



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de las instalaciones de suministro de energía de  
una vivienda unifamiliar situada en la comarca de la Vall  
d'Albaida

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de la Energía

AUTOR/A: Villena Ramírez, Aina

Tutor/a: Montero Reguera, Álvaro Enrique

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA**

# **DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR SITUADA EN LA COMARCA DE LA VALL D'ALBAIDA**

AUTOR: AINA VILLENA RAMÍREZ

TUTOR: ÁLVARO ENRIQUE MONTERO REGUERA

**Curso Académico: 2021-22**

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría agradecer y dedicar este proyecto, en primer lugar, a mi familia, por su ayuda y apoyo a lo largo de todos estos años

A mis compañeros de carrera, por haber sido un pilar de apoyo durante este tiempo.

A todos los profesores de la carrera a los que agradezco su dedicación.

A mi tutor, por orientarme y guiarme en la realización de este trabajo.

Gracias a todos por ayudarme y ser compañeros de viaje en mi camino.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el diseño de las instalaciones térmica y eléctrica para una vivienda unifamiliar de 183 m<sup>2</sup> habitables distribuidos en dos plantas y habitada por una familia compuesta por cuatro personas. La vivienda está situada en el sur de la provincia de Valencia, concretamente en la comarca de la Vall d'Albaida.

Para poder llevar a cabo el diseño de las instalaciones, en primer lugar, se realiza el estudio de la demanda de energía térmica y eléctrica del hogar con la finalidad de dimensionar adecuadamente los equipos que satisfacen la misma.

Posteriormente se analizan y comparan diferentes tecnologías con las que cubrir la demanda. Estas son, por una parte, aerotermia o geotermia para el suministro de energía térmica; y por otra, para la generación de energía eléctrica, se contempla la instalación de paneles fotovoltaicos o paneles solares híbridos. Además, para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria (ACS), se considera la opción de instalar captadores solares térmicos o utilizar la aerotermia.

Finalmente, tras el estudio y comparación de las diferentes tecnologías, se diseña la instalación térmica de climatización y ACS para la mejor de las opciones con distribución de calefacción mediante suelo radiante y de refrigeración con *fan coils*. También se diseña la instalación de placas solares híbridas para autoabastecer la energía eléctrica requerida por la vivienda y al mismo tiempo proporcionar apoyo a la instalación de ACS. De esta forma, se pretende conseguir una vivienda autosuficiente y con un mínimo impacto ambiental, priorizando este hecho sobre el posible aumento de costo de las instalaciones.

**Palabras clave:** Agua caliente sanitaria (ACS), climatización, aerotermia, geotermia, captadores solares térmicos, suelo radiante, *fan coil*, energía eléctrica, paneles fotovoltaicos, paneles solares híbridos, eficiencia energética.

## RESUM

L'objectiu del present treball és el disseny de les instal·lacions tèrmica i elèctrica per a un habitatge unifamiliar de 183 m<sup>2</sup> habitables distribuïts en dues plantes i habitat per una família formada per quatre persones. L'habitatge està situat al sud de la província de València, concretament a la comarca de la Vall d'Albaida.

Per poder dur a terme el disseny de les instal·lacions, en primer lloc, es realitza l'estudi de la demanda d'energia tèrmica i elèctrica de la llar amb la finalitat de dimensionar adequadament els equips que la puga satisfer.

Posteriorment s'analitzen i comparen diferents tecnologies amb les quals cobrir la demanda. Aquestes són, d'una banda, aerotèrmia o geotèrmia per al subministrament d'energia tèrmica; i de l'altra, per a la generació d'energia elèctrica, es contempla la instal·lació de panells fotovoltaics o panells solars híbrids. A més, per satisfer la demanda d'aigua calenta sanitària (ACS), es considera l'opció d'instal·lar captadors solars tèrmics o utilitzar l'aerotèrmia.

Finalment, després de l'estudi i comparació de les diferents tecnologies, es dissenya la instal·lació tèrmica de climatització i ACS per a la millor de les opcions amb distribució de calefacció mitjançant sòl radiant i de refrigeració amb *fan coils*. També es dissenya la instal·lació de plaques solars híbrides per autoabastir l'energia elèctrica requerida per l'habitatge i alhora proporcionar suport a la instal·lació d'ACS. D'aquesta forma, es pretén aconseguir un habitatge autosuficient i amb un mínim impacte ambiental, prioritzant aquest fet sobre el possible augment de cost de les instal·lacions.

**Paraules clau:** Aigua calenta sanitària (ACS), climatització, aerotèrmia, geotèrmia, captadors solars tèrmics, sòl radiant, *fan coil*, energia elèctrica, panells fotovoltaics, panells solars híbrids, eficiència energètica.

## ABSTRACT

The objective of this work is the design of the thermal and electrical installations for a single-family house of 183 m<sup>2</sup> habitable distributed over two floors and inhabited by a family made of four people. The house is located in the south of the province of Valencia, specifically in the region of Vall d'Albaida.

In the first place, the study of the demand for thermal and electrical energy of the house is carried out in order to properly size the equipment that satisfies it, and carry out the design of the facilities.

Next, different technologies are analyzed and compared to meet the demand. These are, on the one hand, aérothermal or geothermal energy for the supply of thermal energy. On the other hand, for the generation of electrical energy, the installation of photovoltaic panels or hybrid solar panels is contemplated. In addition, the option of installing solar thermal collectors or using aérothermy is considered to meet the demand for domestic hot water (DHW).

Finally, after the study and comparison of the different technologies, the thermal installation of air conditioning and DHW is designed for the best of the options with distribution of underfloor heating and cooling with fan coils. The installation of hybrid panels to independently supply, and at the same time, it provides support for the installation of DHW. This way, the intention is to get to have a self-sufficient home with a minimum environmental impact, prioritizing this fact over the possible cost increase of the installations.

**Keywords:** Domestic hot water (DHW), air conditioning, aérothermy, geothermal energy, solar thermal collectors, underfloor heating, *fan coil*, electric power, photovoltaic panels; hybrid solar panels, energy efficiency.

## ÍNDICE

<b>1. PRESENTACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Justificación	1
1.2 Objeto del Proyecto	1
1.3 Alcance	2
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA</b>	<b>3</b>
2.1 Localización	3
2.2 Ventilación	5
2.3 Cerramientos	7
2.3.1 Cerramientos Opacos	7
2.3.1.1 Muro Exterior	7
2.3.1.2 Tabiquería Interior	8
2.3.1.3 Cubierta.	8
2.3.1.4 Forjado Interior	9
2.3.1.5 Medianera	10
2.3.1.6 Solera	10
2.3.2 Cerramientos Semitransparentes	11
2.3.2.1 Ventanas Horizontales	11
2.3.2.2 Ventanas Verticales	11
2.4 Cargas Térmicas	12
2.4.1 Cargas Exteriores	12
2.4.1.1 Carga Cerramientos Opacos	12
2.4.1.2 Carga Cerramientos Semitransparentes	13
2.4.1.3 Carga Puentes Térmicos	13
2.4.1.4 Carga Ventilación e Infiltración	13
2.4.2 Cargas Interiores	14
2.4.2.1 Carga por ocupantes	14
2.4.2.2 Carga por iluminación	15
2.4.2.3 Carga por equipamiento	15
2.5 Demanda de Pico Calefacción y Refrigeración	15
2.6 Demanda Pico de Electricidad	18

2.7 Demanda Pico de Agua Caliente Sanitaria	19
<b>3. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA</b>	<b>23</b>
3.1 Sistemas de Generación Térmica	23
3.1.1 Bomba de Calor	23
3.1.1.1 Componentes y funcionamiento	23
3.1.1.2 Coeficiente de Rendimiento	25
3.1.1.3 Sistema Emisor	25
3.1.1.4 Fuentes de Intercambio de Calor	25
3.1.1.4.1 Geotermia	26
3.1.1.4.2 Aerotermia	29
3.2 Sistemas de Generación Eléctrica	30
3.2.1 Placas Fotovoltaicas	30
3.2.1.1 Célula Solar	31
3.2.1.2 Módulo Fotovoltaico	33
3.3 Sistema de Generación Híbrida	35
3.3.1 Panel Solar Hibrido	35
<b>4. ESQUEMAS DE SUMINISTRO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Y TÉRMICA PROPUESTOS Y ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO</b>	<b>37</b>
4.1 Climatización con Geotermia y Generación Eléctrica con Paneles Fotovoltaicos con Baterías	37
4.1.1 Instalación Geotérmica	37
4.1.1.1 Elección Bomba de Calor	37
4.1.1.2 Dimensionado de Sondas	37
4.1.2 Instalación de Paneles Fotovoltaicos	41
4.1.2.1 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda	41
4.1.2.2 Dimensionamiento de Paneles Fotovoltaicos	42
4.1.2.3 Dimensionamiento de baterías	44
4.1.3 Presupuesto estimado	44
4.2 Climatización con Geotermia + Paneles híbridos y Generación Eléctrica con Paneles Híbridos con baterías.	45
4.2.1 Instalación Geotérmica	45
4.2.2 Instalación de Paneles Híbridos	45
4.2.2.1 Estimación Energía Térmica Generada	45



4.2.2.2 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda	47
4.2.2.3 Dimensionamiento paneles híbridos	47
4.2.2.4 Dimensionamiento de Baterías	48
4.2.3 Presupuesto Estimado	48
4.3 Climatización con Aerotermia y Generación Eléctrica con Paneles Fotovoltaicos con Baterías	49
4.3.1 Instalación Equipos de Aerotermia	49
4.3.1.1 Elección Bomba de Calor	49
4.3.2 Instalación de Paneles Fotovoltaicos	49
4.3.2.1 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda	49
4.3.2.2 Dimensionamiento de Paneles Fotovoltaicos	50
4.3.2.3 Dimensionamiento de Baterías	50
4.3.3 Presupuesto Estimado	50
4.4 Climatización con Aerotermia + Paneles Híbridos y Generación Eléctrica con Paneles Híbridos.	51
4.4.1 Instalación Equipos de Aerotermia	51
4.4.1.1 Elección Bomba de Calor	51
4.4.2 Instalación de Paneles Híbridos	51
4.4.2.1 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda	51
4.4.2.2 Dimensionamiento de los Paneles Híbridos	52
4.4.2.3 Dimensionamiento de Baterías	52
4.4.2.4 Presupuesto Estimado	52
4.5 Estudio Medioambiental y Económico.	53
4.5.1 Estudio económico	53
4.5.2 Estudio medioambiental	53
<b>5. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN CON AEROTERMIA Y GENERACIÓN CON PANELES FOTOVOLTAICOS CON BATERÍAS</b>	<b>55</b>
5.1 Justificación del Sistema elegido	55
5.2 Sistema de Climatización	55
5.2.1 Bomba de calor	55
5.2.2 Fan Colis	55
5.2.3 Suelo Radiante	56
5.3 Sistema de Generación Eléctrica	57

