

---

Proyecto Fin de Carrera

*Anexos*

---



Universidad  
Zaragoza



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

*Estudio Técnico y Económico de Alternativas  
en el uso de la Energía Geotérmica y Solar  
Térmica de Baja Temperatura como  
Climatización y A.C.S en una vivienda*

---

**Especialidad:**

Ingeniería Técnica Mecánica

**Fecha:**

Junio de 2013

**Autor:**

Víctor Garralaga Marquesan

**Director del Proyecto:**

Eva Llera Sastresa



## **ÍNDICE**

<b>Anexo 1. Cálculo de Cargas Térmicas .....</b>	<b>6</b>
1. Obtención de la certificación, demandas energéticas y cargas térmicas del edificio.....	6
1.1 Datos generales del proyecto.....	7
1.2 Definición de la Envolvente Térmica .....	10
1.2.1 Fachada del Comedor.....	10
1.2.2 Fachada cuarto de Matrimonio.....	19
1.2.3 Fachada Cocina.....	19
1.2.4 Fachada Puerta Calle .....	21
1.2.5 Fachada Principal .....	22
1.2.6 Fachada Cocina Vecino.....	23
1.2.7 Fachada Colindante .....	25
1.2.8 Medianera Piso Vecino.....	25
1.2.9 Huecos escalera-baño y escalera-cocina.....	26
1.2.10 Suelo Planta Baja .....	28
1.2.11 Cubierta Tejado .....	29
1.3 Instalaciones del edificio .....	30
1.3.1 Equipo de A.C.S .....	30
1.3.2 Equipo de solo Calefacción.....	32
1.3.3 Equipo de Calefacción y Refrigeración .....	33
1.4 Cálculo de la demanda energética y las cargas térmicas .....	35
<b>Anexo 2. Cálculos acerca de la Instalación Geotérmica .....</b>	<b>37</b>
1. Cálculo de la longitud del intercambiador enterrado .....	37
1.1 Zonificación del Proyecto .....	39
1.2 Selección de las propiedades del terreno .....	40
1.3 Edificio y Cargas Térmicas .....	42
1.4 Selección del equipo.....	43
1.4.1 Selección de la bomba de calor geotérmica .....	43
1.4.2 Selección del fluido caloportador.....	44
1.5 Selección del Sistema Geotérmico .....	45
2. Características de la bomba de calor geotérmica seleccionada .....	52

3. Selección de la sonda, colector y accesorios del intercambiador vertical .....	53
4. Selección del Interacumulador para A.C.S. ....	54
5. Cálculo de pérdidas de carga .....	56
6. Elección de la bomba de circulación .....	56
7. Dimensionamiento del vaso de expansión .....	58
8. Alimentación, vaciado y purga del circuito .....	60
9. Informe obtenido de la disposición seleccionada .....	62
<b>Anexo 3. Cálculo de la Instalación Solar para Climatización .....</b>	<b>65</b>
1. Cálculo de la energía necesaria para calefacción.....	65
2. Cálculo de los parámetros adimensionales D1 y D2 .....	66
a) Cálculo parámetro D1.....	66
b) Cálculo parámetro D2 .....	68
3. Cálculo del parámetro “f” y del ahorro que supone la instalación de los captadores solares de baja temperatura .....	70
<b>Anexo 4. Cálculo de la Instalación Solar para A.C.S. ....</b>	<b>73</b>
1. Cálculo de la energía necesaria para la obtención de A.C.S.....	73
2. Cálculo de los parámetros adimensionales D1 y D2 .....	74
a) Cálculo parámetro D1.....	74
b) Cálculo parámetro D2 .....	76
3. Cálculo del parámetro “f” y del ahorro que supone la instalación de los captadores solares de baja temperatura .....	78
<b>Anexo 5. Detalles de la Instalación Solar.....</b>	<b>80</b>
1. Orientación e inclinación de los captadores solares .....	80
2. Selección de los captadores y de su situación en la cubierta .....	83
2.1 Selección de los captadores solares.....	83
2.2 Situación de los captadores en la cubierta .....	85
3. Selección del Fluido Caloportador .....	86
4. Selección de la Bomba de Calor .....	86
5. Selección del Depósito de Inercia .....	88
6. Cálculo del caudal circulante.....	90
7. Cálculo de pérdidas de carga .....	91
8. Selección de la bomba de circulación .....	97
9. Dimensionamiento y selección del Vaso de Expansión .....	99
10. Alimentación, vaciado y purga del circuito .....	101

<b>Anexo 6. Cálculos del circuito interior .....</b>	<b>103</b>
1. Dimensionamiento del Sistema de Fancoils.....	103
2. Selección de los diferentes Fancoils.....	113
<b>Anexo 7. Estudio Energético.....</b>	<b>114</b>
1. Estudio energético de la vivienda .....	114
1.1 Periodo de uso de Calefacción .....	116
1.2 Periodo de uso de Refrigeración .....	118
<b>Anexo 8. Estudio Impacto Medioambiental .....</b>	<b>119</b>
1. Estudio de impacto Ambiental .....	119
1.1 Periodo de uso de Calefacción .....	119
1.2 Periodo de uso de Refrigeración .....	121
<b>Anexo 9. Estudio Económico .....</b>	<b>122</b>
1. Estudio Económico .....	122
1.1 Periodo de uso de Calefacción .....	122
1.2 Periodo de uso de Refrigeración .....	123
2. Obtención de la Rentabilidad .....	124

## **Anexo 1. Cálculo de Cargas Térmicas**

---

En el siguiente anexo se va a proceder a detallar el proceso utilizado para obtener los datos de la demanda energética de calefacción y refrigeración de la vivienda, así como sus cargas térmicas. Para la obtención de estos datos se ha utilizado en primer lugar el programa **CE3X** de calificación energética y reconocido por el ministerio de Industria, Energía y Turismo para obtener la demanda tanto de calefacción como de refrigeración de la vivienda, en segundo lugar y mediante una hoja Excel de elaboración propia se ha dado con los datos de las cargas térmicas.

También con el programa citado se obtiene la calificación energética que posee el edificio de estudio, pudiendo más tarde introducir las mejoras que en este proyecto se plantean y observar el impacto que producen en el ahorro de energía y por tanto la nueva calificación.

El programa realiza la calificación energética de una manera inmediata y automática por comparación de los datos introducidos con una base de datos elaborada para cada una de las ciudades representativas de las zonas climáticas, con los resultados obtenidos por las simulaciones llevadas a cabo en el programa oficial de calificación de viviendas CALENER VYP. Los parámetros más importantes que tiene en cuenta el programa son: zona climática, tipo de edificio, orientación, compactidad del edificio, ventilación, transmitancia térmica de los cerramientos opacos, masa de los cerramientos, porcentaje de huecos de fachada, transmitancia térmica de los huecos, factores solares de los vidrios y elementos de sombreado y puentes térmicos.

Todos estos parámetros son introducidos en el programa, algunos de ellos que a continuación se definirán se han sacado de la información aportada por el proyecto de la vivienda [11] que ha sido facilitado por el ayuntamiento de Híjar. Sin embargo otros datos no aparecen, referentes a materiales utilizados, por ello en estos casos se ha elegido la opción “estimada” o “por defecto”, en ambos casos se indicará en los siguientes puntos.

### **1. Obtención de la certificación, demandas energéticas y cargas térmicas del edificio**

## 1.1 Datos generales del proyecto

El programa se divide en diferentes pestañas en las cuales se introducirán distintos tipos de datos relacionados con la administración, situación geográfica, envolvente térmica e instalaciones que se dan en la vivienda.

En la primera pestaña, la cual se muestra en la Figura A.1.1, el programa pide datos administrativos relacionados con el edificio motivo de estudio tanto de localización e identificación donde pide dirección, provincia, localidad, código postal y referencia catastral, como datos del cliente que solicita un estudio de la calificación energética de su edificio y los datos del técnico certificador. En la imagen que a continuación aparece se pueden ver los datos solicitados por el programa y que se acaban de citar:

The screenshot displays the 'Datos administrativos' (Administrative Data) tab in the CE3X software. The window title is 'CE3X - res: C:\Users\Victor & David\Documents\Universidad Victor\Proyecto\Documentos y programas\Programa CE3x\Calle Otal 22 modificado.cex'. The menu bar includes 'Archivo', 'Librerías', 'Patrones de sombra', 'Resultados', 'Complementos', and 'Ayuda'. The tab bar shows 'Datos administrativos', 'Datos generales', 'Envolvente térmica', 'Instalaciones', and 'Calificación Energética'. The 'Datos administrativos' section is divided into three sub-sections: 'Localización e identificación del edificio', 'Datos del cliente', and 'Datos del técnico certificador'. Each sub-section contains various input fields for text, dropdown menus, and checkboxes.

Localización e identificación del edificio			
Nombre del edificio	<input type="text"/>		
Dirección	<input type="text"/>		
Provincia/Ciudad autónoma	<input type="text" value="Teruel"/>	Localidad	<input type="text" value="Otro"/>
Referencia Catastral	<input type="text"/>	Hijar	<input type="text"/>
Código Postal	<input type="text" value="44530"/>		

Datos del cliente			
Nombre o razón social	<input type="text"/>		
Dirección	<input type="text"/>		
Provincia/Ciudad autónoma	<input type="text"/>	Localidad	<input type="text"/>
Teléfono	<input type="text"/>	E-mail	<input type="text"/>
Código Postal	<input type="text"/>		

Datos del técnico certificador			
Nombre y Apellidos	<input type="text"/>	NIF	<input type="text"/>
Razón social	<input type="text"/>	CIF	<input type="text"/>
Dirección	<input type="text"/>		
Provincia/Ciudad autónoma	<input type="text"/>	Localidad	<input type="text"/>
Teléfono	<input type="text"/>	E-mail	<input type="text"/>
Titulación habilitante según normativa vigente	<input type="text"/>		
Código Postal	<input type="text"/>		

**Figura A.1.1: Pestaña de Datos Administrativos**

En la siguiente pestaña solicita diferentes datos relacionados con el edificio pero en este caso ya servirán para que el programa empiece a realizar sus comparaciones.

En primer lugar se debe situar al edificio en el marco de la norma vigente en el que se emitió el visado para la obtención de la licencia de obra del edificio. Para ello se cuenta con un recuadro en el cual cabe la posibilidad de escoger entre: anterior a la entrada en vigor de la NBE CT-79 (antes de 1981), durante la vigencia de la NBE CT-79 (1981-

2008), y a partir de la entrada en vigor del DB HE1 del CTE (después de 2008). En este caso la normativa vigente durante la construcción de la vivienda es la **NBE CT-79 [2]**, siendo su **año de construcción 1990**.

Requiere también la introducción del tipo de edificio pudiendo seleccionar entre las opciones de unifamiliar, bloque de viviendas o vivienda individual, siendo en este caso seleccionada la opción de **Bloque de Viviendas**.

Otros datos a introducir son la provincia, **Teruel**, la localidad, **Híjar**, y realizar la selección de la zona climática en la que queda encuadrada la localidad con respecto a lo estipulado por el **Documento Básico de Ahorro de Energía en sus secciones HE-1 y HE-4**. Pese a introducir la provincia de Teruel a la que pertenece la localidad de Híjar, para realizar los cálculos se ha seleccionado la ciudad de Zaragoza puesto que se asemeja más a la climatología que se da en esta localidad turolense. Por ello en el caso de la **sección HE-1 del Documento Básico de Ahorro de Energía** se ha elegido la zona climática **D3** como se puede ver a continuación:

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <800	≥800 <1000	≥1000 <1500	≥1500
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (la)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Mejilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	<b>D3</b>	207	D2	E1	E1	E1	E1

**Tabla A.1.1: Zonas climáticas según el apéndice D de la Sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía del RITE de 2009**



En lo referido a la *sección HE-4* del documento citado anteriormente se ha escogido la zona climática **IV** como queda mostrado a continuación (el punto rojo es la localidad de Hjar):



**Figura A.1.2: Zonificación según Sección HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente**

Para terminar con esta pestaña se introducen los datos de superficie útil habitable que son **530,98 m<sup>2</sup>**, con una altura libre de planta de **2,75 m** y con un número de plantas igual a **3**. Por último se debe definir la masa de las particiones pudiendo elegir en un menú desplegable entre ligera, media y pesada, para el caso de este edificio se da una masa **media** de los forjados y particiones interiores lo que sitúa a estas entre 200 y 500 kg/m<sup>2</sup>.

Se pueden ver todos los datos introducidos a continuación:

CE3X - res: C:\Users\Victor & David\Documents\Universidad Victor\Proyecto\Documentos y programas\Programa CE3x\Calle Otal 22 modificado.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda

Datos administrativos Datos generales **Envolvente térmica** Instalaciones Calificación Energética

**Datos generales**

Normativa vigente: NBE-CT-79 ? Año construcción: 1990

Tipo de edificio: Bloque de Viviendas

Provincia/Ciudad autónoma: Teruel Localidad: Otro Híjar

Zona climática: HE-1 D3 HE-4 IV

**Definición edificio**

Superficie útil habitable: 530.98 m²

Altura libre de planta: 2.75 m

Número de plantas habitables: 3

Masa de las particiones: Media

☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Imagen edificio Plano situación

**Figura A.1.3: Pestaña de Datos Generales**

## **1.2 Definición de la Envolvente Térmica**

En este caso los datos introducidos sirven para definir la envolvente térmica del edificio. La envolvente está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior, tal y como queda definido en el *Documento Básico HE Ahorro de Energía en su sección HE-1 punto 3.1.3* [3].

En el caso del edificio motivo del proyecto la envolvente térmica queda compuesta por los siguientes componentes que se detallaran a continuación.

### **1.2.1 Fachada del Comedor**

En un primer momento se debe seleccionar el tipo de elemento estructural de la envolvente pudiendo elegir entre: cubierta, muro, suelo, partición interior, hueco/lucernario, puente térmico. Cada uno de estos elementos tiene a su vez otras

posibilidades de elección, en este caso escogemos el elemento estructural **Muro** y debemos seleccionar la opción de **Fachada**.

Después de esto se pasa a definir las características del **Muro de Fachada** dándole un nombre, en este caso **“Fachada del Comedor”**, proporcionando las dimensiones del muro que en este caso son de **12,69 m de longitud y 8,55 m de altura dando lugar a una superficie de 108,5 m<sup>2</sup>**.

A continuación se debe introducir la orientación del muro, en este caso **Noroeste**, y un patrón de sombras si lo hubiera.

Por último se introducen los parámetros característicos del cerramiento (transmitancia térmica en W/m<sup>2</sup> K y masa/m<sup>2</sup> en kg/m<sup>2</sup>), pudiendo elegir entre tres opciones de introducirlas: conocidas, se ponen directamente ambos valores; estimadas, queda fijada por la elección del tipo de fachada y cámara de aire que se realiza mediante dos desplegables; por defecto, establece un valor de transmitancia en función del elemento estructural seleccionado. En el caso de este proyecto se selecciona la opción de conocidas ya que se cuenta con el proyecto del edificio en el cual aparecen esos valores de transmitancia térmica y masa/m<sup>2</sup> siendo de **0,56 W/m<sup>2</sup> K** y **324.0 kg/m<sup>2</sup>** respectivamente. Todos los datos se pueden ver en la Figura A.1.4 que aparece a continuación:

The screenshot shows the CE3X software interface. The title bar indicates the file path: C:\Users\Victor & David\Documents\Universidad Victor\Proyecto\Documentos y programas\Programa CE3x\Calle Otal 22 modificado.cex. The menu bar includes Archivo, Librerías, Patrones de sombra, Resultados, Complementos, and Ayuda. The toolbar contains icons for file operations and analysis. The 'Datos administrativos' tab is active, showing a tree view of the building components. The 'Fachada Comedor' is selected. The 'Envolvente térmica del edificio' section is expanded, showing options for 'Cubierta', 'Muro', 'Suelo', 'Partición interior', 'Hueco/Lucernario', and 'Puente térmico'. The 'Muro' option is selected, and the 'De fachada' sub-option is chosen. A 3D model of the building facade is shown on the right. The 'Muro de fachada' section contains the following data:


Muro de fachada	
Nombre	Fachada Comedor
Zona	Edificio Objeto
<b>Dimensiones</b>	
Superficie	108.5 m <sup>2</sup>
Longitud	12.69 m
Altura	8.55 m
<b>Características</b>	
Orientación	NO
Patrón de sombras	Sin patrón
<b>Parámetros característicos del cerramiento</b>	
Propiedades térmicas	Conocidas
Transmitancia térmica	0.56 W/m <sup>2</sup> K
Masa/m <sup>2</sup>	324.0 kg/m <sup>2</sup>

Figura A.1.4: Pestaña de Envoltura Térmica

Una vez definido la fachada se introduce en ella diferentes elementos como ventanas y balcones. Para ello se debe elegir la opción de **Hueco/Lucernario** y luego pasar a definir los distintos parámetros que ayudan a definir cada una de las ventanas o balcones. A continuación se va a explicar cómo se realiza la introducción de estos.

Se comienza por asociarle un nombre, en este caso **Ventanas**, luego éste se asocia al cerramiento donde se sitúa, **Fachada Comedor**, quedando ya recogida la orientación que presentan al asociarse a un cerramiento en concreto. Después se pasa a caracterizar las dimensiones de la ventana: **longitud 1,5 m, altura 1,13 m, multiplicador** (indica el nº de estos elementos que se dan en el cerramiento) **6, superficie 10,17 m<sup>2</sup> y porcentaje de marco 70,53 %**. Una vez hecho esto se debe definir las características y parámetros del hueco.

En cuanto a las características se debe introducir la permeabilidad del hueco eligiendo entre una de las tres posibilidades que proporciona el programa (poco estanco, estanco, valor conocido), eligiendo la de estanco por lo que se asume una permeabilidad de **50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>**. Seguido a esto se pide la absortividad del marco que se establece mediante una tabla que relaciona la tonalidad del marco con esta característica, utilizando como valor **0,75**.



Absortividad Marco

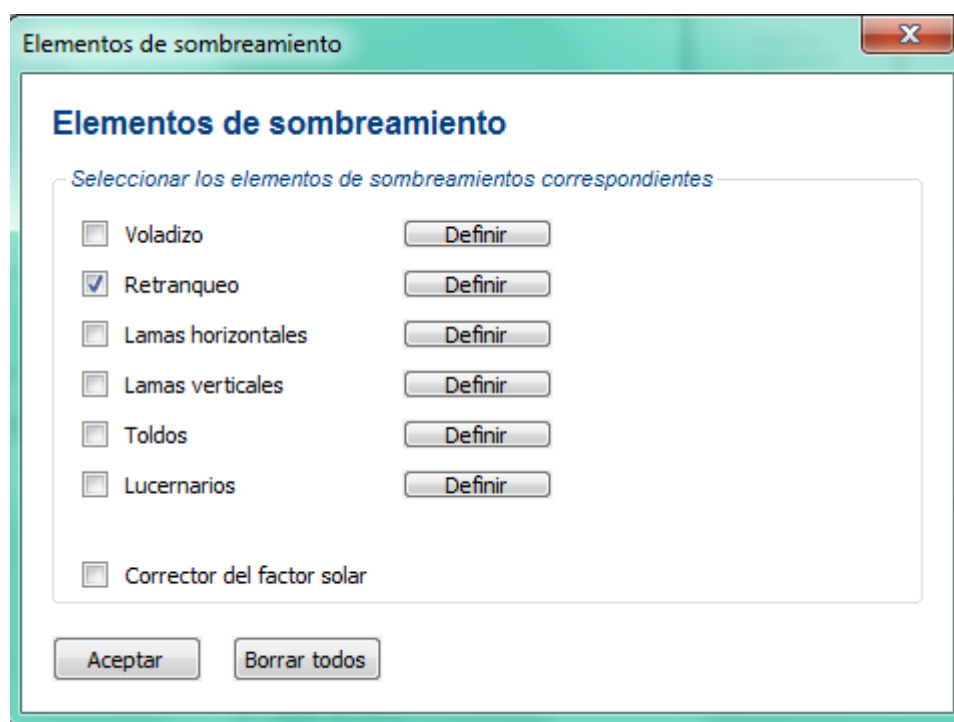
Absortividad del marco para radiación solar  $\alpha$

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	<input type="radio"/> 0.2	<input type="radio"/> 0.3	---
Amarillo	<input type="radio"/> 0.3	<input type="radio"/> 0.5	<input type="radio"/> 0.7
Beige	<input type="radio"/> 0.35	<input type="radio"/> 0.55	<input type="radio"/> 0.75
Marron	<input type="radio"/> 0.5	<input checked="" type="radio"/> 0.75	<input type="radio"/> 0.92
Rojo	<input type="radio"/> 0.65	<input type="radio"/> 0.8	<input type="radio"/> 0.9
Verde	<input type="radio"/> 0.4	<input type="radio"/> 0.7	<input type="radio"/> 0.88
Azul	<input type="radio"/> 0.5	<input type="radio"/> 0.8	<input type="radio"/> 0.95
Gris	<input type="radio"/> 0.4	<input type="radio"/> 0.65	---
Negro	---	<input type="radio"/> 0.96	---

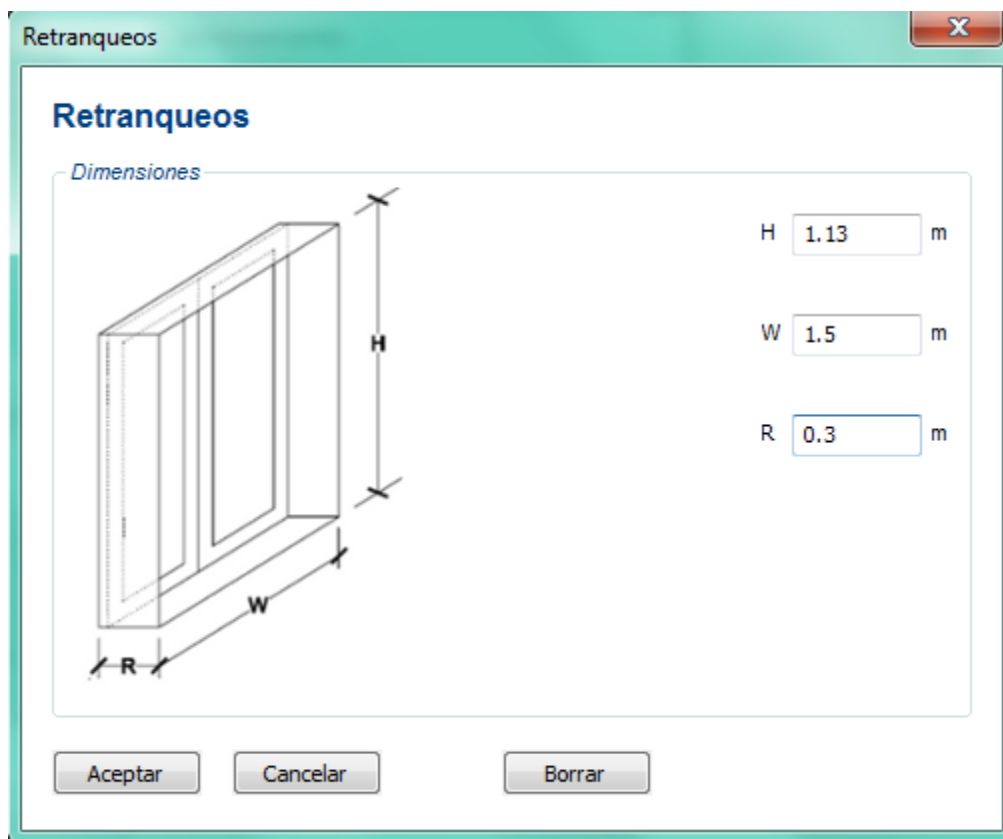
Aceptar

Figura A.1.5: Menú para la selección de la absortividad del marco

Más tarde cabe la posibilidad de introducir un patrón de sombras que en este caso no será necesario; elegir la opción de doble ventana y la de introducir si el edificio lo tiene, un dispositivo de protección solar. Ya que en este caso si lo tiene se pasa a definirlo como se ve en las sucesivas imágenes (Figura A.1.6 y Figura A.1.7).



**Figura A.1.6:** Menú para la selección de los elementos de sombreamiento

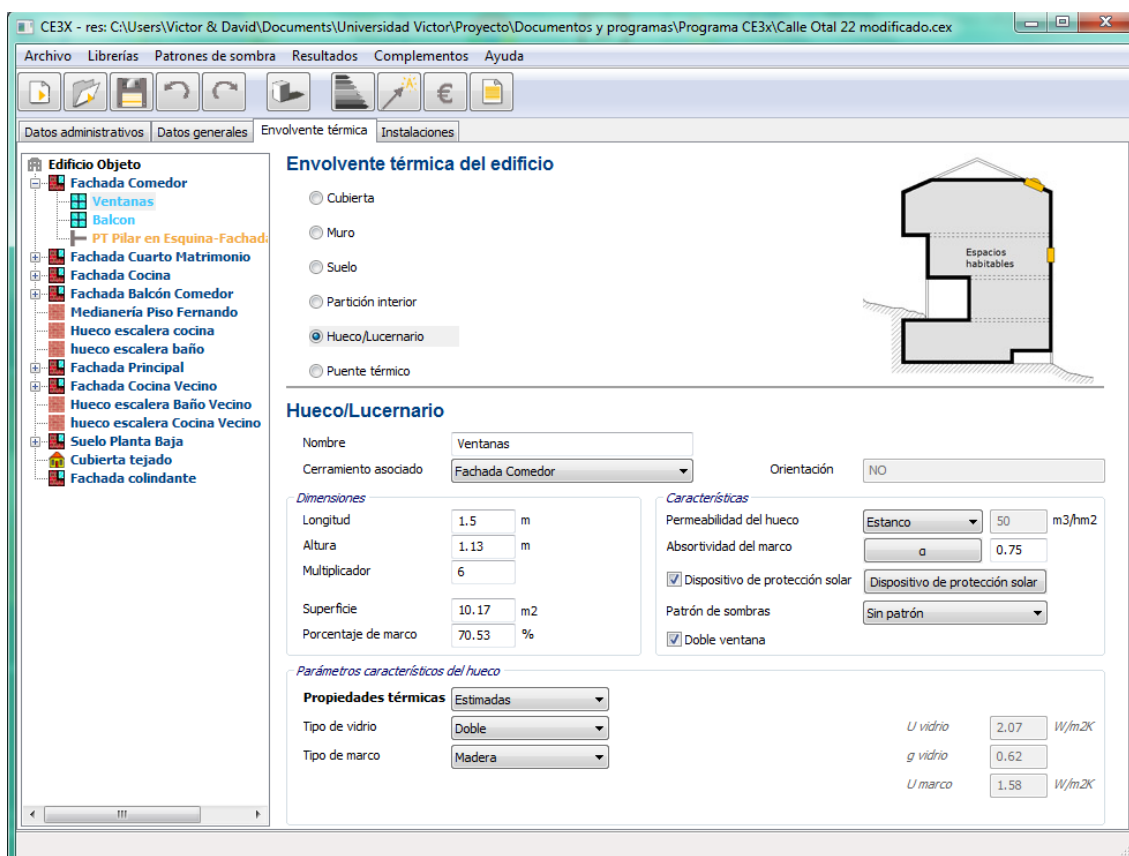


**Figura A.1.7:** Menú para caracterizar los retranqueos de las ventanas (elementos de sombreamiento) que posee la vivienda

Se debe indicar que este dispositivo de protección solar es compartido por todas las ventanas que posee la fachada y poseen las mismas medidas.

Por último se definen las propiedades térmicas del hueco formado por el vidrio y el marco. Para ello se puede optar por introducir los datos si se conocen, opción “conocida”, o estimarlos mediante la elección del tipo de vidrio y tipo de marco que en este caso serán **Doble** y **Madera** respectivamente.

De modo que las características y parámetros relacionados con la ventana se introducen en una pantalla como la que se muestra en la Figura A.1.8.



