_G = 41,62$
$T = 0,375$ m	$B_G = 13,49$

Tabla 14.9.- Coeficiente  $B_G$  en función del paso

- $n_G$ , exponente de acuerdo con la tabla A.5a. de la norma:

Tabla A.5a – Exponente  $n_G$  dependiendo del de la relación  $\frac{s_w}{\lambda_E}$  para  $\frac{s_w}{\lambda_E} \leq 0,0792$  y del paso  $T$  para sistemas con tubos instalados dentro de la placa (tipo A y tipo C)

$\frac{s_w}{\lambda_E}$ m <sup>2</sup> · K/W	0,01	0,020 8	0,029 2	0,037 5	0,045 8	0,054 2	0,062 5	0,070 8	0,079 2
$T$ m									
0,05	0,008	0,005	0,002	0	0	0	0	0	0
0,075	0,024	0,021	0,018	0,011	0,002	0	0	0	0
0,1	0,046	0,043	0,041	0,033	0,014	0,005	0	0	0
0,15	0,088	0,085	0,082	0,076	0,055	0,038	0,024	0,014	0,006
0,2	0,131	0,13	0,129	0,123	0,105	0,083	0,057	0,040	0,028
0,225	0,155	0,154	0,153	0,146	0,13	0,11	0,077	0,056	0,041
0,262 5	0,197	0,196	0,196	0,19	0,173	0,15	0,110	0,083	0,062
0,3	0,254	0,253	0,253	0,245	0,228	0,195	0,145	0,114	0,086
0,337 5	0,322	0,321	0,321	0,31	0,293	0,260	0,187	0,148	0,115
0,375	0,422	0,421	0,421	0,405	0,385	0,325	0,230	0,183	0,142

Figura 14.13.- Tabla UNE-EN 1264-2:2009 exponente  $n_G$

De igual manera, para cada  $T$ :

$T = 0,05$ m	$n_G = 0,005$
$T = 0,15$ m	$n_G = 0,085$
$T = 0,225$ m	$n_G = 0,154$
$T = 0,375$ m	$n_G = 0,421$

Tabla 14.10.- Exponente  $n_G$  en función del paso

Resolviendo la ecuación 14.5 con estos valores,

$T = 0,05$ m	$q = 131,13\Delta\theta_H^{0,005}$
$T = 0,15$ m	$q = 89,36\Delta\theta_H^{0,085}$
$T = 0,225$ m	$q = 63,39\Delta\theta_H^{0,154}$
$T = 0,375$ m	$q = 22,65\Delta\theta_H^{0,421}$

Tabla 14.11.- Curva límite en función de  $\Delta\theta_H$  y del paso

#### 14.4.4.-Representación de las curvas

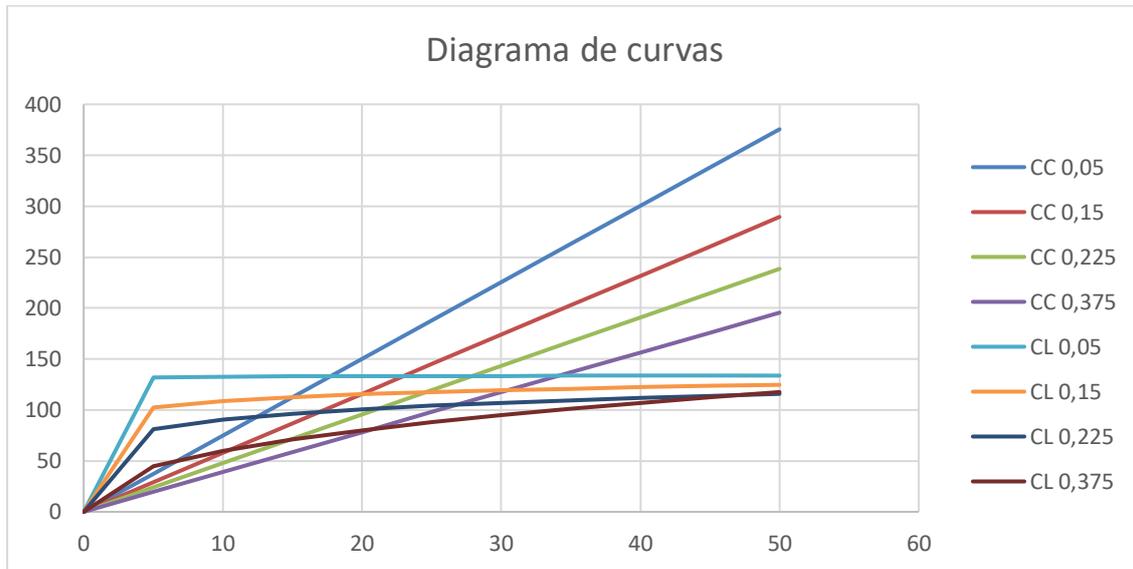


Figura 14.14.- Gráfico curvas características frente a curvas límites

#### 14.4.5.- Dimensionamiento

El primer paso para conocer los parámetros de diseño del sistema de suelo radiante, será obtener el valor de la potencia térmica específica crítica entre las diferentes particiones del módulo:

$$q = \frac{Q_{estancia}}{A_F}$$

siendo,

- $Q_{estancia}$ , la carga térmica de cada partición, calculada en la tabla 14.3
- $A_F$ , el área superficial a calefactar por partición

Partición	$A_F$ (m <sup>2</sup> )	$Q_{estancia}$ (W)	$q$ (W/m <sup>2</sup> )
1	4,80	192,73	40,15
2	5,05	175,9	34,83
3	5,05	175,9	34,83
4	5,05	175,9	34,83
5	5,05	175,9	34,83
6	4,80	192,73	40,15

Tabla 14.12.- Potencia térmica específica por partición

Se puede observar que la potencia térmica crítica es la correspondiente a las particiones 1 y 6. Por lo tanto, el diseño crítico irá basado en una de ellas, ya que es la zona del habitáculo más desfavorable.

$$q_{m\acute{a}x} = 40,15 \text{ W/m}^2$$

Para el cálculo de la temperatura de impulsión, se utiliza la siguiente fórmula según la norma:

$$\theta_v = \Delta\theta_{v\acute{m}\acute{a}x} + \theta_i$$

#### Ecuación 14.7.- Temperatura de impulsión del circuito

donde,

$$\Delta\theta_{v\acute{m}\acute{a}x} = \Delta\theta_{H\acute{m}\acute{a}x} + \sigma/2$$

- $\Delta\theta_{H\acute{m}\acute{a}x}$ , diferencia de temperatura de diseño entre el fluido del sistema y el ambiente de la habitación (°C)
- $\sigma$ , es la diferencia de temperatura entre el agua de impulsión y el agua de retorno (°C). Según la norma, este valor debe estar comprendido entre 0 y 5°C. Para este proyecto se tomará 5°C.
- $\Delta\theta_H$ , diferencia media logarítmica entre el fluido del sistema y la temperatura ambiente de la habitación. Para su obtención, se mirará la gráfica de la figura 14.14.

La norma exige que la potencia térmica para cada curva límite, sea superior a la potencia específica crítica, es decir  $q_{m\acute{a}x} \leq q_G$ .

Paso, T(m)	$q_{m\acute{a}x}$ (W/m <sup>2</sup> )	$q_G$ (W/m <sup>2</sup> )	$\Delta\theta_{H\acute{m}\acute{a}x}$ (°C)	$\sigma$ (°C)	$\Delta\theta_{v\acute{m}\acute{a}x}$ (°C)	$\theta_v$ (°C)
0,05	40,15	133	5,34	5	7,84	23,84
0,15	40,15	115,22	6,93	5	9,48	25,48
0,225	40,15	101,52	8,42	5	10,92	26,92
0,375	40,15	81,24	10,27	5	12,77	28,77

Tabla 14.13.- Temperatura de impulsión en función del paso

Como se observa, todos los valores para los pasos de las tuberías cumplen con la exigencia de la norma. El paso más adecuado será el de  $T = 0,375$  m con temperatura de impulsión  $\theta_V \approx 30^\circ\text{C}$ .

En cuanto a la temperatura de retorno  $\theta_R$ ,

$$\theta_R = \theta_V - \sigma = 30 - 5 = 25^\circ\text{C}$$

Ecuación 14.8.- Temperatura de retorno

Para el cálculo de la temperatura media superficial del suelo  $\theta_{F,m}$ , será necesario el uso de la siguiente gráfica.

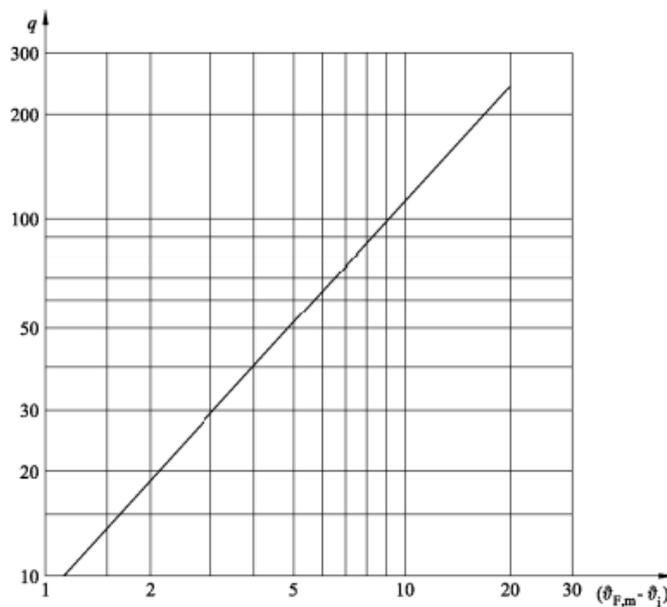


Figura 14.15.- Gráfico temperatura media superficial del suelo frente a potencia térmica específica

Con una potencia térmica para la estancia más desfavorable de  $40,15 \text{ W/m}^2$ , se obtiene que la diferencia entre la temperatura media de la superficie y la temperatura del ambiente interior resulta  $4,2^\circ\text{C}$ . Por tanto,

$$\theta_{F,m} = 4,2 + 16 = 20,2^\circ\text{C}$$

Por último, es necesario calcular el caudal de agua  $m_H$  (l/s). Teniendo en cuenta que en el sistema de suelo radiante también habrá pérdidas de calor hacia abajo, se regirá por la siguiente ecuación:

$$m_H = \frac{Af \cdot q}{\sigma \cdot C_p} \cdot \left( 1 + \frac{R_0}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$

Ecuación 14.9.- Caudal de agua por circuito

siendo,

- $R_0$ , resistencia térmica por encima de los tubos ( $m^2K/W$ )
- $R_u$ , resistencia térmica por debajo de los tubos ( $m^2K/W$ )
- $\theta_u$ , temperatura del terreno inferior ( $^{\circ}C$ )
- $C_p$ , calor específico del agua,  $C_p = 4190 \text{ J}/(\text{kg} \cdot K)$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{Su}{\lambda u} = 0,144 \text{ m}^2K/W$$

$\frac{1}{\alpha}$ , resistencia de transferencia de calor en la superficie de suelo radiante,  $1/\alpha =$   
 $0,009 \text{ m}^2K/W$

$R_u = R_{ins} + R_{forj}$ , resistencias planteadas en *12. Envoltente térmica; 12.2. Cálculos*,

$$R_u = 0,76 \text{ m}^2K/W$$

Por tanto,

$$m_H = 0,011 \text{ kg/s}$$

Este valor de flujo, es el calculado para las particiones 1 y 6, las cuales son las más desfavorables. A continuación, se procederá a calcular las demás particiones, con la potencia térmica específica correspondiente.

La temperatura de impulsión,  $\theta_v = 30^{\circ}C$ , será la misma para todos los circuitos. En cambio, el paso,  $T$  y el caudal variará de unos a otros.

En la gráfica de la figura 14.14 se puede observar que, para las demás estancias, con  $q = 34,83 \text{ W/m}^2$ , todos los valores de  $q_G$  están por encima de ese valor. Esto supone un paso de  $T = 0,375 \text{ m}$  para todas las particiones del habitáculo. En cuanto a la temperatura media superficial del suelo,  $\theta_{F,m}$ , observando la gráfica de la figura 14.15 se estima una temperatura de  $19,7^\circ\text{C}$ . El caudal requerido, sería de  $m_H = 0,0103 \text{ kg/s}$ .