5.3.1 Paneles fotovoltaicos	58
5.3.2 Inversor	58
5.3.3 Baterías	59
5.3.4 Regulador de carga	59
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>61</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>63</b>
<b>SEGUNDA PARTE: PRESUPUESTO</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO 1: Planos</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO 2: Cálculo de las Cargas de Refrigeración y Calefacción</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO 3: Cálculo de la Demanda de ACS</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO 4: Ficha técnica de la bomba de calor geotérmica</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO 5: Mapa geológico de España</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 6: Temperatura Media Anual</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO 7: FICHA TÉCNICA BLUESUN BSM500M-96</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 8: FICHA TÉCNICA ABORA SOLAR</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 9: FICHA TÉCNICA Arotherm plus 8</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 10: FICHA TÉCNICA Estía Mural 11 TOSHIBA</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO 11: FICHA TÉCNICA Inversor Híbrido HUAWEI SUN2000-5KTL</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización de la vivienda	3
Figura 2: Tabla extraída del DBHE	4
Figura 3: Distribución de la planta baja	5
Figura 4: Distribución de la primera planta	5
Figura 5: Tabla extraída del DBS	6
Figura 6: Sección constructiva del muro exterior	7
Figura 7: Sección constructiva de la tabiquería interior	8
Figura 8: Sección constructiva de la cubierta	9
Figura 9: Sección constructiva forjado interior	9
Figura 10: Sección constructiva medianera	10
Figura 11: Sección constructiva solera	11
Figura 12: Vista ventana	11
Figura 13: Tabla extraída del DBHS	14
Figura 14: Calor sensible y latente desprendido por persona	14
Figura 15: Evolución de la carga sensible de calefacción durante un día	16
Figura 16: Evolución de la carga latente de calefacción durante un día	16
Figura 17: Evolución de la carga sensible de refrigeración durante un día	17
Figura 18: Evolución de la carga latente de refrigeración durante un día	17
Figura 19: Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C)	20
Figura 20: Ciclo refrigeración simple	23
Figura 21: Transferencia de calor en verano e invierno	24
Figura 22: Bomba reversible	24
Figura 23: Geotermia con suelo radiante	25
Figura 24: Gradiente geotérmico	26
Figura 25: Usos de la energía geotérmica según su temperatura	27
Figura 26: Sistemas captación abiertos	28
Figura 27: Circuito cerrado vertical	28

Figura 28: Circuito cerrado horizontal	29
Figura 29: Aerotermia: dispositivos	29
Figura 30: Efecto fotoeléctrico	30
Figura 31: Curva característica corriente-tensión	31
Figura 32: Parámetros característicos de una célula fotovoltaica	32
Figura 33: Variación de los parámetros en función de la temperatura	32
Figura 34: Conexión en paralelo de los módulos fotovoltaicos	33
Figura 35: Conexión en serie de los módulos fotovoltaicos	34
Figura 36: Conexión en serie-paralelo de los módulos fotovoltaicos	34
Figura 37: Elementos módulo fotovoltaico	34
Figura 38: Elementos de un panel solar híbrido	35
Figura 39: Características Tubo Polietileno	38
Figura 40: Valores de conductividad y capacidad térmica	39
Figura 41: Esquema unidad interior y exterior	55
Figura 42: Fan coil Vaillant tipo mural	56
Figura 43: Distribución en serpentín doble	57
Figura 44: Elementos de un sistema fotovoltaico aislado	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caudal mínimo de ventilación de la vivienda	6
Tabla 2: Capas del muro exterior	7
Tabla 3: Capas de la tabiquería interior	8
Tabla 4: Capas de la cubierta	8
Tabla 5: Capas del forjado interior	9
Tabla 6: Capas de la medianera	10
Tabla 7: Capas de la solera	10
Tabla 8: Características de las ventanas horizontales	11
Tabla 9: Características de las ventanas verticales	12
Tabla 10: Tipos de carga	12
Tabla 11: Coeficiente de orientación del muro	13
Tabla 12: Ejemplos de luminarias	15
Tabla 13: Cargas térmicas	18
Tabla 14: Potencia instalada en la vivienda	18
Tabla 15: Agua fría de red de La Pobla del Duc	21
Tabla 16: Demanda energética de ACS	21
Tabla 17: Características de la bomba de calor geotérmica	37
Tabla 18: Demanda eléctrica de climatización	42
Tabla 19: Datos de irradiación	43
Tabla 20: Parámetros eléctricos del panel fotovoltaico	43
Tabla 21: Estimación del presupuesto de geotermia y paneles fotovoltaicos	45
Tabla 22: Energía térmica aportada por los paneles híbridos	46
Tabla 23: Comparación entre la energía térmica demandada y la generada	46
Tabla 24: Especificaciones eléctricas del panel híbrido Abora	47
Tabla 25: Especificaciones térmicas del panel híbrido Abora	47
Tabla 26: Estimación del presupuesto de geotermia y paneles híbridos	48
Tabla 27: Características de la bomba de calor Vaillant	49
Tabla 28: Estimación del presupuesto de aerotermia y paneles fotovoltaicos	51
Tabla 29: Características de la bomba de calor Toshiba	51
Tabla 30: Estimación del presupuesto de aerotermia y paneles híbridos	53

Tabla 31: Presupuesto de los diferentes esquemas propuestos	53
Tabla 32: ODP y GWP de los refrigerantes utilizados	54
Tabla 33: Metros de tubería para suelo radiante	57

# **PRIMERA PARTE**

## **MEMORIA**

## 1. PRESENTACIÓN

### 1.1 Justificación

Uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la sociedad actual es el cambio climático, por consiguiente, es esencial que tanto los ciudadanos como empresas e instituciones se impliquen en detener lo antes posible las consecuencias que éste conlleva.

En septiembre de 2015, en la Asamblea General de Naciones Unidas, se aprobaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que conforman la Agenda 2030 entre los que ocupa un lugar destacado combatir el cambio climático (Centro de noticias de la ONU, 2015).

Atendiendo a la programación de esta agenda, el 31 de marzo de 2021 se publicó en el BOE el Plan Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Este plan define los objetivos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la incorporación de energías renovables y medidas de eficiencia energética entre otros aspectos.

Dentro de los propósitos que pretende alcanzar PINEC para el año 2030 destacan:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 21% respecto a 1990, por lo que será imprescindible sustituir los combustibles fósiles por energías limpias y renovables.
- Alcanzar un 42% de energías renovables sobre el uso de energía final del país y en concreto, en cuanto a la eléctrica, conseguir que un 74% de ésta provenga de fuentes renovables.
- Aumentar la tasa de mejora de la eficiencia energética del país en un 39,6%.

Para lograr estos objetivos es necesario el cambio de modelo energético y las pequeñas instalaciones de autoconsumo contribuyen a esta transición. El presente proyecto se centra en el estudio de la instalación de energía térmica y eléctrica de una vivienda unifamiliar con la finalidad de reducir las emisiones de GEI, mejorar la eficiencia energética del hogar y conseguir el uso máximo posible de energías renovables.

### 1.2 Objeto del Proyecto

El objeto del presente Trabajo de Fin de Grado es el diseño de las instalaciones térmica y eléctrica para una vivienda unifamiliar situada en La Pobla del Duc, localidad situada en la comarca de La Vall d'Albaida (Valencia).

Con este fin, se analizan y comparan diferentes tecnologías con las que cubrir la demanda. Estas son, por una parte, aerotermia o geotermia para el suministro de energía térmica; y por otra, para la generación de energía eléctrica, se contempla la instalación de paneles fotovoltaicos o paneles solares híbridos.

Para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria (ACS), se considera la opción de instalar captadores solares térmicos o utilizar la aerotermia. Finalmente, se diseña la instalación térmica de climatización y ACS para la mejor de las opciones, con distribución de calefacción mediante suelo radiante y de refrigeración con *fan coils*. También se proyecta la instalación de placas solares híbridas para autoabastecer la energía eléctrica requerida por la vivienda y al mismo tiempo proporcionar apoyo a la instalación de ACS.



Cabe destacar que se pretende conseguir una vivienda autosuficiente y con un mínimo impacto ambiental, priorizando este hecho sobre el posible aumento de costo de las instalaciones, cumpliendo con la normativa del Código Técnico de la Edificación (CTE) y del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

### **1.3 Alcance**

Como se ha indicado anteriormente, este proyecto de final de Grado se centra en el estudio y diseño de las instalaciones eléctrica y térmica de una vivienda unifamiliar sobre la que se realiza una rehabilitación completa.

Se calculan las cargas térmicas de la vivienda asociadas a la demanda que se desea cubrir considerando parámetros como la geometría de la vivienda, su localización y las características de sus cerramientos entre otros. Este proceso se lleva a cabo mediante la metodología RTS (Radiant Time Series) utilizando la herramienta Cargas.

En cuanto al dimensionamiento de la instalación de Agua Caliente Sanitaria se siguen las indicaciones del Código Técnico de la Edificación, concretamente las del Documento Básico HE Ahorro de Energía, realizándose los cálculos de este dimensionamiento de forma manual. Asimismo, para poder dimensionar tanto los paneles fotovoltaicos como los captadores térmicos, se lleva a cabo un estudio de la radiación que llega a la vivienda haciendo uso de la herramienta PVGIS.

Por último, se presenta el análisis económico de las distintas instalaciones propuestas. En su desarrollo se llevará a cabo una comparación exhaustiva entre las mismas, evaluando el presupuesto financiero y la rentabilidad del proyecto.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

### 2.1 Localización

La vivienda está situada en la La Pobla del Duc, localidad ubicada en la comarca de la Vall d'Albaida en la provincia de Valencia. El municipio se localiza en la margen cuenca derecha del río Albaida, a 243 m sobre el nivel del mar. En la Figura 1 se muestra la localización de la vivienda en vista satélite.



Figura 1: Localización de la vivienda (Google MAPS)

Debido a su localización, este municipio se caracteriza por tener un clima mediterráneo de interior. A diferencia de las zonas mediterráneas marítimas, que son zonas más húmedas, esta ubicación tiene un clima más seco todos los meses del año, hecho que favorece tener altas temperaturas en verano y moderadas en invierno.

En el Documento Básico HE- Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, se establece que en función de la provincia y la altitud respecto al nivel del mar la zona climática se corresponde con la C3, como se observa en la Figura 2.

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	111 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m
Albacete	C3									D3									E1				
Alicante/Alacant	B4						C3						D3										
Almería	A4			B4			B3			C3						D3							
Araba/Álava	D1									E1													
Asturias	C1	D1									E1												
Ávila	D2									D1						E1							
Badajoz	C4						C3			D3													
Balears, Illes	B3						C3																
Barcelona	C2						D2			D1						E1							
Bizkaia	C1									D1													
Burgos	D1									E1													
Cáceres	C4									D3						E1							
Cádiz	A3			B3						C3			C2			D2							
Cantabria	C1			D1									E1										
Castellón/Castelló	B3			C3						D3			D2						E1				
Ceuta	B3																						
Ciudad Real	C4									C3			D3										
Córdoba	B4			C4						D3													
Coruña, A	C1			D1																			
Cuenca	D3									D2						E1							
Gipuzkoa	D1									E1													
Girona	C2			D2						E1													
Granada	A4	B4						C4						C3			D3						E1
Guadalajara	D3																			D2	E1		
Huelva	A4	B4			B3			C3						D3									
Huesca	C3						D3			D2						E1							
Jaén	B4									C4						D3				E1			
León	E1																						
Lleida	C3			D3						E1													
Lugo	D1									E1													
Madrid	C3									D3						D2				E1			
Málaga	A3			B3						C3						D3							
Melilla	A3																						
Murcia	B3			C3						D3													
Navarra	C2			D2						D1						E1							
Ourense	C3			C2			D2						E1										
Palencia	D1									E1													
Palmas, Las	a3									A2						B2			C2				
Pontevedra	C1									D1													
Rioja, La	C2			D2						E1													
Salamanca	D2									E1													
Santa Cruz de Tenerife	a3									A2						B2			C2				
Segovia	D2									E1													
Sevilla	B4			C4																			
Soria	D2									D1			E1										
Tarragona	B3			C3						D3													
Teruel	C3									C2			D2						E1				
Toledo	C4									D3													
Valencia/València	B3			C3						D2						E1							
Valladolid	D2									E1													
Zamora	D2									E1													
Zaragoza	C3			D3						E1													

Figura 2: Tabla extraída del DBHE (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana, 2022)

La vivienda requiere de una rehabilitación completa y ya se dispone de los planos de la futura repartición. La casa cuenta con 229,5 m<sup>2</sup> de los cuales 183 m<sup>2</sup> son habitables. Éstos están distribuidos en una planta baja de 154 m<sup>2</sup> y una primera planta de 75,5 m<sup>2</sup> respectivamente. Las estancias

habitables que componen la planta baja son un despacho, un garaje, el comedor, la cocina, un aseo, un cuarto de baño, un vestidor, un dormitorio y una galería; además, también dispone un patio interior de 16m<sup>2</sup>. La primera planta está formada por dos habitaciones, dos despachos, un cuarto de baño y una terraza de 26,25 m<sup>2</sup>. La distribución de las dos plantas se muestra en las siguientes figuras.