**Figura A.1.8: Definición del Hueco/Lucernario correspondiente a las ventanas de la fachada del comedor de la vivienda**

En cuanto a los balcones que también pertenecen a la fachada del comedor se han definido de la siguiente manera:

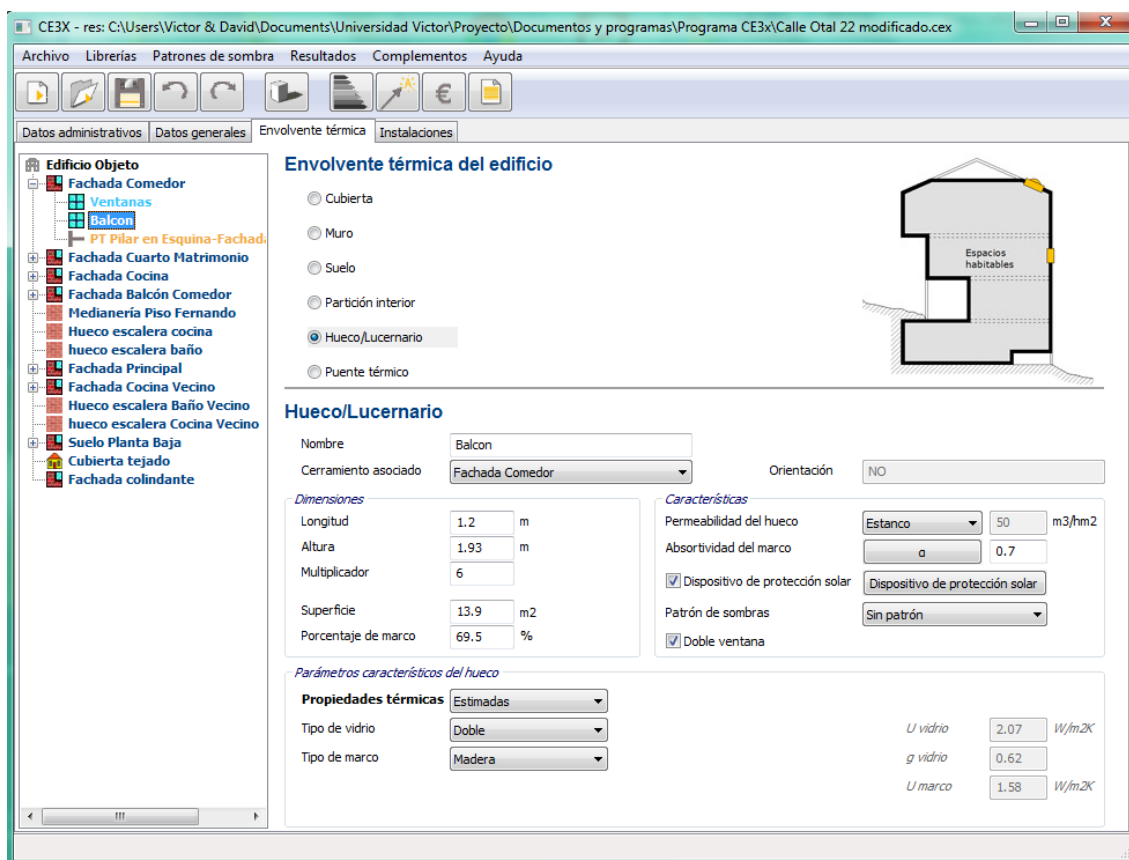


Figura A.1.9: Definición del Hueco/Lucernario correspondiente a los balcones de la fachada del comedor de la vivienda

También posee un dispositivo de protección solar y como en el caso de la ventana es un retranqueo aunque no con las mismas medidas si no con las siguientes. Se debe saber que estas dimensiones de los distintos parámetros que dan lugar a la definición de este retranqueo son las mismas para los demás balcones que se dan en la vivienda excepto para el situado en *“la fachada puerta calle”*. Pese a ello más tarde se adjuntaran unas tablas indicando cada uno de los parámetros escogidos en cada uno de los elementos que conforman la envolvente térmica del edificio.



Figura A.1.10: Menú para caracterizar los retranqueos de los balcones (elementos de sombreado) que posee la vivienda

Tal y como se comentaba antes se van a disponer unas tablas en las que se recogen todos los parámetros utilizados en cada uno de los componentes de la envolvente.

#### *Fachada:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Muro de Fachada				
<b>Nombre:</b>	Fachada comedor			
<b>Orientación:</b>	Noroeste (NO)			
<b>DIMENSIONES</b>			<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Longitud(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	Conocidas	
12,69	8,55	108,5	<b>Transm. térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
			0,56	324

Tabla A.1.2: Parámetros y datos utilizados en la caracterización del muro de fachada de "FACHADA COMEDOR"

**Ventanas:**

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Ventana					
<b>Cerramiento asociado:</b>		Fachada Comedor			
<b>DIMENSIONES</b>					<b>Doble ventana</b>
<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>% del marco</b>	Sí
1,5	1,13	10,17	6	70,53	

<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		<b>Patrón de sombras</b>
Estimadas		Sin patrón
<b>Tipo de Vidrio</b>	<b>Tipo de Marco</b>	
Doble	Madera	

<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>Permeabilidad hueco</b>	<b>Absortividad del marco</b>	<b>Dispositivo Protección solar</b>	
Estanco 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75	Retranqueo	
		<b>H (m)</b>	<b>W (m)</b>
		1,13	0,3

**Tabla A.1.3: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de las ventanas de "FACHADA COMEDOR"**

**Balcones:**

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Balcón					
<b>Cerramiento asociado:</b>		Fachada Comedor			
<b>DIMENSIONES</b>					<b>Doble ventana</b>
<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>% del marco</b>	Sí
1,2	1,93	13,9	6	69,5	

<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		<b>Patrón de sombras</b>
Estimadas		Sin patrón
<b>Tipo de Vidrio</b>	<b>Tipo de Marco</b>	
Doble	Madera	

<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>Permeabilidad hueco</b>	<b>Absortividad del marco</b>	<b>Dispositivo Protección solar</b>	
Estanco 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75	Retranqueo	
		<b>H (m)</b>	<b>W (m)</b>
		1,93	0,3

**Tabla A.1.4: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de los balcones de "FACHADA COMEDOR"**

### 1.2.2 Fachada cuarto de Matrimonio

*Fachada:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Muro de Fachada				
<b>Nombre:</b>	Fachada Cuarto Matrimonio			
<b>Orientación:</b>	Este			
<b>DIMENSIONES</b>			<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Longitud(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	Conocidas	
10	8,55	85,5	<b>Transm. térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
			0,56	324

Tabla A.1.5: Parámetros y datos utilizados en la caracterización del muro de fachada de "FACHADA CUARTO DE MATRIMONIO"

### 1.2.3 Fachada Cocina

*Fachada:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Muro de Fachada				
<b>Nombre:</b>	Fachada Cocina			
<b>Orientación:</b>	Sureste (SE)			
<b>DIMENSIONES</b>			<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Longitud(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	Conocidas	
6,75	8,35	56,36	<b>Transm. térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
			0,56	324

Tabla A.1.6: Parámetros y datos utilizados en la caracterización del muro de fachada de "FACHADA COCINA"

*Ventanas:*

Tipo de elemento estructural: Ventana					
Cerramiento asociado:		Fachada Cocina			
DIMENSIONES					Doble ventana
Longitud (m)	Altura (m)	Superficie (m²)	Multiplicador	% del marco	Si
1,5	1,13	5,08	3	70,53	
PROPIEDADES TÉRMICAS				Patrón de sombras	
Estimadas				Sin patrón	
Tipo de Vidrio		Tipo de Marco			
Doble		Madera			

CARACTERÍSTICAS				
Permeabilidad hueco	Absortividad del marco	Dispositivo Protección solar		
Estanco 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75	Retranqueo		
		H (m)	W (m)	R (m)
		1,13	1,5	0,3

**Tabla A.1.7: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de las ventanas de “FACHADA COCINA”**

**Balcones:**

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Balcón					
<b>Cerramiento asociado:</b>		Fachada Cocina			
DIMENSIONES					Doble ventana
Longitud (m)	Altura (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Multiplicador	% del marco	Si
1,2	1,93	6,95	3	69,5	

PROPIEDADES TÉRMICAS		Patrón de sombras
Estimadas		Sin patrón
Tipo de Vidrio	Tipo de Marco	
Doble	Madera	

CARACTERÍSTICAS				
Permeabilidad hueco	Absortividad del marco	Dispositivo Protección solar		
Estanco 50 m³/hm²	0,75	Retranqueo		
		H (m)	W (m)	R (m)
		1,93	1,2	0,3

**Tabla A.1.8: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de los balcones de “FACHADA COCINA”**

### 1.2.4 Fachada Puerta Calle

*Fachada:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Muro de Fachada				
<b>Nombre:</b>	Fachada Puerta Calle			
<b>Orientación:</b>	Oeste			
<b>DIMENSIONES</b>			<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Longitud(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	Conocidas	
5,64	8,55	48,22	<b>Transm. térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
			0,56	324

Tabla A.1.9: Parámetros y datos utilizados en la caracterización del muro de fachada de "FACHADA PUERTA CALLE"

*Balcones:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Balcón					
<b>Cerramiento asociado:</b>	Fachada Puerta Calle				
<b>DIMENSIONES</b>					<b>Doble ventana</b>
<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>% del marco</b>	Si
1,5	1,93	14,48	5	70,58	

<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		<b>Patrón de sombras</b>
Estimadas		Sin patrón
<b>Tipo de Vidrio</b>	<b>Tipo de Marco</b>	
Doble	Madera	

<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>Permeabilidad hueco</b>	<b>Absortividad del marco</b>	<b>Dispositivo Protección solar</b>	
Estanco 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75	Retranqueo	
		<b>H (m)</b>	<b>W (m)</b>
		1,93	1,5
			<b>R (m)</b>
			0,3

Tabla A.1.10: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de los balcones de "FACHADA PUERTA CALLE"

### 1.2.5 Fachada Principal

*Fachada:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Muro de Fachada				
<b>Nombre:</b>	Fachada Principal			
<b>Orientación:</b>	Oeste			
<b>DIMENSIONES</b>			<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Longitud(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	Conocidas	
12,69	8,35	105,96	<b>Transm. térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
			0,56	324

**Tabla A.1.11: Parámetros y datos utilizados en la caracterización del muro de fachada de "FACHADA PRINCIPAL"**

*Ventanas:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Ventana					
<b>Cerramiento asociado:</b>	Fachada Principal				
<b>DIMENSIONES</b>					<b>Doble ventana</b>
<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>% del marco</b>	Si
1,5	1,13	8,48	5	70,53	

<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		<b>Patrón de sombras</b>
Estimadas		Sin patrón
<b>Tipo de Vidrio</b>	<b>Tipo de Marco</b>	
Doble	Madera	

<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>Permeabilidad hueco</b>	<b>Absortividad del marco</b>	<b>Dispositivo Protección solar</b>	
Estanco 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75	Retranqueo	
		<b>H (m)</b>	<b>W (m)</b>
		1,13	1,5
			<b>R (m)</b>
			0,3

**Tabla A.1.12: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de las ventanas de "FACHADA PRINCIPAL"**

**Balcones:**

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Balcón					
<b>Cerramiento asociado:</b>		Fachada Principal			
<b>DIMENSIONES</b>					<b>Doble ventana</b>
<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>% del marco</b>	Si
1,2	1,93	13,9	6	69,5	

<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		<b>Patrón de sombras</b>
Estimadas		Sin patrón
<b>Tipo de Vidrio</b>	<b>Tipo de Marco</b>	
Doble	Madera	

<b>CARACTERÍSTICAS</b>				
<b>Permeabilidad hueco</b>	<b>Absortividad del marco</b>		<b>Dispositivo Protección solar</b>	
Estanco 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75		Retranqueo	
			<b>H (m)</b>	<b>W (m)</b>
			1,93	1,2
				<b>R (m)</b>
				0,3

**Tabla A.1.13: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de los balcones de “FACHADA PRINCIPAL”**

**1.2.6 Fachada Cocina Vecino****Fachada:**

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Muro de Fachada				
<b>Nombre:</b>	Fachada Cocina Vecino			
<b>Orientación:</b>	Este			
<b>DIMENSIONES</b>			<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Longitud(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	Conocidas	
6,75	8,35	56,36	<b>Transm. térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
			0,56	324

**Tabla A.1.14: Parámetros y datos utilizados en la caracterización del muro de fachada de “FACHADA COCINA VECINO”**

**Ventanas:**

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Ventana					
<b>Cerramiento asociado:</b>		Fachada Cocina Vecino			
<b>DIMENSIONES</b>					<b>Doble ventana</b>
<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>% del marco</b>	Si
1,5	1,13	5,08	3	70,53	

<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		<b>Patrón de sombras</b>	
Estimadas		Sin patrón	
<b>Tipo de Vidrio</b>	<b>Tipo de Marco</b>		
Doble	Madera		

<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>Permeabilidad hueco</b>	<b>Absortividad del marco</b>	<b>Dispositivo Protección solar</b>	
Estando 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75	Retranqueo	
		<b>H (m)</b>	<b>W (m)</b>
		1,13	1,5
			<b>R (m)</b>
			0,3

**Tabla A.1.15: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de las ventanas de "FACHADA COCINA VECINO"**

**Balcones:**

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Balcón					
<b>Cerramiento asociado:</b>		Fachada Cocina Vecino			
<b>DIMENSIONES</b>					<b>Doble ventana</b>
<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Multiplicador</b>	<b>% del marco</b>	Si
1,2	1,93	6,95	3	69,5	

<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>		<b>Patrón de sombras</b>	
Estimadas		Sin patrón	
<b>Tipo de Vidrio</b>	<b>Tipo de Marco</b>		
Doble	Madera		

<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>Permeabilidad hueco</b>	<b>Absortividad del marco</b>	<b>Dispositivo Protección solar</b>	
Estando 50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75	Retranqueo	
		<b>H (m)</b>	<b>W (m)</b>
		1,93	1,2
			<b>R (m)</b>
			0,3

**Tabla A.1.16: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de los balcones de "FACHADA PRINCIPAL"**



### 1.2.7 Fachada Colindante

*Fachada:*

<b>Tipo de elemento estructural:</b> Muro de Fachada				
<b>Nombre:</b>	Fachada colindante			
<b>Orientación:</b>	Sureste (SE)			
<b>DIMENSIONES</b>			<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Longitud(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	Conocidas	
10	8,55	85,5	<b>Transm. térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
			0,56	324

Tabla A.1.17: Parámetros y datos utilizados en la caracterización del muro de fachada de “FACHADA COLINDANTE”

### 1.2.8 Medianera Piso Vecino

En este caso la opción de medianera se escoge de la siguiente manera. Al igual que antes se selecciona “**Muro**” pero en esta ocasión el tipo de muro es **Medianera**. Una vez escogida esta opción se indica el nombre y se ponen las dimensiones como anteriormente, realizando como última elección la del tipo de muro pudiéndose elegir entre: pesado  $\geq 200 \text{ kg/m}^2$  o ligero  $< 200 \text{ kg/m}^2$ . En este caso la elección es la de **Pesado**, ya que según el proyecto del edificio esta medianera posee  $250 \text{ kg/m}^2$ . Todo esto puede verse en la siguiente imagen:

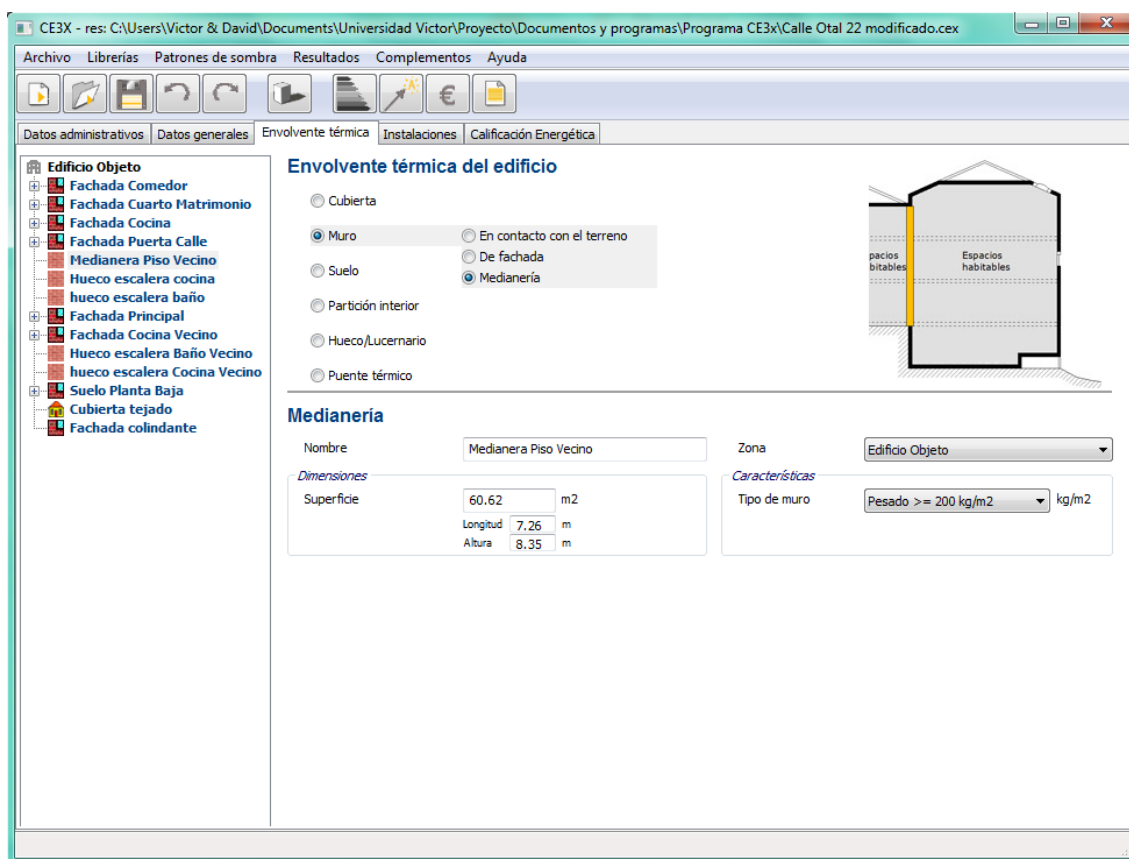


Figura A.1.11: Menú para definir la medianera existente entre pisos

Nombre:	Medianera Piso Vecino		
DIMENSIONES			TIPO DE MURO
Longitud (m)	Altura (m)	Superficie (m²)	Pesado >= 200 kg/m²
7,26	8,35	60.62	

Tabla A.1.18: Parámetros y datos utilizados en la caracterización de la medianera que separa los pisos

### 1.2.9 Huecos escalera-baño y escalera-cocina

Estos son particiones interiores que separan la vivienda con el hueco de la cocina el cual se considera hueco no habitable, y junto con la medianera anteriormente explicada separa las viviendas entre ellas.

En este caso se debe elegir la opción de “*partición interior*” y a continuación elegir “*Vertical*”. Seguidamente el programa pide el nombre del elemento de la envolvente, sus dimensiones y sus propiedades térmicas.

Estas particiones son cuatro, tres de ellas son idénticas como se podrá ver a continuación y otra es ligeramente distinta en cuanto a superficie se refiere puesto que esta es la que da entrada a la vivienda y permite subir por las escaleras.

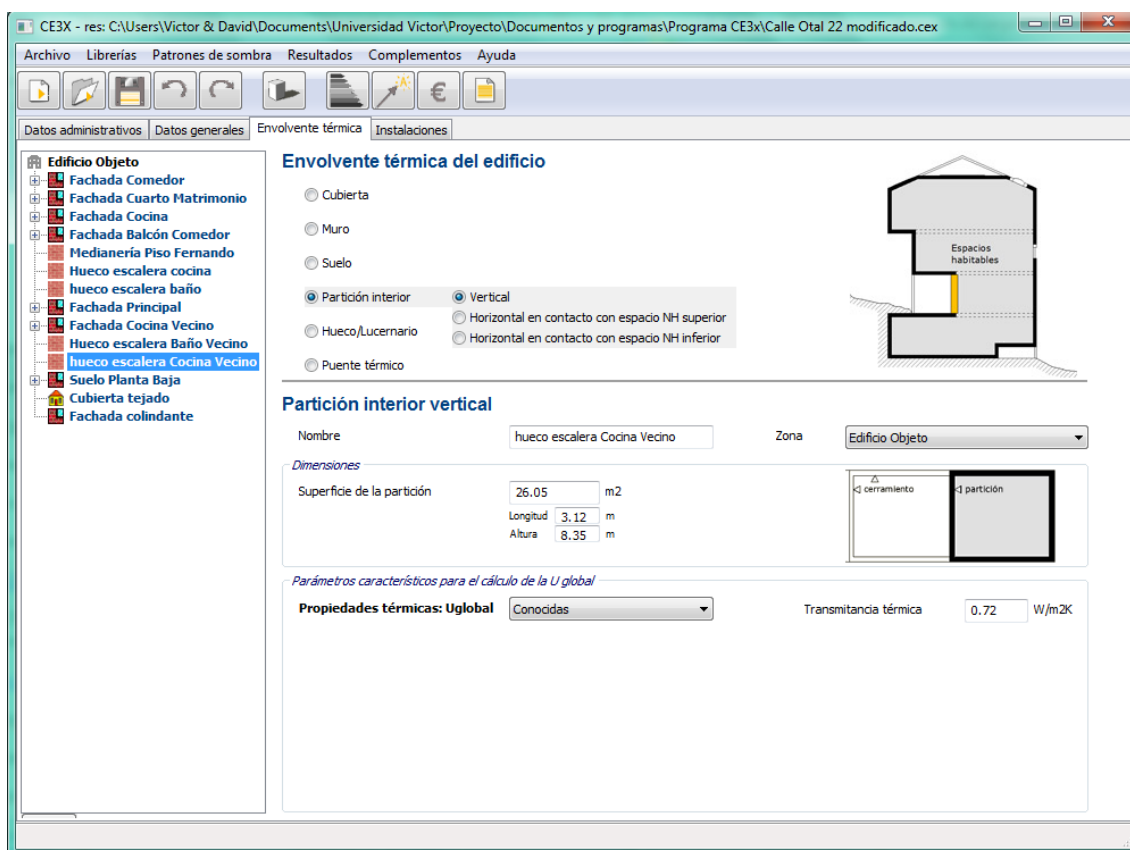


Figura A.1.12: Menú para definir las particiones interiores que lindan con espacio no habitable

Nombre:	Hueco escalera			
DIMENSIONES				PROPIEDADES TÉRMICAS
Longitud (m)	Altura (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Multiplicador	Transmitancia Térmica (W/m <sup>2</sup> K)
3,12	8,35	26,05	3	0,72

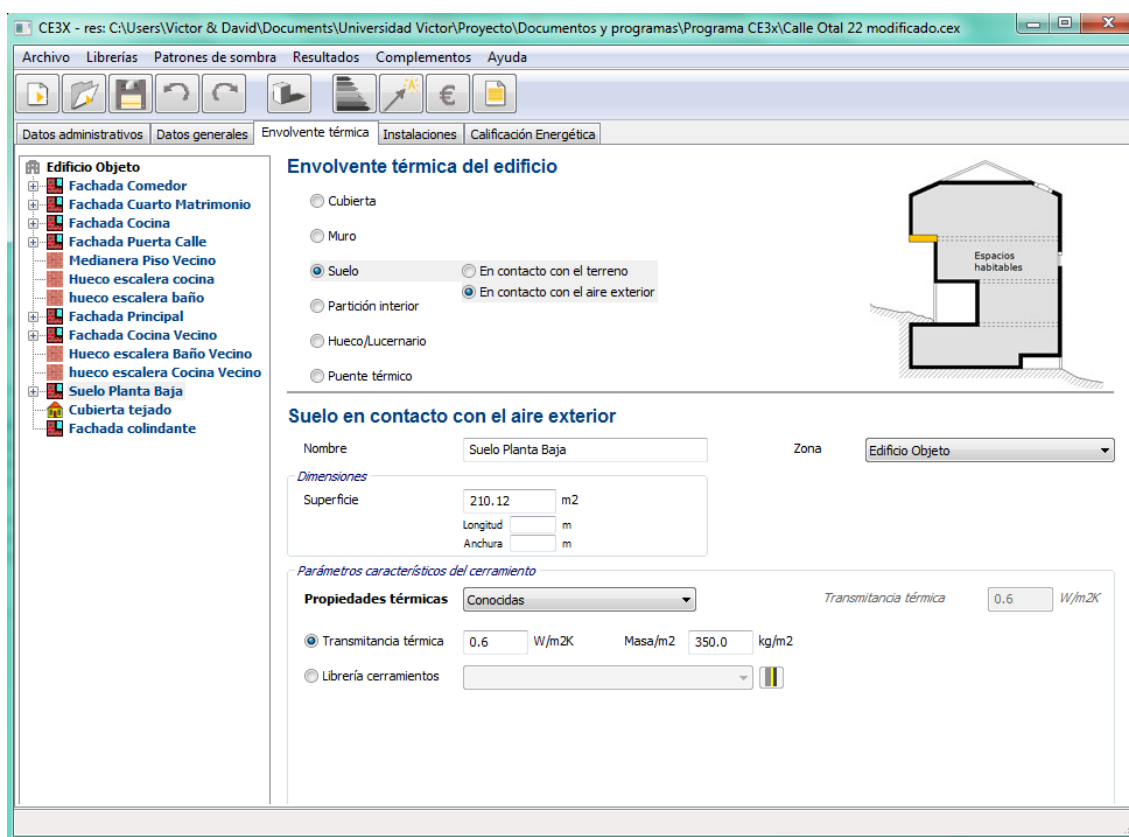
Tabla A.1.19: Parámetros y datos introducidos para definir estas particiones que lindan con espacio no habitable

Nombre:	Hueco escalera			
DIMENSIONES				PROPIEDADES TÉRMICAS
Longitud (m)	Altura (m)	Superficie (m²)	Multiplicador	Transmitancia Térmica (W/m² K)
1,92	8,35	16,03	1	0,72

**Tabla A.1.20: Parámetros y datos introducidos para definir estas particiones que lindan con espacio no habitable**

### 1.2.10 Suelo Planta Baja

En este caso la opción elegida es la de “*suelo*”, al seleccionar esta opción aparecen dos posibles “tipos de suelos”: en contacto con el terreno y en contacto con el aire exterior. Para este caso se escoge la opción “*en contacto con el aire exterior*”. Después de esto y como en todos los casos anteriores se introducen las dimensiones y las propiedades térmicas. En estas últimas las que pide el programa son transmitancia térmica y masa/m<sup>2</sup>. Así pues se podrá observar en la Figura A.1.13 y en la Tabla A.1.21 lo mencionado hasta ahora en relación al suelo de la planta baja.



**Figura A.1.13: Menú donde caracterizar el suelo de la vivienda**

<b>Nombre:</b>	Suelo Planta Baja
<b>Superficie:</b>	210,12 m <sup>2</sup>
<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
<b>Transmitancia Térmica (W/m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Masa/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
0,6	350

Tabla A.1.21: Parámetros y datos que definen y caracterizan el suelo

### 1.2.11 Cubierta Tejado

Por último se pasa a definir la cubierta del tejado. Para ello se debe elegir la opción de “cubierta” y seguidamente “*en contacto con el aire*”. Después de esto se pasa a dar las dimensiones de la cubierta y las propiedades térmicas de transmitancia térmica y masa/m<sup>2</sup>. Todo ello se puede ver en la Figura A.1.14 y Tabla A.1.22 que aparecen a continuación:

The screenshot shows the CE3X software interface for defining the thermal envelope of a building. The 'Envolvente térmica del edificio' (Building Thermal Envelope) section is active, with the 'Cubierta' (Roof) option selected under 'En contacto con el aire' (In contact with air). The 'Cubierta en contacto con el aire' (Roof in contact with air) section is active, showing fields for 'Nombre' (Name: Cubierta tejado), 'Zona' (Zone: Edificio Objeto), 'Superficie' (Area: 237.19 m²), 'Longitud' (Length), 'Anchura' (Width), 'Transmitancia térmica' (Thermal transmittance: 0.6 W/m²K), and 'Masa/m²' (Mass/m²: 350.0 kg/m²). A diagram of the building footprint is visible on the right.

Figura A.1.14: Menú donde caracterizar el tejado de la vivienda

Nombre:	Cubierta Tejado
Superficie:	237,19 m <sup>2</sup>
<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	
Transmitancia Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	Masa/m <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )
0,6	350

**Tabla A.1.22: Parámetros y datos que definen y caracterizan el tejado**

### **1.3 Instalaciones del edificio**

Una vez definida la envolvente térmica lo único que falta introducir en el programa son las distintas instalaciones con las que cuenta el edificio. Para ello se selecciona la pestaña en la que pone ***“Instalaciones”***, tras ello aparece una lista con diferentes equipos que se pueden seleccionar siendo en este caso seleccionadas las opciones del equipo de A.C.S, equipo de sólo calefacción y equipo de calefacción y refrigeración.