Por último, se determinará la longitud de los tubos de la instalación, en función de los pasos,  $T$ , calculados previamente:

Partición	A (m <sup>2</sup> )	T (m)	l (m)	nº circuitos	L (m)
1	4,80	0,375	4,65	1	22,1
2	5,05	0,375	2,36	1	18,19
3	5,05	0,375	0,075	1	13,62
4	5,05	0,375	0	1	13,47
5	5,05	0,375	2,287	1	18,04
6	4,80	0,375	4,57	1	21,94

Tabla 14.14.- Longitud de tubos por circuito

Se colocarán por tanto 6 circuitos de suelo radiante, uno por partición del proyecto. Tubos de 16/20 mm en forma de serpentin doble. Con una temperatura de impulsión de  $30^\circ\text{C}$ , y un caudal de  $0,011 \text{ kg/s}$  para el circuito 1 y 6 y de  $0,0103 \text{ kg/s}$  para las demás particiones. Es decir, el circuito que abastece al suelo radiante deberá de impulsar  $0,063 \text{ kg/s}$  de agua.

## 14.5 BOMBA DE IMPULSIÓN

Para lograr el correcto funcionamiento de la instalación de suelo radiante, será necesario el cálculo de una bomba que distribuya el caudal necesario para ello. Situada antes de los colectores, será la encargada de mover el fluido en el circuito cerrado del sistema. Esta bomba deberá ser capaz de superar las pérdidas de carga del punto del circuito más desfavorable e impulsar el caudal necesario. El circuito más desfavorable será en este caso el más alejado de los colectores, es decir, el circuito correspondiente a la partición 1., con una longitud de  $22,1 \text{ m}$  y un caudal de  $0,011 \text{ l/s}$ .

En cuanto a las pérdidas de carga, en ningún caso se debe de sobrepasar la máxima pérdida de presión por metro aconsejada, 0,2 kPa/m. Las tuberías, de la marca Evalpex, indican las siguiente pérdidas de carga por metro de tubería:

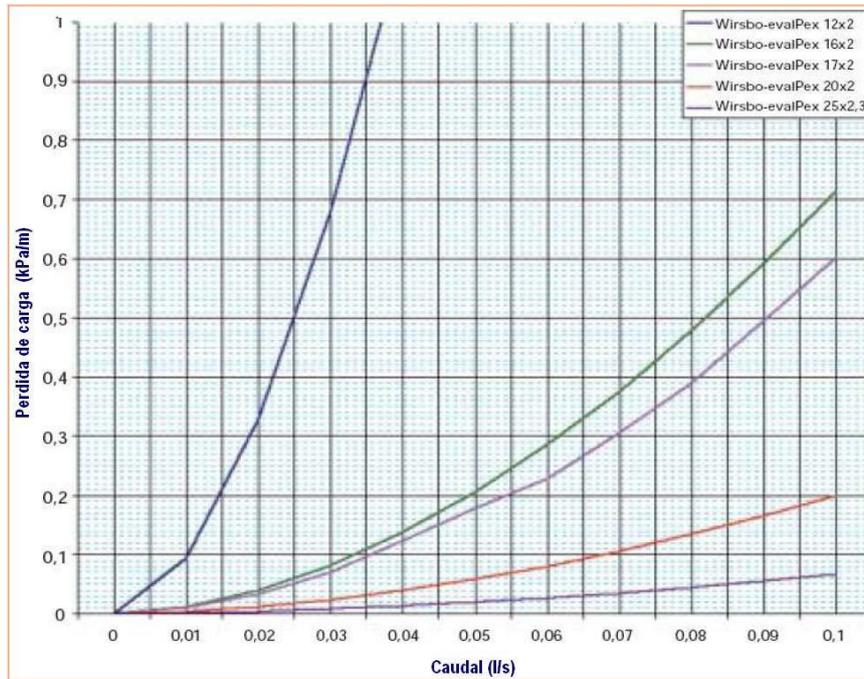


Figura 14.16.- Tuberías Evalpex caudal frente a pérdidas de carga

Siendo el caudal 0,011 l/s, y utilizando un tubo con diámetro de 16 mm, las pérdidas de carga serán 0,02 kPa/m de tubería. Teniendo en cuenta que los componentes de la instalación suponen un 30% añadido de las pérdidas del circuito,

$$\Delta P_{\text{total}} = 0,02 \text{Kpa/m} \cdot 22,1 \text{ m} + (0,02 \text{Kpa/m} \cdot 22,1 \text{ m}) \cdot 0,3 = 0,575 \text{ kPa}$$

Se necesitará, por tanto, una bomba de circulación que sea capaz de dar una presión de 0,575kPa moviendo un caudal de 0,063 l/s. Para ello la bomba UP 20-07 N 150 del grupo Grundfos:

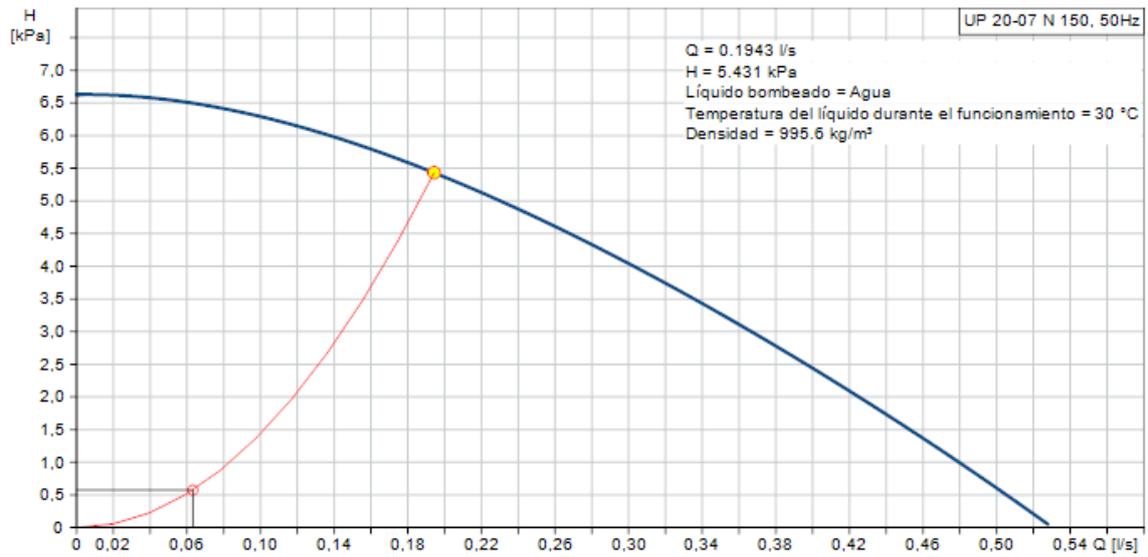


Figura 14.17.- Curva característica bomba de circulación UP 20-07 N 150

# 15. Instalación de agua fría y ACS

Para el diseño del sistema de abastecimiento de Agua Caliente Sanitaria en este proyecto, será seguirá el Documento DB-HS del Código Técnico de la Edificación, y así cumplir todas las normas y exigencias que engloban este apartado.

En primer lugar, se plantea un diseño de distribución tanto para el agua fría como para la caliente, en el que se utilice la menor longitud posible para las tuberías. Según la norma, el esquema general de la instalación debe de ser de tipo:

- Red con contador general único, compuesta por: la acometida, la instalación general que contiene un armario, el tubo de alimentación y un distribuidor principal y derivaciones colectivas.
- Red con contadores aislados, compuesta por: la acometida, la instalación general que contiene los contadores aislados, las instalaciones particulares y derivaciones colectivas.

Para este proyecto se decide utilizar una red de contador general único, ya que la función del módulo es abastecer de las necesidades básicas a gente sin hogar, no siendo necesario conocer la potencia consumida por cada partición.

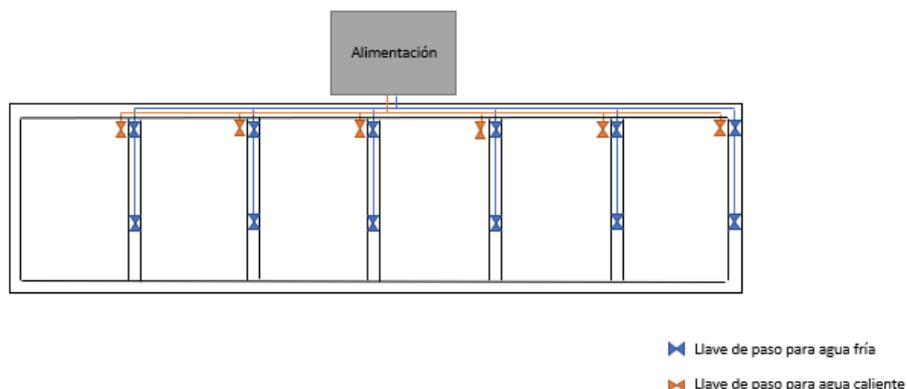


Figura 15.1.- Esquema red de tuberías ACS y AFS

Con este planteamiento, se optimiza la longitud de las tuberías, ya que la ubicación de la ducha, único tramo que necesita agua caliente, en la esquina superior derecha, minimiza los tramos. Los elementos de alimentación de la instalación irán ubicados en un punto medio, ya que además de ACS, se utilizará el mismo sistema de alimentación para el suelo radiante, ya comentado en punto anteriores.

## 15.1 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

### 15.1.1 Condiciones mínimas de suministro

Según el CTE, la instalación debe suministrar un caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinaris con grifo temporizado	0,15	-
Urinaris con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Figura 15.2.- Tabla Documento Básico HS caudal instantáneo mínimo

Para el diseño de este proyecto, en el que se utilizará una ducha, y un inodoro con sistema de lavabo incorporado, se tomará para los cálculos como inodoro con cisterna, ya que el agua utilizada para el lavabo, será la misma que la utilizada en la cisterna. Siendo entonces el caudal requerido:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría (dm <sup>3</sup> /s)	Caudal instantáneo mínimo de ACS (dm <sup>3</sup> /s)	Caudal instantáneo mínimo total (dm <sup>3</sup> /s)
Ducha (x6)	0,20x6	0,10x6	1,8
Inodoro con cisterna (x6)	0,10x6	-	0,6
Totales	1,8	0,6	2,4

Tabla 15.1.- Caudal instantáneo mínimo

Siendo el caudal mínimo instantáneo por partición del módulo:

- Agua fría: 0,30 dm<sup>3</sup>/s
- ACS: 0,10 dm<sup>3</sup>/s

El CTE indica, además, que, en los puntos de consumo, la presión no debe superar nunca los 500kPa, y que la temperatura de ACS debe estar comprendida entre 50°C y 65°C.

### 15.1.2 Elementos que componen la instalación

Tanto la red de agua fría como la de ACS debe estar compuesta por los mismos elementos:

**Acometida:** se trata de la unión de la instalación interior de la vivienda con la red de suministro general de tuberías. Debe de disponer al menos, de una llave de toma en la tubería de la red exterior que abra el paso a la acometida, una llave de corte en el exterior, y un tubo de acometida que enlace estas dos llaves.

**Llave de corte general:** será la encargada de interrumpir el suministro del edificio desde una zona común de la instalación.

**Filtro de la instalación general:** su función es detener posibles residuos del agua que puedan suponer defectos en las canalizaciones. Se coloca tras la llave de corte general.

**Distribuidor principal:** situado en zonas de uso común, debe disponer de llaves de corte individuales en todas las derivaciones de éste, de tal forma que en caso de avería no haya una interrupción total de todo el suministro. En el caso de este proyecto, se prescindirá de este elemento. Ya que no es necesario abastecer a distintas viviendas con la misma red de suministro, sino a una sola con diferentes particiones. En el caso de avería con la colocación de distintas llaves de paso para los diferentes elementos que la componen será suficiente.

**Tubo de alimentación:** situado en zonas comunes, se encarga de distribuir el agua en toda la instalación.

**Ascendentes o montantes:** tramos verticales en zonas comunes, que enlazan el distribuidor principal con derivaciones a diferente altura que éste.

**Sistemas de reducción de la presión:** instalación de válvulas limitadores de presión en las distintas derivaciones de la red, con objetivo de que no se supere la presión máxima permitida en los puntos de consumo.