*Figura 3: Distribución de la planta baja (Elaboración propia)*



*Figura 4: Distribución de la primera planta (Elaboración propia)*

Se tiene previsto que las unidades interiores de los sistemas de climatización se sitúen en la galería, ya que ésta tiene salida directa a la terraza interior de la planta baja; las unidades exteriores también se instalarán en dicha terraza interior. En cuanto a los paneles solares, se decide ubicarlos en el tejado que cuenta con una superficie de 52 m<sup>2</sup>.

## **2.2 Ventilación**

En el Documento Básico HS Salubridad del CTE, se indican procedimientos y normas que posibilitan el cumplimiento de los requerimientos de salubridad básicos con el objeto de minimizar el peligro de que los usuarios, en el interior de las edificaciones y en circunstancias normales de uso, sufran enfermedades o incomodidades. Asimismo también minimizar la posibilidad de deterioro de los edificios y de que perjudiquen el medio ambiente como efecto de las propiedades de su proyecto, edificación, utilización y mantenimiento.

Por esta razón, en los locales habitables de las residencias se debe suministrar un caudal de aire exterior apto para lograr que en cada uno de ellos la concentración media anual de CO<sub>2</sub> sea inferior a 900 ppm y que el acumulado anual de CO<sub>2</sub> que supere 1600 ppm sea inferior a 500000 ppm·h. Asimismo, el flujo de aire exterior suministrado debe ser el idóneo para suprimir los contaminantes no vinculados directamente con la presencia de habitantes.

En la Sección HS 3 Calidad del aire interior del DBHS se establece una ventilación de caudal constante en locales habitables para satisfacer las condiciones mencionadas anteriormente. Estos caudales mínimos se especifican en la Figura 5.

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

Figura 5: Tabla extraída del DBHS (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana, 2022)

La vivienda estudio consta de cuatro locales secos: un dormitorio principal, dos dormitorios secundarios y un salón-comedor. En cuanto a los locales húmedos, la vivienda consta de tres baños y una cocina. Basándose en los datos de la figura 5, se realizan los cálculos siguientes para establecer el caudal mínimo:

Tabla 1: Caudal mínimo de ventilación de la vivienda

Tipo	Estancia	Cantidad	Caudal Mínimo por zona (L/s)	Caudal Mínimo (L/s)	Caudal Mínimo total (L/s)
Locales secos	Dormitorio principal	1	8	8	26
	Resto de dormitorios	2	4	8	
	Salón-Comedor	1	10	10	
Locales húmedos	Baño	3	8	24	32 33 (por normativa)
	Cocina	1	8	8	

En cuanto a los locales húmedos, se establece un mínimo de 8 l/s por cada uno, lo que supondría un caudal de 32 l/s; en cambio, en la tabla se exige que el mínimo en total en los locales húmedos para viviendas de tres o más dormitorios sea de 33 l/s.

Por tanto, se establece que la ventilación de caudal constante de la vivienda sea de 33 l/s por ser el valor más restrictivo. Este dato será necesario para así poder determinar posteriormente las cargas térmicas de la vivienda.

## 2.3 Cerramientos

Al tratarse el caso de estudio de una rehabilitación completa de la vivienda, se escogen los cerramientos de menor transmitancia térmica, de manera que aislen de forma óptima el habitáculo del exterior y que las cargas térmicas no sean tan elevadas. Los datos de los cerramientos siguientes se han obtenido de la Guía de aplicación DB HE 2019 Ejemplos (I) del CTE, escogiendo aquellos de menor transmitancia.

### 2.3.1 Cerramientos Opacos

**2.3.1.1 Muro Exterior** Las capas que componen el muro exterior y su correspondiente conductividad térmica se especifica en la siguiente tabla 2 y se puede observar su sección en la figura 6:

Tabla 2: Capas del muro exterior

Capa	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,030	0,550
2	EPS Poliestireno Expandido	0,140	0,029
3	1 pie LP métrico o catalán 80 mm < g < 100 mm	0,240	0,512
4	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,010	0,550
5	Cámara de aire sin ventila vertical 5 cm	0,050	--
6	Placa de yeso laminado 750 < d < 900	0,015	0,250
7	Placa de yeso laminado 750 < d < 900	0,015	0,250

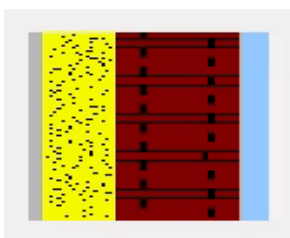


Figura 6: Sección constructiva del muro exterior (Elaboración propia)

La Transmitancia total del muro exterior es de 0,17 W/m<sup>2</sup>K

**2.3.1.2 Tabiquería Interior** Las capas que componen la tabiquería interior y su correspondiente conductividad térmica son las especificadas en la tabla 3 y la sección constructiva se puede observar en la figura 7.

Tabla 3: Capas de la tabiquería interior

Capa	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)
1	Placa de yeso laminado 750< d< 900	0,015	0,250
2	Placa de yeso laminado 750< d< 900	0,015	0,250
3	Tabicón de LH doble 60 mm< E< 90mm	0,080	0,212
4	Placa de yeso laminado 750< d< 900	0,015	0,250
5	Placa de yeso laminado 750< d< 900	0,015	0,250

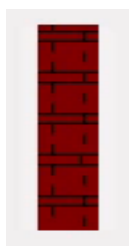


Figura 7: Sección constructiva de la tabiquería interior (Elaboración propia)

La Transmitancia total de la tabiquería interior es de 1,32 W/m<sup>2</sup>K.

**2.3.1.3 Cubierta.** Las capas que componen la cubierta y su correspondiente conductividad térmica se especifican en la tabla 4 y su sección constructiva en la figura 8.

Tabla 4: Capas de la cubierta

Capa	Material	Espesor (m)	Conductiv. (W/mK)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
1	Teja arcilla cocida	0,015	1,000	--
2	Cámara de aire ventilada flujo ascendente	--	--	0,06
3	XPS expandido con dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	0,160	0,034	--
4	Betún fieltro o lámina	0,010	0,230	--
5	FR entrevigado de EPS mecanizado enrasado de canto	0,250	1,190	--
6	Placa de yeso laminado 750< d< 900	0,015	0,250	--

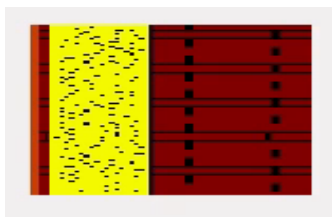


Figura 8: Sección constructiva de la cubierta (Elaboración propia)

La Transmitancia total de la cubierta es de 0,19 W/m<sup>2</sup>K

**2.3.1.4 Forjado Interior** Las capas que componen el forjado interior y su correspondiente conductividad térmica se muestran en la tabla 5 y la sección constructiva en la figura 9.

Tabla 5: Capas del forjado interior

Capa	Material	Espesor (m)	Conductiv. (W/mK)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
1	Plaqueta o baldosa de gres	0,010	2300	--
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d <1250	0,050	0,550	--
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d <1250	0,065	0,550	--
4	XPS expandido con dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	0,060	0,034	--
5	FU entrevigado cerámico de canto	0,250	0,908	--
6	Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm	0,050	--	0,18
7	Placa de yeso laminado 750< d< 900	0,015	0,250	--

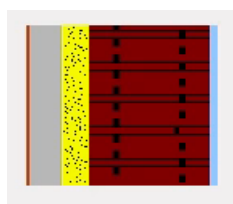


Figura 9: Sección constructiva forjado interior (Elaboración propia)

La Transmitancia total del forjado interior es de 0,39 W/m<sup>2</sup>K

**2.3.1.5 Medianera** Las capas que componen la medianera y su correspondiente conductividad térmica se muestran en la tabla 6 y su sección constructiva se observa en la figura 10.



Tabla 6: Capas de la medianera

Capa	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)
1	½ pie LH métrico o catalán 40 mm < G < 50mm	0,115	0,991
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,010	0,550
3	EPS Poliestireno expandido	0,020	0,038
4	Tabicón de LH doble 60 mm < E < 90mm	0,060	0,212
5	Placa de yeso laminado 750 < d < 900	0,015	0,250

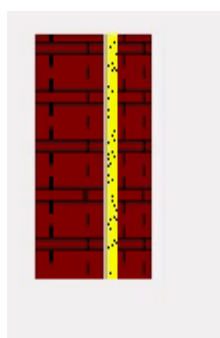


Figura 10: Sección constructiva medianera (Elaboración propia)

La Transmitancia total de la medianera es de 0,85 W/m<sup>2</sup>K.

**2.3.1.6 Solera** Las capas que componen la solera y su correspondiente conductividad térmica se muestran en la tabla 7 y su sección constructiva en la figura 11.

Tabla 7: Capas de la solera

Capa	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)
1	Azulejo cerámico	0,03	1,30
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,01	0,55
3	Hormigón en masa	0,21	1,65
4	Arena y grava 1700 < d < 2200	0,35	2,00

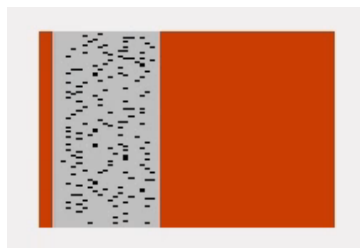


Figura 11: Sección constructiva solera (Elaboración propia)

La Transmitancia total de la solera es de 1.95 W/m<sup>2</sup>K

### **2.3.2 Cerramientos Semitransparentes**

Los cerramientos semitransparentes están definidos por las ventanas compuestas por su vidrio, marco y divisores.

**2.3.2.1 Ventanas Horizontales** Las características de las ventanas horizontales de la vivienda se muestran en la tabla 8.

Tabla 8: Características de las ventanas horizontales

	Tramitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar g
Vidrio doble bajo emisivo <0,03	2,6	0,7
Marco de PVC dos cámaras	2,4	--

En la figura 12 se observa la sección de una ventana con doble acristalamiento y doble cámara.