#### **1.3.1 Equipo de A.C.S**

Aquí como en el resto de los datos a introducir pide el nombre y después se deben de introducir las características de dicho equipo. En este caso hace referencia a que tipo de generador es y al tipo de combustible, ambos poseen un desplegable que permite elegir entre varios tipos de generador y de combustible. La vivienda posee un generador de tipo ***Caldera estándar*** y cuyo combustible es ***la electricidad***, algo que comparte con el resto de las viviendas. Luego se debe introducir la demanda cubierta que en este caso es del ***100%*** cubriendo una superficie de ***530,98 m<sup>2</sup>***, una vez introducido esto requiere la imposición de un rendimiento medio estacional. Esto se introduce pudiendo elegir entre: estimado según instalación y conocido; en este caso se ha escogido la opción de ***“estimado según instalación”***. Tras elegir esto se debe introducir la antigüedad del equipo siendo para este de ***“más de 10 años”*** con un rendimiento de ***“100%”*** y un rendimiento medio estacional del ***“90%”***. Por último y para definirlo en su totalidad existe la opción de escoger si este sistema es con acumulación o no, elegimos pues ***“con acumulación”***. Tras ello hay tres maneras de introducir el valor de las pérdidas del acumulador puesto que aparece un desplegable donde se escoge la opción ***“por defecto”*** lo que supone unas pérdidas de ***24,6 W/K*** (para el conjunto de todas las viviendas). Únicamente falta por definir el volumen del depósito que es de ***75 litros***; el número de equipos que hay en el edificio, uno por vivienda por lo tanto son ***6***; y la temperatura de alta que en este caso es de ***75°C***.

<b>Nombre:</b>	Equipo A.C.S		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>DEMANDA CUBIERTA</b>	
<b>Tipo Generador</b>	<b>Tipo Combustible</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Caldera Estándar	Electricidad	530,98	100
<b>RENDIMIENTO MEDIO ESTACIONAL</b>			
Estimado según Instalación			
<b>Antigüedad Equipo</b>	<b>Rendimiento Nominal</b>	<b>Rendimiento medio estacional</b>	
Más de 10 años	100%	90%	

CON ACUMULACIÓN			
Valor UA (W/K)	Volumen depósito (l)	Multiplicador	Tª Alta (°C)
Por defecto 24,6	75	6	75

**Tabla A.1.23: Parámetros y datos que definen y caracterizan la instalación de agua caliente sanitaria de la vivienda**

CE3X - res: C:\Users\Victor & David\Documents\Universidad Victor\Proyecto\Documentos y programas\Programa CE3x\Calle Otal 22 modificado.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones Calificación Energética

**Edificio Objeto**  
Equipo ACS  
Sólo calefacción

**Instalaciones del edificio**

☒ Equipo de ACS ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción  
☐ Equipo de sólo refrigeración  
☐ Equipo de calefacción y refrigeración  
☐ Equipo mixto de calefacción y ACS  
☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

**Equipo de ACS**

Nombre: Equipo ACS Zona: Edificio Objeto

**Características**  
Tipo de generador: Caldera Estándar  
Tipo de combustible: Gas Natural

**Demanda cubierta**  
ACS  
Superficie (m²): 530.98  
Porcentaje (%): 100

**Rendimiento medio estacional**  
Rendimiento estacional: Estimado según Instalación  
Potencia nominal: 24.0 kW  
Carga media real bomb: 0.2  
Rendimiento de combustión: 85 %  
Rendimiento medio estacional: 56.8 %  
Aislamiento de la caldera: Antigua con mal aislamiento

☐ Con Acumulación

**Figura A.1.15: Menú donde caracterizar la instalación de agua caliente sanitaria**

### 1.3.2 Equipo de solo Calefacción

En este caso se elige *“Equipo de sólo calefacción”* y como anteriormente el programa pide las características, demanda cubierta y rendimiento medio estacional. En lo referido a las características se elige en este caso como tipo de generador *“Efecto Joule”* y tipo de combustible *“Electricidad”*, debido a que el sistema de calefacción de la vivienda es suelo radiante eléctrico. En cuanto a la demanda cubierta y como en el equipo de A.C.S la superficie cubierta es de **530,98 m<sup>2</sup>** y el porcentaje es de **100%**, y para el caso del rendimiento medio estacional también como en el caso anterior se elige la opción *“estimado según instalación”* siendo la antigüedad del equipo de *“más de 10 años”* y con un rendimiento nominal del **100%** y teniendo un rendimiento medio estacional del **90%**.

Nombre:	Equipo sólo Calefacción		
CARACTERÍSTICAS		DEMANDA CUBIERTA	
Tipo Generador	Tipo Combustible	Superficie (m <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Efecto Joule	Electricidad	530,98	100
RENDIMIENTO MEDIO ESTACIONAL			
Estimado según Instalación			
Antigüedad Equipo	Rendimiento Nominal	Rendimiento medio estacional	
Más de 10 años	100%	90%	

**Tabla A.1.24: Parámetros y datos que definen y caracterizan la instalación de calefacción de la vivienda**



CE3X - res: C:\Users\Victor & David\Documents\Universidad Victor\Proyecto\Documentos y programas\Programa CE3x\Calle Otal 22 modificado.cex

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones

Edificio Objeto  
Equipo ACS  
Sólo calefacción

### Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS  
☒ Equipo de sólo calefacción  
☐ Equipo de sólo refrigeración  
☐ Equipo de calefacción y refrigeración  
☐ Equipo mixto de calefacción y ACS  
☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

### Equipo de sólo calefacción

Nombre:

Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

Superficie (m2):

Porcentaje (%):

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional:

Antigüedad del equipo:

Rendimiento nominal:  %

☐ ¿Existen varios generadores escalonados?

Rendimiento medio estacional:  %

Figura A.1.16: Menú donde caracterizar la instalación de calefacción

### 1.3.3 Equipo de Calefacción y Refrigeración

En este caso el equipo de calefacción refrigeración es una bomba de calor, la cual proporciona refrigeración en el caso de verano y en casos muy puntuales dota de apoyo de calefacción a la vivienda. Así pues se elige ***“Equipo de calefacción y refrigeración”*** y como anteriormente el programa pide las características, demanda cubierta y rendimiento medio estacional. En lo referido a las características se elige en este caso como tipo de generador ***“Bomba de calor-Caudal Ref.Variable”*** y tipo de combustible ***“Electricidad”***. En cuanto a la demanda cubierta y como en el equipo de A.C.S la superficie cubierta de refrigeración es de ***530,98 m<sup>2</sup>*** y el porcentaje es de ***100%***, y para el caso del rendimiento medio estacional también como en el caso anterior se elige la opción ***“estimado según instalación”*** siendo la antigüedad del equipo de ***“menos de 5 años”*** y con un rendimiento nominal del ***150%*** y teniendo un rendimiento medio estacional del ***98%***.

<b>Nombre:</b>		Equipo Calefacción y Refrigeración	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>DEMANDA CUBIERTA REFRIGERACIÓN</b>	
<b>Tipo Generador</b>	<b>Tipo Combustible</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Bomba Calor-Caudal Ref.Variable	Electricidad	530,98	100
<b>RENDIMIENTO MEDIO ESTACIONAL</b>			
Estimado según Instalación			
<b>Antigüedad Equipo</b>	<b>Rendimiento Nominal</b>	<b>Rendimiento medio estacional</b>	
Menos de 5 años	150%	98%	

**Tabla A.1.25: Parámetros y datos que definen y caracterizan la instalación de calefacción y refrigeración de la vivienda**

The screenshot shows the CE3X software interface. The 'Instalaciones del edificio' (Building Installations) menu is active, displaying options for equipment selection. The 'Equipo de calefacción y refrigeración' (Heating and refrigeration equipment) option is selected. The 'Características' (Characteristics) section shows the 'Tipo de generador' (Generator type) as 'Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable' and the 'Tipo de combustible' (Fuel type) as 'Electricidad'. The 'Rendimiento medio estacional' (Seasonal average performance) section shows the 'Rendimiento nominal' (Nominal performance) as 150.0% for both heating and refrigeration. The 'Demanda cubierta' (Covered demand) table shows a surface area of 0.11 m² and a percentage of 0.02% for heating, and a surface area of 530.98 m² and a percentage of 100% for refrigeration. The 'Rendimiento medio estacional' (Seasonal average performance) table shows a seasonal average performance of 113.5% for heating and 98.0% for refrigeration.

**Figura A.1.17: Menú donde caracterizar la instalación de calefacción y refrigeración**

### 1.4 Cálculo de la demanda energética y las cargas térmicas

Una vez se han introducido los distintos datos que dan lugar a definir la envolvente térmica y las diferentes instalaciones que poseen, el programa lleva a cabo los cálculos pertinentes para obtener dichas demandas. Estas demandas son obtenidas mediante las distintas ecuaciones que tiene implementadas el programa y que quedan recogidas en el *Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3X [4]*, dando como resultados los siguientes:

- **Demanda de Calefacción: 65,1 kWh/m<sup>2</sup> año**
- **Demanda de Refrigeración: 10,3 kWh/m<sup>2</sup> año**

Una vez obtenido este resultado gracias al programa utilizado, lo único que queda por hacer es conseguir las cargas térmicas tanto de calefacción como de refrigeración que más tarde se utilizarán para la elección del sistema de climatización. Para ello basta con multiplicar por el n° de metros cuadrados que posea la vivienda de estudio y dividirlo por el n° de horas que se utiliza la calefacción o refrigeración dependiendo de la época del año, obteniendo tal y como se muestra a continuación las diferentes cargas reflejadas en la Tabla A.1.26 y en la Tabla A.1.27 respectivamente:

- **Cargas de Calefacción:**

Demanda:		65,1	kwh/m² año		
Superficie habitable:		90	m²		
Consumo kWh/año:		5859			
Meses de Consumo	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Días del mes de uso	30	31	31	28	10
Horas de uso/día	8	8	8	8	6
Horas/mes	240	248	248	224	60
Total uso horas/año	1020				
Carga térmica de calefacción (kW):		5,74			

**Tabla A.1.26: Carga térmica de Calefacción**

- **Cargas de Refrigeración:**

Demanda:	10,3	kWh/ m² año	
Superficie habitable:	90	m²	
Consumo kWh/año:	927		
Meses de consumo:	Junio	Julio	Agosto
Días del mes	30	31	31
Horas de uso/día	2	2	2
Horas / mes	60	62	62
Total uso horas / año	184		
Carga térmica de refrigeración (kW):			5,04

Tabla A.1.27: Carga térmica de Refrigeración

## **Anexo 2. Cálculos acerca de la Instalación Geotérmica**

En este anexo se va a describir el proceso que se ha seguido para realizar el dimensionamiento del conjunto que supone el circuito primario geotérmico, mostrar la diferencia entre los sistemas de aprovechamiento citados en el *apartado 7.5* de la memoria.

Para el dimensionamiento de este sistema se ha utilizado el programa de la empresa **CIAT “Geo2 1.0 v”**, el cual lleva implementado en su seno el método IGSHPA (International Ground Source Heat Pump Association).

### **1. Cálculo de la longitud del intercambiador enterrado**

Para llevar a cabo los cálculos que dan lugar a los resultados que más adelante se mostraran, el programa utiliza, como se ha mencionado con anterioridad, el método IGSHPA (International Ground Source Heat Pump Association) desarrollado por la Universidad de Oklahoma e implementado en el programa con la ayuda de la **Universidad Politécnica de Valencia** y la empresa **CIAT**. Se basa en la teoría de la línea infinita de Kelvin por la que una línea suficientemente larga de diámetro lo bastante pequeño a temperatura constante transmite calor al medio que la rodea en sentido radial. Utilizando las siguientes expresiones:

$$L = \frac{Q}{(T_t - T_s)} (R_t + R_s \cdot \overline{Fu})$$

siendo:

***R<sub>t</sub>***: resistencia térmica de la tubería [m·K/W]

***R<sub>s</sub>***: resistencia térmica del suelo [m·K/W]

***T<sub>t</sub>***: temperatura de la tubería (la del fluido) [K]

***T<sub>s</sub>***: temperatura del suelo [K]

***Q***: calor a disipar [W]

***L***: longitud de la tubería [m]

***Fu***: factor de utilización medio

La resistencia térmica de la tubería viene determinada por la siguiente ecuación:

$$R_t = \frac{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K_t}$$

con:

***De***: diámetro externo de la tubería [m]

***Di***: diámetro interno de la tubería [m]

***Kt***: conductividad térmica de la tubería [W/m K]

Mientras que la temperatura del suelo es resultado de la siguiente expresión:

$$T(X_s) = T_m \pm A_s \cdot e^{\left(X_s \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}\right)}$$

donde:

***T***: Temperatura máxima o mínima (según “+” o “-”) a una profundidad  $X_s$

***T<sub>m</sub>***: Temperatura seca media anual del lugar

***A<sub>s</sub>***: Amplitud anual de la temperatura media diaria

***X<sub>s</sub>***: Profundidad a la que se pretende calcular la temperatura

***α***: Difusividad térmica del suelo

A continuación se van a explicar los distintos pasos dados para introducir los datos necesarios para la realización de los cálculos que este programa es capaz de realizar y más tarde mostrar por pantalla.

## 1.1 Zonificación del Proyecto

Después de la pestaña de datos del proyecto donde se deben definir el nombre, dirección, teléfono y e-mail del cliente, nos encontramos con la pestaña de localidad. En ella aparecen dos recuadros, uno refiriéndose al país donde tiene lugar el proyecto, siendo por defecto del programa España, y otro refiriéndose a la ciudad. En este caso el recuadro posee un desplegable en el cual se puede elegir la zona del proyecto relacionada con la capital de provincia más cercana o similar a la ubicación del intercambiador enterrado.

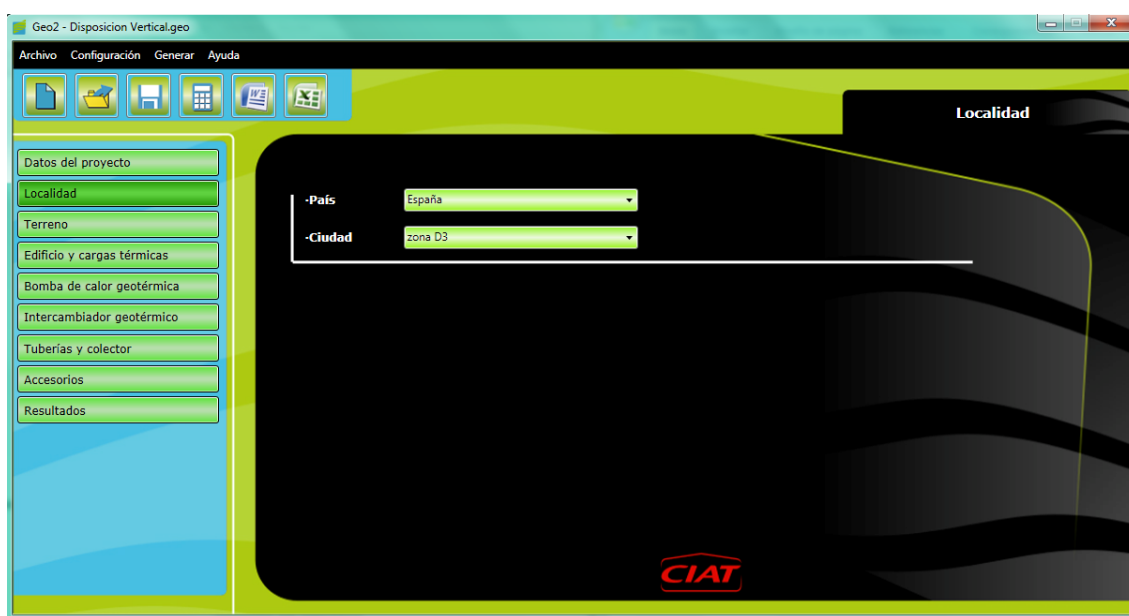


Figura A.2.1: Menú “Localidad” en el programa Geo2 1.0 v de la empresa CIAT

Para escoger la zona climática se ha utilizado el **Documento Básico de Ahorro de la Energía del RITE de abril del 2009** [3]. En el “*Apéndice D Zonas climáticas*” del citado documento aparece una tabla en la que se clasifica a las capitales de provincia en diferentes zonas acorde con su climatología, según este documento las localidades que posean una altura inferior a la de su capital de provincia quedarán sujetas a la zona climática de ésta, quedando en este caso sujeta a la climatología de Teruel. Sin embargo en este proyecto los datos utilizados son los referentes a la ciudad de Zaragoza debido a que la climatología (temperaturas, lluvias, vientos...) de Híjar se asemeja más a esta que a la de Teruel, así pues la zona elegida es la **D3** como queda indicado en la Tabla A.2.1 que se puede ver a continuación.

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <800	≥800 <1000	≥1000 <1500	≥1500
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Mejilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla A.2.1: Zonas climáticas según el apéndice D de la Sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía del RITE de 2009

## 1.2 Selección de las propiedades del terreno

Tras introducir la localización del proyecto, el programa pide que se defina la tipología del suelo. Hay tres opciones para introducir estos datos: en primer lugar se puede elegir el tipo de suelo desplegando un menú, con ello lo que hace el programa es cargar los datos establecidos para este tipo de suelo pudiendo cambiar la humedad y con ello las propiedades de éste; en segundo lugar se pueden introducir directamente los datos de conductividad y capacidad térmica definiendo de esta manera el tipo de suelo; y en tercer y último lugar cabe la posibilidad de definir el suelo mediante estratos, para ello se debe dar la conductividad y capacidad térmica y la profundidad de cada uno de los estratos que lo componen.



Pues bien, en este proyecto se ha utilizado la segunda opción descrita introduciendo una conductividad y capacidad térmica hallada al realizar la media aritmética de la siguiente tabla. Se ha realizado de esta manera puesto que se carece de los resultados que se deberían obtener con un Test de Respuesta Térmica y del cual se va a prescindir puesto que se trata de un anteproyecto.

	Conductividad W/(m.K)	Cp MJ/(k.m <sup>3</sup> )
Agua	0.6	4.2
Arcilla	1	2
Arena	1.6	1.8
Basalto	1.7	2.4
Bentonito 12%	0.7	3.9
Bentonito Arena 12% 15%	1.5	3.4
Caliza en forma de marga	2.2	2.3
Caliza masiva	2.8	2.3
Cieno	1.1	1.9
Conglomerado	2.8	2.1
Cuarcita	6	2.1
Diorito	2.6	2.9
Dolomito	3.2	2.5
Gneiss	2.9	2.1
Granito	3.4	2.4
Granodiorito	3.3	2.6
Grava	1.1	2
Hielo	2.2	1.9
Hormigon	1.6	1.8
Limo	0.9	3
Marga	2.1	2.3
Marga arcillosa	2	2.2
Marga dolomítica	2.2	2.3
Marmol	2.6	2
Piedra arcillosa	2.2	2.3
Piedra arenisca	2.3	2
Riolito	3.3	2.1
Yeso	1.6	2

**Tabla A.2.2: Propiedades de conductividad y capacidad térmica de los suelos que aparecen en el programa Geo2 1.0 v de la empresa CIAT**

El resultado obtenido después de realizar dichas estimaciones es el siguiente:

- **Conductividad térmica:** 2,2 W/(m K)
- **Capacidad térmica:** 2,39 MJ/(K m<sup>3</sup>)



Figura A.2.2: Menú “Terreno” en el programa Geo2 1.0 v de la empresa CIAT

Así pues el programa realiza los cálculos con estos datos. Para demostrar el importante papel que juegan las variaciones de estas características en el cálculo de los intercambiadores, se mostraran al final de este anexo lo que implica un buen conocimiento de ellas.

### 1.3 Edificio y Cargas Térmicas

En esta pestaña los datos que pide el programa vienen relacionados con las cargas térmicas totales del edificio (calefacción y refrigeración) y el tipo de edificio al que se refiere.

En los cuadros de máxima carga de calefacción se pone el valor de la carga térmica necesaria en invierno y en el de máxima carga de refrigeración se pone el valor de la carga térmica necesaria en verano. Estos valores han sido calculados mediante el programa **CE3X** y se han obtenido según lo indicado en el **Anexo 1**, dando lugar a unos resultados de:

- **Carga térmica de calefacción:** 5,74 kW
- **Carga de refrigeración:** 5,04 kW

En lo referido al tipo de edificio tratado en el proyecto, el programa trabaja con los factores de uso de la instalación. Estos factores pueden ser obtenidos de dos maneras distintas: mediante el despliegue de un menú se puede elegir el tipo de edificio en el que se trabaja (centro comercial, colegio, grandes almacenes, hospital, hotel, oficina, universidad o viviendas), con ello el programa internamente se encarga de sacar el factor de uso (calefacción y refrigeración) para el mes más desfavorable (enero y julio) teniendo en cuenta las características climáticas de la localidad elegida anteriormente; o mediante la introducción directa de esos factores de uso de la instalación.

En el caso de este proyecto al desconocer tanto la demanda energética mensual de refrigeración y calefacción como las demandas pico en cada uno de ellos se ha optado por elegir en el desplegable la opción de “*viviendas*”.



Figura A.2.3: Menú “Edificio y cargas térmicas” en el programa *Geo2 1.0* v de la empresa *CIAT*

## 1.4 Selección del equipo

### 1.4.1 Selección de la bomba de calor geotérmica

A continuación se ha realizado la selección de la bomba de calor geotérmica encargada de proporcionar la potencia necesaria para cubrir la demanda exigida por la vivienda. En este caso al seleccionar esta pestaña aparecen varios recuadros. En el primero de ellos se invita al usuario a elegir una de las distintas familias o gamas de bombas que posee en este caso la empresa *CIAT* y que son las siguientes:

- **AGEO:** Con potencias que oscilan entre los 5 y 30 kW de potencia de refrigeración y entre los 7 y 36 kW de potencia calorífica, es decir, válida tanto para refrigeración como para calefacción.
- **AGEO CALEO:** Con potencias comprendidas entre los 16 y 25 kW y de uso únicamente en modo calor.
- **DYNACIAT:** Contiene 5 plantas enfriadoras agua-agua tipo LG con potencias frigoríficas entre 35 y 95 kW, 5 bombas de calor agua-agua tipo LGP con potencias caloríficas entre los 40 y 105 kW, y 5 bombas de calor agua-agua tipo ILG con potencias frigoríficas comprendidas entre 29 y 77 kW y potencias caloríficas que van desde los 39 kW hasta los 102 kW.

El segundo recuadro lleva escrita la frase “Sugerir modelo”, es decir, elige el modelo más adecuado basándose en las demandas térmicas requeridas por la vivienda y las que pueden proporcionar los distintos equipos que tiene almacenados en su base de datos. El tercero muestra un desplegable para ser el proyectista el que elija la bomba acorde con la demanda necesaria.

En el caso de este proyecto la familia o gama elegida ha sido la **AGEO**, debido a que puede trabajar tanto en modo calefacción como en modo refrigeración a diferencia de la gama AGEO CALEO, y desmarcándose de la gama DYNACIAT puesto que la demanda de cargas térmicas no es tan elevada como la que proporciona esta última.

El modelo de la gama AGEO elegido ha sido el **20HT** ya que es el que más se ajusta a las demandas que necesita la vivienda.

### **1.4.2 Selección del fluido caloportador**

Los dos últimos recuadros se relacionan con el tipo de fluido caloportador que recorrerá el circuito de intercambiadores enterrado. El primero de ellos consta de un desplegable para elegir el tipo de fluido térmico siendo posible la elección de: agua, etilenglicol y propilenglicol. En el segundo se introduce la concentración en peso del etilenglicol o propilenglicol en caso de que el fluido sea una mezcla de agua y anticongelante.

En lo que respecta al fluido térmico el elegido ha sido el **etilenglicol con una concentración de 25 % en peso** puesto que el uso de un anticongelante evitara posibles heladas del fluido caloportador ya que en ocasiones las temperaturas pueden caer por debajo de los 0°C.



Figura A.2.4: Menú “Bomba de Calor Geotérmica” en el programa Geo2 1.0 v de la empresa CIAT

## 1.5 Selección del Sistema Geotérmico

En la sexta pestaña lo que se debe realizar es la selección del tipo de intercambiador enterrado que se va a utilizar. El programa permite la elección entre 5 intercambiadores de tipo horizontal y 1 tipo de intercambiador vertical.

En el caso del **intercambiador de tipo horizontal** se definen 5 parámetros que son: n° de circuitos “N” que es igual al n° de ramales (circuitos paralelos) existentes, D1 que es la distancia entre el intercambiador de ida y el de vuelta de cada circuito, D2 que es la distancia entre el intercambiador de vuelta de un circuito y el intercambiador de ida del circuito siguiente, y P que es la profundidad a la cual se introducirá el intercambiador enterrado.

Para **intercambiador de tipo vertical** los parámetros a introducir son: M que son el n° de filas que habría en caso de tener que realizar más de una perforación, N que son el n° de columnas que habría en caso de tener que realizar más de una perforación, D que es la distancia entre las perforaciones, y la posible elección de la doble U la cual aumenta la captación geotérmica.

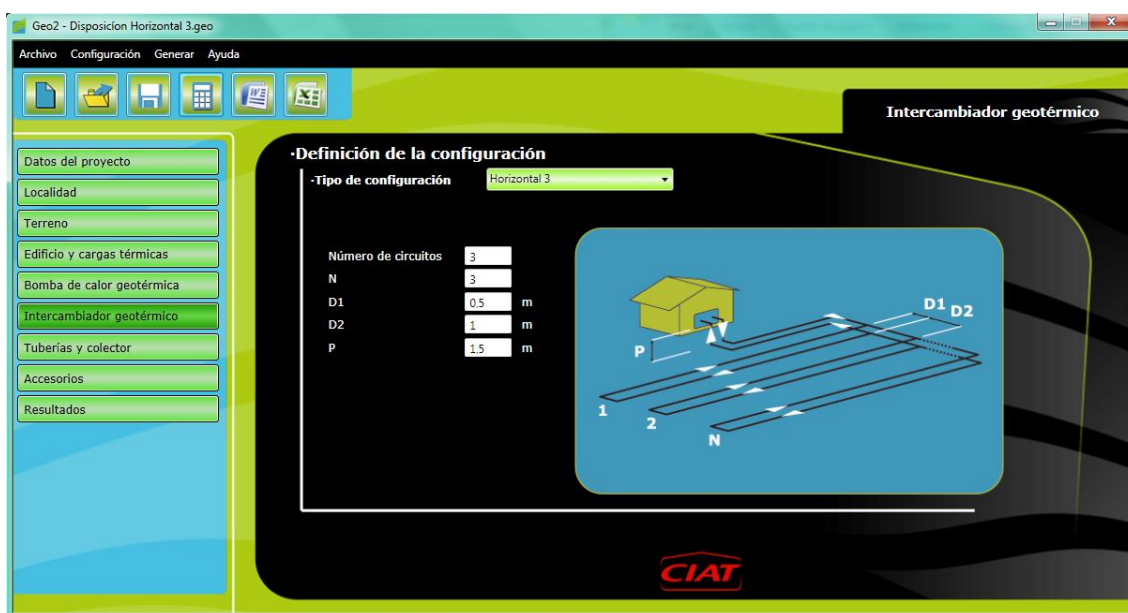
En el caso del proyecto tratado se ha elegido una **disposición vertical de doble U** debido al reducido espacio que ocupan las perforaciones en oposición a la elevada necesidad de terreno para instalar una configuración horizontal, además la climatología que se da en la localidad de Híjar afectara en menor medida a una instalación de estas características puesto que a unas profundidades en torno a los 15-20 m la temperatura se vuelve más

homogénea, no ocurriendo esto a una profundidad de 1,5-2 m que es a la que se llevan a cabo normalmente las configuraciones horizontales.

Para corroborar la elección de la disposición vertical se han estudiado ambas configuraciones obteniéndose los resultados que aparecen a continuación. Hay que tener en cuenta que para obtener estos resultados ya se han elegido las diferentes características de tuberías, colector y accesorios que más adelante se detallaran.

**Disposición horizontal nº 3 con los siguientes parámetros de diseño:**

Nº circuitos = 3      N = 3      D1 = 0,5m      D2 = 1m      P = 1,5m



**Figura A.2.5: Disposición horizontal nº 3 en el menú “Intercambiador Geotérmico” del programa Geo2 1.0 v de la empresa CIAT**

Las distancias D1 y D2 se introducen atendiendo a las indicadas en el apartado **6.2.2 de la Guía Técnica: Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica del IDAE [5]**.