Por último, la red de ACS, deberá de estar adecuadamente diseñada para soportar la dilatación térmica de las tuberías y anclajes, previendo dilatadores si fuera necesario.

### 15.1.3 Dimensionado de las redes de distribución

El dimensionado de la instalación del proyecto deberá seguir una serie exigencias según la norma.

Una vez conocidos los distintos tramos de distribución de la red, tanto para agua fría como para ACS, ambas seguirán el mismo método de cálculo:

1. Se calcularán en primer lugar los caudales máximos para cada tramo, siendo la suma de estos el resultados total del caudal instantáneo mínimo anteriormente calculado. Una vez se obtiene el valor de los caudales máximos, se procederá a la determinación del caudal de cálculo, siendo este el producto de los caudales máximos por el coeficiente de simultaneidad de cada tramo, en base a un criterio adecuado.
2. El siguiente paso será determinar la velocidad de cálculo de cada tramo, que se determinará en función del tipo de tubería elegida, metálica o plástica.
3. El cálculo del diámetro óptimo de cada tramo se calculará según lo obtenido en los dos puntos anteriores.
4. Por último, se comprobará si la presión en los puntos de consumo, cumplen con la exigencia de presión máxima.

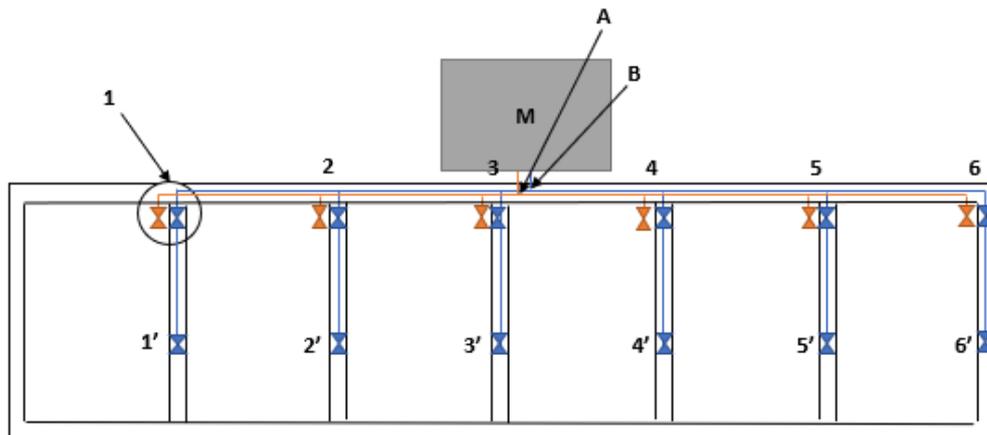


Figura 15.3.-Esquema detallado red de tuberías

Se partirá de la idea de que toda la instalación se encuentra a la misma altura sobre el suelo, 1 m. De esta forma, los tramos de distribución reales son los visibles en la vista seccionada de la planta de la vivienda.

Las longitudes de cada tramo son las siguientes:

Tramo	Longitud (m)
M→A	0,7
M→B	0,7
A→3	0,25
B→3	0,25
3→3'	0,68
3→2	2,287
3→2	2,287
2→2'	0,68
2→1	2,287
2→1	2,287
1→1'	0,68
A→4	2,037
B→4	2,037
4→4'	0,68
4→5	2,287
4→5	2,287
5→5'	0,68
5→6	2,287
5→6	2,287
6→6'	0,68

Tabla 15.2.- Longitud de tramos de tubería

1. Los caudales de diseño para cada tramo, en función del caudal mínimo instantáneo requerido por la norma en cada elemento:

Tramo	Longitud (m)	Caudal de diseño (L/s)
M→A	0,7	0,6
M→B	0,7	1,8
A→3	0,25	0,3
B→3	0,25	0,9
3→3'	0,68	0,1
3→2	2,287	0,2
3→2	2,287	0,6
2→2'	0,68	0,1
2→1	2,287	0,1
2→1	2,287	0,3
1→1'	0,68	0,1
A→4	2,037	0,3
B→4	2,037	0,9
4→4'	0,68	0,1
4→5	2,287	0,2
4→5	2,287	0,6
5→5'	0,68	0,1
5→6	2,287	0,1
5→6	2,287	0,3
6→6'	0,68	0,1

Tabla 15.3.- Caudal de diseño de tramos de tubería

El coeficiente de simultaneidad indica la probabilidad de que todos los elementos que componen la instalación estén activos al mismo tiempo. El CTE no establece un criterio para su cálculo. Por ello y teniendo en cuenta que no se consideran valores de este parámetro menores de 0,20, se escoge un coeficiente de simultaneidad  $k_v = 0,3$ .

Tramo	Longitud (m)	Caudal de diseño (L/s)	Caudal de cálculo (L/s)
M→A	0,7	0,6	0,18
M→B	0,7	1,8	0,54
A→3	0,25	0,3	0,09
B→3	0,25	0,9	0,27
3→3'	0,68	0,1	0,03
3→2	2,287	0,2	0,06
3→2	2,287	0,6	0,18
2→2'	0,68	0,1	0,03
2→1	2,287	0,1	0,03
2→1	2,287	0,3	0,09
1→1'	0,68	0,1	0,03
A→4	2,037	0,3	0,09
B→4	2,037	0,9	0,27
4→4'	0,68	0,1	0,03
4→5	2,287	0,2	0,06
4→5	2,287	0,6	0,18
5→5'	0,68	0,1	0,03
5→6	2,287	0,1	0,03
5→6	2,287	0,3	0,09
6→6'	0,68	0,1	0,03

Tabla 15.4.- Caudal de cálculo de tramos de tubería

2. Para la determinación de la velocidad de cálculo de cada tramo, es necesario la elección del tipo de tubería previamente.

Tuberías de metal:

- Tuberías de acero inoxidable. Su propiedad anticorrosiva hace que su uso se extienda sobre todo para equipos marinos o construcciones marítimas. Este tipo de tuberías supone un gran coste de adquisición e instalación.
- Tuberías de cobre. Uno de los materiales más utilizados en los hogares. Ofrece pérdidas de carga bajas y buena conductividad térmica además de soportar altas temperaturas.
- Tuberías galvanizadas. Esta propiedad superficial ayuda a prevenir la oxidación del metal. Enfocadas principalmente para sistemas de agua fría.

En general, las tuberías de metal suelen ser más rígidas y pesadas que las tuberías plásticas, a la vez que más caras. Su principal desventaja es la posible corrosión del material.

Tuberías plásticas:

- Tuberías de Polietileno Reticulado (PEX). Capaces de soportar diferentes presiones y temperaturas. Poseen además buenas propiedades aislantes.
- Tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC). Material más utilizado en calidad/precio. Su principal desventaja es la incapacidad para transportar agua caliente, ya que la deformaría. Utilizadas sobre todo en sistemas de aguas fecales.

Una vez estudiadas las distintas opciones de tuberías para la instalación, se observa que la mejor opción es el uso de tuberías de PEX, por su relación calidad/precio y las propiedades del material.

Según la norma del CTE, para tuberías termoplásticas deberá tener una velocidad de cálculo comprendida entre 0,50 y 3,50 m/s. La guía técnica para agua caliente sanitaria central del Documento del instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía indica una velocidad para tuberías termoplásticas de 2 m/s.

3. Para ese valor de velocidad, se buscan los caudales inmediatamente superiores a los instantáneos de cada tramo en la tabla correspondiente a la serie 3.2 de dicho documento, y la obtención así de los diámetros.

Caudales (l/s y l/h) en función de la velocidad (m/s)												
Velocidad (m/s)	Tubería:			Termoplásticos UNE-EN ISO							Serie 3-2	
	P12	P16	P20	P25	P32	P40	P50	P63	P75	P90	P110	
	8,8	11,6	14,6	18,2	23,4	29,2	36,4	46,0	54,8	65,6	80,2	
0,75	0,05 164	0,08 285	0,13 452	0,20 702	0,32 1.161	0,50 1.808	0,78 2.810	1,25 4.487	1,77 6.368	2,53 9.126	3,79 13.640	
0,88	0,05 192	0,09 333	0,15 527	0,23 819	0,38 1.355	0,59 2.109	0,91 3.278	1,45 5.235	2,06 7.430	2,96 10.647	4,42 15.913	
1,00	0,06 219	0,11 380	0,17 603	0,26 937	0,43 1.548	0,67 2.411	1,04 3.746	1,66 5.983	2,36 8.491	3,38 12.167	5,05 18.186	
1,13	0,07 246	0,12 428	0,19 678	0,29 1.054	0,48 1.742	0,75 2.712	1,17 4.215	1,87 6.731	2,65 9.552	3,80 13.688	5,68 20.459	
1,25	0,08 274	0,13 476	0,21 753	0,33 1.171	0,54 1.935	0,84 3.013	1,30 4.683	2,08 7.479	2,95 10.614	4,22 15.209	6,31 22.733	
1,38	0,08 301	0,15 523	0,23 829	0,36 1.288	0,59 2.129	0,92 3.315	1,43 5.151	2,29 8.226	3,24 11.675	4,65 16.730	6,95 25.006	
1,50	0,09 328	0,16 571	0,25 904	0,39 1.405	0,65 2.322	1,00 3.616	1,56 5.619	2,49 8.974	3,54 12.736	5,07 18.251	7,58 27.279	
1,63	0,10 356	0,17 618	0,27 979	0,42 1.522	0,70 2.516	1,09 3.918	1,69 6.088	2,70 9.722	3,83 13.798	5,49 19.772	8,21 29.553	
1,75	0,11 383	0,18 666	0,29 1.055	0,46 1.639	0,75 2.709	1,17 4.219	1,82 6.556	2,91 10.470	4,13 14.859	5,91 21.293	8,84 31.826	
1,88	0,11 411	0,20 713	0,31 1.130	0,49 1.756	0,81 2.903	1,26 4.520	1,95 7.024	3,12 11.218	4,42 15.920	6,34 22.814	9,47 34.099	
2,00	0,12 438	0,21 761	0,33 1.205	0,52 1.873	0,86 3.096	1,34 4.822	2,08 7.492	3,32 11.966	4,72 16.982	6,76 24.335	10,10 36.372	
2,13	0,13 465	0,22 808	0,36 1.281	0,55 1.990	0,91 3.290	1,42 5.123	2,21 7.961	3,53 12.714	5,01 18.043	7,18 25.856	10,73 38.646	
2,25	0,14 492	0,24 855	0,38 1.359	0,59 2.110	0,97 3.500	1,51 5.438	2,34 8.483	3,74 13.666	5,31 19.198	7,60 27.279	11,37 41.000	

Figura 15.4.- Tabla IDAE Guía Técnica para agua caliente sanitaria caudales en función de la velocidad

Tramo	Longitud (m)	Caudal de diseño (L/s)	Diámetro (mm)
M→A	0,7	0,6	23,4
M→B	0,7	1,8	36,4
A→3	0,25	0,3	14,6
B→3	0,25	0,9	29,2
3→3'	0,68	0,1	8,8
3→2	2,287	0,2	11,6
3→2	2,287	0,6	23,4
2→2'	0,68	0,1	8,8
2→1	2,287	0,1	8,8
2→1	2,287	0,3	14,6
1→1'	0,68	0,1	8,8
A→4	2,037	0,3	14,6
B→4	2,037	0,9	29,2
4→4'	0,68	0,1	8,8
4→5	2,287	0,2	11,6
4→5	2,287	0,6	23,4
5→5'	0,68	0,1	8,8
5→6	2,287	0,1	8,8
5→6	2,287	0,3	14,6
6→6'	0,68	0,1	8,8

Tabla 15.5.- Diámetro de tramos de tubería estimado

Una vez se obtiene el diámetro nominal de cada tramo, diámetro interior de la tubería, se comprobará según el CTE si cumple el valor mínimo de dimensionado. En caso contrario, se escogerá el siguiente valor por encima que sea admisible.