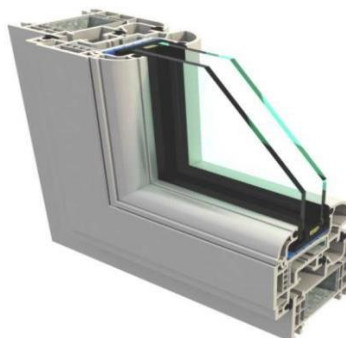


Figura 12: Vista ventana (ArtIndex, 2022)

**2.3.2.2 Ventanas Verticales** Las características de las ventanas horizontales de la vivienda son las que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Características de las ventanas verticales

	Tramitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar g
Vidrio doble bajo emisivo <0,03	2,5	0,7
Marco de PVC dos cámaras	2,2	--

## 2.4 Cargas Térmicas

El objetivo de la climatización es mantener el confort térmico de los ocupantes de una vivienda, de un local o de un recinto, por medio de la humedad y la temperatura atendiendo a la actividad que éstos desempeñen. Para el dimensionamiento de equipos, en climatización, se calcula la máxima carga térmica.

La carga térmica es el fenómeno que modifica la humedad o la temperatura (carga latente y carga sensible); es decir, es la energía que tiene que ser adicionada o extraída en cada instante de un área para preservar la temperatura apropiada en la misma.

Según su procedencia se distinguen dos tipos de cargas: las cargas interiores, procedentes del interior de la vivienda, y las exteriores, como se resume en la tabla 10.

Tabla 10: Tipos de carga

Localización	Carga	Latente
Exteriores	Cerramientos opacos	No
	Cerramientos semitransparentes	No
	Puentes térmicos	No
	Ventilación	Si
	Infiltración	Si
Interiores	Ocupantes	Si
	Iluminación	No
	Máquinas	Si
	Propia instalación	No

### 2.4.1 Cargas Exteriores

**2.4.1.1 Carga Cerramientos Opacos** Los cerramientos opacos son muros o cualquier otro tipo de elemento que separa la envolvente térmica con el exterior o habitáculos colindantes.

Las cargas de transmisión por conducción de calor a través de estos cerramientos dependen de las características constructivas, del área del cerramiento y de la temperatura exterior e interior. Para

expresarlas se utiliza el coeficiente global de transmisión de calor  $U$  ( $W/m^2K$ ). Este tipo de cargas modifican la temperatura interior de la vivienda, por tanto, influyen en las cargas térmicas sensibles.

A la hora de calcular la carga por cerramientos opacos, si el muro o elemento da al exterior, se debe tener en cuenta el factor de orientación  $Co$ . Éste es un factor adimensional que se usa para considerar la falta de radiación solar y la existencia de vientos dominantes sobre los muros de acuerdo con su orientación. Los valores del  $Co$  respecto a su orientación se muestran en la tabla 11.

Tabla 11: Coeficiente de orientación del muro

Orientación	Co
Norte	1,15
Sur	1,00
Este	1,10
Oeste	1,05

**2.4.1.2 Carga Cerramientos Semitransparentes** Las cargas por cerramientos semitransparentes son resultado de la radiación solar que incide en los cerramientos translúcidos o transparentes. Ésta produce un incremento de la temperatura interior de la vivienda que afecta a las cargas sensibles.

Además de la radiación solar que atraviesa el elemento, las cargas por cerramientos semitransparentes también dependen de la superficie del cerramiento y del factor de corrección  $F$ . Este factor de corrección  $F$  está sujeto al tipo de acristalamiento, a las sombras o elementos que puedan producir umbrías en el cerramiento, como las persianas, y a su orientación.

**2.4.1.3 Carga Puentes Térmicos** Los puentes térmicos son zonas del cerramiento del edificio donde el calor se transmite más fácilmente que en el resto de la envolvente a causa de un cambio en la geometría de esta, o bien por una variación de resistencia térmica o de materiales. Para calcular la carga por puentes térmicos se tiene en cuenta longitud de este y el coeficiente global de transmisión de calor  $U$  ( $W/m^2K$ ). Estas cargas varían la temperatura del habitáculo, por tanto, influyen en las cargas sensibles de la vivienda.

Para impedir esta transmisión de calor se lleva a cabo lo que se denomina una rotura de puente térmico, intercalando entre la cara interior y exterior un mal conductor y consiguiendo así reducir las pérdidas de calor.

**2.4.1.4 Carga Ventilación e Infiltración** Como se ha mencionado en el apartado 2.2 del presente proyecto, en los locales habitables de las residencias se debe suministrar un caudal de aire exterior apto, y el flujo de éste debe ser el idóneo para suprimir los contaminantes no vinculados directamente con la presencia de habitantes. Con este objetivo, en el Documento Básico HS Salubridad del CTE se indican procedimientos y normas que posibilitan el cumplimiento de los requerimientos de salubridad básicos estableciendo un mínimo de caudal de ventilación según el tipo de vivienda. Estos caudales se pueden observar en la figura 13.

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

Figura 13: Tabla extraída del DBHS (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana, 2022)

Este caudal constante de ventilación se traduce en un aumento de cargas sensibles y latentes, ya que modifican tanto la temperatura como la humedad de la vivienda.

Por otra parte, la infiltración es el flujo de aire no controlado a causa de huecos alrededor de las ventanas y puertas, grietas... Se produce cuando se da una mayor presión en el exterior que en el interior. Debido a la complejidad que conlleva, el cálculo de su carga térmica es estimativo y no se suele considerar en verano.

#### 2.4.2 Cargas Interiores

Si la envolvente térmica de la vivienda estuviese perfectamente aislada, las cargas internas son las únicas que existirían. Se clasifican en cargas por ocupantes, por iluminación y por equipamiento. Se necesita una estimación correcta de los horarios de ocupación de la vivienda, hecho que supone la mayor dificultad a la hora de realizar los cálculos.

**2.4.2.1 Carga por ocupantes** La carga por ocupantes es debida al calor que éstos expulsan. Se puede dividir en una parte latente y una parte sensible por radiación y convección, que dependerá de diversos factores como la cantidad de personas o la respiración y transpiración de cada ocupante. En la figura 14 se muestran algunos valores de cargas por ocupante dependiendo de la actividad desarrollada y de la temperatura seca del local.

Grado de actividad	Temperatura seca del local					
	26°C		24°C		21°C	
	W		W		W	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentados, en reposo	61	41	67	35	75	27
Sentados, trabajo muy ligero	63	53	70	46	79	37
Empleado de oficina	63	68	71	60	82	49
De pie, marcha lenta	63	68	71	60	82	49
Sentado, de pie	64	82	74	72	85	61
Sentado, restaurante	71	90	82	79	94	67
Trabajo ligero en banco de taller	72	147	86	133	107	113
Baile o danza	80	168	95	153	117	131
Marcha, 5 km/h	96	196	111	181	135	158
Trabajo penoso	142	282	153	270	176	247

Figura 14: Calor sensible y latente desprendido por persona (ingenierosindustriales.com, 2022)

**2.4.2.2 Carga por iluminación** La carga por iluminación es debida al calor que es desprendido por las luminarias. Es toda sensible, y normalmente es el mayor componente de las cargas internas. Al igual que sucede en el cálculo de las cargas por ocupantes, los horarios de uso son muy importantes. Seguidamente, en la tabla 12, se muestran ejemplos de distintas luminarias y su correspondiente expresión para el cálculo de carga.

Tabla 12: Ejemplos de luminarias

	Radiación	Convección	Expresión
<b>Incandescentes</b>	80	20	$Q_{carga,sen,ilum} = P_{ilum} (n)$
<b>Fluorescentes</b>	50	50	$Q_{carga,sen,ilum} = 1,2 P_{ilum} (n)$
<b>Halógenas-LEDS</b>	50	50	$Q_{carga,sen,ilum} = P_{ilum} (n)$

**2.4.2.3 Carga por equipamiento** Las cargas por equipamiento se deben a la energía que desprenden equipos que hay en la vivienda como el horno o la cocina. Estas cargas pueden ser latentes o sensibles.

## 2.5 Demanda de Pico Calefacción y Refrigeración

El cálculo de la demanda pico de calefacción y refrigeración se lleva a cabo utilizando los datos de los cerramientos, de la localización de la vivienda y de los ocupantes de ésta, entre otros.

Los materiales poseen almacenamiento térmico y como consecuencia, se produce un retardo en el tiempo desde que una ganancia entra en la vivienda hasta que se transforma en carga térmica en el aire.

Para tener en consideración este retardo en el tiempo se lleva a término el cálculo de las cargas mediante la metodología RTS (*radiant time series*)

A continuación, se muestran los gráficos de las cargas sensibles y latentes, tanto de refrigeración como de calefacción a lo largo de un día, obtenidos a partir del programa Cargas.

En el Anexo 2 se detalla el procedimiento seguido en dicho programa para su cálculo.