Las tuberías y accesorios quedan definidos de la forma que se puede observar en la Figura A.2.6 y la Figura A.2.7:

**Geo2 - Disposición Horizontal 3.geo**

Archivo Configuración Generar Ayuda

**Tuberías y colector**

**Intercambiador enterrado**

**Propiedades de los materiales**

Material estándar Polietileno 40 Presión nominal PN 4 bar

Material no estándar Conductividad del tubo 0 W/(m·K) Rugosidad absoluta 0 mm Presión nominal 0 bar

**Datos de la tubería**

Diámetro nominal 32 mm Diámetro interior 0 mm Diámetro exterior 0 mm

**Colector (tubería entre la bomba de calor y el intercambiador geotérmico)**

**Propiedades de los materiales**

Material estándar Polietileno 40 Presión nominal PN 4 bar

Material no estándar Rugosidad absoluta 0 mm Presión nominal 0 bar

**Datos de la tubería**

Diámetro nominal 40 mm Diámetro interior 0 mm Longitud del colector 14 m

CIAT

Figura A.2.6: Tuberías seleccionadas para la disposición horizontal nº 3

**Geo2 - Disposición Horizontal 3.geo**

Archivo Configuración Generar Ayuda

**Accesorios**

**Pérdidas de carga en accesorios**

**Cálculo detallado**

**Colector (tubería entre la bomba de calor y los bucles enterrados)**

Número de codos de 90° 4 Número de reducciones 6 Número de válvulas 2

Número de codos de 45° 0 Número de T's 4

**Por cada circuito enterrado**

Número de codos de 90° 4 Número de reducciones 0 Número de válvulas 0

Número de codos de 45° 0 Número de T's 0 Número de U's 0

**Cálculo aproximado**

Longitud equivalente de cada circuito enterrado 0 m

Longitud equivalente del colector 0 m

CIAT

Figura A.2.7: Accesorios seleccionados para la disposición horizontal nº 3

Una vez definidos los distintos parámetros a tener en cuenta en el cálculo así como las tuberías, colector y los distintos accesorios se obtienen los siguientes resultados:

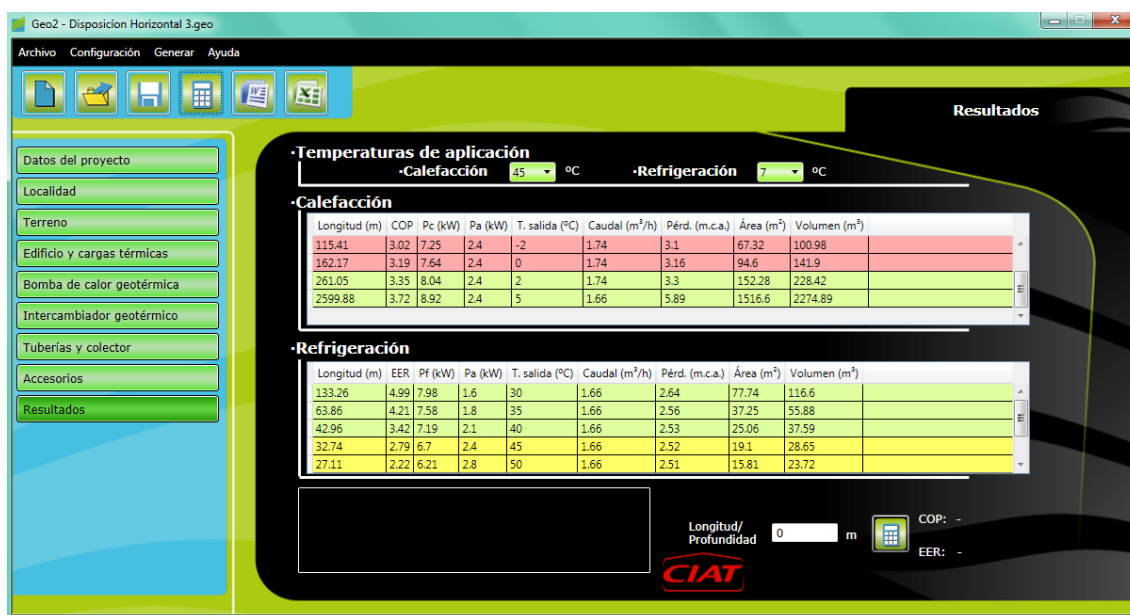


Figura A.2.8: Tablas de resultados obtenidos para la disposición horizontal nº 3

Se pueden ver las temperaturas deseadas de aplicación que ya fueron definidas en el **apartado 6.4** de la memoria, también se ven las distintas temperaturas de salida de la mezcla de agua y etilenglicol hacia el intercambiador enterrado. La temperatura elegida de salida de la bomba de calor hacia el intercambiador es de 2°C (en calefacción). Siguiendo la fila en la que aparece, los datos más significativos son:

Longitud (m)	COP	T.salida (°C)	Caudal (m³/h)	Área (m²)	Volumen (m³)
261,05	3,35	2	1,74	152,28	228,42

Tabla A.2.3: Resultados más destacados obtenidos para la disposición horizontal nº 3



**Disposición Vertical con los siguientes parámetros de diseño:** $M = 1$  $N = 1$  $D = 1\text{ m}$ 

Doble U: Si

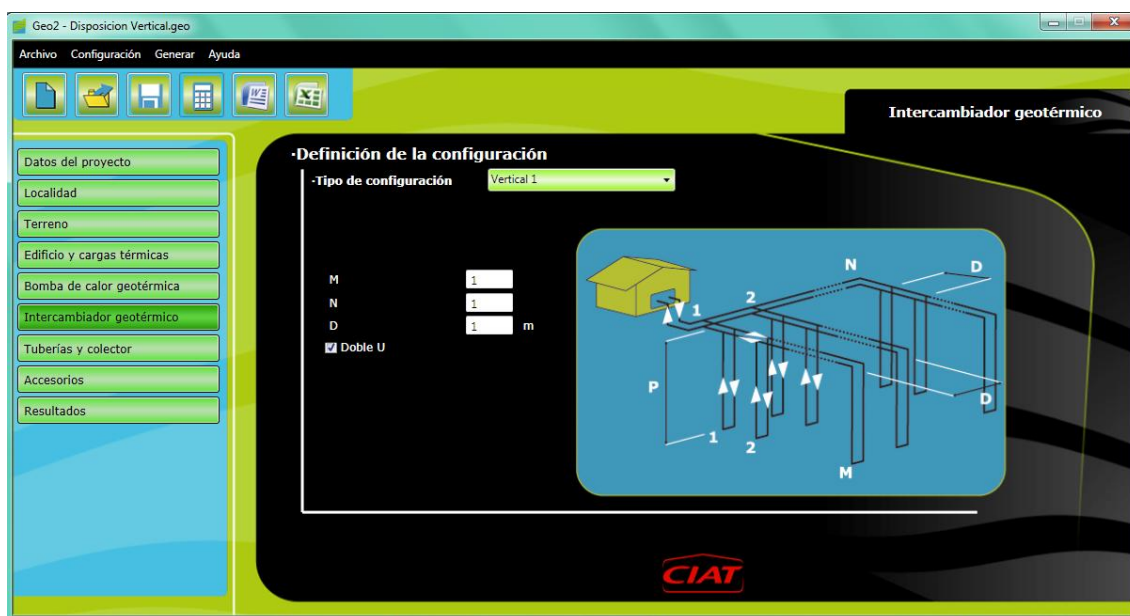


Figura A.2.9: Disposición vertical en el menú “Inter cambiador Geotérmico” del programa Geo2 1.0 v de la empresa CIAT

Las tuberías, colector y accesorios quedan definidos en las siguientes imágenes:

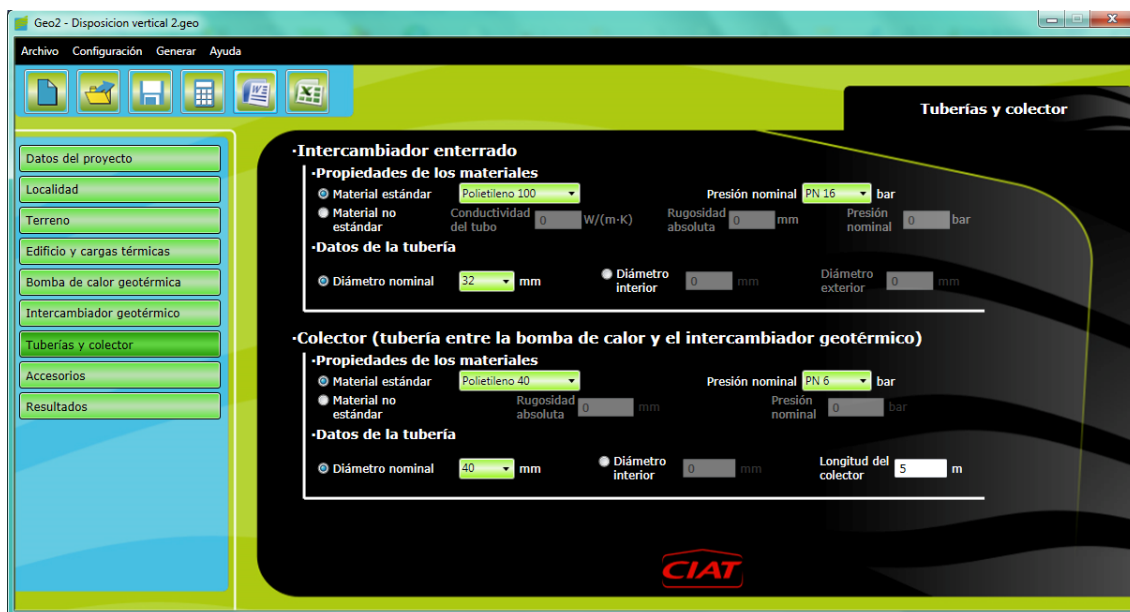


Figura A.2.10: Tuberías seleccionadas para la disposición vertical

Tanto las propiedades del intercambiador como las del colector y los distintos accesorios que se pueden ver a continuación quedarán definidas en el siguiente punto y una vez se haya comprobado que la mejor elección de la disposición del intercambiador es la vertical tal y como se ha dicho al principio de este apartado.

**Geo2 - Disposición vertical 2.geo**

Archivo Configuración Generar Ayuda

**Accesorios**

**· Pérdidas de carga en accesorios**

● **Cálculo detallado**

**· Colector (tubería entre la bomba de calor y los bucles enterrados)**

Número de codos de 90°  Número de reducciones  Número de válvulas   
 Número de codos de 45°  Número de T's

**· Por cada circuito enterrado**

Número de codos de 90°  Número de reducciones  Número de válvulas   
 Número de codos de 45°  Número de T's  Número de U's

● **Cálculo aproximado**

Longitud equivalente de cada circuito enterrado  m  
 Longitud equivalente del colector  m

**CIAT**

Figura A.2.11: Accesorios seleccionados para la disposición vertical

Los resultados que se obtienen con esta disposición y los distintos componentes que lo forman (intercambiador, colector, accesorios) son:

**Geo2 - Disposición vertical 2.geo**

Archivo Configuración Generar Ayuda

**Resultados**

**· Temperaturas de aplicación**

· Calefacción  °C · Refrigeración  °C

**· Calefacción**

Nº de sondeos	Profundidad (m)	COP	Pc (kW)	Pa (kW)	T. salida (°C)	Caudal (m³/h)	Pérd. (m.c.a.)	Área (m²)	Volumen (m³)
1	34.41	3.33	5.66	1.7	-4	1.7	3.61	1	0.61
1	36.64	2.93	4.97	1.7	-2	1.7	3.63	1	0.65
1	45.12	3.15	5.36	1.7	0	1.7	3.79	1	0.8
1	56.45	3.33	5.66	1.7	2	1.7	4	1	1
1	90.25	3.67	6.24	1.7	5	1.63	4.17	1	1.59

**· Refrigeración**

Nº de sondeos	Profundidad (m)	EER	Pf (kW)	Pa (kW)	T. salida (°C)	Caudal (m³/h)	Pérd. (m.c.a.)	Área (m²)	Volumen (m³)
1	61.53	5.08	6.09	1.2	30	1.62	3.34	1	1.09
1	43.63	4.07	5.7	1.4	35	1.62	3.06	1	0.77
1	34.19	3.38	5.4	1.6	40	1.62	2.92	1	0.6
1	28.34	2.78	5.01	1.8	45	1.62	2.83	1	0.5
1	24.4	2.36	4.72	2	50	1.62	2.76	1	0.43

Longitud/Profundidad  m COP: 3,41 70,67% (\*)  
 EER: 5,08

**CIAT**

(\*) Contribución mínima de energía renovable en calefacción (ver manual)

Figura A.2.12: Tablas de resultados obtenidos para la disposición vertical

Como en el ejemplo anterior aparecen las temperaturas deseadas de aplicación que ya fueron definidas en el **apartado 6.4**. La temperatura elegida de salida de la bomba de calor hacia el intercambiador es de 2°C como antes, por ello los datos más significativos se pueden ver en la Tabla A.2.4:

<b>Nº sondas</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>COP</b>	<b>T. salida (°C)</b>	<b>Caudal (m³/h)</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>Volumen(m³)</b>
1	56,45	3,33	2	1,74	1	1

**Tabla A.2.4: Resultados más destacados obtenidos para la disposición vertical**

En ambas disposiciones el COP es el mismo, sin embargo esta profundidad no es suficiente para cubrir la demanda exigida por la vivienda. Por ello se selecciona una profundidad de **64 m**, a la cual se obtienen las necesidades exigidas.

<b>Nº sondas</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>COP</b>	<b>T.salida (°C)</b>	<b>Caudal (m³/h)</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>Volumen (m³)</b>
1	64	3,41	2	1,68	1	1,05

**Tabla A.2.5: Resultados más destacados obtenidos para la disposición vertical seleccionada**

Queda claro pues que el área necesaria es mucho menor y el volumen evacuado también por lo que la mejor elección es la opción de la disposición vertical.

Por ello se adjunta al término del presente anexo el informe obtenido mediante el programa utilizado que dará respuesta a los distintos parámetros utilizados.

## **2. Características de la bomba de calor geotérmica seleccionada**

Se va a mostrar el modelo seleccionado en el presente proyecto que como ya se ha indicado es el **AGEO 20HT agua- agua**.



**Figura A.2.13: Modelo AGEO 20HT agua-agua seleccionado en el proyecto**

Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT
Potencia frigorífica (1)	kw	5,0	6,9	9,2	11,3	5,0	6,7	9,2	12,7	15,5	18,4	23,2	27,6
Potencia absorbida compresor (1)	kw	1,51	1,94	2,64	3,04	1,47	1,92	2,51	3,25	3,88	4,71	5,73	7,06
EER		3,16	3,31	3,52	3,65	3,35	3,4	3,92	3,89	3,98	3,84	4	3,97
Potencia calorífica (2)	kw	6,95	8,84	12,13	15,31	6,89	8,95	11,93	16,06	19,83	24,46	30,90	36,34
Potencia absorbida compresor (2)	kw	1,6	2,1	2,6	3,1	1,5	2,0	2,6	3,2	3,9	4,8	5,8	6,9
C.O.P.		4,60	4,56	4,59	5,04	4,68	4,66	4,76	4,94	5,11	5,19	5,39	5,15
Nivel de potencia sonora (2)	dBA	53/30	53/30	54/31	57/33	53/30	53/30	54/31	57/33	58/36	59/36	61/38	63/41

(1) Potencias frigoríficas indicadas para agua fría 7 °C / 12 °C régimen condensador 30 °C / 35 °C

(2) Potencias caloríficas indicadas para agua caliente 35 °C / 30 °C régimen evaporador 10 °C


**Tabla A.2.6: Características de los modelos AGEO**

### **3. Selección de la sonda, colector y accesorios del intercambiador vertical**

En este apartado se van a dar las características de los elementos antes mencionados que conforman el circuito primario geotérmico.

La profundidad óptima en el caso de este proyecto es de **64 m**. Como se puede ver en el informe obtenido y que aparece al final de este anexo las propiedades que debe cumplir la sonda geotérmica (intercambiador enterrado) son: estar formado por polietileno que en este caso se elegirá polietileno de alta densidad, soportar una presión de 16 bar y poseer un diámetro nominal de 32 mm. Para la elección de la sonda geotérmica vertical se ha consultado el catálogo de la empresa “ALB” eligiendo la sonda que a continuación se especifica:

- **Material del tubo:** PE-HD 100 PN16 SRD11
- **Diámetro nominal:** 32 mm
- **Espesor:** 2,9 mm
- **Longitud:** 64 m
- **Rugosidad del tubo:** 0,01 mm
- **Densidad:** 0,96 g/cm<sup>3</sup>
- **Conductividad térmica:** 0,42 W/m K



Código	Descripción	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Peso (kg)	PVP/u.
71000	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 80 m	32 x 2.9	80	92	558,445 €
71001	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 90 m	32 x 2.9	90	104	611,537 €
71002	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 100 m	32 x 2.9	100	115	664,628 €
71003	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 112 m	32 x 2.9	112	129	727,552 €
71004	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 125 m	32 x 2.9	125	144	797,357 €
71005	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 137 m	32 x 2.9	137	158	861,264 €
71006	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 150 m	32 x 2.9	150	173	960,565 €
71007	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 32 mm HSS 162 m	32 x 2.9	162	186	1.024,472 €
71008	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 80 m	40 x 3.7	80	139	804,239 €
71009	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 90 m	40 x 3.7	90	159	884,860 €
71010	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 102 m	40 x 3.7	102	186	950,733 €
71011	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 112 m	40 x 3.7	112	204	1.058,882 €
71012	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 127 m	40 x 3.7	127	231	1.149,335 €
71013	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 140 m	40 x 3.7	140	242	1.282,065 €
71014	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 152 m	40 x 3.7	152	276	1.377,432 €
71015	Sonda geotermia vertical ALB GEROtherm® 4 x 40 mm HSS 165 m	40 x 3.7	165	285	1.482,632 €

**Figura A.2.14: Selección de la sonda geotérmica vertical en el catálogo de la empresa ALB**

Para la elección de los colectores se elige en este caso el modelo que más se adecue a las necesidades que son: material polietileno que como en la sonda geotérmica será de polietileno de alta densidad, que soporte una presión de 6 bar y posea un diámetro nominal de 40 mm. Para ello se muestran las propiedades:

- **Material del tubo:** PE-HD 100 PN 6 SRD11
- **Diámetro nominal:** 40 mm
- **Espesor:** 2,4 mm
- **Longitud:** 5 m
- **Rugosidad del tubo:** 0,01 mm
- **Densidad:** 0,96 g/cm<sup>3</sup>
- **Conductividad térmica:** 0,42 W/m K

#### **4. Selección del Interacumulador para A.C.S**

Como ya se ha comentado mediante la instalación geotérmica también se va abastecer las necesidades de agua caliente de la vivienda, por ello se ha seleccionado un depósito para almacenar dicho agua con una capacidad de **160 l**. En este caso el modelo seleccionado pertenece a la casa **Buderus** y es el **Logalux ER 160 l**, mostrándose a continuación las diferentes características de dicho elemento:



**Figura A.2.15: Modelo Logalux ER 160 l de la casa Buderus**





## 5. Cálculo de pérdidas de carga

Para el cálculo de pérdidas de carga se ha utilizado el programa **Geo2**, el cual proporciona los datos relacionados con las pérdidas producidas por longitud y accesorios en el intercambiador enterrado, las pérdidas por longitud y accesorios en el colector y las pérdidas en la bomba de calor. Este cálculo es realizado sabiendo que el caudal que circulara por el intercambiador será de **1,68 m<sup>3</sup>/h**.

En el caso de las pérdidas de carga dadas en el circuito Sonda Geotérmica- Colector el resultado obtenido es de **4,049 m.c.a** teniendo en cuenta lo siguiente:

Elemento	Cantidad
Sonda doble U 64 m	1
Colector 5 m	1
Codo 90º	4
Reducciones de $\Phi$	2
Válvulas de carga y descarga	2
Válvulas de corte	4
Válvulas de equilibrado	1

**Tabla A.2.7: Tuberías y accesorios utilizados por el circuito vertical enterrado**

## 6. Elección de la bomba de circulación

La bomba de circulación es la encargada de proporcionar la fuerza de impulsión suficiente para que el fluido de trabajo, en este caso etilenglicol + agua, pueda realizar el circuito primario. Para la elección de la bomba se utilizan dos parámetros calculados con anterioridad que son el caudal (Q) y la pérdida de carga total del circuito primario, ambos valores se muestran a continuación así como la bomba seleccionada.

Así pues el caudal de circulación impulsado debe de ser de **1,68 m<sup>3</sup>/h** y debe salvar unas pérdidas de carga de **4,049 m.c.a.**. Por ello el modelo de bomba seleccionado ha sido el ***SAM 25/125-0,08/K*** de la marca ***Sedical***, la cual nos permite impulsar dicho caudal y vencer las pérdidas que se producen en el circuito primario geotérmico. Las características de la bomba son las que aparecen en la siguiente tabla de especificaciones:



Fecha	:	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	:	Dirección	:
Referencia	:	Localidad	:

## SEDICAL - HOJA TÉCNICA DE LA BOMBA SAM 25/125-0.08/K

### Descripción del producto

En todos los sistemas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, agua, agua de condensados, agua glicolada hasta el 50%, otros medios sin aceites minerales o abrasivos.

Calidad del agua: Libre de sustancias sólidas abrasivas o no, cristalizadas o mezclas químicas y químicamente neutras.

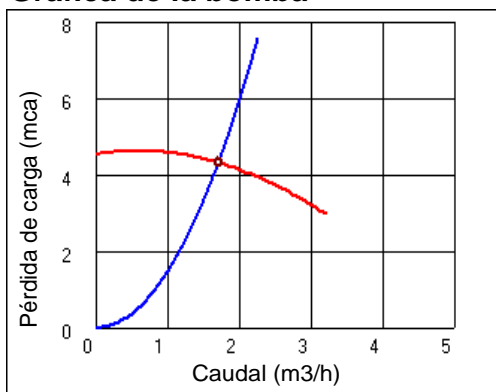
### Datos requeridos

Uso : CLIMATIZACIÓN  
 Fluido : 25% ET. GLICOL  
 Rotor : SECO  
 Tipo : SIMPLE  
 Caudal : 1.7 m<sup>3</sup>/h  
 Pérdida de carga : 4.3 mca  
 Temperatura de trabajo : 90.0 °C  
 Posición :

### Datos obtenidos Bomba

Modelo : SAM 25/125-0.08/K  
 Rodete : Ø 122  
 Caudal : 1.7 m<sup>3</sup>/h  
 Pérdida de carga : 4.3 mca  
 NPSH requerido : 1.4 m  
 Nivel sonoro : 26 dB(A)  
 Construcción : In-line

### Gráfica de la bomba

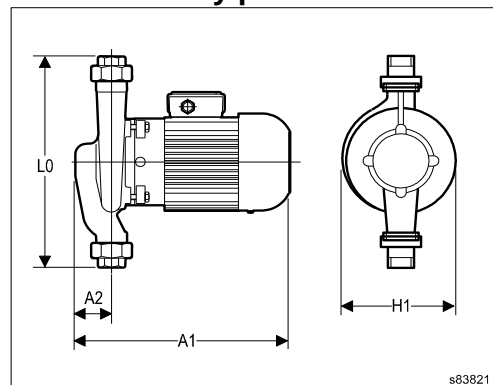


### Motor

Velocidad : 1450 rpm  
 Potencia Nominal (Pn) : 0.08 kW  
 Protección : IP 54  
 Clase de aislamiento : F  
 Consumo máx. 3x400 V : 0.3 A  
 Consumo máx. 3x230 V : 0.5 A  
 Potencia del eje (P2) : 0.06 kW  
 Potencia consumida (P1) : 0.09 kW  
 Rendimiento motor : 68.00 %  
 Rendimiento bomba : 46.58 %  
 Rendimiento global : 31.68 %

Los motores monofásicos, de consumo superior a 3 amperios y los motores trifásicos, tienen que ser protegidos exteriormente contra sobrecargas de intensidad, sobretensiones mínimas y caídas de fase.

### Dimensiones y pesos



### Características técnicas

Cuerpo de la bomba : GG 20  
 Eje : AISI 329  
 Cierre mecánico : Carbón / Carb. silicio  
 Juntas : EPDM  
 Impulsor : NORYL GFN 2

Conexiones DN1 : R 1 "  
 Conexiones DN2 : R 1 "  
 Presión de trabajo : 10 bar.  
 Temperaturas : Máx +100°C / Mín -15°C  
 : Máx ACS + 80°C

Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg
318.0	0.0	225.0	53.0	11.0

## **7. Dimensionamiento del vaso de expansión**

El vaso de expansión es utilizado en los circuitos de calefacción de edificios para absorber el aumento de volumen producido por la expansión del fluido de trabajo al aumentar su temperatura en un circuito cerrado.

En este caso y acorde con la instrucción técnica **IT 1.3.4.2.4** que aparece en el **RITE [6]** se utilizara un vaso de expansión de tipo cerrado con diafragma siguiendo para la realización de su dimensionamiento la norma UNE 100.155 que indica el cálculo del volumen total del vaso mediante la siguiente expresión:

$$V_t = V \times C_p \times C_e$$

siendo:

**V<sub>t</sub>**: Volumen total del vaso de expansión

**V** : Volumen de líquido en la instalación

**C<sub>p</sub>**: Coeficiente de presión

**C<sub>e</sub>**: Coeficiente de expansión

El coeficiente de presión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_p = \frac{P_M}{(P_M - P_m)}$$

con:

**P<sub>M</sub>**: Presión máxima del vaso de expansión

**P<sub>m</sub>**: Presión mínima del vaso de expansión

La presión máxima en el vaso de expansión viene determinada por la presión de tarado de la válvula de seguridad.

La presión mínima es el resultado de la suma de la presión mínima que debe haber en el punto más alto del circuito (valor recomendado de 1,5 bar evitando así la entrada de aire en la instalación) más la presión estática.

Para el cálculo del coeficiente de expansión se utiliza la siguiente expresión:

$$C_e = (3,24 \cdot T^2 + 102,13 \cdot T - 2708,3) \cdot 10^{-6}$$

Siendo **T** la temperatura máxima de trabajo del circuito, y por consiguiente del vaso de expansión. Sin embargo y al tratarse de una mezcla de etilenglicol y agua, este  $C_e$  debe ser multiplicado por un factor de corrección que se calcula de la siguiente manera:

$$f_c = a \cdot (1,8 \cdot T + 32)^b$$

en la que:

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$


$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500)$$

donde el parámetro G es el porcentaje de etilenglicol en volumen en agua que en este caso es del 25%.

	Primario
<b>t (°C)</b>	40
<b>G (%)</b>	25
<b>a</b>	14,094
<b>b</b>	-0,433
<b>f</b>	1,88
<b>Ce</b>	0,0065609
<b>PM (bar)</b>	5
<b>Pm (bar)</b>	2
<b>Cp</b>	1,66
<b>V (l)</b>	212,16
<b>Vvas exp (l)</b>	4,36

**Tabla A.2.8: Parámetros y Volumen del vaso de expansión utilizado**

Después de indicar el volumen del vaso de expansión que es de **4,36 l** se utiliza el catálogo de salvador escoda para seleccionar dicho elemento. El modelo seleccionado ha sido el **vaso de expansión con membrana fija 5 SMF**.