Tramo	Longitud (m)	Caudal de diseño (L/s)	Diámetro (mm)	Diámetro min (mm)	Diámetro final (mm)
M→A	0,7	0,6	23,4	12	23,4
M→B	0,7	1,8	36,4	25	36,4
A→3	0,25	0,3	14,6	20	20
B→3	0,25	0,9	29,2	20	29,2
3→3'	0,68	0,1	8,8	12	12
3→2	2,287	0,2	11,6	20	20
3→2	2,287	0,6	23,4	20	23,4
2→2'	0,68	0,1	8,8	12	12
2→1	2,287	0,1	8,8	20	20
2→1	2,287	0,3	14,6	20	20
1→1'	0,68	0,1	8,8	12	12
A→4	2,037	0,3	14,6	20	20
B→4	2,037	0,9	29,2	20	29,2
4→4'	0,68	0,1	8,8	12	12
4→5	2,287	0,2	11,6	20	20
4→5	2,287	0,6	23,4	20	23,4
5→5'	0,68	0,1	8,8	12	12
5→6	2,287	0,1	8,8	20	20
5→6	2,287	0,3	14,6	20	20
6→6'	0,68	0,1	8,8	12	12

Tabla 15.6.- Diámetro de tramos de tubería final

- Una vez dimensionadas las tuberías, se debe de calcular la pérdida de carga en toda la red, para comprobar que en los puntos de consumo se cumple la exigencia mínima de 100kPa y máxima de 500kPa. Según las tablas adjuntadas en el anexo I-D, elaboradas por IDAE, las pérdidas en los puntos de consumo:

Tramo	Longitud (m)	Caudal de diseño (L/s)	Pérdidas de carga (Pa/m)	Pérdidas de carga (Pa)	Pérdidas de carga (kPa)
M→A	0,7	0,6	900	630,00	0,63
M→B	0,7	1,8	700	490,00	0,49
A→3	0,25	0,3	250	62,50	0,06
B→3	0,25	0,9	600	150,00	0,15
3→3'	0,68	0,1	375	255,00	0,26
3→2	2,287	0,2	125	285,88	0,29
3→2	2,287	0,6	850	1943,95	1,94
2→2'	0,68	0,1	375	255,00	0,26
2→1	2,287	0,1	27,5	62,89	0,06
2→1	2,287	0,3	250	571,75	0,57
1→1'	0,68	0,1	375	255,00	0,26
A→4	2,037	0,3	250	509,25	0,51
B→4	2,037	0,9	600	1222,20	1,22
4→4'	0,68	0,1	375	255,00	0,26
4→5	2,287	0,2	125	285,88	0,29
4→5	2,287	0,6	850	1943,95	1,94
5→5'	0,68	0,1	375	255,00	0,26
5→6	2,287	0,1	375	857,63	0,86
5→6	2,287	0,3	250	571,75	0,57
6→6'	0,68	0,1	375	255,00	0,26

Tabla 15.7.- Pérdidas de carga por tramo de tubería

Con los valores de las pérdidas de carga de cada tramo de tubería, habrá que comprobar que la presión de suministro de la vivienda es suficiente en todos los puntos. Se tiene en cuenta que la presión del agua fría sanitaria que la acometida suministra varía entre 300 y 500 kPa. Se comprobará que las presiones cumplen con la norma para la situación más desfavorable, 300 kPa, ya que, para una presión suministrada de 500 kPa, no se superará el límite marcado por la norma en ningún punto de consumo.

Con una presión de 300 kPa, se comprueba que es suficiente para cubrir todas las pérdidas de carga de las tuberías y componentes de la red.

$$\Delta P_{\text{totales}} = \Delta P_{\text{tuberías}} + \Delta P_{\text{componentes}}$$

Ecuación 15.1.- Pérdidas de carga totales en la red

La suma de las pérdidas de carga en las tuberías resulta de 11,12 kPa. Las pérdidas debidas a los componentes de la red, suponen el 30% de las pérdidas de las tuberías, es decir, 3,336 kPa.

$$\Delta P_{\text{totales}} = 14,456 \text{ kPa}$$

Se observa que, en la situación más desfavorable de suministro, la acometida, es capaz de abastecer toda la red de la instalación. No se necesitará grupo de presión auxiliar.

Además, hay que comprobar que, en los puntos de consumo, la presión cumpla la norma, siendo esta superior a 100 kPa e inferior a 500 kPa. El punto más desfavorable, será el más alejado de la alimentación, es decir, el punto 6' correspondiente al inodoro de la partición 6. Se hará el cálculo de la presión en este punto, calculando todos los tramos que llevan hasta él:

$$\Delta P_{6'} = \Delta P_{\text{acometida}} - \Delta P(\text{tramo M-B} + \text{tramo B-4} + \text{tramo 4-5} + \text{tramo 5-6} + \text{tramo 6-6'}) - 0,3 \cdot \Delta P_{\text{tramos}} = 300\text{kPa} - 4,48\text{kPa} - 1,344\text{kPa} = 294,176 \text{ kPa}$$

$$100\text{kPa} < 294,176 \text{ kPa} < 500 \text{ kPa, cumple la norma del CTE}$$

# 16. Instalación final

Como resumen del proyecto, tras el estudio y cálculo de las diferentes opciones de climatización y abastecimiento de aguas, se obtiene una instalación final que incluye:

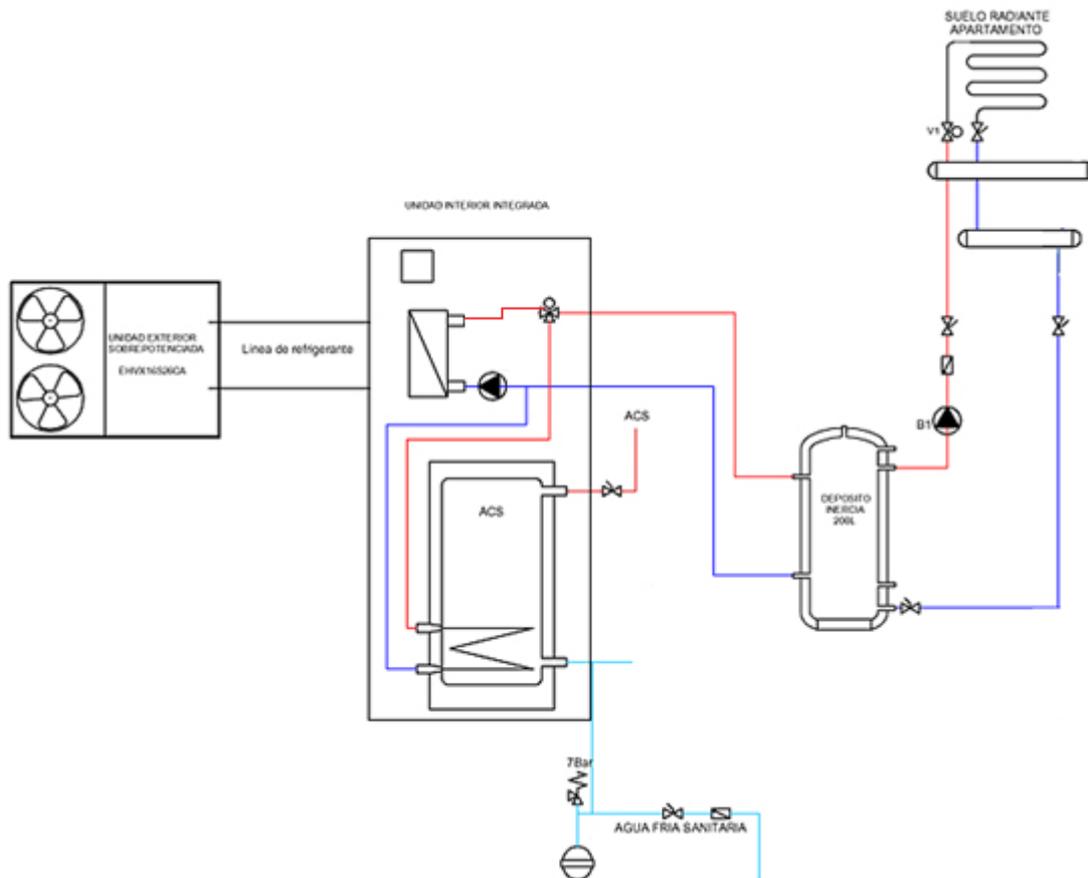


Figura 16.1.- Esquema instalación final del proyecto

- **Unidad exterior**, ubicada en la parte trasera del módulo. Es la encargada de absorber la energía contenida en el aire exterior, y transportarla en las líneas frigoríficas a la unidad interior.
- **Unidad interior**, ubicada en este caso en un contenedor de 20' añadido en la parte trasera del módulo como zona de instalación. Es el encargado de producir el intercambio de la energía de la línea frigorífica que viene de la unidad exterior al

agua. La unidad interior, contiene un acumulador de ACS de 190 L integrado, y un intercambiador de placas.

- **Circuito primario.** Consiste en un circuito de agua cerrado, que circula tanto por la instalación de suelo radiante como por dentro del serpentín de acumulador de ACS. El agua caliente, sale del intercambiador de placas hacia el serpentín del depósito de ACS, haciendo que aumente la temperatura del agua del interior del acumulador. A su vez, desde el intercambiador, se dirige hacia el suelo radiante, atravesando primero un depósito de inercia. Una vez que el agua caliente, recorra todo el circuito de suelo radiante, la temperatura de ésta será inferior que, a la ida, siendo por tanto necesario que vuelva a aumentar su temperatura, para volver a recorrer el mismo trayecto.
- **Intercambiador de placas.** Consiste en un elemento mecánico compuesto por diferentes placas, que consigue la transferencia térmica entre dos fluidos a diferentes temperaturas. Gracias a este componente, el agua de retorno del circuito primario, se mezcla con el agua a mayor temperatura obtenida en el ciclo aerotérmico, y vuelve a dirigirse hacia la instalación de suelo radiante y el serpentín del acumulador.
- **Depósito de inercia.** Se trata de un depósito de agua a presión, colocado antes de los colectores del suelo radiante. Tiene como objetivo aumentar el volumen de agua de la instalación y a su vez evitar que la bomba aerotérmica esté en continuo arranque. El hecho de que el agua de ida del suelo radiante, pase previamente por el depósito, hace que aumente la temperatura del agua contenida en este. Tras el recorrido del suelo radiante, el agua de retorno vuelve a atravesar el depósito de inercia. Ya que, hay agua a mayor temperatura en su interior, estas dos se mezclan y evita así, que la vía de retorno deba de ir hasta el intercambiador de placas para volver a abastecer al sistema de calefacción con la temperatura necesaria, es decir, evita que la bomba de calor esté en continuo funcionamiento, hasta que la temperatura del depósito no sea suficiente para el suelo radiante.

- **Bomba de circulación.** Gracias a ella, el agua es impulsada hacia la instalación de calefacción. Junto con el depósito de inercia, produce una disminución de los picos de demanda de la bomba de calor aerotérmica. Para este proyecto, se ha estudiado una bomba UP 20-07 N 150.
- **Acumulador ACS.** Integrado en la unidad interior en este caso, consta de un serpentín por el que circula agua a elevadas temperaturas proveniente del intercambiador de placas. El serpentín, se calienta y consigue elevar la temperatura del agua que entra al acumulador, es decir, agua fría sanitaria de la acometida. El agua entra a baja temperatura de las tuberías de suministro, y gracias al serpentín se calienta, saliendo del acumulador a la temperatura de uso de ACS hacia la red de tuberías de la vivienda.

Por tanto, el agua del circuito primario, es siempre la misma, atravesando tanto el suelo radiante como el serpentín del acumulador. El agua que entra limpia de la red de distribución de la acometida, no toca el fluido del circuito primario, tan solo entra en contacto con el exterior del serpentín para así aumentar su temperatura.