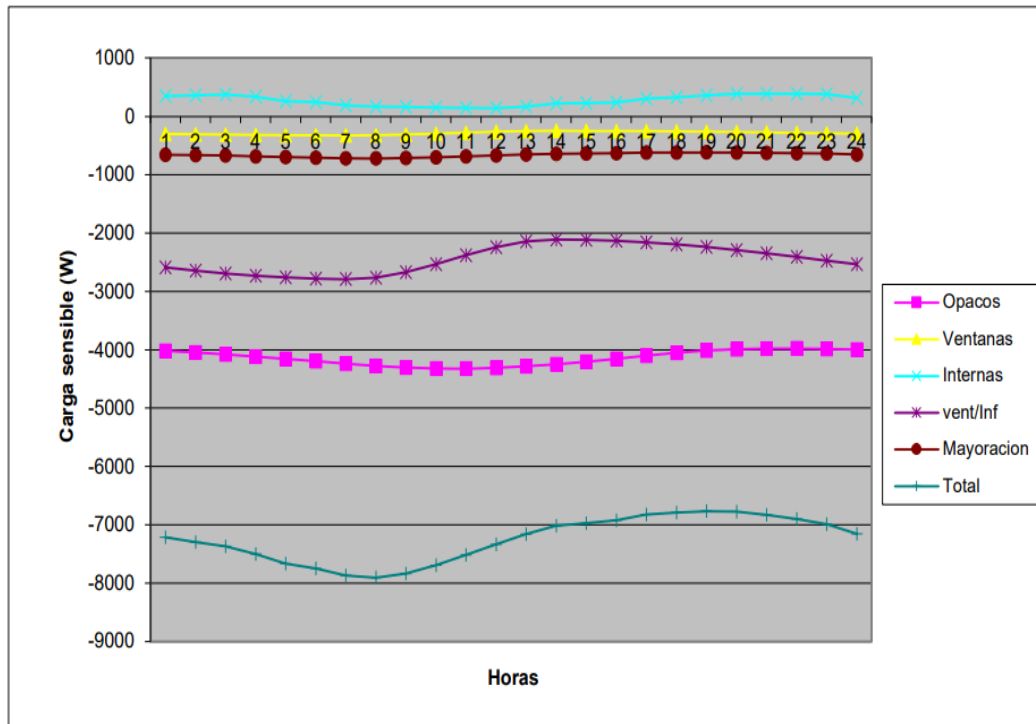


Figura 15: Evolución de la carga sensible de calefacción durante un día

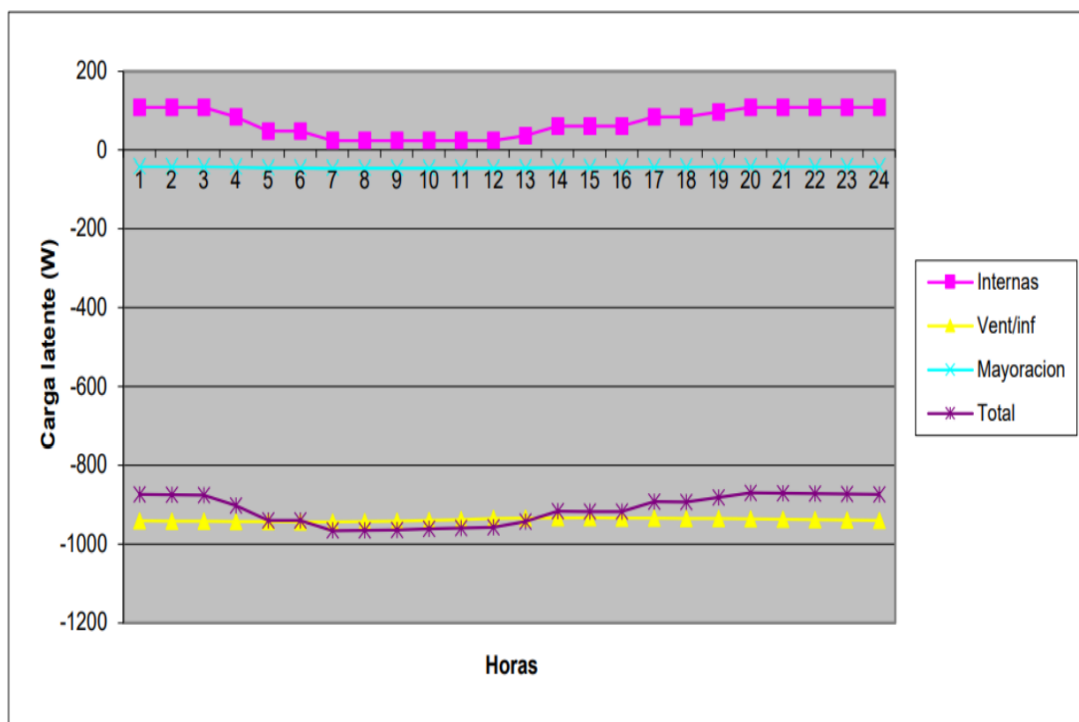


Figura 16: Evolución de la carga latente de calefacción durante un día

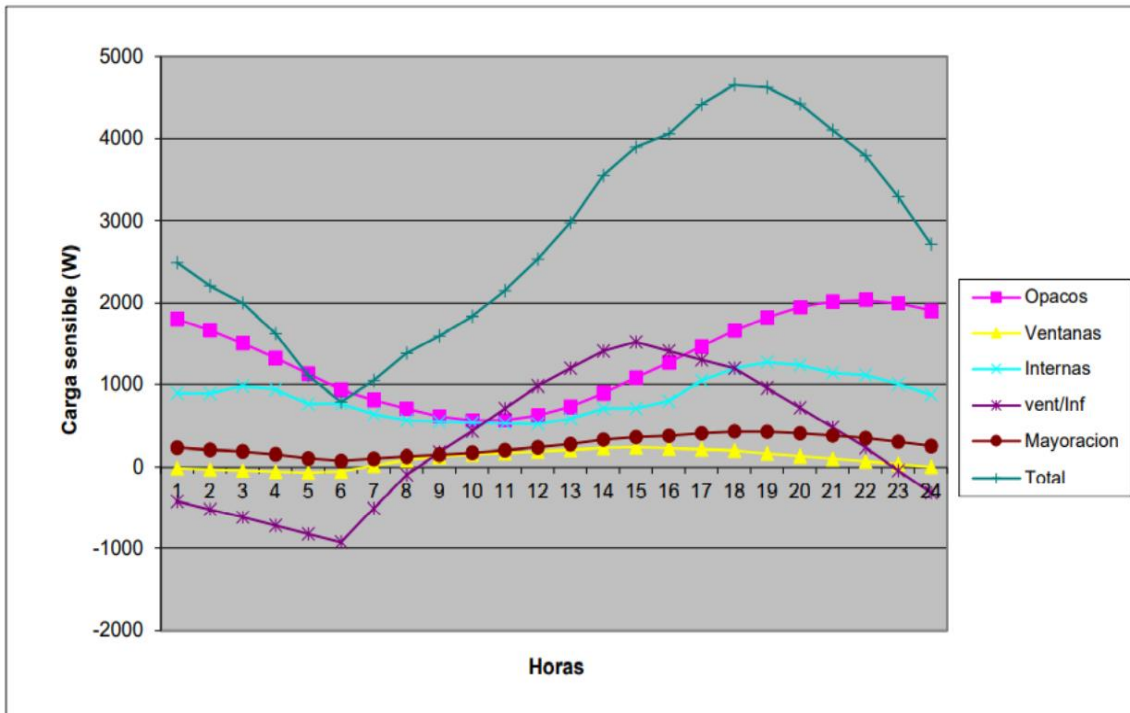


Figura 17: Evolución de la carga sensible de refrigeración durante un día

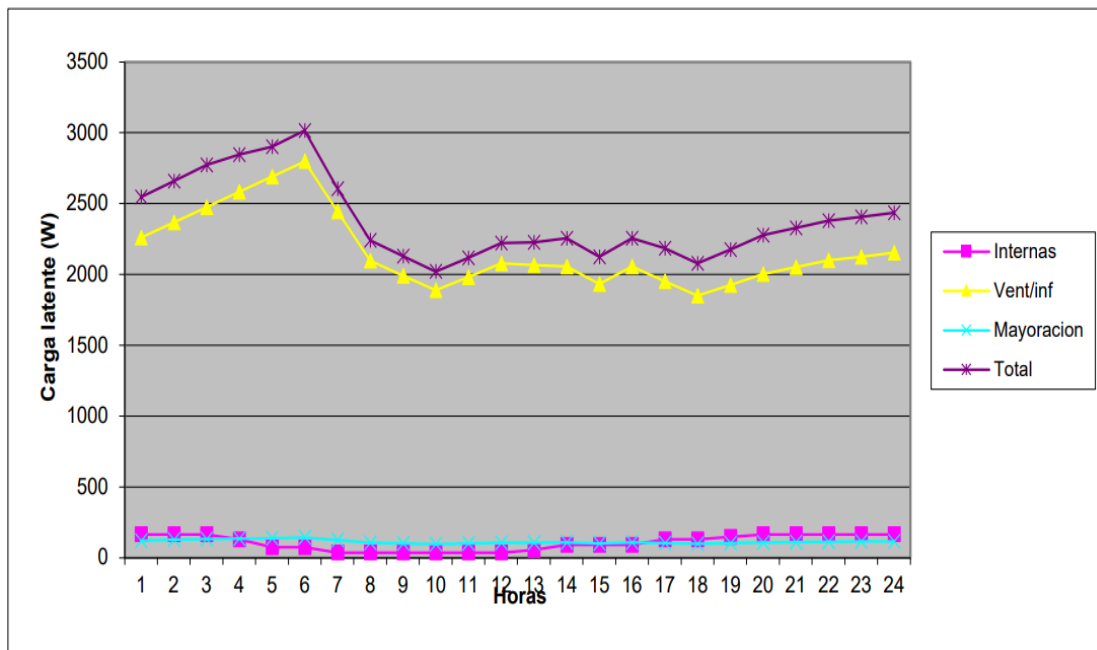


Figura 18: Evolución de la carga latente de refrigeración durante un día

La demanda pico de calefacción y refrigeración que se considerará para poder dimensionar los equipos de climatización son las indicadas en la tabla 13.



Tabla 13: Cargas térmicas

	Demanda (KW)
Carga calefacción	8,870
Carga refrigeración	6,737

## 2.6 Demanda Pico de Electricidad

Para el cálculo de la demanda pico de electricidad de la vivienda se tienen en cuenta todos los electrodomésticos, así como la iluminación de esta. Los electrodomésticos considerados son de máxima eficiencia y toda la iluminación es con bombillas LED para conseguir un mayor ahorro energético.

Además, también se estima la demanda energética tanto de un día en invierno como un día en verano, aproximando las horas de uso de cada electrodoméstico y alumbrado a cada estación. Cabe destacar que no se tiene en cuenta la potencia instalada correspondiente a la climatización, debido a que se dimensionan estos equipos posteriormente.

Seguidamente, se muestra en la tabla 14 el detalle de la potencia de cada aparamenta y el total que requiere la vivienda.

Tabla 14: Potencia instalada en la vivienda

Descripción	Potencia (W)	Utilización Verano (h/día)	Utilización Invierno (h/día)	Consumo Verano (Wh/día)	Consumo Invierno (Wh/día)
ALUMBRADO					
Despacho 1	18	1,0	2,0	18	36
Despacho 2	20	1,0	2,0	20	40
Despacho 3	22	1,0	2,0	22	44
Dormitorio 1	24	2,0	3,0	48	72
Dormitorio 2	25	2,0	3,0	50	75
Dormitorio 3	21	2,0	3,0	42	63
Comedor	54	1,0	4,0	54	216
Cocina	30	2,0	4,0	60	120
Pasillo 1	12	0,5	0,5	6	6
Pasillo 2	10	0,5	0,5	5	5
Pasillo 3	10	0,5	0,5	5	5
Vestidor	12	0,2	0,2	2,4	2,4

TOMAS DE CORRIENTE					
TV comedor	90	4,0	4,0	360	360
TV dormitorio	40	2,0	4,0	80	160
TV cocina	40	4,0	4,0	160	160
Frigorífico	250	2,0	3,0	500	750
Lavadora	500	0,5	0,5	250	250
Lavavajillas	840	0,5	0,5	420	420
Horno	1200	0,2	0,2	240	240
Vitrocerámica	1200	2,0	2,0	2400	2400
Microondas	700	0,2	0,2	140	7200
VARIOS					
Tomas de corriente	600	3	4	1800	7200
<b>TOTAL INSTALACIÓN</b>	<b>5718</b>			<b>6682,4</b>	<b>12764,4</b>

Sin embargo, no toda esta potencia instalada se pondrá en funcionamiento a la vez, motivo por el cual se multiplica la misma por el factor de simultaneidad. Este factor es la relación entre la totalidad de la potencia prevista en la instalación durante un periodo de tiempo y la suma de las potencias máximas de dicha instalación.

Este coeficiente de simultaneidad se estima que en residencias es de 0,6. En la vivienda estudio la potencia máxima es 5718 W, que multiplicada por el factor de simultaneidad 0,6 resulta una potencia prevista de 4002,6 W

## 2.7 Demanda Pico de Agua Caliente Sanitaria

El cálculo de la demanda pico de agua caliente sanitaria se lleva a cabo teniendo en cuenta los valores establecidos en el Código Técnico de la Edificación en el Anejo F del Documento Básico HE Ahorro de Energía.

Según este documento, la demanda de referencia de ACS para edificios de uso residencial privados es de 28 litros/día-persona a 60°C. Como en la vivienda de estudio residirán 4 personas, se calcula una demanda de ACS de 112 litros/día.

Para poder calcular la demanda energética que supone obtener los 112 litros/día de ACS a 60°C, se calcula la temperatura de agua fría de red en La Pobla del Duc a partir de la temperatura de agua fría de Valencia. Se utiliza la fórmula, obtenida del Anejo G Temperatura de agua de Red del Documento Básico HE Ahorro de Energía, que se muestra a continuación:

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot A_Z$$

Donde:

$T_{AFCP}$  es la temperatura media mensual de agua fría de la capital de provincia, obtenida de la tabla a-Anejo G;

B es un coeficiente de valor 0,0066 para los meses de octubre a marzo y 0,0033 para los meses de abril a septiembre;

$A_z$  es la diferencia entre la altitud de la localidad y la de su capital de provincia ( $A_z = \text{Altitudlocalidad} - \text{Altitudcapital}$ )

La temperatura media mensual del agua de red de Valencia se obtiene a partir de los datos de la figura 19.