Código	Artículo	Capacidad l	Presión máx. bar	Dimensiones D x H	Conex. de agua Ø	Precarga bar
SO 09 021 SO 09 022 SO 09 023 SO 09 024 SO 09 025	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura máxima: 130°C</li> <li>• Precarga: 2,5 bar</li> <li>• Apto para el uso hasta 50% anticongelante</li> </ul>					
	<b>MEMBRANA FIJA</b>					
	5 SMF	5	10	200x240	3/4"	2,5
	8 SMF	8	10	200x335	3/4"	2,5
	12 SMF	12	10	270x304	3/4"	2,5
	18 SMF	18	10	270x405	3/4"	2,5
	24 SMF	24	8	320x425	3/4"	2,5

Tabla A.2.9: Características del vaso de expansión seleccionado para la instalación geotérmica

## 8. Alimentación, vaciado y purga del circuito

Debido a lo indicado en la instrucción técnica **IT 1.3.4.2.2** y al tratarse de un agua con un aditivo, la solución se preparará en un depósito aparte y se introducirá por medio de una bomba, de forma manual o automática. También el diámetro mínimo de las conexiones viene dado en función de la potencia térmica nominal de la instalación de acuerdo con los siguientes valores:

Potencia térmica nominal kW	Calor DN (mm)	Frío DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

Tabla A.2.10: Diámetro de la conexión de alimentación que aparece en el RITE en su IT 1.3.4.2.2

En lo que respecta al vaciado y purga que establece la instrucción técnica del **RITE IT 1.3.4.2.3** la conexión entre la válvula de vaciado y la de desagüe se hará de forma que el paso de agua sea visible, el vaciado de agua con aditivos peligrosos para la salida se hará en un depósito de recogida para permitir su posterior tratamiento antes del vertido a la red de alcantarillado público y el vaciado total se hará por el punto accesible más bajo de la instalación a través de una válvula cuyo diámetro mínimo quedara definido según la siguiente tabla:

Potencia térmica kW	Calor DN (mm)	Frío DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Tabla A.2.11: Diámetro de la conexión de vaciado que aparece en el RITE en su IT 1.3.4.2.3

## **9. Informe obtenido de la disposición seleccionada**

### **1. LOCALIDAD**

Ciudad: zona D3; País: España

### **2. TERRENO**

Tipo de suelo: -; Conductividad: 2,20 W/m.K; Cp: 2,39 MJ/K.m3

### **3. EDIFICIO Y CARGAS TÉRMICAS**

Máxima carga en calefacción: 5,74 kW Máxima carga en refrigeración: 5,04 kW

### **4. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA**

AGEO - 20HT; Fluido de trabajo: Etilenglicol (25,00 %)

### **5. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR**

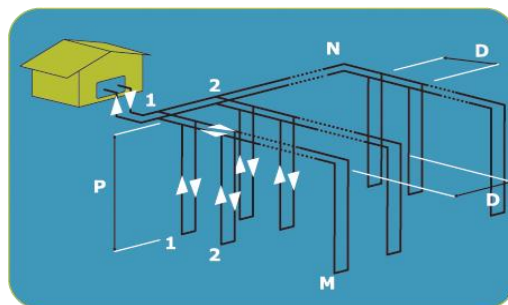
Configuración: Vertical 1

M: 1

N: 1

D: 1,00 m

Double U: Sí



### **6. TUBERÍAS Y COLECTORES**

Material del intercambiador enterrado

Estándar: Polietileno 100; PN 16bar;  $\varnothing_{\text{NOM}}$ : 32 mm

No estándar: Conductividad: - W/m.K; Rugosidad: - mm; PN: - bar;  $\varnothing_{\text{INT}}$ : - mm;  $\varnothing_{\text{EXT}}$ : - mm

Material del colector

Estándar: Polietileno 40; PN 6bar;  $\varnothing_{\text{NOM}}$ : 40 mm; Longitud: 5,00m

No estándar: Rugosidad: - mm; PN: - bar;  $\varnothing_{\text{INT}}$ : - mm; Longitud: - m

## 7. ACCESORIOS

### Pérdidas detalladas

Colector: 3 codos de 90°, 0 codos de 45°, 2 reducciones, 0 T's, 5 válvulas

Circuitos enterrados: 1 codos de 90°, 0 codos de 45°, 0 reducciones, 0 T's, 2 válvulas, 1

U's

### Pérdidas con cálculo de longitud equivalente

Colector: - m de longitud equivalente;

Circuitos enterrados: - m de longitud equivalente

## 8. RESULTADOS.

Longitud seleccionada: 64 m

Refrigeración → **EER<sub>min</sub>**: 5,08;

Calefacción → **COP<sub>min</sub>**: 3,41, 70,67 %<sub>min</sub> de contribución renovable

### Calefacción

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	COP	Pc (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m³/h)	Pérd.(mca)	Área (m²)	Volumen (m³)
1	26,30	2,64	4,49	1,70	-6,00	1,70	3,45	1,00	0,46
1	34,41	3,33	5,66	1,70	-4,00	1,70	3,61	1,00	0,61
1	36,64	2,93	4,97	1,70	-2,00	1,70	3,63	1,00	0,65
1	45,12	3,15	5,36	1,70	0,00	1,70	3,79	1,00	0,80
1	56,45	3,33	5,66	1,70	2,00	1,70	4,00	1,00	1,00
1	90,25	3,67	6,24	1,70	5,00	1,63	4,17	1,00	1,59
1	106,57	3,58	6,44	1,80	6,00	1,63	4,45	1,00	1,88
1	134,91	3,68	6,63	1,80	7,00	1,63	4,93	1,00	2,38
1	185,26	4,01	6,83	1,70	8,00	1,63	5,78	1,00	3,27
1	547,58	4,24	7,22	1,70	10,00	1,63	11,92	1,00	9,68
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabla A.2.12: Resultados obtenidos mediante la simulación de la instalación geotérmica que se estudia en el caso de calefacción**

**Refrigeración**

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	EER	Pf (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m³/h)	Pérd.(mca)	Área (m²)	Volumen (m³)
1	61,53	5,08	6,09	1,20	30,00	1,62	3,34	1,00	1,09
1	43,63	4,07	5,70	1,40	35,00	1,62	3,06	1,00	0,77
1	34,19	3,38	5,40	1,60	40,00	1,62	2,92	1,00	0,60
1	28,34	2,78	5,01	1,80	45,00	1,62	2,83	1,00	0,50
1	24,40	2,36	4,72	2,00	50,00	1,62	2,76	1,00	0,43
1	21,57	2,01	4,42	2,20	55,00	1,62	2,72	1,00	0,38

**Tabla A.2.13: Resultados obtenidos mediante la simulación de la instalación geotérmica que se estudia en el caso de calefacción**



### **Anexo 3. Cálculo de la Instalación Solar para Climatización**

En este anexo se va a describir el proceso seguido para realizar el dimensionamiento del conjunto que supone el circuito primario solar térmico.

Para el dimensionamiento de este sistema se ha utilizado una hoja Excel en la que viene implementado el método F-chart.

#### **1. Cálculo de la energía necesaria para calefacción**

Para llevar a cabo el cálculo de la energía necesaria que debe aportar para calefacción la instalación solar se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_{necesaria} = \frac{KG \cdot 24 \cdot Sup_{vivienda} \cdot G_{día}}{1000}$$

siendo:

**$E_{necesaria}$**  : Energía necesaria para calefacción (Kcal 1000/mes)

**KG**: Coef global de transmisión de calor del edificio a calefactar según CT-79.  
En este caso el valor de dicho coeficiente es **0,6 kcal/ (h m<sup>2</sup> °C)**

**$G_{día}$** : Grados día

**$Sup_{vivienda}$** : Superficie de la vivienda a calefactar. Para obtener la superficie del local a calefactar se utiliza la siguiente expresión:

$$Sup_{local} = (M_{vivienda}^2 \cdot 2) + \left( \sqrt{M_{vivienda}^2 \cdot 4 \cdot Altura_{local}} \right)$$

con:  **$M_{vivienda}^2$** : 90 m<sup>2</sup>

**$Altura_{local}$** : 2,75 m

Dando lugar a un resultado de  **$Sup_{local}$**  igual a **284 m<sup>2</sup>**.

Con ello se realiza el cálculo de la energía necesaria para calefacción la cual se recoge en la siguiente tabla:

Mes	Grados Día (°C)	Energía Necesaria (Kcal 1000)
Enero	430,9	1764,4
Febrero	347,2	1421,7
Marzo	269,7	1104,3
Abril	189	773,9
Mayo	93	380,8
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	142,6	583,9
Noviembre	294	1203,8
Diciembre	412,3	1688,3

**Tabla A.3.1: Datos de la energía necesaria demandada por la vivienda (Kcal · 1000)**

## **2. Cálculo de los parámetros adimensionales D1 y D2**

### ***a) Cálculo parámetro D1***

El parámetro a calcular en este caso es el resultado de dividir la Energía absorbida útil por el captador solar entre la demanda de energía del correspondiente mes. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$D_1 = \frac{E_{\text{absorbida útil}}}{DE_{\text{mes}}} = \frac{S_c \cdot \eta_o \cdot MAI \cdot FC_{\text{int}} \cdot G_{dm} \cdot N_{\text{dias,mes}}}{DE_{\text{mes}}}$$

siendo:

$S_c$ : superficie de los captadores

$\eta_o$ : rendimiento óptico del captador,  $\eta_o = 0,766$

$MAI$ : modificador del ángulo de incidencia ( $0,96$ )

$FC_{int}$ : factor de corrección del conjunto captador-intercambiador ( $0,95$ )

$G_{dm}$ : Grados día ( $^{\circ}C$ )

$N_{días,mes}$ : N° días del mes

Los resultados del parámetro D1 para los diferentes meses del año son los siguientes:

Mes	Energía Absorbida Útil (kcal 1000)	Energía Necesaria (kcal 1000)	Factor D1
Enero	741,048	1764,4	0,42
Febrero	1037,841	1421,7	0,73
Marzo	1214,73	1104,3	1,1
Abril	1191,806	773,9	1,54
Mayo	1340,416	380,8	3,52
Junio	0	0	0
Julio	0	0	0
Agosto	0	0	0
Septiembre	0	0	0
Octubre	928,401	583,9	1,59
Noviembre	674,128	1203,8	0,56
Diciembre	557,139	1688,3	0,33

**Tabla A.3.2: Resultados del Factor D1 para los distintos meses del año**

**b) Cálculo parámetro D2**

El parámetro a calcular en este caso es el resultado de dividir la Energía perdida por el captador solar entre la demanda de energía del correspondiente mes. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$D_2 = \frac{E_{perdida}}{DE_{mes}} = \frac{S_c \cdot K_{global} \cdot FC_{int} \cdot (100 - T_{amb}) \cdot FC_{acu} \cdot FC_{ACS} \cdot 24 \cdot N_{días,mes}}{DE_{mes}}$$

siendo:

**S<sub>c</sub>** : superficie de los captadores

**K<sub>global</sub>** : coeficiente global de pérdidas,  $k_{global} = 1,42 \text{ W/(m}^2 \text{ °C)}$

**FC<sub>int</sub>** : factor de corrección del conjunto captador-intercambiador (0,95)

**N<sub>días,mes</sub>** : N° días del mes

**FC<sub>acu</sub>** : Factor de corrección del acumulador, que viene determinado por la siguiente ecuación:

$$FC_{acu} = \left( \frac{V_{acu-solar}/S_c}{75 \text{ l/m}^2} \right)^{-0,25}$$

Dicho factor de corrección se tiene que situar entre los valores que dictamina el código técnico de la edificación, y que queda situado entre:

$$50 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} < \frac{V_{acu-solar}}{S_c} < 180 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}$$

$$50 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} < \frac{1000}{12} < 180 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}$$

Así pues el FC<sub>acu</sub> da como resultado **0,98**

$FC_{ACS}$ : Factor de corrección por temperatura de agua, dicho factor se obtiene mediante:

$$FC_{ACS} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_{ACS,min} + 3,86 \cdot T_{red} - 2,32 \cdot T_{amb}}{100 - T_{amb}}$$

Las distintas temperaturas de  $T_{ACS,min}$ ,  $T_{red}$ ,  $T_{amb}$  quedan definidas en el **apartado 6.2** en el que se indican las condiciones de cálculo para todas las instalaciones.

Después de explicar los distintos parámetros que dan lugar al cálculo de **D2**, se muestran los resultados para los distintos meses del año en la Tabla A.3.3:

Mes	Energía Perdida (Kcal 1000)	Energía Necesaria (Kcal 1000)	Factor D2
Enero	952,776	1764,4	0,54
Febrero	881,454	1421,7	0,62
Marzo	927,612	1104,3	0,84
Abril	889,985	773,9	1,15
Mayo	883,456	380,8	2,32
Junio	0	0	0
Julio	0	0	0
Agosto	0	0	0
Septiembre	0	0	0
Octubre	875,85	583,9	1,5
Noviembre	926,926	1203,8	0,77
Diciembre	996,097	1688,3	0,59

**Tabla A.3.3: Resultados del Factor D2 para los distintos meses del año**

### **3. Cálculo del parámetro “f” y del ahorro que supone la instalación de los captadores solares de baja temperatura**

Después de calcular los parámetros  $D1$  y  $D2$  únicamente queda por calcular el parámetro  $f$  que es el que nos proporciona la energía útil obtenida por el conjunto de captadores solares que forman la instalación en los diferentes meses del año. Este parámetro queda definido por la siguiente expresión:

$$f_{mes} = 1,029D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 \cdot D_1^3$$

Los resultados quedan reflejados en la Tabla A.3.4:

Mes	Factor D1	Factor D2	f
Enero	0,42	0,54	0,356
Febrero	0,73	0,62	0,591
Marzo	1,1	0,84	0,810
Abril	1,54	1,15	1,009
Mayo	3,52	2,32	1,383
Junio	0	0	0,000
Julio	0	0	0,000
Agosto	0	0	0,000
Septiembre	0	0	0,000
Octubre	1,59	1,5	1,010
Noviembre	0,56	0,77	0,453
Diciembre	0,33	0,59	0,275

**Tabla A.3.4: Resultados obtenidos para el factor “f” para los distintos meses del año**

Una vez calculado este parámetro sólo queda obtener la demanda que cubren los captadores, es decir, el ahorro que supone en cuanto a energía se refiere. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EU_{solar,mes} = f_{mes} \cdot DE_{mes}$$

siendo:

$EU_{solar,mes}$  : La energía útil cubierta por los captadores solares

$f_{mes}$  : Parámetro del método F-Chart

$DE_{mes}$  : Demanda de energía mensual

Los datos obtenidos son los que aparecen en la Tabla A.3.5:

Mes	f	Energía Necesaria (Kcal 1000)	Ahorro de Energía (Kcal 1000)	% Ahorro
Enero	0,356	1764	628	35,6
Febrero	0,591	1422	840	59,1
Marzo	0,810	1104	894	81,0
Abril	1,009	774	774	100,0
Mayo	1,383	381	381	100,0
Junio	0,000	0	0	100,0
Julio	0,000	0	0	100,0
Agosto	0,000	0	0	100,0
Septiembre	0,000	0	0	100,0
Octubre	1,010	584	584	100,0
Noviembre	0,453	1204	545	45,3
Diciembre	0,275	1688	464	27,5
<b>Anual</b>		<b>8921</b>	<b>5111</b>	<b>57,3</b>

**Tabla A.3.5: Resultados de ahorro obtenido mediante la utilización del método F-chart**

Como se puede ver la cobertura anual que se obtendría con la instalación solar de baja temperatura y mediante la utilización del método descrito hasta el momento sería de un **57,3%**.

Sin embargo comparando dicho aporte energético con los consumos reales que se tienen de la vivienda esta cobertura es superior, obteniendo los resultados que se pueden ver en la Tabla A.3.6:

	Consumo Real (kWh)	Energía Ahorrada (kWh)	% cubierto
<b>Enero</b>	1360	735,26	54,06
<b>Febrero</b>	1644,8	982,69	59,75
<b>Marzo</b>	1262,8	1046,91	82,90
<b>Abril</b>	1176	905,77	77,02
<b>Mayo</b>	462	445,70	96,47
<b>Octubre</b>	243,2	243,20	100,00
<b>Noviembre</b>	570	570,00	100,00
<b>Diciembre</b>	846,8	543,30	64,16
<b>Anual</b>	7565,6	5472,84	72,34

**Tabla A.3.6: Ahorros reales por meses y de forma anual que supone la instalación del sistema solar de baja temperatura**

Como se puede ver la cobertura total anual es superior a la calculada en un primer momento, lo que favorece todavía más la idea de poder llevar a cabo este tipo de instalación. Los meses de junio, julio, agosto y septiembre no aparecen en la tabla anterior debido a que durante esta época del año los captadores permanecerán tapados, a excepción de uno (el que dotará a la vivienda de A.C.S.). Esto se debe a que ningún mes del año puede superar el 110% de cobertura solar y no se puede dar una cobertura del 100% mensual durante 3 meses consecutivos, y en esta época se estaría ante dicha situación por lo que se optará por esa solución.

Durante los meses de utilización de la calefacción (que son los estudiados en este proyecto para calefacción) los resultados obtenidos aparecen en la Tabla A.3.7 que aparece a continuación:

	Consumo Real	Energía Ahorrada	% cubierto
<b>Noviembre</b>	570	570	100,00
<b>Diciembre</b>	846,80	543,30	64,16
<b>Enero</b>	1.360	735,26	54,06
<b>Febrero</b>	1.644,80	982,69	59,75
<b>Marzo</b>	1.262,80	1.046,91	82,90
<b>Anual</b>	5.684	3.878	68,22

**Tabla A.3.7: Ahorro real que produce la instalación de captadores solares estudiada en los meses de la utilización de la calefacción**

Esto supone que durante los meses de uso de calefacción el **68,22 %** queda cubierto por los seis captadores con los que cuenta la instalación.



## **Anexo 4. Cálculo de la Instalación Solar para A.C.S.**

Para el dimensionamiento de este sistema se ha utilizado una hoja Excel en la que viene implementado el método F-chart al igual que en el caso de la obtención de la energía necesaria para calefacción. Así pues una vez citado el método que se va a utilizar se pasa a explicarlo, ya que tiene una pequeña diferencia con el anterior y es la manera de hallar la demanda de A.C.S.

### **1. Cálculo de la energía necesaria para la obtención de A.C.S**

Para realizar el cálculo de la energía necesaria para la obtención del A.C.S se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{mensual} = C_e \cdot C \cdot N \cdot (T_{A.C.S.} - T_{red})$$

siendo:

**$Q_{mensual}$**  : Carga calorífica mensual de calentamiento de A.C.S. (kcal · 1000/mes)

**$C_e$**  : Calor específico. Para agua: **1kcal/ (kg °C)**

**$C$**  : Consumo diario de A.C.S (l/día), en este caso: **160 l/día**

**$T_{A.C.S.}$**  : Temperatura del agua caliente de acumulación (°C): **45°C**

**$T_{red}$**  : Temperatura del agua de red (°C)

**$N$**  : Número de días del mes

Con ello se realiza el cálculo de la energía necesaria para A.C.S. la cual se recoge en la Tabla A.4.1 que se muestra a continuación:

Mes	Energía Necesaria (Kcal 1000)
Enero	173,6
Febrero	151,4
Marzo	161,7
Abril	150,7
Mayo	149,8
Junio	139,2
Julio	137,9
Agosto	143,8
Septiembre	145
Octubre	155,7
Noviembre	156,5
Diciembre	167,6

**Tabla A.4.1: Energía necesaria para la producción de A.C.S. demandada por la vivienda (Kcal · 1000)**

## **2. Cálculo de los parámetros adimensionales D1 y D2**

Como en el caso de los cálculos realizados para hallar la energía necesaria para calefacción se deben de calcular dichos parámetros con los que a su vez podremos calcular el parámetro más importante “*f*”, el cual proporciona la energía aportada por el captador solar.

### ***a) Cálculo parámetro D1***

El parámetro a calcular en este caso es el resultado de dividir la Energía absorbida útil por el captador solar entre la demanda de energía del correspondiente mes. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$D_1 = \frac{E_{\text{absorbida útil}}}{DE_{\text{mes}}} = \frac{S_c \cdot \eta_o \cdot MAI \cdot FC_{\text{int}} \cdot G_{\text{dm}} \cdot N_{\text{días,mes}}}{DE_{\text{mes}}}$$

siendo:

$S_c$ : superficie de los captadores

$\eta_o$ : rendimiento óptico del captador,  $\eta_o = 0,766$

$MAI$ : modificador del ángulo de incidencia (0,96)

$FC_{int}$ : factor de corrección del conjunto captador-intercambiador (0,95)

$G_{dm}$ : Grados día (°C)

$N_{días,mes}$ : N° días del mes

Los resultados del parámetro D1 para los diferentes meses del año son los siguientes:

Mes	Energía Absorbida Útil (kcal 1000)	Energía necesaria (kcal 1000)	Factor D1
Enero	131,94	173,60	0,76
Febrero	183,19	151,40	1,21
Marzo	215,06	161,70	1,33
Abril	210,98	150,70	1,40
Mayo	236,68	149,80	1,58
Junio	233,86	139,20	1,68
Julio	257,87	137,90	1,87
Agosto	258,84	143,80	1,80
Septiembre	207,35	145,00	1,43
Octubre	163,49	155,70	1,05
Noviembre	118,94	156,50	0,76
Diciembre	98,88	167,60	0,59

**Tabla A.4.2: Resultados del Factor D1 para los distintos meses del año**

**b) Cálculo parámetro D2**

El parámetro a calcular en este caso es el resultado de dividir la Energía perdida por el captador solar entre la demanda de energía del correspondiente mes. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$D_2 = \frac{E_{perdida}}{DE_{mes}} = \frac{S_c \cdot K_{global} \cdot FC_{int} \cdot (100 - T_{amb}) \cdot FC_{acu} \cdot FC_{ACS} \cdot 24 \cdot N_{días,mes}}{DE_{mes}}$$

siendo:

**S<sub>c</sub>** : superficie de los captadores

**K<sub>global</sub>** : coeficiente global de pérdidas,  $k_{global} = 1,42 \text{ W/(m}^2 \text{ °C)}$

**FC<sub>int</sub>** : factor de corrección del conjunto captador-intercambiador (0,95)

**N<sub>días,mes</sub>** : N° días del mes

**FC<sub>acu</sub>** : Factor de corrección del acumulador, que viene determinado por la siguiente ecuación:

$$FC_{acu} = \left( \frac{V_{acu-solar}/S_c}{75 \text{ l/m}^2} \right)^{-0,25}$$

Dicho factor de corrección se tiene que situar entre los valores que dictamina el código técnico de la edificación, y que queda situado entre:

$$50 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} < \frac{V_{acu-solar}}{S_c} < 180 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}$$

$$50 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} < \frac{1000}{12} < 180 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}$$

Así pues el FC<sub>acu</sub> da como resultado **0,98**

$FC_{ACS}$  : Factor de corrección por temperatura de agua, dicho factor se obtiene mediante:

$$FC_{ACS} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_{ACS,min} + 3,86 \cdot T_{red} - 2,32 \cdot T_{amb}}{100 - T_{amb}}$$

Las distintas temperaturas de  $T_{ACS,min}$ ,  $T_{red}$ ,  $T_{amb}$  quedan definidas en el **apartado 6.2** en el que se indican las condiciones de cálculo para todas las instalaciones.

Después de explicar los distintos parámetros que dan lugar al cálculo del parámetro D1, se muestran los resultados para los distintos meses del año en la Tabla A.4.3:

Mes	Energía Perdida (kcal 1000)	Energía necesaria (kcal 1000)	Factor D2
Enero	131,94	173,60	0,99
Febrero	183,19	151,40	1,04
Marzo	215,06	161,70	1,03
Abril	210,98	150,70	1,06
Mayo	236,68	149,80	1,06
Junio	233,86	139,20	1,04
Julio	257,87	137,90	1,08
Agosto	258,84	143,80	0,96
Septiembre	207,35	145,00	0,95
Octubre	163,49	155,70	1,01
Noviembre	118,94	156,50	1,06
Diciembre	98,88	167,60	1,06

**Tabla A.4.3: Resultados del Factor D2 para los distintos meses del año**

### **3. Cálculo del parámetro “f” y del ahorro que supone la instalación de los captadores solares de baja temperatura**

Después de calcular los parámetros D1 y D2 únicamente queda por calcular el parámetro  $f$  que es el que nos proporciona la energía útil obtenida por captador solar en los diferentes meses del año. Este parámetro queda definido por la siguiente expresión:

$$f_{mes} = 1,029D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 \cdot D_1^3$$

Los resultados quedan reflejados en la Tabla A.4.4:

Mes	Factor D1	Factor D2	f
Enero	0,76	0,99	0,584
Febrero	1,21	1,04	0,861
Marzo	1,33	1,03	0,919
Abril	1,40	1,06	0,951
Mayo	1,58	1,06	1,033
Junio	1,68	1,04	1,074
Julio	1,87	1,08	1,140
Agosto	1,80	0,96	1,124
Septiembre	1,43	0,95	0,972
Octubre	1,05	1,01	0,774
Noviembre	0,76	1,06	0,583
Diciembre	0,59	1,06	0,456

**Tabla A.4.4: Resultados obtenidos para el factor “f” para los distintos meses del año**

Una vez calculado este parámetro sólo queda obtener la demanda que cubren los captadores, es decir, el ahorro que supone en cuanto a energía para la preparación de agua caliente sanitaria se refiere. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EU_{solar,mes} = f_{mes} \cdot DE_{mes}$$

siendo:

**$EU_{solar,mes}$**  : La energía útil cubierta por los captadores solares

**$f_{mes}$**  : Parámetro del método F-Chart

**$DE_{mes}$**  : Demanda de energía mensual

Los datos obtenidos son los que aparecen en la tabla siguiente:

Mes	f	Energía necesaria (kcal 1000)	Ahorro Energía (kcal 1000)	% Ahorro
Enero	0,584	173,6	101,4	58,4
Febrero	0,861	151,4	130,4	86,1
Marzo	0,919	161,7	148,6	91,9
Abril	0,951	150,7	143,4	95,1
Mayo	1,033	149,8	149,8	100
Junio	1,074	139,2	139,2	100
Julio	1,140	137,9	137,9	100
Agosto	1,124	143,8	143,8	100
Septiembre	0,972	145,0	140,9	97,2
Octubre	0,774	155,7	120,6	77,4
Noviembre	0,583	156,5	91,2	58,3
Diciembre	0,456	167,6	76,4	45,6
Anual		1833,0	1523,5	83,1

**Tabla A.4.5: Resultados del ahorro obtenido mediante la utilización del método F-chart**

Como se puede ver la cobertura anual que se obtendría con la instalación detallada en el siguiente anexo sería de un **83,1%**.

## Anexo 5. Detalles de la Instalación Solar

En este anexo se van a indicar los diferentes pasos llevados a cabo para realizar la instalación térmica solar de baja temperatura en lo referente a cubrir la demanda de calefacción y refrigeración necesaria en la vivienda así como la de agua caliente sanitaria.

### 1. Orientación e inclinación de los captadores solares

Los captadores solares van a quedar emplazados en la cubierta del tejado de la vivienda, de esta manera quedaran instalados por *superposición*. La cubierta del tejado posee una inclinación de  $35^\circ$  y se encuentra orientada a  $150^\circ$  Sureste, estos datos son necesarios para el cálculo de pérdidas tanto de inclinación como de orientación.

Por lo tanto después de indicar ambos valores se va a comprobar si las pérdidas causadas por ello entran o no dentro de los límites estipulados por el *Documento Básico de Ahorro de la Energía* [3]. Para llevar a cabo este cálculo es necesario lo siguiente:

- El ángulo de azimut ( $\alpha$ ): Definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. En este caso adopta un valor en función de la orientación y teniendo una orientación de  $150^\circ$  Sureste, su valor es de  $-30^\circ$ .

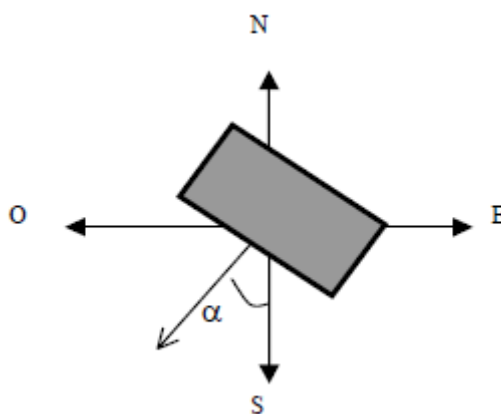


Figura A.5.2: Ángulo de azimut ( $\alpha$ )



- El ángulo de inclinación ( $\beta$ ): Definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. En el proyecto tiene un valor de  $35^\circ$  que es igual a la inclinación de la cubierta del tejado, ya que quedaran dispuestos por superposición.

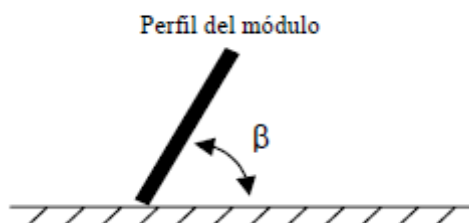


Figura A.5.2: Ángulo de inclinación ( $\beta$ )

- La latitud ( $\Phi$ ): Híjar posee una latitud de  $41^\circ 10' 32''$ , dato que se utiliza para marcar el rango de inclinaciones permitidas para tener como máximo unas pérdidas impuestas.

Las pérdidas que marca el *Documento Básico de Ahorro de la Energía en su Sección H4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria* quedan recogidas en la siguiente tabla:

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

Tabla A.5.1: Pérdidas límite permitidas por el Documento Básico de Ahorro de Energía en su apartado 2 de la Sección HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En este caso y como ya se ha indicado los captadores van a quedar emplazados sobre la cubierta por lo que se debe tener en cuenta las pérdidas por superposición, debido a esto las pérdidas máximas no pueden superar el **20%** en el caso de orientación e inclinación y el **15%** en cuanto a sombras se refiere. Una vez indicadas las pérdidas máximas permitidas se pasa a detallar los cálculos efectuados:

Conocido el acimut, cuyo valor es  $-30$ , se determina en la Figura A.5. de la *Sección HE4* los límites para inclinación en el caso de  $\Phi = 41$ . Los puntos de intersección con el límite de pérdidas del **20%** (borde exterior de la región 80% - 90%), máximo para el caso de superposición, con la recta de acimut  $-30$  nos proporciona los siguientes valores (ver la siguiente figura):

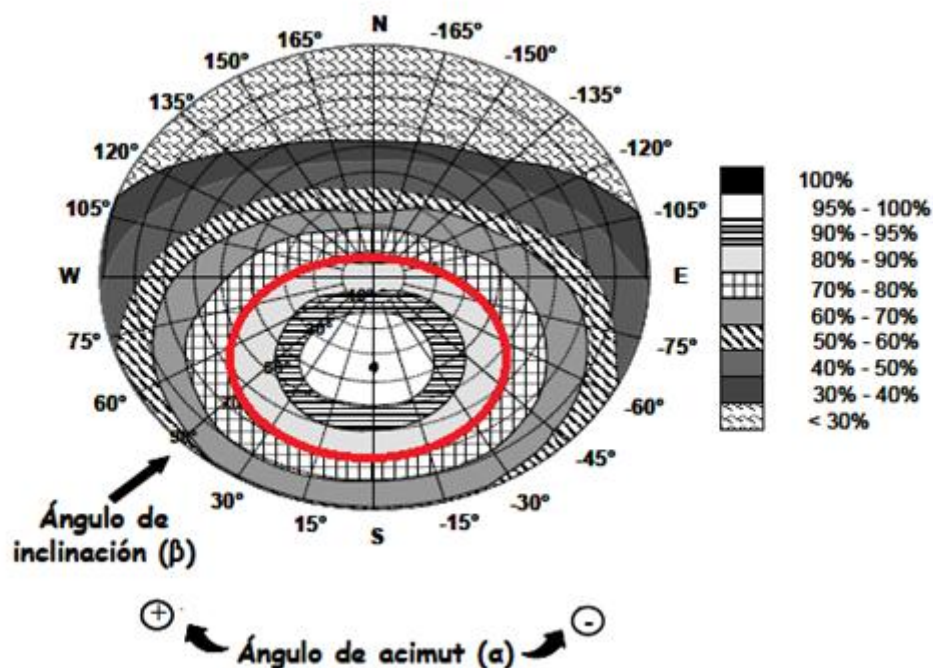


Figura A.5.3: Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación

Inclinación máxima:  $68^\circ$

Inclinación mínima:  $0^\circ$  (inferior a  $0^\circ$ )

Corregimos para la latitud de la población con las siguientes expresiones:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación}(\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación}(\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

Para el caso de inclinación máxima queda lo siguiente:

$$\text{Inclinación máxima} = 68^\circ - (41^\circ - 41^\circ) = 68^\circ$$

Para el caso de inclinación mínima se desestima el realizar este cálculo ya que el valor mínimo es  $0^\circ$ .