# 17. Conclusiones

En este apartado se verificará el cumplimiento de los objetivos de este proyecto:

- El principal requisito de este proyecto, se basa en darle habitabilidad a un módulo, en este caso, un contenedor marítimo a personas sin hogar durante la noche. Una vez diseñados los sistemas de abastecimiento de calefacción y red de tuberías, así como los elementos que componen el interior de cada partición, se observa que este proyecto, es válido para cubrir las necesidades básicas para el cobijo de personas en él.
- Además, la elección de un sistema aerotérmico para la climatización y refrigeración del habitáculo, hace que tenga las unidades básicas para su funcionamiento, una unidad interior y una unidad exterior, en este caso además con un acumulador de ACS integrado en ella. Esto favorece el siguiente objetivo del proyecto, el fácil transporte del sistema.
- En cuanto al diseño de las particiones, se consiguieron 6 particiones de aproximadamente 5 m<sup>2</sup> cada una. Esta diferencia de áreas entre las habitaciones se debe a los aislantes térmicos, pero suponen distinciones mínimas en cuanto al confort y necesidades.
- El diseño de la red de tuberías para el abastecimiento de ACS y agua fría, cumple los objetivos del proyecto. La instalación de una ducha, y un inodoro con lavamanos incorporado, hace que se optimice el gasto de tuberías, así como la demanda de ACS. Este sistema podrá cubrir también el suministro de agua para la limpieza del habitáculo.
- Debido a la colocación de suelo radiante como sistema de calefacción y refrigeración, y un cuadro de colectores en el que se colocan diferentes válvulas para regular los caudales de cada circuito, se consigue el siguiente objetivo, “Cada

habitáculo debe poder regular la entrada de calefacción/refrigeración. No necesariamente la temperatura, pero como mínimo el flujo”.

- Por último, el uso de una bomba de calor aerotérmica en el sistema de calefacción, supone un gran uso de energías renovables como fuente de energía para el sistema. El certificado energético, muestra los porcentajes de energías renovables utilizados en la instalación, 68,25% para calefacción, 80,77% para refrigeración y 76,51% para la demanda de ACS, además de la gran eficiencia en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub>, teniendo estas un valor de certificación A.

Además, se ha cumplido con el Código Técnico de Edificación y las normas necesarias de la UNE para el desarrollo de este proyecto.

# 18. Presupuesto

En este apartado se realizará una estimación de los gastos totales que supondrá el proyecto de estudio, en cuanto a materiales, materias primas y mano de obra.

## 18.1 COSTE MATERIALES

Nombre	Precio
Contenedor Dry Van 45'	3500 €

Tabla 18.1.- Coste contenedor

Nombre	Precio/cantidad	Cantidad	Precio
Lana de vidrio	12 €/m <sup>2</sup>	143,51 m <sup>2</sup>	1722,12 €
Placa de yeso	2,75 €/m <sup>2</sup>	113,69 m <sup>2</sup>	312,65 €
Tablero de madera	13,90 €/m <sup>2</sup>	59,64 m <sup>2</sup>	73,54 €
Grava	146 €/m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>	292 €
EPS	10€/m <sup>2</sup>	29,82 m <sup>2</sup>	298,2 €
Mortero	11,45 €/m <sup>2</sup>	29,82 m <sup>2</sup>	341,44 €
Vidrios	115,55 €/m <sup>2</sup>	13,3566 m <sup>2</sup>	693,28 €
Marcos de PVC	63 €/m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	252 €
Manilla	11 €/unidad	6	66 €
<b>TOTAL</b>			<b>4051,23 €</b>

Tabla 18.2.- Coste materiales fachadas

Nombre	Cantidad	Precio
Cama abatible	6	560 €
Ducha	6	45 €
Inodoro con lavamanos	6	460 €
<b>Total</b>		<b>1065 €</b>

Tabla 18.3.- Coste componentes interiores contenedor

## 18.2 COSTE INSTALACIONES

Nombre	Precio/cantidad	Precio
<b>Tuberías</b>	221,51€/rollo 200m	221,51 €
<b>Cuadro de colectores</b>	240 €/unidad	240 €
<b>Bomba impulsión UP 20 07 N 150</b>	276 €/unidad	276 €
<b>Depósito de inercia de 100 L</b>	690€/unidad	690 €
<b>Total</b>		<b>1427,51 €</b>

Tabla 18.4.- Coste instalación suelo radiante

Nombre	Precio/unidad	Precio
<b>Tuberías PEX</b>	3 €/m	300 €
<b>Válvula de escuadra</b>	2,89 €/unidad	17,34 €
<b>Válvula de corte</b>	28,60 €/unidad	343,2 €
<b>Grifería ducha</b>	67 €/unidad	402 €
<b>Flexos ducha</b>	4,90 €/unidad	29,4 €
<b>Total</b>		<b>1091,94 €</b>

Tabla 18.5.- Coste de red de suministro de ACS y AFS

Nombre	Precio
<b>Bomba de calor aerotérmica Bibloc Platinum BC iPlus V200 con acumulador integrado</b>	<b>5671 €</b>

Tabla 18.6.- Coste bomba de calor aerotérmica con acumulador integrado

## 18.3 COSTE MANO DE OBRA

Supone el coste de realización por el empleado, en este caso, alumna recién graduada en Ingeniería, suponiendo un coste de mano de obra de 40€/h. Con una jornada laboral de 7 días a la semana, 2 horas al día, durante 200 días.

<b>Nombre</b>	<b>Precio</b>
<b>Coste por hora</b>	40 €/h
<b>Número de horas</b>	400 h
<b>Total</b>	<b>16000 €</b>

Tabla 18.7.- Coste mano de obra

#### **18.4 COSTE DE EQUIPOS**

El empleado contratado para la realización del proyecto, tendrá que disponer de un ordenador personal, en este caso, su coste será de 800€.

#### **18.5 PRESUPUESTO FINAL**

<b>Nombre</b>	<b>Precio</b>
<b>Contenedor Dry Van 45'</b>	3500 €
<b>Fachadas</b>	4051,23 €
<b>Componentes interiores</b>	1065 €
<b>Instalación de suelo radiante</b>	1427,51 €
<b>Red de distribución de agua</b>	1091,94 €
<b>Bomba aerotérmica con acumulador</b>	5671 €
<b>Mano de obra</b>	16000 €
<b>Equipos</b>	800 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>33606,68 €</b>

Tabla 18.8.- Presupuesto total de proyecto

# 19. Bibliografía

- [1] **Ovacen** [En línea] (22 de noviembre de 2020) <https://ovacen.com/>
- [2] **HogarSense** [En línea] <https://www.hogarsense.es/>
- [3] **Caloryfrio** [En línea] <https://www.caloryfrio.com/>
- [4] **ClimateData** [En línea] <https://es.climate-data.org/europe/espana/principado-de-asturias/gijon-4759/>
- [4] **Endesa** [En línea] (22 de enero de 2020)  
<https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/climatizacion/temperatura-recomendada-hogar>
- [5] **RTarquitectura** [En línea] Autor: Javier Rojo (9 de febrero de 2015)  
<https://www.rtarquitectura.com/aislamiento-termico-tipos-y-caracteristicas/>
- [6] **Certicalia** [En línea] (5 de mayo de 2021) <https://www.certicalia.com/>
- [7] **Icontainers** [En línea] (17 de julio de 2021) <https://www.icontainers.com/es/tipos-de-contenedores-y-sus-dimensiones/>
- [8] **Código Técnico** [En línea] Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Autor: Ministerio transporte, Movilidad y Agenda Urbana (Enero 2020) [https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA\\_DB-HE-1\\_Calculo\\_de\\_parametros\\_caracteristicos\\_de\\_la\\_envolvente.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA_DB-HE-1_Calculo_de_parametros_caracteristicos_de_la_envolvente.pdf)
- [9] Prieto M.M., Suárez I. **Transmisión de Calor. Apuntes**. Ediuno
- [10] Aguirrezabalaga V., Prieto M.M. **Transferencia de Calor. Problemas**. Ediuno

[11] Suárez I., Prieto M.M. **Tablas y Gráficos para Resolución de Problemas de Transmisión de Calor**. Ediuno

[12] **Cteweb** [En línea] <http://cte-web.iccl.es/>

[12] **Kömmerling** [En línea] <https://www.kommerling.es/>

[13] **IDAE** [En línea] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (Madrid, Noviembre de 2007)

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_GUIA\\_TECNICA\\_Vidrios\\_y\\_ceramica\\_v05\\_2dfc482b.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GUIA_TECNICA_Vidrios_y_ceramica_v05_2dfc482b.pdf)

[14] **Certificados Energéticos** [En línea] (18 de octubre de 2019)

<https://www.certificadosenergeticos.com/>

[15] **Código Técnico** [En línea] Documento Básico HS Salubridad. Autor: Ministerio de fomento (Madrid, 20 de diciembre)

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DcmHS.pdf>

[16] **Normalización Española** [En línea] <https://www.une.org/>

[17] **Baxi** [Catálogo] Bombas de calor de aerotermia

[https://mediacdn.baxi.es/-/media/inriver-media/baxi-iberia-media/2021/1/28/a00b00c00h71broch1es04.pdf?v=1&d=00010101T000000Z&\\_ga=2.100076318.1206640558.1636016961-869701685.1635881975](https://mediacdn.baxi.es/-/media/inriver-media/baxi-iberia-media/2021/1/28/a00b00c00h71broch1es04.pdf?v=1&d=00010101T000000Z&_ga=2.100076318.1206640558.1636016961-869701685.1635881975)

[18] **IDAE** [En línea] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Comentarios RITE Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (2007)

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10540\\_Comentarios\\_RITE\\_GT7\\_07\\_2200d691.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Comentarios_RITE_GT7_07_2200d691.pdf)

[19] **Fegeca** [En línea] Fabricantes de generadores y emisores de calor. Autor: Francisco Javier Cazalla Melguizo

[https://www.fegeca.com/suelo-radiante/Metodologia\\_calculo\\_instalaciones\\_suelo\\_radiante\\_ORKLI\\_-2017.pdf](https://www.fegeca.com/suelo-radiante/Metodologia_calculo_instalaciones_suelo_radiante_ORKLI_-2017.pdf)

[20] **IDAE** [En línea] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Guía técnica. Instalaciones de climatización por agua.

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_18\\_Guia\\_tecnica\\_instalaciones\\_de\\_climatizacion\\_por\\_agua\\_ed78f988.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_18_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_por_agua_ed78f988.pdf)

[21] **Grundfos** [En línea]

<https://product-selection.grundfos.com/es/products/up-ups-series-100/up-ups-n/up-20-07-n-150-59640506?tab=variant-curves&pumpsystemid=1433267642>

[22] **Salvador Escoda** [Catálogo] (10 de noviembre de 2021)

<https://www.salvadorescoda.com/>

# Anexo I

## A) CE3X

Datos generales y administrativos en el programa oficial de certificación energética:

Datos administrativos	Datos generales	Envolvente térmica	Instalaciones
<b>Localización e identificación del edificio</b>			
Nombre del edificio	Módulo habitable		
Dirección	C/ Juan López Peñalver		
Provincia/Ciudad autónoma	Asturias	Localidad	Gijón
			Código Postal 33204
Referencia Catastral			
<b>Datos del cliente</b>			
Nombre o razón social	Escuela Politécnica de Ingeniería		
Dirección	C/ Juan López Peñalver		
Provincia/Ciudad autónoma	Asturias	Localidad	Gijón
			Código Postal 33204
Teléfono		E-mail	
<b>Datos del técnico certificador</b>			
Nombre y Apellidos	Marta Riestra Valdés	NIF	
Razón social		CIF	
Dirección			
Provincia/Ciudad autónoma	Asturias	Localidad	Oviedo
			Código Postal 33010
Teléfono		E-mail	UO258546@uniovi.es
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniera Mecánica		

Datos generales			
Normativa vigente	CTE 2013	Año construcción	2021
Tipo de edificio	Unifamiliar		
Provincia/Ciudad autónoma	Asturias	Localidad	Gijón
		Zona climática	HE-1 C1
			HE-4 I

Figura Anexo A.1.- Datos generales y administrativos

Definición de la envolvente térmica y los diferentes cerramientos en cada fachada del módulo:

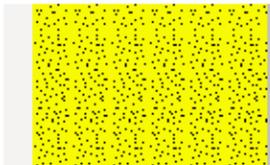
### Librería de cerramientos

Nombre

*Características del cerramiento*

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

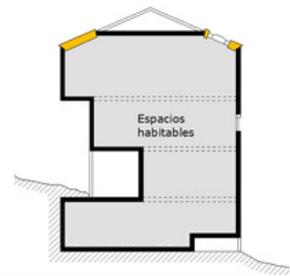
Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m3)	Cp (J/kgK)
Placa de yeso laminad...	Yesos	0.05	0.0125	0.25	825	1000
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	2.469	0.1	0.0405	40	1000
Acero	Metales	0.0	0.0015	50	7800	450



$R1+...+Rn$   
2.52 m2K/W

### Envolvente térmica del edificio

- Cubierta     Enterrada  
 Muro     En contacto con el aire  
 Suelo  
 Partición interior  
 Hueco/Lucernario  
 Puente térmico