Capital de provincia	Altitud	EN	FE	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
A Coruña	26	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	686	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante/Alacant	8	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	1131	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	186	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	12	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao/Bilbo	6	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	929	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	459	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cádiz	14	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón/Castelló	27	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11
Ceuta	40	11	11	12	13	14	16	18	18	17	15	13	12
Ciudad Real	628	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7
Córdoba	106	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
Cuenca	999	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Girona	70	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9
Granada	683	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Guadalajara	685	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7
Huelva	30	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Huesca	488	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7
Jaén	568	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Las Palmas de Gran Canaria	13	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16
León	838	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6
Lleida	182	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7
Logroño	385	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8
Lugo	454	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8
Madrid	655	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8
Málaga	11	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Melilla	15	12	13	13	14	16	18	20	20	19	17	14	13
Murcia	39	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Ourense	139	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9
Oviedo	232	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9
Palencia	734	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6
Palma de Mallorca	15	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12
Pamplona/Iruña	490	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7
Pontevedra	27	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10
Salamanca	800	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6
San Sebastián	12	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9
Santa Cruz de Tenerife	5	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16
Santander	11	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10
Segovia	1002	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6
Sevilla	11	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11
Soria	1063	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Tarragona	69	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11
Teruel	912	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6
Toledo	629	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
Valencia	13	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	698	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7
Vitoria-Gasteiz	540	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7
Zamora	649	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Zaragoza	199	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8

Figura 19: Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C) (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana, 2022)

Teniendo en cuenta que Valencia está situada a 13 m sobre el nivel del mar y La Pobla del Duc a 243 m, se obtienen las temperaturas, detalladas en la tabla 15, del agua fría de red medias mensuales para la localidad del estudio:

Tabla 15: Agua fría de red de La Pobla del Duc

	EN	FB	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
<b>Valencia</b>	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
<b>La Pobla del Duc</b>	8	9	10	12	14	16	18	19	17	14	11	9

Finalmente se calcula la demanda energética de ACS mediante la fórmula:

$$DE_{acs} = \dot{m} \cdot C_{pe} \cdot \Delta T$$

En la que  $\dot{m}$  es el gasto másico en unidades de masa por tiempo. En este caso, como se ha calculado anteriormente que el caudal de ACS diario requerido por la vivienda es de 112 litros, el gasto másico es de 110,11 kg/día.

- El  $C_{pe}$  es el calor específico de agua, que es 4,186 kJ/kg·K.
- $\Delta T$  hace referencia a la diferencia de temperaturas entre la temperatura de uso del ACS (60°C) y la temperatura de red del agua fría.

La tabla 16 muestra la demanda pico de ACS de cada mes del año.

Tabla 16: Demanda energética de ACS

	$Q_{ACS}$ (L/día)	$T_{AF}$ (°C)	$DE_{ACS}$ (KWh/día)	DEMANDA PICO <sub>ACS</sub> (W)
<b>EN</b>	112	8	6,66	27,74
<b>FB</b>	112	9	6,53	27,21
<b>MA</b>	112	10	6,40	26,67
<b>AB</b>	112	12	6,15	25,61
<b>MY</b>	112	14	5,89	24,54
<b>JN</b>	112	16	5,63	23,47
<b>JL</b>	112	18	5,38	22,41
<b>AG</b>	112	19	5,25	21,87
<b>SE</b>	112	17	5,51	22,94
<b>OC</b>	112	14	5,89	24,54
<b>NO</b>	112	11	6,27	26,14
<b>DE</b>	112	9	6,53	27,21

La demanda pico de agua caliente sanitaria son 27,74 W registrados en el mes de enero, debido a que en este mes el agua de red tiene la temperatura más baja; por tanto, para calentar esa agua hasta 60°C se requiere de un aporte mayor de energía.

Todos los cálculos justificativos de este apartado se encuentran en el Anexo 3.

### 3. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

En este apartado se van a explicar las diferentes tecnologías que se emplearán para generar la energía térmica y eléctrica que demanda la vivienda.

#### 3.1 Sistemas de Generación Térmica

##### 3.1.1 Bomba de Calor

La bomba de calor es una máquina térmica que basa su funcionamiento en la termodinámica, es decir, transporta energía en forma de calor de un entorno a otro gracias a un aporte exterior de trabajo.

**3.1.1.1 Componentes y funcionamiento** Esta máquina toma la energía del entorno natural como la tierra, el aire o el agua, y la transporta al interior de un recinto, aumentando así la temperatura del mismo. También puede funcionar a la inversa, llevando el calor del interior del recinto al exterior y de esta forma refrigerarlo. Está formada por un circuito frigorífico cerrado que contiene un refrigerante, el cual se encarga de absorber y ceder el calor en sus cambios de fase. Este circuito está compuesto por:

- **Evaporador:** Es un intercambiador de calor. El refrigerante pasa de líquido a vapor al absorber calor, produciéndose el cambio de fase.
- **Compresor:** Esta máquina comprime el refrigerante aumentando su presión mediante un aporte de trabajo exterior
- **Condensador:** Es un intercambiador de calor. El refrigerante pasa de vapor a líquido al ceder calor, produciéndose el cambio de fase.
- **Válvula de Expansión:** Regula la entrada del refrigerante líquido que sale del condensador al evaporador.

La figura 20 muestra el esquema del ciclo de refrigeración simple.

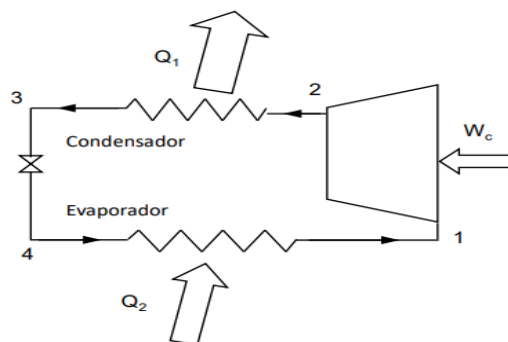


Figura 20: Ciclo refrigeración simple (Kosner, 2016)

Su funcionamiento, de forma resumida, consiste en que en el evaporador el refrigerante absorbe la energía del entorno natural (agua, tierra o aire), pasando de estado líquido a vapor. Seguidamente en el compresor, mediante un aporte externo de trabajo, se aumenta tanto la presión como la

temperatura del líquido caloportador. Una vez comprimido, se recircula hacia el condensador, donde cede energía al circuito de climatización, es decir, cede calor al recinto que se quiere calentar. Finalmente, este refrigerante pasa por la válvula de expansión, que baja la presión del refrigerante hasta la presión del evaporador para poder repetir el ciclo.

En caso de utilizar la bomba para refrigeración, el circuito se realiza de forma inversa. Para ello se dispone de una válvula de cuatro vías a la salida del compresor y una válvula de expansión de doble sentido. En la figura 21 se muestra un esquema de este proceso.

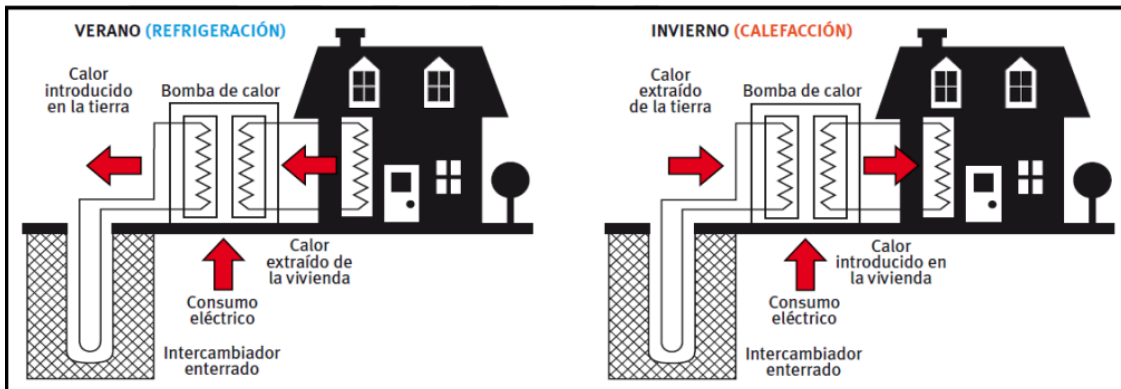


Figura 21: Transferencia de calor en verano e invierno (Ministerio de Industria, Turismo y comercio - IDAE, 2012)

En la figura 22 se muestra el esquema de un tipo de bomba reversible.

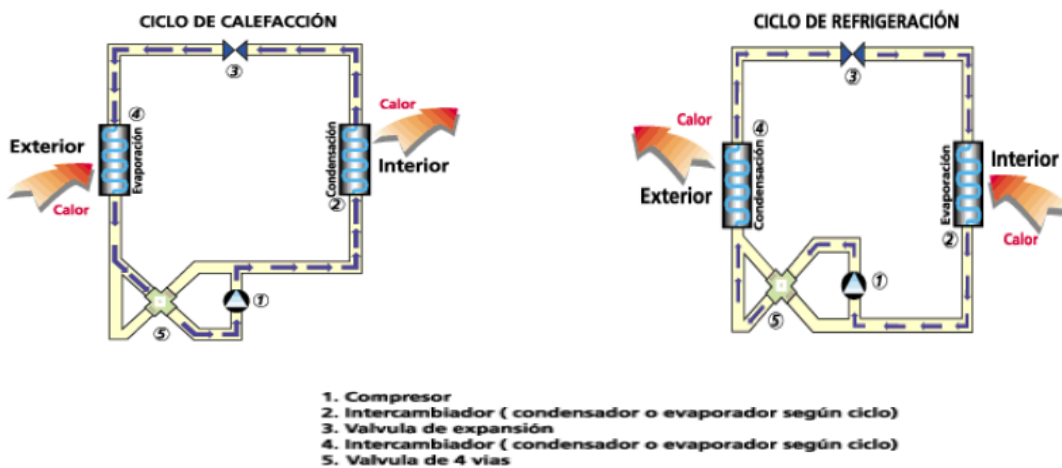


Figura 22: Bomba reversible (Certificadosenergéticos.com, 2019)

**3.1.1.2 Coeficiente de Rendimiento** Para los motores térmicos se define su eficiencia térmica o rendimiento ( $\eta$ ) como la relación entre el trabajo que realizan ( $W$ ) y el calor de entrada a la alta

temperatura ( $Q_H$ ), es decir, representa la fracción de calor que se convierte en trabajo. El rendimiento se calcula mediante la siguiente ecuación

$$\eta = \frac{W}{Q_H}$$

En el caso de las bombas de calor el trabajo no es una salida, por tanto, en este caso el rendimiento indica cuánta energía agregada por trabajo se convierte en energía neta de calor y se expresa mediante el COP (Coefficient Of Performace). El valor de este coeficiente está comprendido entre 3 y 4, alcanzando en ocasiones el valor de 5. El COP se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$COP = \frac{\text{Potencia calorífica aportada (W)}}{\text{Potencia calorífica consumida (W)}} = \frac{|Q_1|}{|W_C|}$$

Cuando la máquina trabaja en modo de refrigeración, la eficiencia térmica se mide mediante el EER (Energy Efficiency Ratio) e indica la cantidad de potencia frigorífica entregada en función de la potencia de consumo. Los valores de este coeficiente oscilan entre 2,5 y 3,5. La ecuación utilizada para el cálculo del EER es:

$$EER = \frac{\text{Potencia frigorífica aportada (W)}}{\text{Potencia frigorífica consumida (W)}} = \frac{|Q_2|}{|W_C|}$$

**3.1.1.3 Sistema Emisor** Para poder climatizar la vivienda existen diversos sistemas según las necesidades de la casa y sus características. Se instalan en el interior de la vivienda y algunos ejemplos son el suelo radiante (o paredes o techo), conductos de aire, radiadores comunes mediante tuberías de agua, entre otros. Además, la bomba de calor también permite la obtención de agua caliente sanitaria.