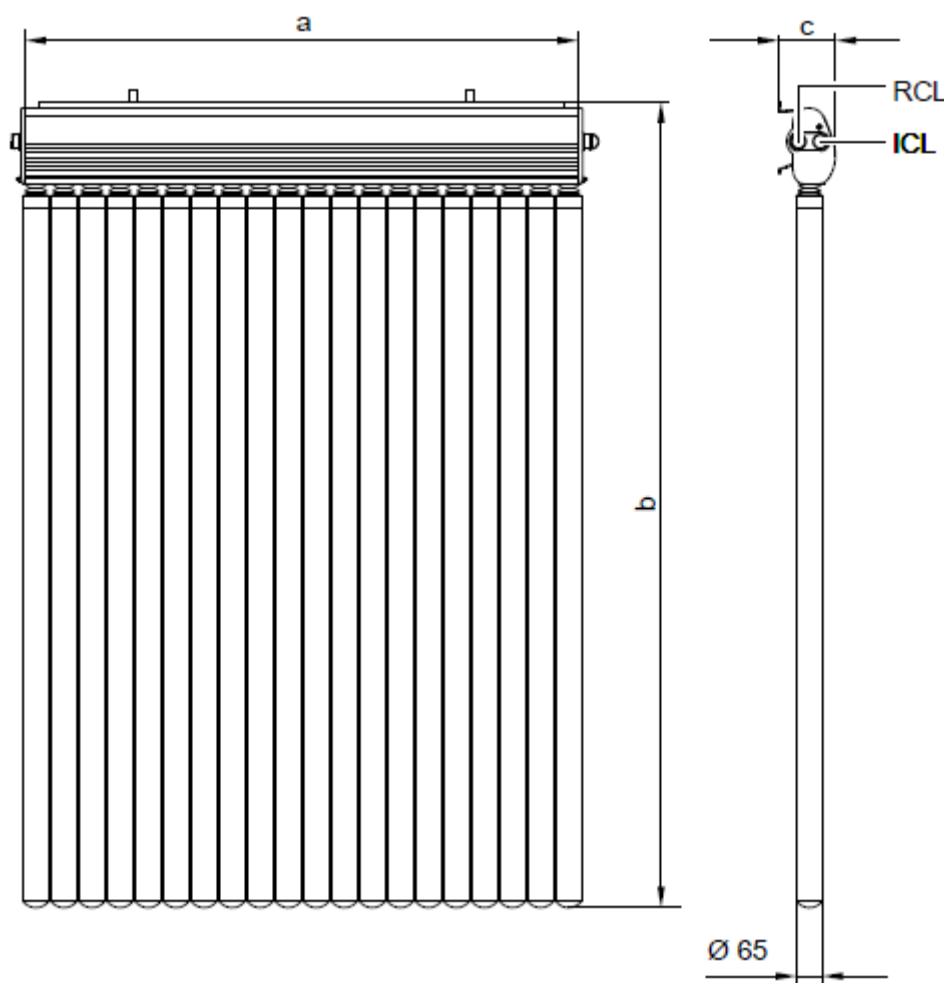
Por lo tanto se puede observar que las pérdidas producidas por inclinación y orientación son inferiores a las marcadas por el *Documento Básico de Ahorro de la Energía*.

En lo referido a pérdidas por sombras se va prescindir de su cálculo ya que no hay edificios que puedan producir ninguna.

## **2. Selección de los captadores y de su situación en la cubierta**

### **2.1 Selección de los captadores solares**

Los captadores elegidos para dicha instalación han sido los de tubo de vacío debido a su mayor rendimiento y capacidad para trabajar a mayores temperaturas que los de placa plana, siendo elegido un número de 6 captadores para la instalación. A continuación se muestran las características de dichos captadores:



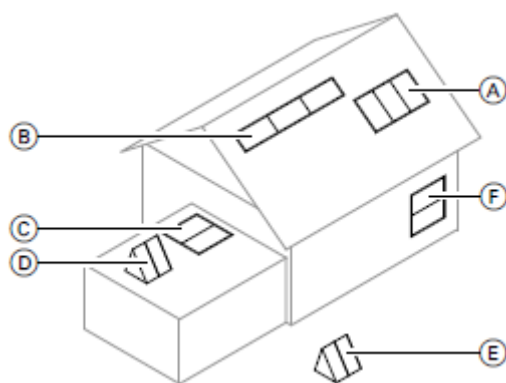
**Figura A.5.4: Captador solar seleccionado modelo VIESSMANN Vitosol 200-T SP2**

RC: Retorno colector  
IC: Impulsión colector

### **Datos Técnicos**

<b>Modelo SP2</b>		2 m
<b>Número de Tubos</b>		20
<b>Superficie bruta</b> (dato necesario a la hora de solicitar subvenciones)	m <sup>2</sup>	2,88
<b>Superficie de absorción</b>	m <sup>2</sup>	2
<b>Superficie de apertura</b>	m <sup>2</sup>	2,15
<b>Posición de montaje</b> (consultar la siguiente Fig.)		A, B, C, D, E, F, G
<b>Distancia entre colectores</b>	mm	102
<b>Dimensiones</b>		
Anchura (a)	mm	1420
Altura (b)	mm	2040
Profundidad (c)	mm	143
Los valores siguientes se refieren a la superficie de absorción:		
- Rendimiento óptico	%	76,6
- Coef. De pérdida de calor k1	W/(m <sup>2</sup> k)	1,42
- Coef. De pérdida de calor k2	W/(m <sup>2</sup> k <sup>2</sup> )	0,005
<b>Capacidad térmica</b>	kJ/(m <sup>2</sup> k)	8,4
<b>Peso</b>	kg	58
<b>Volumen de fluido</b> (medio portador de calor)	litros	1,13
<b>Presión de servicio adm.:</b>	bar	6
<b>Temperatura máx. de inactividad</b>	°C	270
<b>Capacidad de producción de vapor</b>	W/m <sup>2</sup>	100
<b>Conexión</b>	Φ en mm	22

**Tabla A.5.2: Características del captador solar seleccionado modelo *VIESSMANN Vitosol 200-T SP2***



**Figura A.5.5: Posibles disposiciones del captador solar seleccionado**

## 2.2 Situación de los captadores en la cubierta

Como ya se ha indicado antes los captadores quedan instalados en la cubierta de la vivienda, la cual posee una inclinación de  $35^\circ$  y una orientación de  $150^\circ$  Sureste.

La superficie que puede ser ocupada por los captadores solares es de  $24,47 \text{ m}^2$  y en este caso se van a ocupar un total de  $17,4 \text{ m}^2$ , en los cuales quedaran instaladas dos baterías de captadores con un área ocupada por cada una de ellas de  $8,7 \text{ m}^2$ . Cada una de estas baterías queda compuesta por tres captadores.

Estos captadores quedan instalados por superposición, por lo que se deben ajustar de una manera u otra a la cubierta del tejado. En este caso se utilizara un montaje con ganchos de tejado, este sistema se puede observar en la Figura A.5.6 que aparece a continuación:

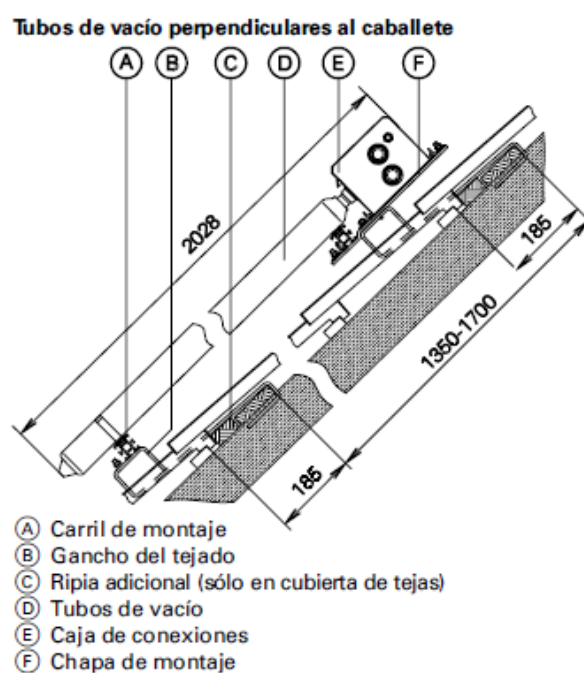


Figura A.5.6: Esquema de la instalación de los captadores solares mediante ganchos de tejado

### **3. Selección del Fluido Caloportador**

En lo que respecta al fluido de trabajo primario se ha elegido una mezcla de **agua + glicol** debido a que su temperatura de congelación es inferior a 0 °C previniendo así posibles congelaciones y con ello evitar el deterioro de la instalación.

Las características de la mezcla quedan descritas a continuación, estableciendo sus propiedades para unas temperaturas de trabajo en torno a los 75 °C que es una temperatura a la que puede llegar al absorber la energía captada procedente del sol:

- **Composición:** Agua 70% + Etilenglicol 30% (peso)
- **Temperatura de congelación:** -12,8 °C
- **Temperatura de ebullición:** 102 °C
- **Densidad (75°C):** 1020 kg/m<sup>3</sup>
- **Calor específico (75°C):** 3811 J/ Kg K
- **Conductividad térmica (75°C):** 0,495 W/m K
- **Viscosidad (75°C):** 0,000485 Kg/m s

### **4. Selección de la Bomba de Calor**

El modelo elegido pertenece a la empresa **CIAT** siendo el **AQUALIS 2+ 28H** el cual proporciona una potencia de **7,66 kW** en calefacción y **6,62 kW** en refrigeración. Sus características más importantes se indican a continuación:

Datos Técnicos

QUICK SELECTION



AQUALIS 2+		20H	28H	35H	50H	35HT	50HT	65HT	75HT
Heating capacity to 7/6°C 30/35°C	kW	6.27	7.96	10.4	13.08	10.27	13.5	16.67	19.41
Power input	kW	1.64	2.09	2.7	3.2	2.5	3.36	4.1	4.85
COP*		3.81	3.81	3.85	4.08	4.1	4.01	4.06	4.01
Heating capacity to 7/6°C 40/45°C	kW	5.89	7.66	10.11	12.48	10.4	13.39	16.11	19.13
Power input	kW	2	2.54	3.3	3.9	3.06	4.18	4.96	6
COP*		2.94	3	3.06	3.2	3.3	3.2	3.25	3.18
Cooling capacity	kW	4.85	6.62	8.25	11.77	8.2	11.66	14.91	16.6
Power input	kW	2.06	2.54	3.22	4.01	2.9	4.46	4.75	6.32
EER **		2.3	2.6	2.6	2.9	2.8	2.6	3.1	2.6
Supply voltage		230V - 1ph - 50Hz + E + N				400V - 3ph - 50Hz + E+N			
Sound power ***	dB(A)	69.6	70	71	72.3	71	72.3	73.5	75

\* COP NFPA certified under no. NF 414-676 (except model 75)

\*\* Performance indicated for COLD conditions at 7/12°C air 35°C

\*\*\* Sound power NFPA certified (except model 75)

Tabla A.5.3: Características que posee la bomba de calor seleccionada modelo AQUALIS 2+ 28H

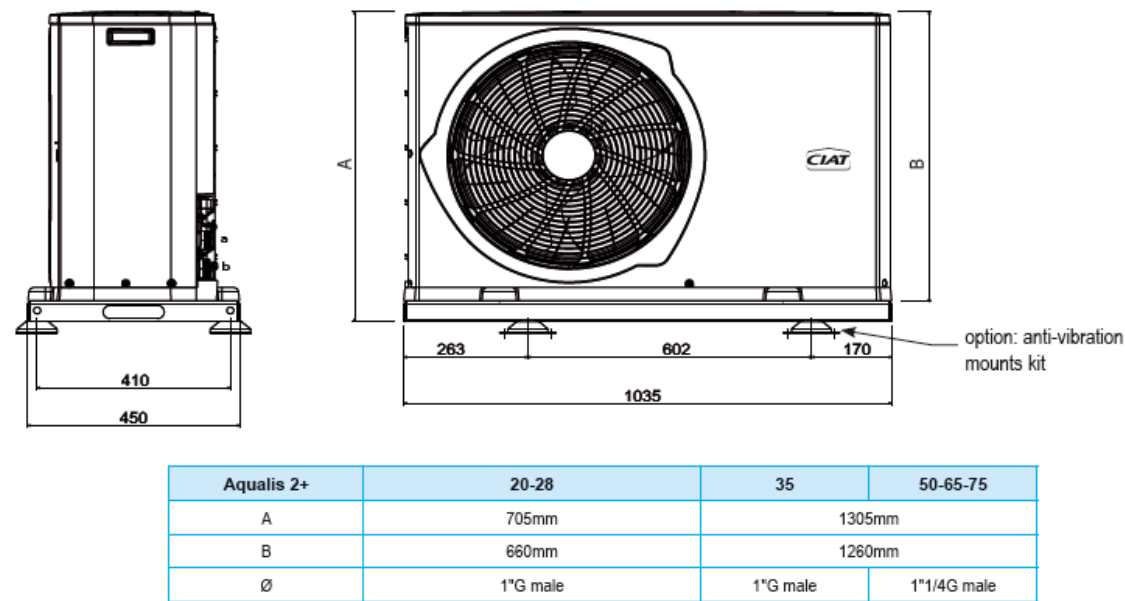


Figura A.5.7: Modelo seleccionado AQUALIS 2+ 28H

### **5. Selección del Depósito de Inercia**

La selección del depósito de inercia se realiza acorde con lo citado en el **punto 3.3** del ya nombrado **Documento Básico de Ahorro de Energía en su Sección HE4**, por el cual el cociente obtenido entre el volumen del acumulador y la suma de las áreas de los captadores tienen que quedar establecidas dentro de un rango que se marca. Así pues se pasa a detallar si cumple o no cumple lo indicado, utilizando la siguiente expresión:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

siendo:

V: Volumen del depósito de inercia, en este caso **1000 l**

A: Suma de las áreas de los captadores, en este caso **12 m<sup>2</sup>**

Quedando un resultado de:

$$50 < \mathbf{83,3} < 180$$

Con lo que cumple con lo indicado y por lo tanto, el área de los captadores y el volumen del depósito de inercia están bien seleccionados.

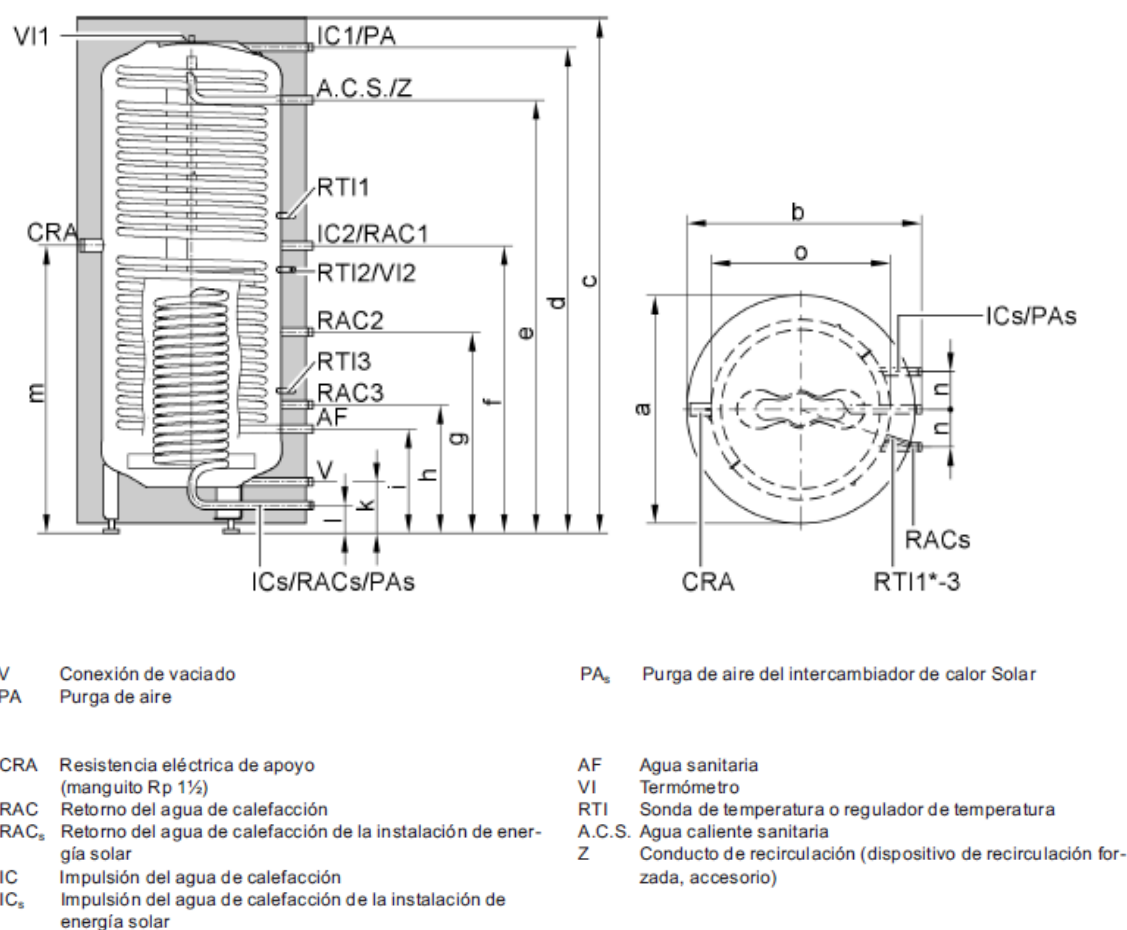
Así pues el modelo seleccionado pertenece a la casa **VIESSMANN** y es el **Vitocell 360-M 1000 l**, cuyas características se citan en la Tabla A.5.4 que aparece a continuación:



**Datos Técnicos**

<b>Capacidad del interacumulador</b>	<b>l</b>	<b>1000</b>
Capacidad del intercambiador de calor Solar	l	14
<b>Dimensiones</b>		
Longitud ( $\Phi$ )		
-Con aislamiento térmico	a mm	1060
- Sin aislamiento térmico	o mm	850
Anchura	b mm	1100
Altura		
- Con aislamiento térmico	c mm	2100
- Sin aislamiento térmico	mm	2044
Medida de Inclinación		
- Sin aislamiento térmico	mm	2130
Altura mínima de montaje	mm	2190
<b>Peso</b>		
- Con aislamiento térmico	kg	240
- Sin aislamiento térmico	kg	224
<b>Conexiones</b>		
Impulsión y retorno del agua de calefacción	R	1 <sup>1/4</sup>
Agua fría, agua caliente	R	1
Impulsión y retorno del agua de calefacción (solar)	G	1
<b>Intercambiador de calor solar</b>	m <sup>2</sup>	2,1
Superficie de transmisión		
<b>Intercambiador de calor para agua caliente sanitaria</b>		
Superficie de transmisión	m <sup>2</sup>	7,2
<b>Superficie de apertura máxima conectable Vitosol</b>	m <sup>2</sup>	20
<b>Consumo por disposición qbs</b> (índice normalizado)	kWh/24h	1,55
<b>Vaux</b> (volumen: parte de disposición de servicio)	l	433
<b>Vsol</b> (volumen: circuito solar)	l	567

**Tabla A.5.4: Datos técnicos del modelo del depósito de inercia seleccionado, *modelo Vitocell 360-M 1000 I***



**Figura A.5.8: Características del modelo de depósito de inercia seleccionado Vitocell 360-M 1000 l**

## 6. Cálculo del caudal circulante

El caudal es impuesto acorde con las restrictivas que indican las especificaciones del código técnico, por ello está comprendido entre  $1,2$  y  $2 \text{ l/s } 100 \text{ m}^2$ . Traducido esto a un caudal situado entre  $43,2$  y  $72 \text{ l/h m}^2$ , por lo que se escoge un caudal de  $50 \text{ l/h m}^2$  que será suficiente.

Sabiendo que el área unitaria (de absorción) del captador seleccionado es de  $2 \text{ m}^2$  y la instalación consta de  $6$  captadores únicamente queda aplicar las siguientes expresiones:

$$Q_{\text{unitario}} = Q \cdot \text{Área}_{\text{unitaria captador}}$$

dejando el siguiente resultado en cuanto a caudal unitario se refiere:

Qunitario (l/h)	Q (l/h m <sup>2</sup> )	Área captador (m <sup>2</sup> )
100	50	2

**Tabla A.5.5: Caudal unitario de la instalación solar de baja temperatura**

$$Q_{global} = Q \cdot \text{Área}_{unitaria\ captador} \cdot N^{\circ}_{captadores}$$

siendo el caudal global que circulará por el **Tramo 1-2** y el **Tramo 3'-4** el que aparece en la Tabla A.5.6:

Qglobal (l/h)	Q(l/h m <sup>2</sup> )	Área captador (m <sup>2</sup> )	Nº captadores
600	50	2	6

**Tabla A.5.6: Caudal global de la instalación solar de baja temperatura**

## **7. Cálculo de pérdidas de carga**

En primer lugar se obtiene la velocidad media del fluido en el interior de la tubería por la que circula mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q}{A}$$

siendo:

**V:** Velocidad media del fluido dentro de la tubería (m/s)

**Q:** Caudal que circula dentro de la tubería (m<sup>3</sup>/s)

**A:** Área atravesada por el fluido al circular dentro de la tubería (m<sup>2</sup>)

Nº de Tramo	Caudal (m³/s)	Diametro interior (m)	Velocidad (m/s)
Tramo 1-2	0,000166667	0,026	0,31
Tramo 2-2'	8,33333E-05	0,02	0,27
Tramo 2-3	8,33333E-05	0,02	0,27
Tramo 3-3	8,33333E-05	0,02	0,27
Tramo 2'-3'	8,33333E-05	0,02	0,27
Tramo 3'-4	0,000166667	0,026	0,31

**Tabla A.5.7: Velocidades medias que se dan en el interior de los diferentes tramos que constituyen la instalación solar de baja temperatura**

A continuación mediante dicha velocidad, la densidad y viscosidad cinemática del fluido y la longitud de la tubería se obtiene el número de Reynolds ( $Re$ ), el cual caracteriza la tipología del flujo que se da en el interior de la tubería utilizando la siguiente expresión:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot l}{\mu}$$

siendo:

**$Re$ :** Número de Reynolds

**$\rho$ :** Densidad del fluido (kg/m³)

**$V$ :** Velocidad media del fluido dentro de la tubería (m/s)

**$l$ :** Longitud de la tubería (m)

**$\mu$ :** Viscosidad dinámica del fluido (kg/m s)

Características del fluido caloportador que en este caso es *agua + etilenglicol*, cogiendo dichas características con un 30% peso de etilenglicol y a 75 °C que será la temperatura de trabajo de dicho fluido:

Densidad:	1020 (kg/m³)
$\mu$ :	0,000745 (kg/m s)

**Tabla A.5.8: Características físicas del fluido caloportador**

Se obtienen los números de Reynolds que aparecen en la Tabla A.5.9:

Nº de Tramo	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Reynolds
Tramo 1-2	6,5	0,31	11178,68
Tramo 2-2'	5	0,27	7266,14
Tramo 2-3	2,5	0,27	7266,14
Tramo 3-3	5	0,27	7266,14
Tramo 2'-3'	2,5	0,27	7266,14
Tramo 3'-4	5,5	0,31	11178,68

**Tabla A.5.9: Números de Reynolds obtenidos para los tramos que componen la instalación solar de baja temperatura**

Después de esto se pasa a obtener el coeficiente de fricción ( $f$ ) que más tarde se utilizará en la ecuación de Darcy-Weisbach. En este caso se obtienen números de **Reynolds**  $> 4000$  lo que indica que se está ante un régimen de flujo turbulento completamente desarrollado por lo que el coeficiente de fricción pasa a depender solo de la rugosidad relativa según Von Karman. La ecuación utilizada en este proyecto para calcular este coeficiente es la de **Haaland** [12], la cual es una solución alternativa a la ecuación de Colebrook y White y por la que se puede obtener directamente la función explícita  $f=f(R_e)$  mediante la siguiente expresión:

$$f \cong \frac{0,3086}{\left\{ \log \left[ \left( \frac{\varepsilon}{3,7} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \right\}^2}$$

siendo:

**$f$**  : Coeficiente de fricción

**$Re$** : Número de Reynolds

**$\varepsilon$** : Rugosidad relativa

Esta rugosidad relativa se obtiene de la siguiente manera:

$$\varepsilon = e/D$$

siendo:

**e:** Rugosidad absoluta de la tubería (mm)

**D:** Diámetro interior de la tubería (mm)

Nº de Tramo	Reynolds	e(mm)	Diametro interior (mm)	f (coef fricción Haaland)
<b>Tramo 1-2</b>	11178,68	0,0015	26	0,0300
<b>Tramo 2-2'</b>	7266,14	0,0015	20	0,0338
<b>Tramo 2-3</b>	7266,14	0,0015	20	0,0338
<b>Tramo 3-3</b>	7266,14	0,0015	20	0,0338
<b>Tramo 2'-3'</b>	7266,14	0,0015	20	0,0338
<b>Tramo 3'-4</b>	11178,68	0,0015	26	0,0300

**Tabla A.5.10: Datos obtenidos para el coeficiente de fricción que se da en los diferentes tramos que componen la instalación solar de baja temperatura**

Una vez obtenidos estos datos se puede ya utilizar la ecuación de Darcy-Weisbach para obtener las pérdidas de carga por rozamiento con las tuberías o también llamadas pérdidas de carga primarias mediante la siguiente ecuación:

$$h_p = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

siendo:

**h<sub>p</sub>:** Pérdidas de carga primarias (m.c.a.)

**L:** Longitud del tramo de la tubería (m)

**D:** Diámetro interior de la tubería (m)

**V:** Velocidad media del fluido dentro de la tubería (m/s)

**g:** Valor de la gravedad, 9,81 (m/s<sup>2</sup>)

A continuación aparecen las pérdidas de carga primarias obtenidas:

Nº de Tramo	hp (m.c.a.)
Tramo 1-2	0,0377
Tramo 2-2'	0,0303
Tramo 2-3	0,0152
Tramo 3-3	0,0303
Tramo 2'-3'	0,0152
Tramo 3'-4	0,0319

**Tabla A.5.11: Pérdidas de carga primarias obtenidas en los diferentes tramos que componen la instalación solar de baja temperatura**

Después de calcular las pérdidas de carga primarias se deben calcular las pérdidas por singularidades, estas se dan debido al paso del fluido por elementos como válvulas, codos, T's... Así pues para el cálculo de estas se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

siendo:

**h<sub>s</sub>:** Pérdidas de carga singulares o locales (m.c.a.)

**K:** Coeficiente de pérdida local de cada accesorio

**V:** Velocidad media del fluido al atravesar el accesorio (m/s)

**g:** Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Los coeficientes de pérdidas locales de los accesorios (K) aparecen a continuación, en la Tabla A.5.12, así como el número de cada uno de los accesorios que aparecen en los distintos tramos.