### Cubierta en contacto con el aire

Nombre  Zona

*Dimensiones*  
Superficie  m2  
Longitud  m  
Anchura  m

*Características*  
Patrón de sombras

*Parámetros característicos del cerramiento*

Propiedades térmicas  Transmitancia térmica  W/m2K

Transmitancia térmica  W/m2K    Masa/m2  kg/m2  
 Librería cerramientos

Figura Anexo A.2.- Definición envolvente cubierta

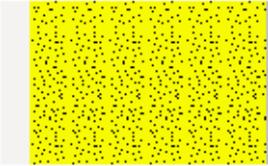
### Librería de cerramientos

Nombre

*Características del cerramiento*

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

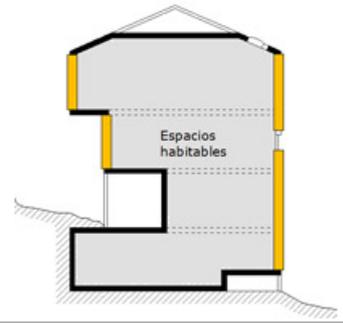
Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m3)	Cp (J/kgK)
Placa de yeso laminad...	Yesos	0.05	0.0125	0.25	825	1000
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	2.469	0.1	0.0405	40	1000
Acero	Metales	0.0	0.0015	50	7800	450



$R1+...+Rn$   
2.52 m2K/W

### Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
  - En contacto con el terreno
  - De fachada
  - Medianería
- Suelo
- Partición interior
- Huevo/Lucernario
- Puente térmico



### Muro de fachada

Nombre  Zona

*Dimensiones*

Superficie  m2  
 Longitud  m  
 Altura  m

*Características*

Orientación   
 Patrón de sombras

*Parámetros característicos del cerramiento*

Propiedades térmicas  Transmitancia térmica  W/m2K

Transmitancia térmica  W/m2K Masa/m2  kg/m2

Librería cerramientos

Figura Anexo A.3.- Definición envolvente fachada lateral

En el caso de la fachada lateral, como hay dos, idénticas, misma área, incidencia de flujo y envolvente térmica, se cargará dos veces el mismo ejemplo en el proyecto.

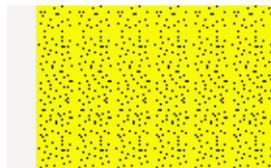
### Librería de cerramientos

Nombre

#### Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

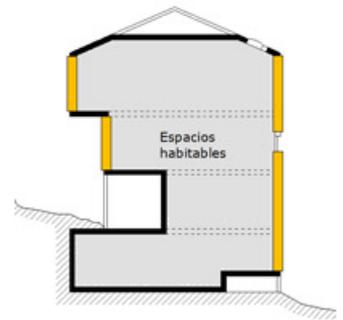
Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m3)	Cp (J/kgK)
Placa de yeso laminad...	Yesos	0.05	0.0125	0.25	825	1000
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	2.469	0.1	0.0405	40	1000
Acero	Metales	0.0	0.0015	50	7800	450



$R1 + \dots + Rn$   
2.52 m2K/W

### Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
  - En contacto con el terreno
  - De fachada
  - Medianería
- Suelo
- Partición interior
- Huevo/Lucernario
- Puente térmico



### Muro de fachada

Nombre  Zona

#### Dimensiones

Superficie  m2  
 Longitud  m  
 Altura  m

#### Características

Orientación   
 Patrón de sombras

#### Parámetros característicos del cerramiento

**Propiedades térmicas**  Transmitancia térmica  W/m2K

Transmitancia térmica  W/m2K Masa/m2  kg/m2

Librería cerramientos  

Figura Anexo A.4.- Definición envolvente fachada trasera

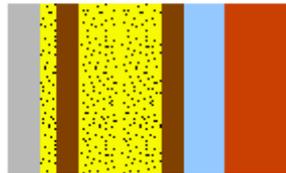
## Librería de cerramientos

Nombre

### Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

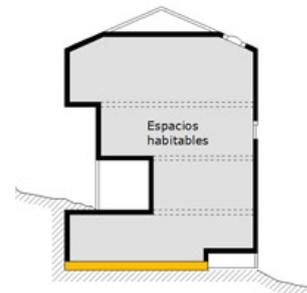
Material	Grupo	R (m <sup>2</sup> K...)	Espesor...	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)
Mortero de cemento ...	Morteros	0.022	0.04	1.8	2100	1000
EPS Poliestireno Expa...	Aislantes	0.533	0.02	0.0375	30	1000
Tablero contrachapad...	Maderas	0.133	0.028	0.21	675	1600
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	2.469	0.1	0.0405	40	1000
Tablero contrachapad...	Maderas	0.133	0.028	0.21	675	1600
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.16	-	-	-	-
Arena y grava [1700 ...	Pétreos y suelos	0.035	0.07	2	1450	1050



$R1 + \dots + Rn$   
3.49 m<sup>2</sup>K/W

### Envoltura térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
  - En contacto con el terreno
  - En contacto con el aire exterior
- Partición interior
- Huevo/Lucernario
- Puente térmico



### Suelo en contacto con el terreno

Nombre  Zona

**Dimensiones**  
Superficie  m<sup>2</sup>  
Longitud  m  
Anchura  m

**Características**  
Profundidad  Menor o igual que 0.5 m  
 Mayor que 0.5 m

**Parámetros característicos del cerramiento**  
Propiedades térmicas  Transmitancia térmica  W/m<sup>2</sup>K  
Perímetro  m

Tiene aislamiento térmico

**Características del aislamiento térmico**  
Tipo de aislamiento   
Definir Ra   
 Espesor aislamiento  m  
 Ra  m<sup>2</sup>K/W

Figura Anexo A.5.- Definición envoltura suelo

## Librería de cerramientos

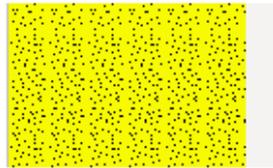
Nombre

Fachada principal

### Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m <sup>2</sup> K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)
Acero	Metales	0.0	0.0015	50	7800	450
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	2.469	0.1	0.0405	40	1000
Placa de yeso laminad...	Yesos	0.05	0.0125	0.25	825	1000



$R_1 + \dots + R_n$

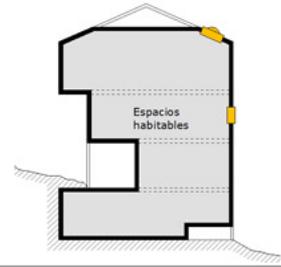
2.52 m<sup>2</sup>K/W

Figura Anexo A.6.- Definición envolvente fachada principal

Además, en la fachada principal se han de definir huecos. Se ha separado en ventanas y puertas, ya que tienen diferentes dimensiones. Una vez se indican las medidas de cada una, se multiplicarán automáticamente por 6, es decir, un tipo por cada partición del módulo. Las demás características no varían entre los dos tipos de huecos, ya que llevan el mismo marco y cristal ambas.

### Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
- Hueco/Lucernario
- Puente térmico



### Hueco/Lucernario

Nombre	Hueco Ventana		Orientación	Sur	
Cerramiento asociado	Fachada principal				

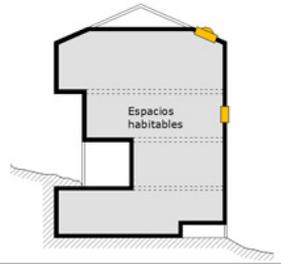
<b>Dimensiones</b>			<b>Características</b>		
Longitud	1.887	m	Permeabilidad del hueco	Estanco	50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Altura	0.3	m	Absortividad del marco	$\alpha$	0.2
Multiplicador	6		<input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar	Dispositivo de protección solar	
Superficie	3.4	m <sup>2</sup>	Patrón de sombras	Sin patrón	
Porcentaje de marco	30	%	<input checked="" type="checkbox"/> Doble ventana		

<b>Parámetros característicos del hueco</b>					
<b>Propiedades térmicas</b> Conocidas					
U vidrio	1.8	W/m <sup>2</sup> K			
g vidrio	0.60				
U marco	1.8	W/m <sup>2</sup> K			

### Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
- Hueco/Lucernario
- Puente térmico



### Hueco/Lucernario

Nombre	Hueco Puerta		Orientación	Sur	
Cerramiento asociado	Fachada principal				

<b>Dimensiones</b>			<b>Características</b>		
Longitud	0.830	m	Permeabilidad del hueco	Estanco	50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Altura	2	m	Absortividad del marco	$\alpha$	0.2
Multiplicador	6		<input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar	Dispositivo de protección solar	
Superficie	9.96	m <sup>2</sup>	Patrón de sombras	Sin patrón	
Porcentaje de marco	30	%	<input checked="" type="checkbox"/> Doble ventana		

<b>Parámetros característicos del hueco</b>					
<b>Propiedades térmicas</b> Conocidas					
U vidrio	1.8	W/m <sup>2</sup> K			
g vidrio	0.60				
U marco	1.8	W/m <sup>2</sup> K			

Figura Anexo A.7.- Definición huecos fachada principal

## B) INFORME DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

#### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Módulo habitable		
Dirección	C/ Juan López Peñalver		
Municipio	Gijón	Código Postal	33204
Provincia	Asturias	Comunidad Autónoma	Principado de Asturias
Zona climática	C1	Año construcción	2021
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	xxx		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

#### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Marta Riestra Valdés	NIF(NIE)	xxx
Razón social	xxx	NIF	xxx
Domicilio	xxx		
Municipio	Oviedo	Código Postal	33010
Provincia	Asturias	Comunidad Autónoma	Principado de Asturias
e-mail:	UO258546@uniovi.es	Teléfono	xxx
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniera Mecánica		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

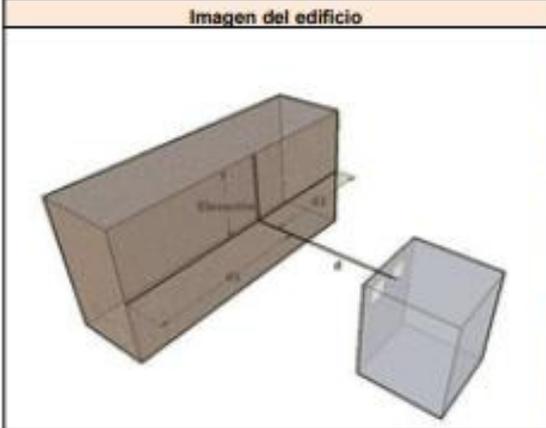
#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]	
		<b>37.2 B</b>	<b>8.3 A</b>

## DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS ENERGETICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m <sup>2</sup> ]	30.07
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> -K]	Modo de obtención
Cubierta	Cubierta	33.45	0.38	Conocidas
Fachada trasera	Fachada	39.74	0.37	Conocidas
Fachada lateral	Fachada	7.06	0.37	Conocidas
Fachada lateral2	Fachada	7.06	0.37	Conocidas
Suelo con terreno	Suelo	29.82	0.49	Estimadas
Fachada principal	Fachada	26.38	0.37	Conocidas

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> -K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco Ventana	Hueco	3.4	1.36	0.35	Conocido	Conocido
Hueco Puerta	Hueco	9.96	1.36	0.35	Conocido	Conocido

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		315.0	Electricidad	Conocido
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		520.0	Electricidad	Conocido
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	216.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		425.0	Electricidad	Conocido
<b>TOTALES</b>	ACS				

### 6. ENERGÍAS RENOVABLES

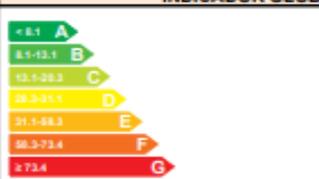
#### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	68.25	80.77	76.51	-
<b>TOTAL</b>	68.25	80.77	76.51	-

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C1	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

#### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
 6.3 A	Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]		Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	
	3.52		2.72	
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]		Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	
	0.07		-	

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

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	6.30	189.46
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	0.00	0.00

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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
 37.2 B	Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]		Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	
	20.75		16.04	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]		Emisiones iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	
	0.40		-	

#### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

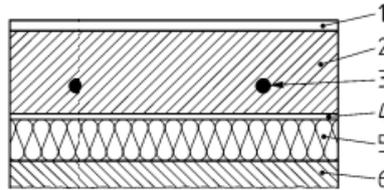
La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 105.4 E	No calificable
Demanda de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	Demanda de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