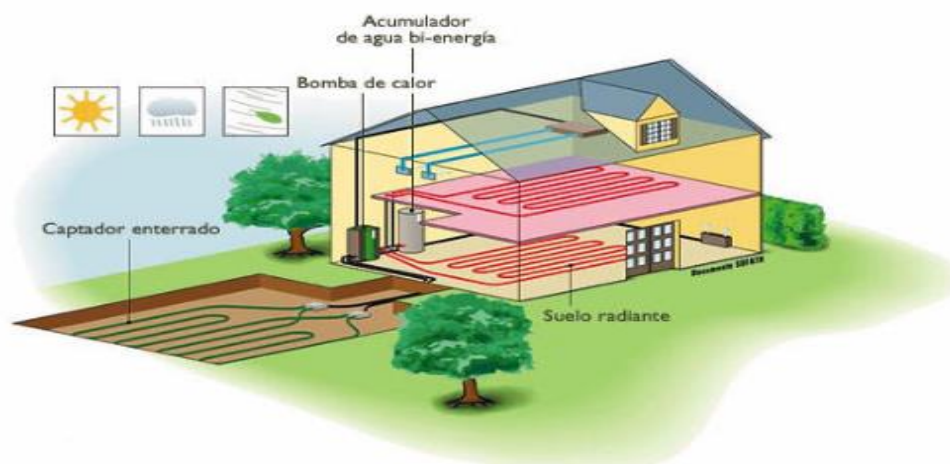


Figura 23: Geotermia con suelo radiante (Geotermiaonline, 2022)

**3.1.1.4 Fuentes de Intercambio de Calor** La energía utilizada por la bomba de calor puede proceder de distintas fuentes de energía. Concretamente en este proyecto se van a estudiar la geotermia y la aerotermia.



**3.1.1.4.1 Geotermia** Dentro de las energías limpias y renovables se encuentra la energía geotérmica, que se puede definir como la energía almacenada en forma de calor en el subsuelo terrestre. Es una energía respetuosa con el medioambiente, limpia e inagotable que aprovecha el calor existente por debajo de la superficie terrestre para obtener agua caliente sanitaria y para climatizar. (Llopis y Rodrigo, 2008)

La utilidad que se le puede dar al fluido geotermal depende de su contenido en calor, es decir, de su entalpía. La entalpía es la cantidad de energía térmica que un sistema termodinámico puede intercambiar con su entorno a presión constante; esta magnitud se mide en kcal/kg o en KJ/kg.

La energía geotérmica aprovecha el incremento de temperatura en función de la profundidad terrestre, lo que se denomina gradiente geotérmico, cuyo valor medio es de 33 K/km. En la figura 24 se observa esta diferencia de temperatura en función de la profundidad terrestre.

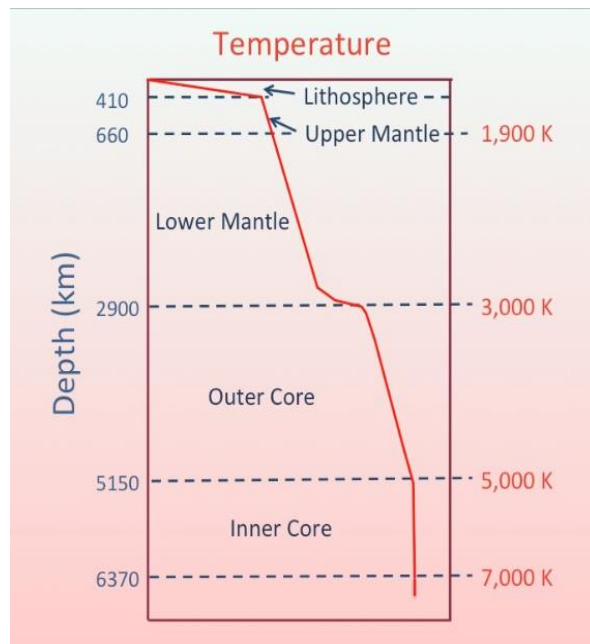


Figura 24: Gradiente geotérmico (Wikipedia, 2022)

Debido a que no se puede determinar directamente la entalpía de un fluido geotermal pero sí su temperatura mediante sondas térmicas, en la práctica habitual se clasifican las aplicaciones de estos fluidos geotermales según su temperatura.

Algunas de las aplicaciones de la energía geotérmica según sus rangos de temperatura de utilización son las que se observan en la figura 25.

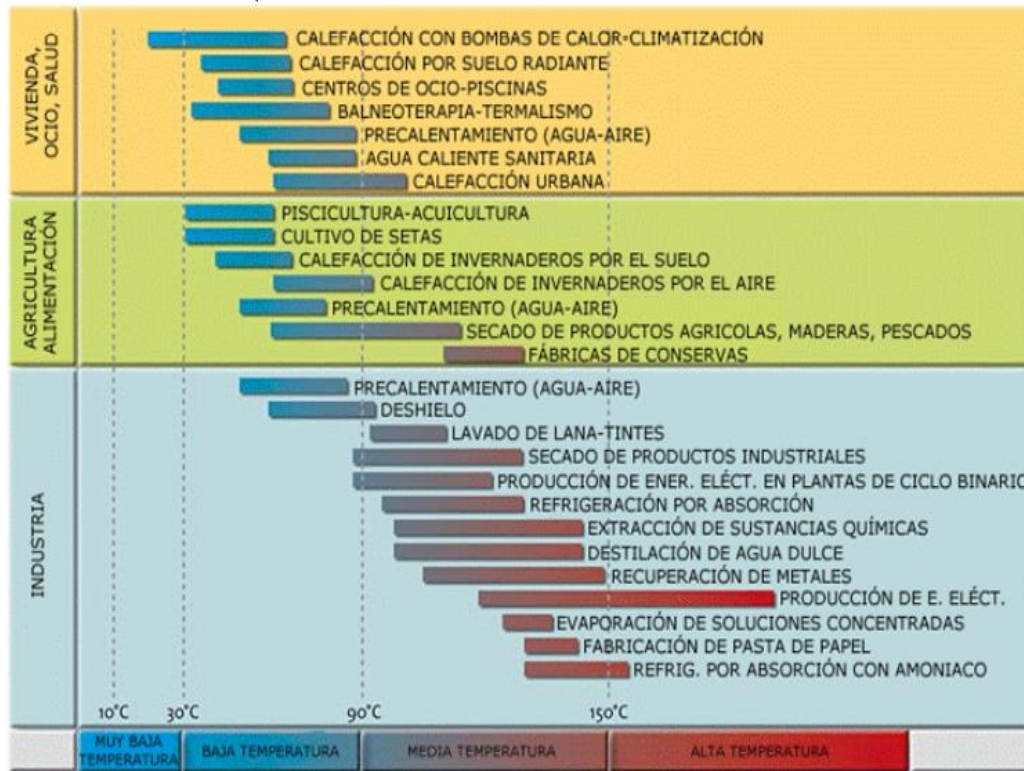


Figura 25: Usos de la energía geotérmica según su temperatura (Energía Geotérmica, 2012)

Según los diferentes intervalos de temperatura, la energía geotérmica se agrupa en cuatro grandes tipos: alta, media, baja y muy baja temperatura. (Instituto Catalán de energía, s/f)

- **Alta temperatura:** más de 150°C. Directamente el vapor de agua se transforma en energía eléctrica.
- **Media temperatura:** entre 90 y 150°C. Se produce energía eléctrica mediante un fluido de intercambio, que es el que alimenta a las centrales.
- **Baja temperatura:** entre 30 y 90°C. Es insuficiente para producir energía eléctrica debido a la baja temperatura, pero es adecuado para calefacción y otros procesos agrícolas e industriales.
- **Muy baja temperatura:** menos de 30°C. Se puede usar para climatización y producción de ACS mediante la aplicación de bombas de calor geotérmicas (GHP).

En cuanto a los tipos de captaciones, la tecnología asociada a esta energía alternativa se manifiesta mediante diferentes sistemas de captación que intercambian calor con la superficie terrestre, constituyendo así el sistema geotérmico de climatización. Esta tecnología se diferencia entre sistemas abiertos, que son los que el fluido caloportador es agua subterránea, y los sistemas cerrados, en los que el fluido caloportador suele ser una solución de agua con glicol.

- **Sistemas abiertos:** Este sistema de captación, que se ilustra en la figura 26, sólo se puede instalar si se dispone de un pozo o manantial. Consiste en un sistema abierto de colector con

dos tomas de agua; una de estas tomas bombea el agua del río, mar, lago o captación freática y la otra reinyecta este agua. Para poder instalar este tipo de captación es imprescindible realizar un estudio hidrológico del nivel de agua de captación y llevar a cabo un examen de esta agua, con el fin de evitar reacciones químicas con los intercambiadores.

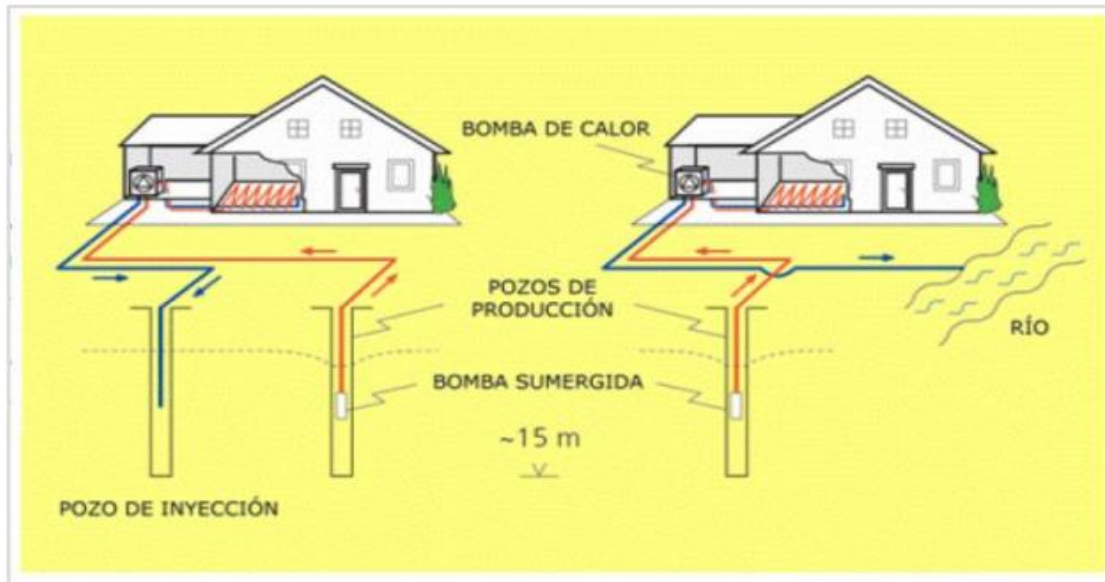


Figura 26: Sistemas captación abiertos (Ministerio de Industria, Turismo y comercio - IDAE, 2012)

- Sistemas cerrados: En este sistema de captación los intercambiadores se encuentran enterrados y mediante el fluido caloportador se intercambia el calor con el terreno. Dependiendo de la dirección en la que se instalan, encontramos los circuitos cerrados verticales u horizontales.
  - ❖ Captación vertical cerrada: Este tipo de captación mostrado en la figura 28, consiste en una o varias perforaciones verticales o pozos de diámetro pequeño y con profundidades que oscilan entre los 50 y los 150 metros. Dentro de éstos se introducen las sondas que intercambian el calor con el terreno. Es la captación geotérmica más recomendable debido a que es la más segura y la de mayor rendimiento.