Valores del coef de pérdidas locales de los accesorios utilizados:

Elemento	K
Válvula esfera	10
Válvula antirretorno	2,5
Codo 90 normal	0,9
Empalme T90	1,8

**Tabla A.5.12: Accesorios que aparecen en la instalación solar de baja temperatura con sus respectivos coeficientes de pérdidas locales “k”**

Número de accesorios por cada tramo de tubería:

Nº de Tramo	Nº T90	Nº válvulas antirretorno	Nº codos	Nº valvulas esfera
Tramo 1-2	1	1	3	1
Tramo 2-2'	0	0	0	2
Tramo 2-3	0	0	1	0
Tramo 3-3	0	0	0	2
Tramo 2'-3'	0	0	1	0
Tramo 3'-4	1	0	4	1

**Tabla A.5.13: Accesorios por tramos que se dan en la instalación solar de baja temperatura**

Una vez mostrados los distintos accesorios utilizados y sus correspondientes coeficientes de pérdidas locales se muestran las pérdidas que producen:

Nº de Tramo	hs (m.c.a.)
Tramo 1-2	0,0854
Tramo 2-2'	0,0717
Tramo 2-3	0,0032
Tramo 3-3	0,0717
Tramo 2'-3'	0,0032
Tramo 3'-4	0,0773

**Tabla A.5.14: Pérdidas locales que se dan en los distintos tramos de la instalación solar de baja temperatura debido a los accesorios utilizados**



Por último se deben tener en cuenta las pérdidas producidas por los equipos siendo contempladas pues, las pérdidas producidas en los captadores solares y en el interacumulador.

	hs (m.c.a.) por unidad	Unidades	hs total (m.c.a.)
<b>Colectores</b>	0,23	6	1,38
<b>Intercambiador</b>	0,18	1	0,18

**Tabla A.5.15: Pérdidas locales que se dan en los equipos utilizados en la instalación solar de baja temperatura**

Después de mostrar las diferentes pérdidas de carga que tienen lugar en el circuito hidráulico se muestran las pérdidas de carga totales en la Tabla A.5.16:

Total hp (m.c.a.) por fricción	0,16
Total hs (m.c.a.) en accesorios	0,31
Total hs (m.c.a.) en equipos	1,56
<b>Pérdidas de carga totales (m.c.a.)</b>	<b>2,03</b>

**Tabla A.5.16: Pérdidas de carga totales que se dan en la instalación solar de baja temperatura**

Como se puede ver el total de pérdidas de carga del circuito hidráulico del sistema solar de baja temperatura es de **2,03 m.c.a.**

## **8. Selección de la bomba de circulación**

Una vez explicado el valor de las pérdidas y recordado el valor del caudal que circula por el circuito primario se debe elegir una bomba de circulación.

Esta se debe elegir en función de los dos parámetros nombrados y sabiendo que debe impulsar un caudal de **600 l/h** y superar unas pérdidas de **2,03 m.c.a.** Así pues el modelo elegido pertenece a la empresa *Sedical* siendo el **SAM 30/145-0.2/K** cuyas características quedan recogidas a continuación:

Fecha	:	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	:	Dirección	:
Referencia	:	Localidad	:

## SEDICAL - HOJA TÉCNICA DE LA BOMBA SAM 25/125-0.05/K

### Descripción del producto

En todos los sistemas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, agua, agua de condensados, agua glicolada hasta el 50%, otros medios sin aceites minerales o abrasivos.

Calidad del agua: Libre de sustancias sólidas abrasivas o no, cristalizadas o mezclas químicas y químicamente neutras.

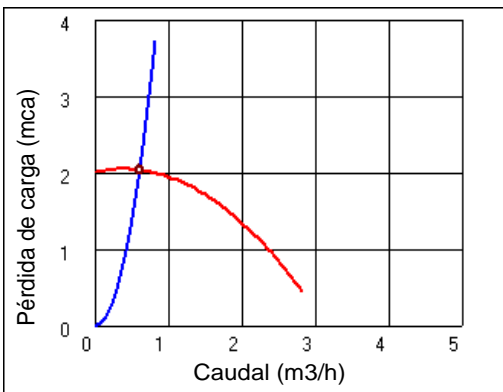
### Datos requeridos

Uso : CALEFACCIÓN  
 Fluido : 30% ET. GLICOL  
 Rotor : SECO  
 Tipo : SIMPLE  
 Caudal : 0.6 m<sup>3</sup>/h  
 Pérdida de carga : 2.0 mca  
 Temperatura de trabajo : 90.0 °C  
 Posición :

### Datos obtenidos Bomba

Modelo : SAM 25/125-0.05/K  
 Rodete : Ø 83  
 Caudal : 0.6 m<sup>3</sup>/h  
 Pérdida de carga : 2.0 mca  
 NPSH requerido : 1.6 m  
 Nivel sonoro : 26 dB(A)  
 Construcción : In-line

### Gráfica de la bomba

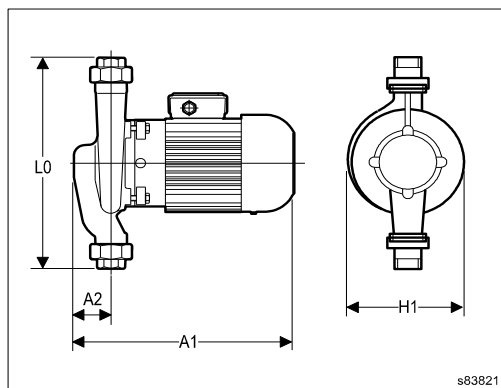


### Motor

Velocidad : 1450 rpm  
 Potencia Nominal (Pn) : 0.05 kW  
 Protección : IP 54  
 Clase de aislamiento : F  
 Consumo máx. 3x400 V : 0.2 A  
 Consumo máx. 3x230 V : 0.4 A  
 Potencia del eje (P2) : 0.02 kW  
 Potencia consumida (P1) : 0.03 kW  
 Rendimiento motor : 61.00 %  
 Rendimiento bomba : 28.15 %  
 Rendimiento global : 17.17 %

Los motores monofásicos, de consumo superior a 3 amperios y los motores trifásicos, tienen que ser protegidos exteriormente contra sobrecargas de intensidad, sobretensiones mínimas y caídas de fase.

### Dimensiones y pesos



### Características técnicas

Cuerpo de la bomba : GG 20  
 Eje : AISI 329  
 Cierre mecánico : Carbón / Carb. silicio  
 Juntas : EPDM  
 Impulsor : NORLY GFN 2

Conexiones DN1 : R 1 "  
 Conexiones DN2 : R 1

Presión de trabajo : 10 bar.  
 Temperaturas : Máx +100°C / Mín -15°C  
 : Máx ACS + 80°C

Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg
318.0	0.0	225.0	53.0	9.5

## **9. Dimensionamiento y selección del Vaso de Expansión**

El vaso de expansión es utilizado en los circuitos de calefacción de edificios para absorber el aumento de volumen producido por la expansión del fluido de trabajo al aumentar su temperatura en un circuito cerrado.

En este caso y acorde con la instrucción técnica **IT 1.3.4.2.4 [6]** se utilizara un vaso de expansión de tipo cerrado con diafragma siguiendo para la realización de su dimensionamiento la norma UNE 100.155 que indica cómo llevar a cabo el cálculo del volumen total del vaso mediante la siguiente expresión:

$$V_t = V \cdot C_p \cdot C_e$$

siendo:

**V<sub>t</sub>**: Volumen total del vaso de expansión

**V** : Volumen de líquido en la instalación

**C<sub>p</sub>**: Coeficiente de presión

**C<sub>e</sub>**: Coeficiente de expansión

El coeficiente de presión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_p = \frac{P_M}{(P_M - P_m)}$$

con:

**P<sub>M</sub>**: Presión máxima del vaso de expansión

**P<sub>m</sub>**: Presión mínima del vaso de expansión

La presión máxima en el vaso de expansión viene determinada por la presión de tarado de la válvula de seguridad.

La presión mínima es el resultado de la suma de la presión mínima que debe haber en el punto más alto del circuito (valor recomendado de 1,5 bar evitando así la entrada de aire en la instalación) más la presión estática.

Para el cálculo del coeficiente de expansión se utiliza la siguiente expresión:

$$C_e = (3,24 \cdot T^2 + 102,13 \cdot T - 2708,3) \cdot 10^{-6}$$

siendo:

**T**: la temperatura máxima de trabajo del circuito, y por consiguiente del vaso de expansión.

Sin embargo y al tratarse de una mezcla de etilenglicol y agua, este  $C_e$  debe ser multiplicado por un factor de corrección que se calcula de la siguiente manera:

$$f_c = a \cdot (1,8 \cdot T + 32)^b$$

en la que:

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$

$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500)$$

donde el parámetro **G** es el porcentaje de etilenglicol en volumen en agua que en este caso es del 30%.

	Primario
<b>t (°C)</b>	85
<b>G (%)</b>	30
<b>a</b>	20,044
<b>b</b>	-0,503
<b>f</b>	1,451
<b>Ce</b>	0,029
<b>PM (bar)</b>	5
<b>Pm (bar)</b>	2
<b>Cp</b>	1,66
<b>V (l)</b>	32
<b>Vvas exp (l)</b>	2,27

**Tabla A.5.17: Parámetros y Volumen del vaso de expansión utilizado**

Después de indicar el volumen del vaso de expansión que es de **2,27 l** se utiliza el catálogo de salvador escoda para seleccionar dicho elemento. El modelo seleccionado ha sido el *vaso de expansión con membrana fija 5 SMF*.



Código	Artículo	Capacidad l	Presión máx. bar	Dimensiones D x H	Conex. de agua Ø	Precarga bar
SO 09 021 SO 09 022 SO 09 023 SO 09 024 SO 09 025	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura máxima: 130°C</li> <li>• Precarga: 2,5 bar</li> <li>• Apto para el uso hasta 50% anticongelante</li> </ul>					
	<b>MEMBRANA FIJA</b>					
	5 SMF	5	10	200x240	3/4"	2,5
	8 SMF	8	10	200x335	3/4"	2,5
	12 SMF	12	10	270x304	3/4"	2,5
	18 SMF	18	10	270x405	3/4"	2,5
	24 SMF	24	8	320x425	3/4"	2,5

**Tabla A.5.18: Características del vaso de expansión seleccionado para la instalación solar de baja temperatura**

## **10. Alimentación, vaciado y purga del circuito**

Debido a lo indicado en la instrucción técnica **IT 1.3.4.2.2** y al tratarse de un agua con un aditivo, la solución se preparará en un depósito y se introducirá por medio de una bomba, de forma manual o automática. También el diámetro mínimo de las conexiones viene dado en función de la potencia térmica nominal de la instalación de acuerdo con los siguientes valores:

Potencia térmica nominal kW	Calor DN (mm)	Frío DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

**Tabla A.5.19: Diámetro de la conexión de alimentación que aparece en el RITE en su IT 1.3.4.2.2**

En lo que respecta al vaciado y purga que establece la instrucción técnica del **RITE IT 1.3.4.2.3** la conexión entre la válvula de vaciado y la de desagüe se hará de forma que el paso de agua sea visible, el vaciado de agua con aditivos peligrosos para la salida se hará en un depósito de recogida para permitir su posterior tratamiento antes del vertido a

la red de alcantarillado público y el vaciado total se hará por el punto accesible más bajo de la instalación a través de una válvula cuyo diámetro mínimo quedara definido según la siguiente tabla:

Potencia térmica kW	Calor DN (mm)	Frío DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

**Tabla A.5.20:** Diámetro de la conexión de vaciado que aparece en el RITE en su IT 1.3.4.2.3

## Anexo 6. Cálculos del circuito interior

En este anexo se va a explicar cómo se ha realizado la selección del sistema de Fancoils, el cual gana la partida al suelo radiante/refrescante como queda indicado en el **apartado 11** de la memoria.

### 1. Dimensionamiento del Sistema de Fancoils

Para llevar a cabo el dimensionamiento del sistema de Fancoils basta con poseer las cargas térmicas de refrigeración y calefacción de la vivienda y los m<sup>2</sup> de las distintas estancias de la misma.

Como ya se explica en el **apartado 10.5** de la memoria los Fancoils se van a distribuir en el pasillo, salón-comedor y los cuatro dormitorios que posee la vivienda.

Para realizar la selección de los distintos aparatos se ha realizado lo siguiente:

- En primer lugar se parte del cálculo de las distintas cargas de refrigeración y calefacción, que son las siguientes:

- **Carga de Calefacción:**

<b>Demanda:</b>	65,1	kWh/m <sup>2</sup> año
-----------------	------	------------------------

- **Carga de Refrigeración:**

<b>Demanda:</b>	10,2	kWh/ m <sup>2</sup> año
-----------------	------	-------------------------

- En segundo lugar es necesaria la superficie de la estancia y el número de horas de funcionamiento, cogiendo en este caso el mismo número de horas utilizadas en la actualidad por la vivienda.

$$Potencia_{calorífica} = \frac{(Demanda_{calefacción} \cdot Superficie_{estancia})}{N^{\circ} horas_{funcionamiento}}$$

$$Potencia_{refrigeración} = \frac{(Demanda_{refrigeración} \cdot Superficie_{estancia})}{N^{\circ} horas_{funcionamiento}}$$

Así pues y mediante estas simples expresiones se puede obtener la potencia tanto calorífica como frigorífica que deben poseer los aparatos utilizados y que aparecen en la Tabla A.6.1 que se muestra a continuación:

- Para calefacción: N° horas asciende a 1020 horas
- Para refrigeración: N° horas asciende a 184 horas

Estancias	Sup Estancia (m <sup>2</sup> )	Pot. Calorífica (kW)	Pot.Refrigeración (kW)
Pasillo	10,36	0,66	0,57
Salón-Comedor	21	1,34	1,16
Dormitorio 1	10,37	0,66	0,57
Dormitorio 2	8,13	0,52	0,45
Dormitorio 3	12,86	0,82	0,71
Dormitorio 4	11,16	0,71	0,62

**Tabla A.6.1: Potencia calorífica y de refrigeración necesarias en cada estancia dependiendo de su superficie**

- En tercer lugar y tras averiguar las distintas potencias que los aparatos deben poseer se realiza un estudio de cuáles de los posibles Fancoils cumplen con estos requisitos. Al ser tan pequeñas las potencias que deben poseer probablemente se elegirán unos de pequeño tamaño. Para llevar a cabo el estudio se ha utilizado un informe realizado por la empresa **CIAT** en el cual mediante la introducción de las temperaturas de entrada y salida del fluido (de las baterías) y la temperatura y humedad del aire reciclado, se obtienen los siguientes resultados:





## MAJOR LINE

*Cuando la magia de la innovación opera... Estética moderna y cuidada, instalación simple, reducción del consumo energético y seguridad reforzada convierten al MAJOR LINE en la unidad de confort de nueva generación.*

*El diseño inteligente de este producto le confiere una gran polivalencia, ya que se adapta a los edificios de obra nueva y a los rehabilitados. MAJOR LINE satisface todas las necesidades.*



UALIDADES TÉRMICAS E HIDRÁULICAS  
MAJOR LINE CARROCERÍA VERTICAL (CV)  
CALIENTE/FRÍO, 2 TUBOS ESTÁNDAR (2T)

REGÍMENES	BATERÍA FRÍO	BATERÍA CALIENTE
<i>Fluido</i>	<i>Agua</i>	<i>Agua</i>
<i>Temperatura Entrada Fluido</i>	7 °C	45 °C
<i>Temperatura Salida Fluido</i>	12 °C	40 °C
<i>Temperatura Entrada Aire Reciclado</i>	27 °C	21 °C
<i>Humedad Entrada Aire Reciclado</i>	50 %(HR)	50 %(HR)

				BATERÍA FRÍO					BATERÍA CALIENTE				Lp
SERIE	R#	Pabs	Qa	Pt	Ps	Ts	Qe	dP	P	Ts	Qe	dP	ISO
Medida		W	m3/h	W	W	°C	m3/h	kPa	W	°C	m3/h	kPa	o NR
MJLINE 102A	V5	33	300	1,410	1,110	16.0	0.241	16.7	1,460	36.0	0.255	15.3	34
	V4	30	255	1,240	964	15.9	0.213	13.4	1,310	36.7	0.228	12.6	30
	V3	29	220	1,090	841	15.8	0.187	10.6	1,140	36.8	0.198	9.83	25
	V2	27	190	954	729	15.7	0.163	8.23	975	36.8	0.170	7.48	22
	V1	26	165	843	642	15.6	0.144	6.56	881	37.4	0.154	6.26	18
MJLINE 102C	V5	33	280	1,800	1,290	13.3	0.309	38.7	1,600	38.5	0.279	27.0	33
	V4	30	245	1,600	1,140	13.1	0.273	31.2	1,430	39.0	0.249	22.1	30
	V3	28	200	1,340	946	12.9	0.229	22.8	1,170	39.1	0.204	15.4	26
	V2	27	180	1,210	852	12.8	0.207	19.0	1,050	39.2	0.183	12.7	23
	V1	26	145	1,010	710	12.6	0.173	13.7	885	39.8	0.154	9.44	20
MJLINE 202A	V5	58	520	2,370	1,910	16.0	0.406	48.1	2,460	35.6	0.429	44.0	38
	V4	41	430	2,110	1,670	15.4	0.361	39.1	2,160	36.3	0.376	35.0	33
	V3	36	385	1,920	1,510	15.3	0.329	33.3	1,980	36.8	0.346	30.1	29
	V2	31	320	1,700	1,320	14.7	0.292	26.9	1,730	37.5	0.301	23.6	25
	V1	26	255	1,460	1,110	14.0	0.250	20.5	1,440	38.3	0.252	17.2	19
MJLINE 202C	V5	58	495	3,070	2,290	13.2	0.526	21.2	2,930	39.2	0.510	17.0	39
	V4	41	405	2,630	1,930	12.8	0.451	16.1	2,480	39.6	0.432	12.7	33
	V3	35	355	2,360	1,720	12.6	0.404	13.2	2,210	39.8	0.384	10.3	29
	V2	31	300	2,020	1,450	12.3	0.345	9.84	1,870	40.1	0.325	7.61	27
	V1	26	240	1,680	1,200	12.1	0.288	7.00	1,540	40.4	0.268	5.38	22
MJLINE 202D	V5	58	495	3,360	2,390	12.5	0.575	25.6	3,040	39.8	0.530	18.9	39
	V4	41	405	2,910	2,050	11.9	0.498	19.9	2,610	40.5	0.455	14.4	33
	V3	35	355	2,600	1,820	11.7	0.446	16.3	2,250	40.2	0.392	11.0	29
	V2	31	300	2,210	1,530	11.5	0.379	12.0	1,820	39.7	0.318	7.55	27
	V1	26	240	1,850	1,260	11.3	0.317	8.64	1,510	40.1	0.263	5.40	22
MJLINE 302A	V5	88	840	3,530	3,070	16.2	0.605	21.8	4,090	35.8	0.712	25.0	40
	V4	67	710	3,200	2,720	15.6	0.548	18.3	3,520	36.1	0.614	19.2	37
	V3	51	565	2,790	2,300	14.9	0.479	14.4	2,880	36.5	0.503	13.4	30
	V2	42	405	2,060	1,630	15.0	0.354	8.22	2,100	36.9	0.366	7.58	22
	V1	35	250	1,380	1,040	14.8	0.236	3.86	1,320	37.2	0.231	3.32	<15
MJLINE 302B	V5	88	840	4,280	3,290	15.4	0.734	36.4	4,180	36.2	0.728	30.6	40
	V4	67	710	3,860	2,910	14.8	0.660	30.2	3,720	37.0	0.649	24.9	37
	V3	51	565	3,380	2,400	14.4	0.580	23.9	3,040	37.3	0.530	17.3	30
	V2	42	405	2,460	1,730	14.2	0.421	13.5	2,310	38.5	0.403	10.6	22
	V1	35	250	1,530	1,030	14.8	0.262	5.56	956	33.0	0.167	2.22	<15
MJLINE 302C	V5	87	785	4,910	3,590	13.4	0.840	54.3	4,720	39.3	0.823	44.5	41
	V4	67	675	4,400	3,170	13.0	0.754	44.7	4,140	39.6	0.722	35.2	37
	V3	51	550	3,790	2,680	12.4	0.649	34.2	3,470	40.1	0.605	25.6	30
	V2	42	385	2,780	1,900	12.1	0.476	19.7	2,480	40.8	0.432	14.1	23
	V1	34	210	1,670	1,070	12.0	0.285	7.66	1,410	41.6	0.246	5.15	<15

SERIE Medida	R#	Pabs W	Qa m3/h	BATERÍA FRÍO					BATERÍA CALIENTE				Lp
				Pt W	Ps W	Ts °C	Qe m3/h	dP kPa	P W	Ts °C	Qe m3/h	dP kPa	ISO o NR
MJLINE 402C	V5	106	1105	6,470	4,890	13.8	1.11	42.0	6,390	38.6	1.11	36.6	44
	V4	93	1025	6,200	4,660	13.4	1.06	38.9	6,020	38.9	1.05	32.9	43
	V3	79	825	5,390	3,940	12.7	0.924	30.2	5,040	39.6	0.879	23.9	36
	V2	71	655	4,590	3,270	12.1	0.786	22.5	4,170	40.3	0.727	16.9	30
	V1	63	475	3,590	2,460	11.6	0.614	14.4	3,140	41.2	0.548	10.1	22
MJLINE 502C	V5	107	1230	7,650	5,650	13.3	1.31	55.8	7,210	38.7	1.26	43.8	45
	V4	94	1125	7,190	5,240	13.1	1.23	50.0	6,690	39.0	1.17	38.4	43
	V3	79	920	6,220	4,430	12.6	1.06	38.5	5,640	39.6	0.984	28.3	37
	V2	72	760	5,390	3,770	12.2	0.923	29.9	4,790	40.1	0.835	21.1	31
	V1	63	530	4,060	2,760	11.5	0.695	18.0	3,480	41.0	0.606	12.0	23
MJLINE 602D	V5	134	1420	9,960	7,010	12.2	1.71	45.8	8,840	39.9	1.54	32.4	46
	V4	113	1300	9,370	6,540	12.0	1.61	41.0	8,250	40.2	1.44	28.7	44
	V3	98	1150	8,570	5,910	11.6	1.47	34.9	7,460	40.6	1.30	23.9	40
	V2	88	935	7,310	4,970	11.1	1.25	26.3	6,250	41.2	1.09	17.4	34
	V1	76	675	5,640	3,760	10.3	0.966	16.5	4,690	42.1	0.818	10.4	28

**CONDICIONES :**

- Montaje : 1: Equipo Estándar / Accesorio : Sin
- Aislamiento hidráulico : 2 bombas separadas
- Altitud : 0 m / Presión : 101.3 kPa
- Caudal del agua y delta T a todas las velocidades
- Resultados salidos de pruebas según la norma EN 1397
- Alimentación eléctrica : Monofásica 230V 50Hz
- Descriptivo técnico según instrucciones N 09.60

**ABREVIATURAS :**

- R# indicación Motor (Cableado estándar de fábrica en grueso)
- Pabs Potencias absorbidas
- Qa Caudal de aire
- Pt Potencia frigorífica total útil
- Ps Potencia sensible útil
- P Potencia calorífica útil
- Ts Temperatura de salida de aire
- Qe Caudal de agua
- dP Resistencia al paso del agua
- Lp Presión acústica global ISO o NR

**NIVEL DE POTENCIA SONORA (LW)  
MAJOR LINE CARROCERÍA VERTICAL (CV)  
CALIENTE/FRÍO, 2 TUBOS ESTÁNDAR (2T)**

			Frecuencias (Hz) / Niveles por octava (dB Lin)						Niveles g	
SERIE Medida	R#	Qa m3/h	125	250	500	1000	2000	4000	lobalesLw	lobalesLw
									dB (Lin)	dB (A)
MJLINE 102A	V5	300	49	48	47	46	39	30	54	49
	V4	255	47	45	44	42	35	25	51	46
	V3	220	46	42	41	37	30	18	48	42
	V2	190	40	39	39	34	26	15	45	39
	V1	165	37	38	35	30	21	P<15	42	36
MJLINE 102C	V5	280	47	48	48	45	39	30	53	49
	V4	245	45	45	45	42	36	25	51	46
	V3	200	42	42	42	38	30	19	47	42
	V2	180	41	40	40	34	27	16	45	40
	V1	145	38	39	36	30	22	P<15	43	37
MJLINE 202A	V5	520	54	53	52	50	44	37	59	54
	V4	430	49	49	47	45	38	30	54	49
	V3	385	46	47	45	41	34	25	51	46
	V2	320	42	44	41	35	28	20	48	42
	V1	255	38	40	36	29	22	16	43	37
MJLINE 202C	V5	495	54	53	53	51	44	37	59	55
	V4	405	50	49	49	45	39	31	55	50
	V3	355	47	47	46	41	34	26	52	46
	V2	300	43	43	43	36	29	21	48	43
	V1	240	39	40	39	30	23	17	44	38
MJLINE 202D	V5	495	54	53	53	51	44	37	59	55
	V4	405	50	49	49	45	39	31	55	50
	V3	355	47	47	46	41	34	26	52	46
	V2	300	43	43	43	36	29	21	48	43
	V1	240	39	40	39	30	23	17	44	38
MJLINE 302A	V5	840	55	56	53	52	46	39	60	56
	V4	710	52	53	51	49	43	36	57	53
	V3	565	47	48	46	42	34	25	52	47
	V2	405	43	42	39	32	22	19	46	39
	V1	250	33	31	24	16	P<15	16	36	27
MJLINE 302B	V5	840	55	56	53	52	46	39	60	56
	V4	710	52	53	51	49	43	36	57	53
	V3	565	47	48	46	42	34	25	52	47
	V2	405	43	42	39	32	22	19	46	39
	V1	250	33	31	24	16	P<15	16	36	27
MJLINE 302C	V5	785	54	54	54	53	46	39	60	56
	V4	675	51	52	52	49	42	37	57	53
	V3	550	47	47	47	41	34	26	52	47
	V2	385	43	41	40	32	23	21	46	40
	V1	210	39	31	25	16	P<15	16	40	28

			Frecuencias (Hz) / Niveles por octava (dB Lin)						Niveles g	
SERIE Medida	R#	Qa m3/h	125	250	500	1000	2000	4000	lobalesLw	lobalesLw
									dB (Lin)	dB (A)
MJLINE  402C	V5	1105	59	59	57	58	53	46	65	61
	V4	1025	58	57	56	57	51	44	63	60
	V3	825	53	53	52	50	44	36	58	54
	V2	655	49	49	48	44	38	29	54	49
	V1	475	44	43	41	35	27	19	48	42
MJLINE  502C	V5	1230	60	60	59	59	53	47	66	62
	V4	1125	58	59	58	57	51	44	64	61
	V3	920	55	55	54	51	45	36	60	55
	V2	760	52	51	49	45	38	29	56	50
	V1	530	49	45	41	36	28	18	51	43
MJLINE  602D	V5	1420	63	61	60	61	55	50	68	64
	V4	1300	61	60	58	59	53	47	66	62
	V3	1150	59	57	57	55	50	43	64	59
	V2	935	56	54	52	49	43	37	59	54
	V1	675	52	49	48	42	34	29	55	48

- Alimentación eléctrica : Monofásica 230V 50Hz
- Potencia acústica expresada en decibelio en relación a 10E-12 Vatios
- Lw (Lin) Nivel de potencia acústica global
- Lw (A) Nivel de potencia acústico global ponderado A
- R# indicación Motor (Cableado estándar de fábrica en grueso)
- Qa Caudal de aire

Los niveles de potencia acústica indicados en los tableros han sido medidos en cámara reverberante según la norma ISO 3743 (de acuerdo con la norma NF EN 23743). Los resultados son presentados en banda de octava de 125 a 4000 Hz en d (LIN). Son relativos a la SUMA DE LAS POTENCIAS ACÚSTICAS engendradas por :

- Las secciones de aspiración y descarga del circuito aerúlico del equipo
- La radiación de la envoltura exterior.

La potencia irradiada es muy inferior (12 a 15 dB según los puntos de funcionamiento) a las obtenidas de una y otra parte del circuito aerúlico.