### C) SISTEMAS DE COLOCACIÓN DE TUBOS EN SUELO RADIANTE

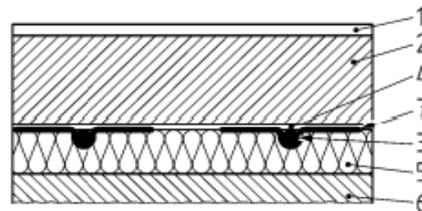
Según la norma UNE-EN 1264:



- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso y de difusión térmica (pavimento)
- 3 Tubo de calefacción/refrigeración
- 4 Capa protectora
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural

Figura A.1 – sistemas con tubos dentro del pavimento tipo A

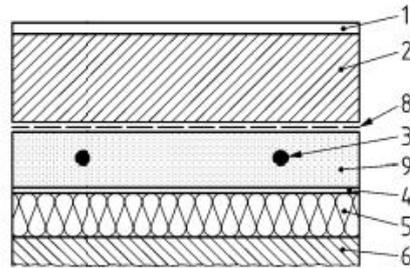
Figura Anexo C.1.- Sistema tipo A



- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso (madera/pavimento)
- 3 Tubo de calefacción /refrigeración
- 4 Capa protectora
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural
- 7 Dispositivo de difusión de calor

Figura A.2 – Sistemas con tubos por debajo del pavimento tipo B

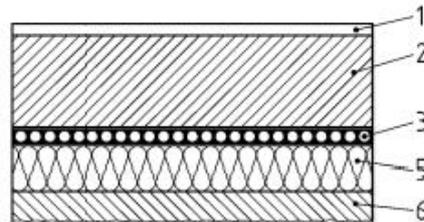
Figura Anexo C.2.- Sistema tipo B



- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso y de difusión térmica (pavimento)
- 3 Tubo de calefacción /refrigeración
- 4 Capa protectora
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural
- 8 Doble capa separadora
- 9 Ajuste de pavimento

Figura A.3 – Sistemas con tubos dentro del pavimento tipo C

Figura Anexo C.3.- Sistema tipo C



- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso y de difusión térmica ( pavimento)
- 3 Elemento de superficie
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural

Figura A.4 – Capa del elemento de calefacción / refrigeración (sistemas con sección plana) de tipo D

Figura Anexo C.4.- Sistema tipo D

### D) PÉRDIDAS DE CARGA SEGÚN DIÁMETRO DE TUBERÍA Y CAUDAL MÁXIMO

Guía Técnica para agua caliente sanitaria central, IDAE:

Caudales máximos en función de la pérdida de carga												
Tipo de tubería: Lisa						*Temperatura media del agua: 50 °C						
*Material: Termoplásticos UNE-EN ISO						*Densidad: 988 kg/m³						
*Norma: Serie 3.2						*Viscosidad: 0,582 cST						
Pa/m	DN	P12	P16	P20	P25	P32	P40	P50	P63	P75	P90	P110
	Φ int.	8,8	11,6	14,6	18,2	23,4	29,2	36,4	46,0	54,8	65,6	80,2
375	l/s	0,03	0,06	0,10	0,19	0,37	0,68	1,23	2,33	3,75	6,11	10,54
	l/h	94	199	372	677	1.340	2.444	4.445	8.391	13.495	21.990	37.941
	m/s	0,43	0,52	0,62	0,72	0,87	1,01	1,19	1,40	1,59	1,81	2,09
400	l/s	0,03	0,06	0,11	0,20	0,39	0,70	1,28	2,42	3,89	6,34	10,94
	l/h	98	207	386	703	1.390	2.536	4.612	8.707	14.002	22.816	39.366
	m/s	0,45	0,54	0,64	0,75	0,90	1,05	1,23	1,46	1,65	1,88	2,16
425	l/s	0,03	0,06	0,11	0,20	0,40	0,73	1,33	2,50	4,03	6,56	11,32
	l/h	101	214	400	728	1.439	2.625	4.775	9.014	14.496	23.621	40.754
	m/s	0,46	0,56	0,66	0,78	0,93	1,09	1,27	1,51	1,71	1,94	2,24
450	l/s	0,03	0,06	0,11	0,21	0,41	0,75	1,37	2,59	4,16	6,78	11,70
	l/h	105	221	413	752	1.487	2.712	4.933	9.313	14.977	24.405	42.107
	m/s	0,48	0,58	0,69	0,80	0,96	1,13	1,32	1,56	1,76	2,01	2,32
475	l/s	0,03	0,06	0,12	0,22	0,43	0,78	1,41	2,67	4,29	6,99	12,06
	l/h	108	228	426	775	1.534	2.797	5.088	9.605	15.447	25.171	43.428
	m/s	0,49	0,60	0,71	0,83	0,99	1,16	1,36	1,61	1,82	2,07	2,39
500	l/s	0,03	0,07	0,12	0,22	0,44	0,80	1,46	2,75	4,42	7,20	12,42
	l/h	111	235	439	798	1.579	2.881	5.240	9.891	15.906	25.919	44.720
	m/s	0,51	0,62	0,73	0,85	1,02	1,19	1,40	1,65	1,87	2,13	2,46
525	l/s	0,03	0,07	0,13	0,23	0,45	0,82	1,50	2,83	4,54	7,40	12,77
	l/h	114	242	451	821	1.624	2.962	5.388	10.170	16.356	26.652	45.984
	m/s	0,52	0,64	0,75	0,88	1,05	1,23	1,44	1,70	1,93	2,19	2,53
600	l/s	0,03	0,07	0,14	0,25	0,49	0,89	1,62	3,05	4,90	7,99	13,79
	l/h	123	261	487	886	1.753	3.197	5.815	10.977	17.653	28.765	49.630
	m/s	0,56	0,69	0,81	0,95	1,13	1,33	1,55	1,83	2,08	2,36	2,73
800	l/s	0,04	0,09	0,16	0,29	0,57	1,05	1,90	3,59	5,78	9,42	16,25
	l/h	145	308	574	1.044	2.066	3.768	6.854	12.938	20.807	33.905	58.498
	m/s	0,66	0,81	0,95	1,12	1,33	1,56	1,83	2,16	2,45	2,79	3,22
1.000	l/s	0,05	0,10	0,18	0,33	0,65	1,19	2,16	4,08	6,57	10,70	18,46
	l/h	165	349	652	1.186	2.347	4.281	7.786	14.697	23.637	38.516	66.453
	m/s	0,75	0,92	1,08	1,27	1,52	1,78	2,08	2,46	2,78	3,17	3,65
1.200	l/s	0,05	0,11	0,20	0,37	0,72	1,32	2,40	4,53	7,29	11,87	20,49
	l/h	183	388	724	1.317	2.605	4.751	8.641	16.311	26.232	42.745	73.750
	m/s	0,84	1,02	1,20	1,41	1,68	1,97	2,31	2,73	3,09	3,51	4,06
1.400	l/s	0,06	0,12	0,22	0,40	0,79	1,44	2,62	4,95	7,96	12,97	22,37
	l/h	200	423	791	1.438	2.844	5.188	9.437	17.813	28.648	46.681	80.541
	m/s	0,91	1,11	1,31	1,54	1,84	2,15	2,52	2,98	3,37	3,84	4,43
1.600	l/s	0,06	0,13	0,24	0,43	0,85	1,56	2,83	5,34	8,59	14,00	24,15
	l/h	216	457	853	1.552	3.070	5.600	10.185	19.226	30.919	50.382	86.927
	m/s	0,99	1,20	1,42	1,66	1,98	2,32	2,72	3,21	3,64	4,14	4,78
1.800	l/s	0,06	0,14	0,25	0,46	0,91	1,66	3,03	5,71	9,19	14,97	25,83
	l/h	231	489	913	1.660	3.284	5.989	10.894	20.564	33.072	53.890	92.979
	m/s	1,05	1,28	1,51	1,77	2,12	2,48	2,91	3,44	3,89	4,43	5,11

Figura Anexo D.1.- Tabla pérdidas de carga por tubería IDAE

### E) FICHA TÉCNICA BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA

Catálogo Baxi, Bomba aerotérmica Platinum BC iPlus V200 Smart, 4,5 kW:

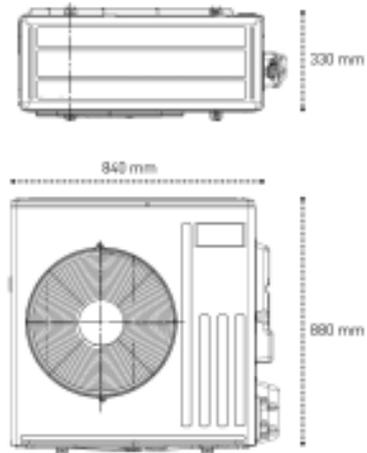


Figura Anexo E.1.- Unidad exterior

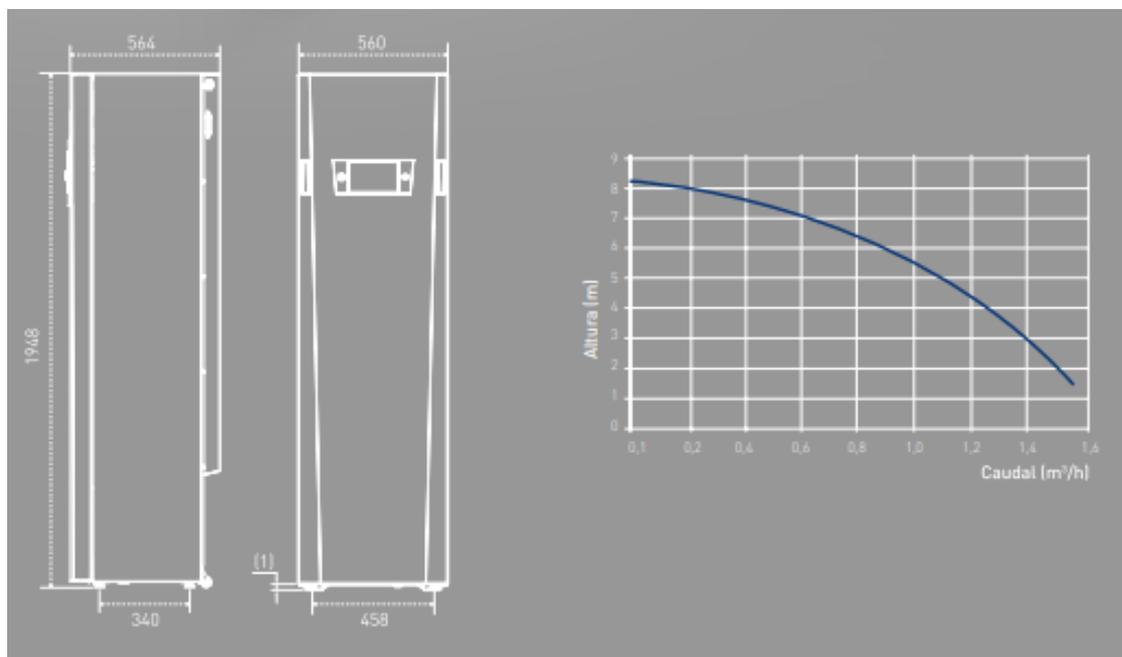


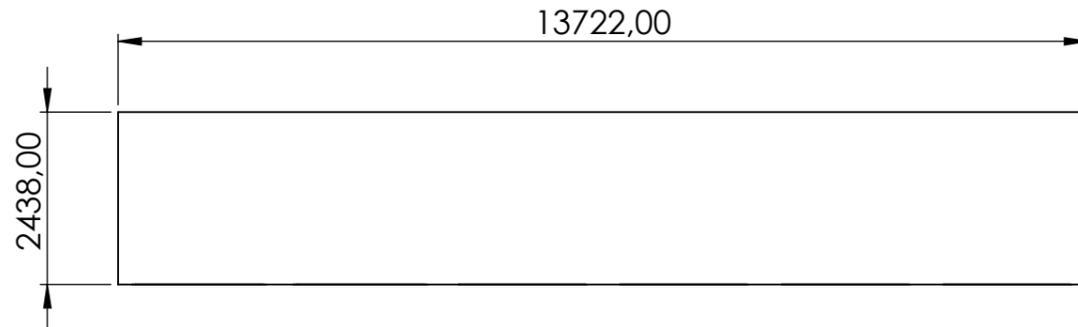
Figura Anexo E.2.- Unidad interior



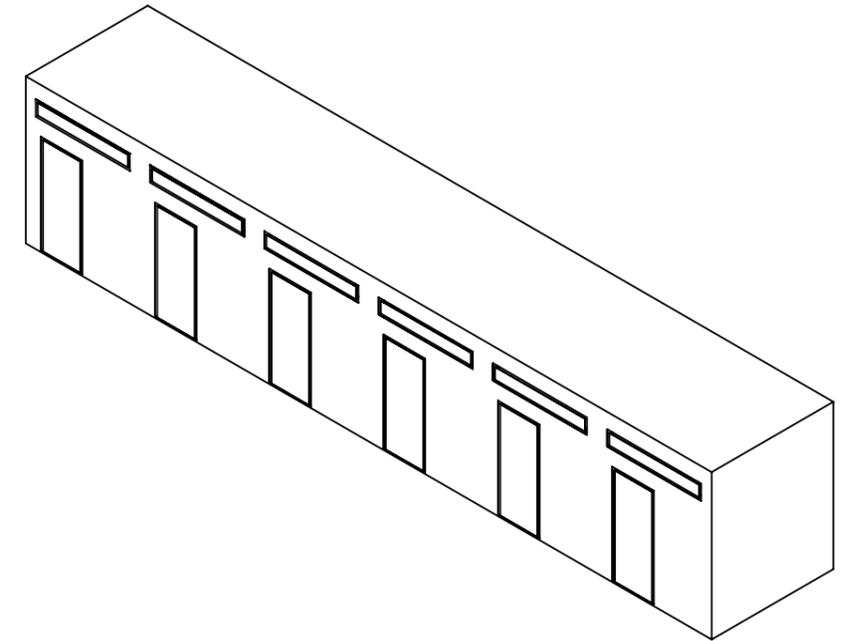
Platinum BC iPlus V200 Smart	4,5 MR	6 MR	8 MR
Pot. Calefacción / Consumo (T imp.= 35°C, T amb.= 7°C)	kW 4,60 / 0,90	5,82 / 1,38	7,65 / 1,68
Pot. Calefacción / Consumo (T imp.= 45°C, T amb.= 7°C)	kW 4,15 / 1,12	5,38 / 1,66	7,87 / 2,37
COP (T imp.= 35°C, T amb.= 7°C)	5,11	4,22	4,55
COP (T imp.= 45°C, T amb.= 7°C)	3,7	3,24	3,32
Pot. Refrigeración / Consumo (T imp.= 18°C, T amb.= 35°C)	kW 4,12 / 0,95	5,08 / 1,21	7,91 / 1,85
Pot. Refrigeración / Consumo (T imp.= 7°C, T amb.= 35°C)	kW 4,52 / 1,63	4,50 / 1,70	6,39 / 2,24
EER (T imp.= 18°C, Tamb.= 35°C)	4,32	4,20	4,27
EER (T imp.= 7°C, T amb.= 35°C)	2,77	2,65	2,85
Tiempo calentamiento depósito de ACS	min 100	100	95
Clase Eficiencia Calefacción 55°C	A++	A++	A++
Clase Eficiencia ACS/Perfit Demanda	A/L	A/L	A/L
Temperatura impulsión máxima Calefacción	°C 55	60	60
Temperatura impulsión mínima Refrigeración	°C 7	7	7
Potencia acústica - Interior	dB(A) 30,0	39,0	38,9
Peso (vacío) - Ud. Interior	kg 166	166	166

Figura Anexo E.3.- Características bomba de calor Platinum BC iPlus V200 Smart

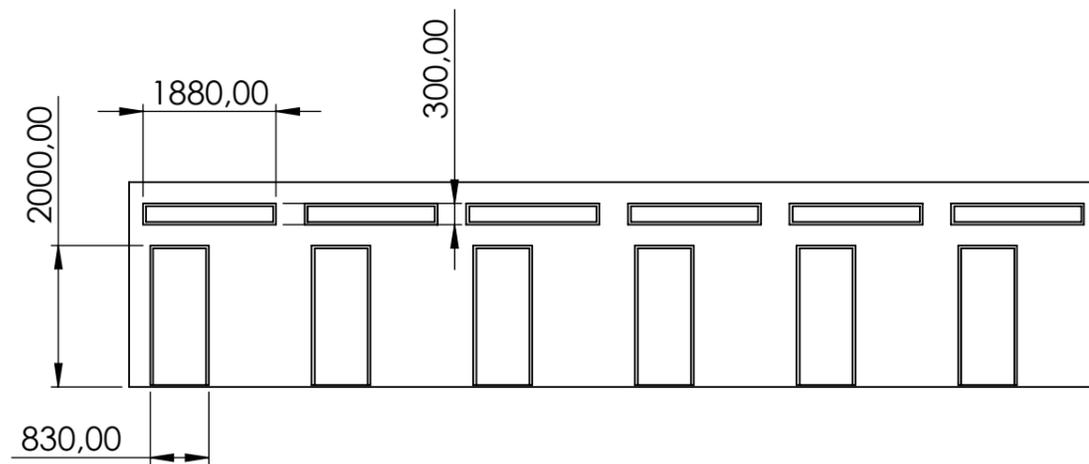
**F) PLANOS**



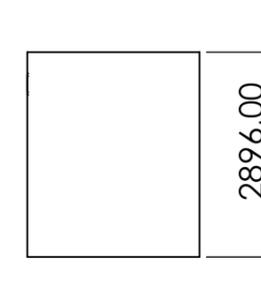
Vista Superior



Vista isométrica

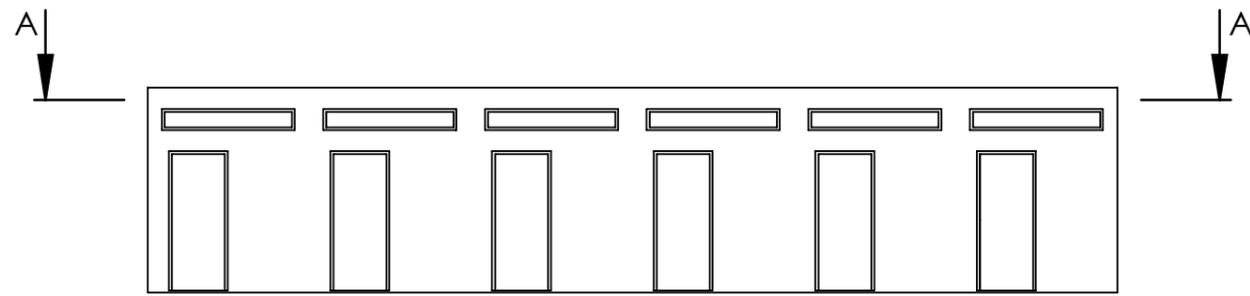


Vista frontal

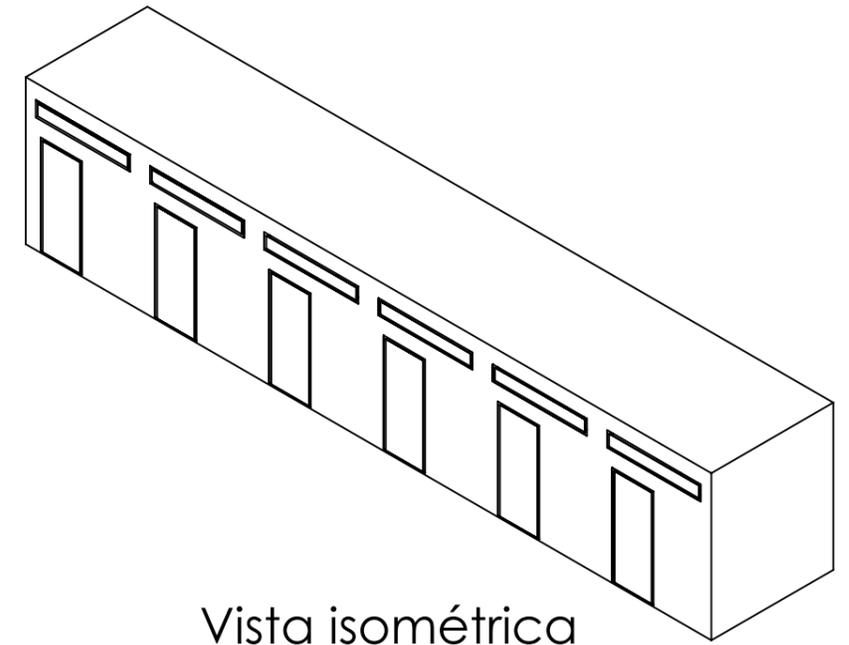


Vista lateral

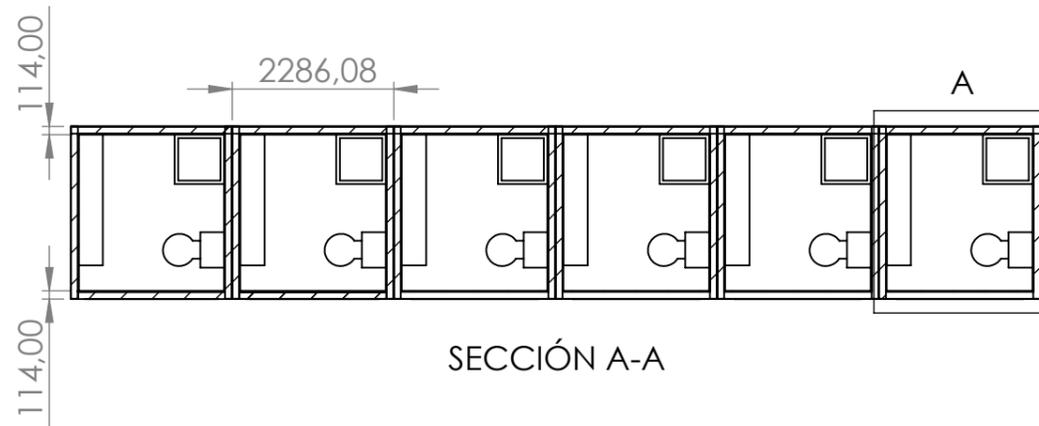
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		REVISIÓN	
					TÍTULO: <b>Módulo habitable</b>			
DIBUJ. MARTA RIESTRA			FIRMA		FECHA 03/11/2021		N.º DE DIBUJO	
VERIF.			FABR.		MATERIAL:		A3	
APROB.			CALID.		PESO:		ESCALA:1:100	
							HOJA 1 DE 1	



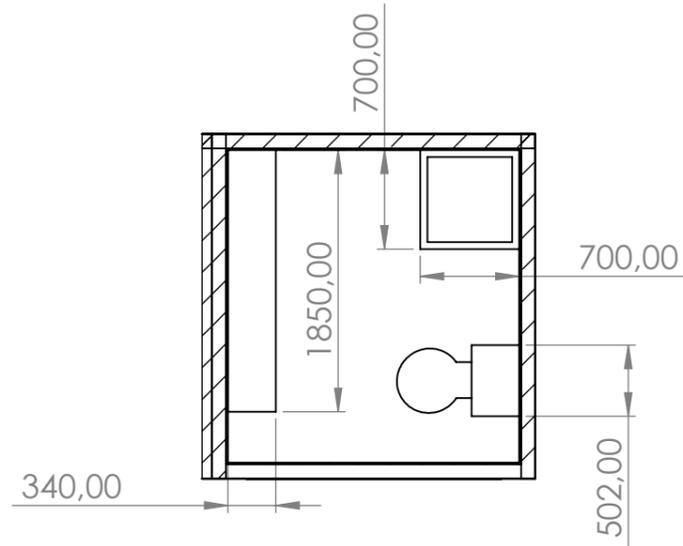
Vista frontal



Vista isométrica



SECCIÓN A-A



DETALLE A  
ESCALA 1 : 50

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		REVISIÓN	
					TÍTULO:			
					<b>Módulo habitable</b>			
NOMBRE			FIRMA		FECHA		N.º DE DIBUJO	
DIBUJ.			MARTA RIESTRA		03/11/2021		A3	
VERIF.								
APROB.								
FABR.								
CALID.					MATERIAL:		ESCALA:1:100	
					PESO:		HOJA 1 DE 1	