Las potencias acústicas medidas a la aspiración y al rechazo de la máquina son muy similares (diferencias de 1 a 2 dB). De esta manera, se puede que :

POT. ASPIRACION= POT. RECHAZO = VALOR TABLERO - 3 dB

**NIVEL DE PRESIÓN SONORA (LP)**  
**MAJOR LINE CARROCERÍA VERTICAL (CV)**  
**CALIENTE/FRÍO, 2 TUBOS ESTÁNDAR (2T)**

			Frecuencias (Hz) / Niveles por octava (dB Lin)						Niveles d		
SERIE Medida	R#	Qa m3/h	125	250	500	1000	2000	4000	e confort	ISO o NR	dB (A)
MJLINE 102A	V5	300	37	36	35	34	27	18	31	34	37
	V4	255	35	33	32	30	23	P<15	27	30	34
	V3	220	34	30	29	25	18	P<15	22	25	30
	V2	190	28	27	27	22	P<15	P<15	19	22	27
	V1	165	25	26	23	18	P<15	P<15	P<15	18	24
MJLINE 102C	V5	280	35	36	36	33	27	18	30	33	37
	V4	245	33	33	33	30	24	P<15	27	30	34
	V3	200	30	30	30	26	18	P<15	23	26	30
	V2	180	29	28	28	22	P<15	P<15	19	23	28
	V1	145	26	27	24	18	P<15	P<15	16	20	25
MJLINE 202A	V5	520	42	41	40	38	32	25	35	38	42
	V4	430	37	37	35	33	26	18	30	33	37
	V3	385	34	35	33	29	22	P<15	26	29	34
	V2	320	30	32	29	23	16	P<15	21	25	30
	V1	255	26	28	24	17	P<15	P<15	16	19	25
MJLINE 202C	V5	495	42	41	41	39	32	25	36	39	43
	V4	405	38	37	37	33	27	19	30	33	38
	V3	355	35	35	34	29	22	P<15	26	29	34
	V2	300	31	31	31	24	17	P<15	23	27	31
	V1	240	27	28	27	18	P<15	P<15	19	22	26
MJLINE 202D	V5	495	42	41	41	39	32	25	36	39	43
	V4	405	38	37	37	33	27	19	30	33	38
	V3	355	35	35	34	29	22	P<15	26	29	34
	V2	300	31	31	31	24	17	P<15	23	27	31
	V1	240	27	28	27	18	P<15	P<15	19	22	26
MJLINE 302A	V5	840	43	44	41	40	34	27	38	40	44
	V4	710	40	41	39	37	31	24	34	37	41
	V3	565	35	36	34	30	22	P<15	27	30	35
	V2	405	31	30	27	20	P<15	P<15	19	22	27
	V1	250	21	19	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15
MJLINE 302B	V5	840	43	44	41	40	34	27	38	40	44
	V4	710	40	41	39	37	31	24	34	37	41
	V3	565	35	36	34	30	22	P<15	27	30	35
	V2	405	31	30	27	20	P<15	P<15	19	22	27
	V1	250	21	19	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15
MJLINE 302C	V5	785	42	42	42	41	34	27	39	41	44
	V4	675	39	40	40	37	30	25	34	37	41
	V3	550	35	35	35	29	22	P<15	27	30	35
	V2	385	31	29	28	20	P<15	P<15	20	23	28
	V1	210	27	19	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15	P<15	16
MJLINE 402C	V5	1105	45	45	43	44	39	32	41	44	47
	V4	1025	44	43	42	43	37	30	40	43	46
	V3	825	39	39	38	36	30	22	33	36	40
	V2	655	35	35	34	30	24	P<15	27	30	35
	V1	475	30	29	27	21	P<15	P<15	19	22	28

<i>MJLINE</i>  <b>502C</b>	V5	1230	46	46	45	45	39	33	42	45	48
	V4	1125	44	45	44	43	37	30	40	43	47
	V3	920	41	41	40	37	31	22	34	37	41
	V2	760	38	37	35	31	24	15	28	31	36
	V1	530	35	31	27	22	P<15	P<15	19	23	29
<i>MJLINE</i>  <b>602D</b>	V5	1420	48	46	45	46	40	35	43	46	49
	V4	1300	46	45	43	44	38	32	41	44	47
	V3	1150	44	42	42	40	35	28	37	40	44
	V2	935	41	39	37	34	28	22	31	34	39
	V1	675	37	34	33	27	19	P<15	25	28	33

- Alimentación eléctrica : Monofásica 230V 50Hz
- Niveles de presión acústica por banda de octava en dB(Lin)
- Presión acústica expresada en decibelio en relación a  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa
- dB (A) Niveles de presión acústicos globales ponderados A
- R# indicación Motor (Cableado estándar de fábrica en grueso)
- Qa Caudal de aire

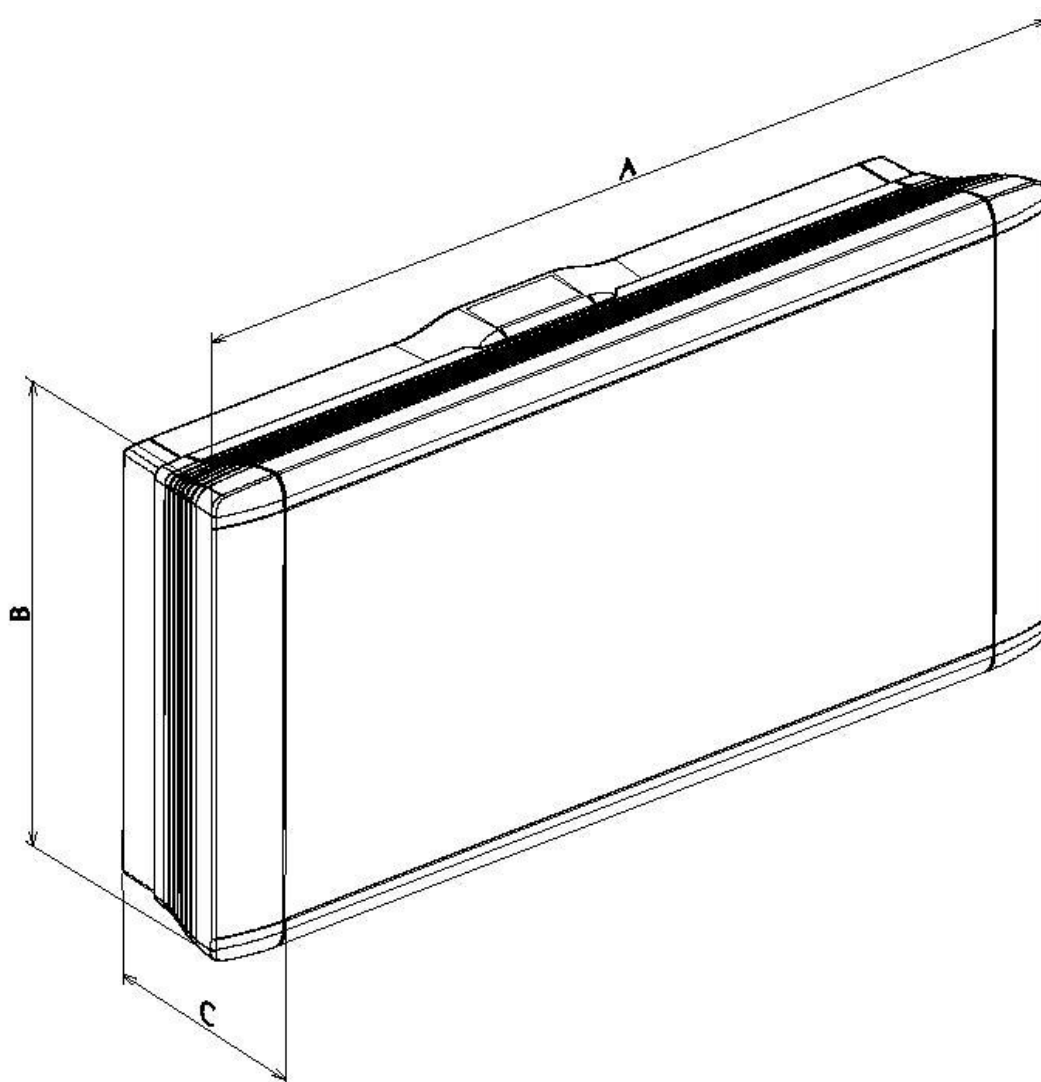
Como el nivel de presión acústica depende de las condiciones de instalación, éste último es dado como información indicativa. Llamamos su atención sobre el hecho de que solos los niveles de potencia acústica se comparan entre si y están certificados

Los niveles de presión acústicos globales indicados susodicho son obtenidos con un nivel de atenuación del local y de la instalación de :

- 12 dB para los MAJOR LINE 102A, 102B, 102C, 102D, 104X, 104Y, 202A, 202B, 202C, 202D, 204X, 204Y, 302A, 302B, 302C, 302D, 304X, 304Y
- 14 dB para los MAJOR LINE 402A, 402B, 402C, 402D, 404X, 404Y, 502A, 502B, 502C, 502D, 504X, 504Y
- 15 dB para los MAJOR LINE 602B, 602C, 602D, 604X, 604Y

Cuando dos máquinas idénticas son instaladas en la misma sala, es necesario añadir 3 dB a los valores del tablero a fin de obtener los niveles engendrados por las dos máquinas

**DIMENSIONES Y PESOS**  
**Major Line Carrocería Vertical (CV)**



Major Line	A mm	B mm	C mm	Peso kg
MJLINE / 102A	840	610	250	20.1
MJLINE / 102C	840	610	250	20.1
MJLINE / 202A	1,000	610	250	23.1
MJLINE / 202C	1,000	610	250	23.1
MJLINE / 202D	1,000	610	250	23.1
MJLINE / 302A	1,200	610	250	27.9
MJLINE / 302B	1,200	610	250	27.9
MJLINE / 302C	1,200	610	250	27.9
MJLINE / 402C	1,400	610	250	34.6
MJLINE / 502C	1,600	610	250	39.3
MJLINE / 602D	1,800	610	250	44



## **2. Selección de los diferentes Fancoils**

Una vez realizado el estudio y obtenido las distintas características de los diferentes modelos que posee la empresa **CIAT** se eligen los siguientes modelos para las estancias de la vivienda, con los que se cubren las distintas necesidades tanto de frío como de calor a lo largo de todo el año:

<b>Estancias</b>	<b>Sup Estancia (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Modelo Elegido</b>	<b>Unidades</b>	<b>Pot Calorífica (W)</b>	<b>Pot Frigorífica (W)</b>
<b>Pasillo</b>	10,36	Major Line 102A V1	1	843	881
<b>Salón-Comedor</b>	21	Major Line 102A V5	1	1410	1460
<b>Dormitorio 1</b>	10,37	Major Line 102A V1	1	843	881
<b>Dormitorio 2</b>	8,13	Major Line 102A V1	1	843	881
<b>Dormitorio 3</b>	12,86	Major Line 102A V1	1	843	881
<b>Dormitorio 4</b>	11,16	Major Line 102A V1	1	843	881

**Tabla A.6.2: Fancoils seleccionadas para cada una de las estancias que componen la vivienda**

Las características complementarias a estas se pueden ver en los citados modelos que aparecen en las anteriores tablas.

## Anexo 7. Estudio Energético

En este anexo se van a plasmar los cálculos realizados para redactar parte del *apartado II* de la memoria, y más concretamente la parte relacionada con el consumo energético. Para ello se ha utilizado una hoja Excel de elaboración propia donde se han utilizado las diferentes facturas de la vivienda.

### 1. Estudio energético de la vivienda

En un primer momento se han utilizado las facturas de los dos últimos años de consumo eléctrico que los propietarios de la vivienda poseen, y con ello se ha establecido el consumo de la misma.

Así pues las facturas de los dos últimos años aparecen a continuación en la Tabla A.7.1 y en la Tabla A.7.2:

Año 2011											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1519	2157	1762	987	773		356	226	309	371	708	720

Tabla A.7.1: Consumo eléctrico en kWh durante los meses del año 2011

Año 2012											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1881	1955	1395	1953	547	599	269	240	337	237	717	1397

Tabla A.7.2: Consumo eléctrico en kWh durante los meses del año 2012

Estos consumos marcan la energía eléctrica total consumida por la vivienda por meses, es decir, no distinguen entre uso en calefacción, refrigeración, electrodomésticos, luz... Por ello se ha estimado que para los meses de mayo, junio, julio y agosto el uso (en este caso en refrigeración) es de un **70%** del consumo total, mientras que para el resto de meses se ha estimado un consumo del **80%** en calefacción. Así pues para obtener los resultados que se muestran en la Tabla A.7.3 se ha realizado la media entre ambos años y

se ha multiplicado por el consumo estimado por meses como se ha explicado, dando los resultados que se muestran a continuación:

Media 2011-2012											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1360	1644,8	1262,8	1176	462	209,7	218,75	163,1	258,4	243,2	570	846,8

**Tabla A.7.3: Consumo medio estimado en kWh de los diferentes meses**

Una vez obtenido el consumo estimado en el ámbito de calefacción y refrigeración se utiliza para ver los diferentes consumos a los que llevan cada una de las instalaciones en función de los rendimientos que estas presenten.

En un primer momento se observa la energía que es capaz de aportar la instalación de los captadores solares y para ello se debe mostrar las distintas coberturas que esta presenta en función de sus meses, apareciendo en la siguiente tabla:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
628,21	839,62	894,49	773,9	380,81	0	0	0	0	583,91	545,34	464,2

**Tabla A.7.4: Energía aportada por el sistema de captadores solares en kcal · 1000**

Ya que estos datos aparecen en kcal · 1000 se deben de pasar a kWh para poder compararlos de una manera adecuada, por ello se debe multiplicar por **4,18 para pasar a MJ** y este resultado a su vez por **0,28 para obtener kWh** quedando los resultados que se ven en la Tabla A.7.5.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
735,26	982,69	1046,91	905,77	445,7	0	0	0	0	683,4	638,26	543,3

**Tabla A.7.5: Energía aportada por el sistema de captadores solares en kWh**

## 1.1 Periodo de uso de Calefacción

Como ya se ha comentado con anterioridad en el proyecto, los meses durante los cuales funcionará este sistema de captación para dotar a la vivienda de calefacción se sitúan entre los de Noviembre-Marzo. Así pues se pasa a mostrar los datos referentes a estos meses y en los que se puede ver el porcentaje cubierto por estos captadores respecto al demandado por la vivienda.

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
570	846,8	1360	1644,8	1262,8	Solicitado por la vivienda
638,26	543,3	735,26	982,69	1046,91	Aportada por el sistema de captadores solares

**Tabla A.7.6: Energía en kWh solicitada por la vivienda y aportada por el sistema de captadores solares durante el periodo de calefacción**

Como se puede ver la aportación de dicho sistema es bastante elevada e incluso durante el mes de noviembre se vale de ella misma para cubrir la demanda solicitada, este aporte de energía supone el **68,22 %** de la demandada por la vivienda durante este periodo. El resto de la energía necesaria para abastecer las necesidades de la vivienda es aportada por la bomba de calor aire-agua que también forma parte de la instalación solar de baja temperatura. Por lo tanto bastará con restar la energía solicitada y la energía aportada para obtener el aporte que debe realizar la bomba de calor aire-agua, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla A.7.7:

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
570	846,8	1360	1644,8	1262,8	Solicitado por la vivienda
638,26	543,3	735,26	982,69	1046,91	Aportada por el sistema de captadores solares
0	303,5	624,74	662,11	215,89	Aportada por la bomba de calor aire-agua

**Tabla A.7.7: Energía en kWh aportada por los dos sistemas que forman la instalación solar de baja temperatura**

La aportación de la bomba de calor aire-agua supone el **31,78 %** restante para cubrir la demanda necesaria por la vivienda.

Una vez indicada la demanda que debe cubrir dicho aparato se pasa a mostrar los distintos consumos que tienen tanto este como la bomba de calor geotérmica. En el caso de esta última la energía que debe aportar es toda la solicitada por la vivienda, es decir, la energía que aparece en la primera fila de la Tabla A.7.7 y la Tabla A.7.11.

Para obtener los consumos de los distintos equipos utilizados (bomba de calor aire-agua y bomba de calor agua-agua) se van a utilizar los rendimientos que cada una de ellas posee tanto en época de invierno (**COP**) como en época de verano (**EER**) y los cuales se indican a continuación:

**Bomba de calor aire-agua:**

**COP:** 3

**EER:** 2,6

**Bomba de calor agua-agua (geotérmica):**

**COP:** 3,41

**EER:** 5,08

Una vez mostrados dichos coeficientes se muestra la siguiente tabla donde aparecen los consumos de ambas instalaciones durante los meses de invierno:

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
0	101,17	208,25	220,7	71,96	<b>Energía Bomba Calor Solar</b>
167,16	248,33	398,83	482,35	370,32	<b>Energía Bomba Calor Geotérmica</b>

**Tabla A.7.8: Energía consumida por cada una de las bombas de calor motivo de estudio en el proyecto durante el periodo de calefacción**

Como se puede ver el consumo de la bomba de calor utilizada en la instalación solar es menor aun a pesar de poseer un **COP** inferior. Sin embargo y como ya se ha comentado sólo debe aportar el **31,78 %** de la energía demandada durante este periodo, a diferencia de la bomba de calor geotérmica que debe aportar el **100 %** de esta.

A continuación se muestra la Tabla A.7.9 donde se puede ver los consumos energéticos durante el periodo de uso calefacción:

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
0	101,17	208,25	220	71,96	<b>Energía Bomba Calor Solar</b>
167,16	248,33	398,83	482,35	370,32	<b>Energía Bomba Calor Geotérmica</b>
570	846,8	1360	1644,8	1262,8	<b>Energía consumida actualmente</b>

**Tabla A.7.9: Energía consumida en kWh durante los meses de uso de calefacción**

## 1.2 Periodo de uso de Refrigeración

Ahora se va a mostrar lo que supone en consumo energético el cubrir las demandas solicitadas durante el periodo de refrigeración. Cabe destacar que en este caso ambas bombas de calor deben aportar el **100 %** de la demanda solicitada.

Junio	Julio	Agosto	
41	43	32	Energía Bomba Calor Geotérmica
81	84	63	Energía Bomba Calor Solar

**Tabla A.7.10: Energía consumida en kWh por cada una de las bombas de calor motivo de estudio en el proyecto durante el periodo de refrigeración**

Junio	Julio	Agosto	
209,65	218,75	163,1	Consumo Actualidad
41,27	43,06	32,11	Consumo Bomba de Calor Geotérmica
80,63	84,13	62,73	Consumo Bomba de Calor Solar

**Tabla A.7.11: Energía consumida en kWh durante los meses de uso de refrigeración**

Como se puede observar en este caso la bomba geotérmica consume menor energía que la utilizada en la instalación solar debido a su mayor **EER**.

## Anexo 8. Estudio Impacto Medioambiental

En este anexo se van a plasmar los cálculos realizados para redactar parte del *apartado II* de la memoria, y más concretamente la parte relacionada con el impacto medioambiental. Para ello se ha utilizado una hoja Excel de elaboración propia.

### 1. Estudio de impacto Ambiental

Para realizar los cálculos pertinentes se deben de recordar los datos obtenidos en cuanto a consumos energéticos que aparecen en el *Anexo 7*, por ello se van a mostrar de nuevo y posteriormente indicar los cálculos realizados en cada uno de los periodos de utilización de las instalaciones (invierno y verano).

#### 1.1 Periodo de uso de Calefacción

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
0	101,17	208,25	220,7	71,96	Energía Bomba Calor Solar
167,16	248,33	398,83	482,35	370,32	Energía Bomba Calor Geotérmica
570	846,8	1360	1644,8	1262,8	Energía consumida actualmente

Tabla A.7.9: Energía consumida en kWh durante los meses de uso de calefacción

Para obtener lo que supone este consumo energético mostrado en términos de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera, tanto en periodo de calefacción como en periodo de refrigeración, es suficiente multiplicar dichas cifras por los kg de CO<sub>2</sub> liberado por kWh consumido. Dicha expresión es la siguiente:

$$CO_2 \text{ liberado} = E_{\text{consumida}}_{(kWh)} \cdot \frac{kg_{CO_2}}{kWh}$$

siendo:

$CO_2$ :  $CO_2$  liberado a la atmósfera

*Econsumida*: Energía eléctrica consumida en kWh

$\frac{kg_{CO_2}}{kWh}$ : kg  $CO_2$  liberado por cada kWh consumido.

En el caso de este último dato se ha utilizado el valor de **0,36 kg  $CO_2$ /kWh** que es el que aparece en las facturas utilizadas en los cálculos dispuestos en el *Anexo 7*.

Los resultados de la liberación de este  $CO_2$  a la atmósfera aparecen en la Tabla A.8.1:

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
0	36,42	74,97	79,45	25,91	CO2 emitido por consumo eléctrico de la Bomba Calor Solar
60,18	89,4	143,58	173,65	133,32	CO2 emitido por consumo eléctrico de la Bomba Calor Geotérmica
205,2	304,85	489,6	592,13	454,61	CO2 emitido por consumo eléctrico Actualmente

**Tabla A.8.1: kg de  $CO_2$  liberado a la atmósfera durante el periodo de calefacción**

Esto supone que se produzcan los porcentajes de ahorro mostrados en la siguiente tabla:

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Periodo Calefacción	
100	88,05	84,69	86,58	94,3	89,41	% Ahorrado por la Bomba Calor Solar
70,67	70,67	70,67	70,67	70,67	70,67	% Ahorrado por la Bomba Calor Geotérmica

**Tabla A.8.2: % de ahorro que supone la no liberación del  $CO_2$  a la atmósfera en el periodo de calefacción**



## 1.2 Periodo de uso de Refrigeración

Junio	Julio	Agosto	
209,65	218,75	163,1	Consumo Actualidad
41,27	43,06	32,11	Consumo Bomba de Calor Geotérmica
80,63	84,13	62,73	Consumo Bomba de Calor Solar

**Tabla A.7.11: Energía consumida en kWh durante los meses de uso de refrigeración**

La expresión utilizada en el *punto 1.1* anterior es válida también en este caso como ya se ha comentado, así pues los resultados obtenidos tanto para el CO<sub>2</sub> liberado por el consumo energético que aparece en la Tabla A.7.11 como para el porcentaje ahorrado que este supone, aparecen en la Tabla A.8.3 y en la Tabla A.8.4 respectivamente:

Junio	Julio	Agosto	
75,47	78,75	58,72	CO2 emitido por consumo eléctrico Actualmente
14,86	15,50	11,56	CO2 emitido por consumo eléctrico de la Bomba Calor Geotérmica
29,03	30,29	22,58	CO2 emitido por consumo eléctrico de la Bomba Calor Solar

**Tabla A.8.3: kg de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera durante el periodo de refrigeración**

Junio	Julio	Agosto	Periodo Refrigeración	
80,31	80,32	80,31	80,31	% Ahorrado por la Bomba Calor Geotérmica
61,54	61,54	61,54	61,54	% Ahorrado por la Bomba Calor Solar

**Tabla A.8.4: % de ahorro que supone la no liberación del CO<sub>2</sub> a la atmósfera en el periodo de refrigeración**

## Anexo 9. Estudio Económico

En este anexo se van a plasmar los cálculos realizados para redactar parte del *apartado II* de la memoria, siendo en este caso la parte relacionada con los costes de consumo y la rentabilidad. Para ello se ha utilizado una hoja Excel de elaboración propia.

### 1. Estudio Económico

Para realizar los cálculos pertinentes se deben de recordar los datos obtenidos en cuanto a consumos energéticos se refiere y que aparecen en el *Anexo 7*, por ello se van a mostrar de nuevo y posteriormente indicar los cálculos realizados en cada uno de los periodos de utilización de las instalaciones (invierno y verano).

#### 1.1 Periodo de uso de Calefacción

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
0	101,17	208,25	220,7	71,96	Energía Bomba Calor Solar
167,16	248,33	398,83	482,35	370,32	Energía Bomba Calor Geotérmica
570	846,8	1360	1644,8	1262,8	Energía consumida actualmente

Tabla A.7.9: Energía consumida en kWh durante los meses de uso de calefacción

Para obtener el coste que supone la energía consumida, tanto en periodo de calefacción como en periodo de refrigeración, es suficiente multiplicar dichas cifras por el coste por kWh y para ello se van a recordar las tarifas que posee la vivienda:

	Invierno	Verano	Coste (€/kWh)
Punta	De 12 a 21 horas	De 13 a 23 horas	0,183228
Valle	De 0 a 12 y de 23 a 24 horas	De 0 a 13 y 23 a 24 horas	0,06377

Tabla A.9.1: Características de la tarifa eléctrica de la vivienda vigente por orden ITC/2794/2007, de 27 septiembre, BOE núm. 234 de 29/09/2007

Como ya se dijo la calefacción aprovecha el periodo nocturno, valle, para entrar en funcionamiento por lo que el coste por kWh utilizado para la ecuación que aparece a continuación es el de **0,06377 €/kWh**.

$$Costes_{consumo} = E_{consumida} \cdot Coste_{kWh}$$

Así pues utilizando dicha expresión se obtienen los resultados que se muestran a continuación en la Tabla A.9.2 (la primera fila corresponde a costes reales de la factura eléctrica):

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
86,13	115,40	143,76	106,33	137,26	Coste actual
0,00	7,77	15,98	16,94	5,52	Coste Bomba Calor Solar
12,90	19,16	30,77	37,22	28,57	Coste Bomba Calor Geotérmica

**Tabla A.9.2: Costes de consumo en € durante los meses del periodo de calefacción**

## **1.2 Periodo de uso de Refrigeración**

Junio	Julio	Agosto	
209,65	218,75	163,1	Consumo Actualidad
41,27	43,06	32,11	Consumo Bomba de Calor Geotérmica
80,63	84,13	62,73	Consumo Bomba de Calor Solar

**Tabla A.7.11: Energía consumida en kWh durante los meses de uso de refrigeración**

La expresión utilizada en el **punto 1.1** anterior es válida también en este caso como ya se ha comentado, y en este caso el precio por kWh corresponde a la casilla **verano-punta** que aparece en la Tabla A.9.1. Los resultados que se obtienen aparecen en la Tabla A.9.3 (la primera fila corresponde a costes reales de la factura eléctrica):

Junio	Julio	Agosto	
38,88	37,73	51,88	Coste actual
16	16	12	Coste Bomba Calor Solar
8	8	6	Coste Bomba Calor Geotérmica

**Tabla A.9.3: Costes de consumo en € durante los meses del periodo de refrigeración**

## **2. Obtención de la Rentabilidad**

Una vez se han obtenido los costes de consumo en los que recaen cada una de las instalaciones estudiadas se puede estimar su rentabilidad en función de su inversión, del ahorro que supone su instalación y de su vida útil. Así pues se va a pasar a indicar lo realizado con cada una de las instalaciones.

En primer lugar se obtiene la rentabilidad para la instalación solar de baja temperatura.

Inversión:

<i>Equipos</i>	<i>Coste Unidad (€)</i>	<i>Unidades</i>	<i>Total (€)</i>
Vitosol 200-T SP2	1765	6	10590
Juego de conexión	98	1	98
Juego de Fijación "ganchos de Cubierta"	151	1	151
Vitocell 360-M 1000 I	3629	1	3629
AQUALIS 2+ 28H	4443	1	4443
Fluido Caloportador (25 l)	83	1	83
SAM 30/145-0.2/K	662	1	662
Vaso expansión	25	1	25
<b>Total</b>			<b>19.681,00 €</b>

**Tabla A.9.4: Inversión realizada para la instalación solar de baja temperatura**

El beneficio anual obtenido gracias al ahorro (en el consumo de energía eléctrica) producido al usar dicha instalación sería de **462,05 €**. Con ambos datos obtenemos el **Payback** (años), el **TR** (inversa del Payback) y mediante la función **TIR** la rentabilidad de la instalación ayudándonos de los flujos de caja que aportaría dicha instalación durante su tiempo de vida útil que se estima en 25 años. Los datos obtenidos son:

- **Payback:** 42,6 años
- **TR:** 0,02348
- **TIR:** -0,0415783

En el caso de la instalación geotérmica se obtienen los siguientes datos:

Inversión:

<i>Equipos</i>	<i>Coste Unidad/Metro (€)</i>	<i>Unidades/ Metros</i>	<i>Total (€)</i>
AGEO 20HT "agua-agua"	6006	1	6006
Sonda PE-HD 100 PN16 SRD11 80m	558,44	1	558,44
Tubo inyección de relleno diámetro 25mm	63,36	1	63,36
Pie de sonda diámetro 32 mm	70,38	1	70,38
Peso sonda geotérmica 4X32 mm	57,68	1	57,68
Distanciador para sonda 4x32 mm	6,991	12	83,892
Unión Y HS sonda 2 x 32-40	21,848	1	21,848
Colector ALB GEROtherm 97 2x32 válvula equilibrado	607,93	1	607,93
Depósito Logalux ER 160 l	600	1	600
Excavación con entubado y relleno mortero bentonita	45	65	2925
Fluido Caloportador (60 l)	205	1	205
SAM 25/125-0.08/K	589	1	589
Tubería unión sonda-colector	3,23	5	16,15
Vaso Expansión	25	1	25
<b>Total</b>			<b>11.829,69 €</b>

**Tabla A.9.5: Inversión realizada para la instalación geotérmica**

El beneficio anual obtenido gracias al ahorro (en el consumo de energía eléctrica) producido al usar dicha instalación sería de **408,01 €**. Con ambos datos obtenemos el **Payback** (años), el **TR** (inversa del Payback) y mediante la función **TIR** la rentabilidad ayudándonos de los flujos de caja que aportaría dicha instalación durante su tiempo de vida útil. Este tiempo de vida útil se estima en 25 años para el compresor que posee la bomba de calor y en 50 años para la sonda geotérmica (aunque es superior). Los datos obtenidos son pues:

- **Payback:** 29 años
- **TR:** 0,03
- **TIR:** 0,0068730