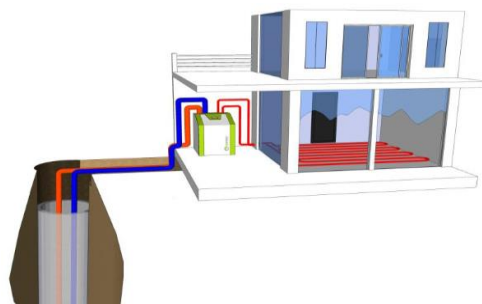


Figura 27: Circuito cerrado vertical (Fuente: Geotermia G4, s/f)

- ❖ **Captación horizontal cerrada:** Los captadores se colocan en zanjas enterradas como se observa en la figura 28 a 1 metro de profundidad como mínimo. Se requiere una superficie de captadores tres veces mayor a la superficie que se desea calentar. En consecuencia, se necesita una gran superficie de captación, pero en cambio es la solución más económica y sencilla de instalar. Los captadores pueden colocarse en serie o en paralelo.

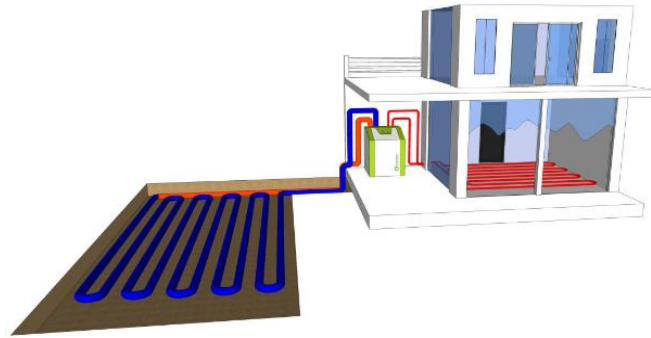


Figura 28: Circuito cerrado horizontal (Fuente: Geotermia G4, s/f)

**3.1.1.4.2 Aerotermia** La energía aerotérmica o aerotermia es la energía térmica que se puede extraer del aire ambiente mediante una bomba de calor. Ésta extrae la energía mediante un circuito de refrigeración y la introduce en la vivienda para climatizarla (el funcionamiento de la bomba de calor se ha explicado con más profundidad en el apartado 3.1.1. Bomba de calor del presente documento). La aerotermia puede ser aprovechada para refrigeración, calefacción y ACS, y además es una energía limpia y sostenible. (Tu Climatización, 2021).

En la figura 29 se muestra un esquema del sistema de aerotermia con sus unidades interiores y exteriores.

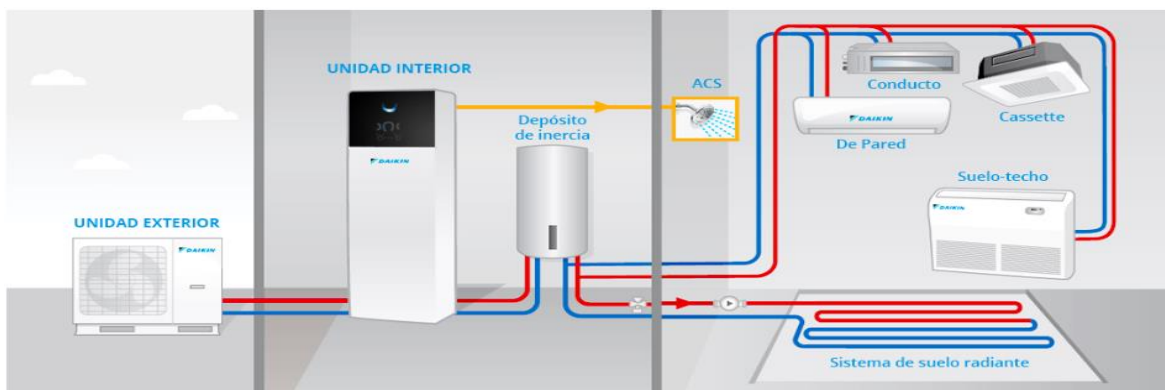


Figura 29: Aerotermia: dispositivos (Daikin, s/f)

Existen diferentes tipos de bomba de calor en aerotermia (Blog Tu Climatización, 2021). Entre éstos destacan:

- **Bomba de calor aire-agua:** Este tipo de bomba de calor transfiere la energía del aire al refrigerante y este a su vez a un circuito de agua. Este sistema refrigera o calienta la vivienda a través de radiadores de baja temperatura, fan coils o suelo radiante. Además, también puede usarse para proporcionar agua caliente sanitaria. Es el sistema más común en las instalaciones.
- **Bomba de calor aire-aire:** Este sistema transfiere la energía del aire al refrigerante al igual que el tipo anterior, pero el refrigerante transfiere la energía al aire de la vivienda. En este caso solo actúa refrigerando o calentando el aire de la casa mediante conductos de aire o splits y no puede ser usado para obtener agua caliente sanitaria.

### 3.2 Sistemas de Generación Eléctrica

**3.2.1 Placas Fotovoltaicas** La energía Solar Fotovoltaica es una fuente de energía que utiliza la radiación solar para producir electricidad, siendo una energía limpia y renovable. Este proceso de transformar la radiación solar en electricidad se produce por el efecto fotoeléctrico, gracias al cual algunos materiales son capaces de absorber fotones y liberar electrones, originando una corriente eléctrica. (Iberdrola, 2022)

Para que se genere este efecto fotoeléctrico se debe disponer de una estructura heterogénea que contenga un material capaz de absorber la energía luminosa necesaria para romper un enlace entre átomos y liberar un electrón, y de esta forma crear cargas libres y producir un campo eléctrico interno. (APPA Renovables, 2017)

El material semiconductor más comúnmente utilizado que produce este efecto fotoeléctrico es el silicio, debido a que es buen conductor cuando recibe mucha energía, pero a bajas temperaturas es aislante. Para hacer uso de este material con el fin de producir electricidad se dopa, pudiendo obtener silicio dopado tipo P, que acepta electrones, y silicio dopado tipo N que dona electrones. Al unir estos dos tipos de silicio, los electrones libres del silicio dopado tipo N se combinan con los libres en el tipo P. Debido a este desplazamiento de electrones entre el silicio tipo N y tipo P se forma el campo eléctrico. Para poder aprovechar esta electricidad se conecta una carga entre las dos regiones que provoca que los electrones fluyan, combinándose con los agujeros de la región P. Para producir esta corriente eléctrica comúnmente se hace uso de la celda o célula fotovoltaica. En la figura 30 se ilustra el efecto fotoeléctrico.

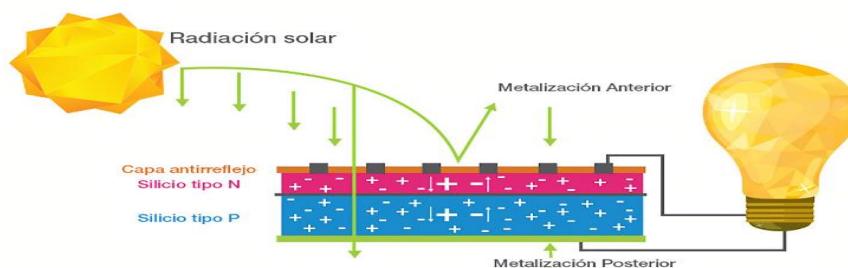


Figura 30: Efecto fotoeléctrico ( foroelectricidad.com, 2019)

**3.2.1.1 Célula Solar** La célula solar es el dispositivo que permite transformar la energía solar directamente en electricidad. En ella se genera una fuerza electromotriz que puede inducir una corriente proporcional a la irradiancia que incide sobre ésta. El principio de funcionamiento de las células solares o fotovoltaicas es el efecto fotoeléctrico, que se basa en la unión de silicio tipo P y N.

Al conectar la célula solar irradiada a una carga por el efecto fotovoltaico, se produce una corriente a través de ésta. Esta corriente entregada a la carga depende de la diferencia de potencial externo, resultante de la propia circulación de corriente a través de la carga ( $I_D(V)$ ), y de la corriente de iluminación que depende del material y de la radiación ( $I_L$ ). La corriente total es la diferencia entre ambas y proporciona la curva característica corriente-tensión.

La figura 31 muestra esta curva característica.

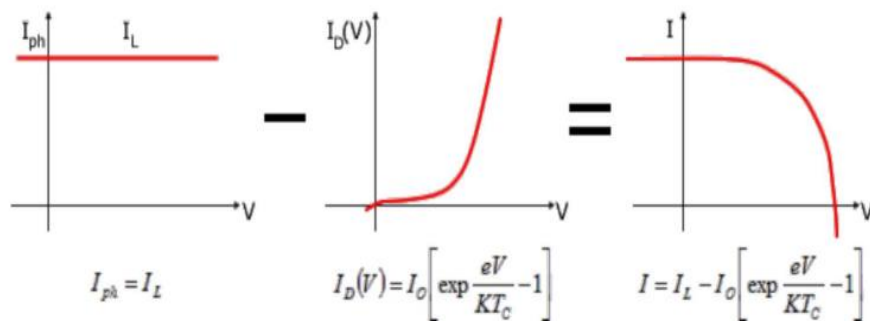


Figura 31: Curva característica corriente-tensión (ujaen.es, s/f)

Los parámetros característicos de la célula solar se muestran son los siguientes:

- **Punto de máxima potencia PMP ( $P_M$ ):** Es el producto entre la tensión y la corriente de máxima potencia ( $V_M, I_M$ ).
- **Factor de Forma (FF):** Es el cociente entre la potencia máxima que se puede dar a una carga y el producto entre la tensión de circuito abierto y la intensidad de cortocircuito. Este factor representa la eficacia, la cual mide la calidad de la unión y de su resistencia serie.
- **Rendimiento ( $\eta$ ):** Se define como el cociente entre la máxima potencia que se le puede entregar a una carga ( $P_M$ ) y la irradiancia incidente sobre la célula ( $P_L$ ).
- **Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ):** Es la corriente generada cuando están unidos eléctricamente los dos electrodos de la célula y ésta se ilumina. Está formada por los electrones fotogenerados que consiguen llegar a la zona N gracias al campo eléctrico de la unión. La corriente de cortocircuito es mayor cuanto mayor sea la irradiancia solar que incide sobre la célula.
- **Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ):** Es la máxima tensión que es capaz de circular por la célula cuando los electrodos no están conectados a ninguna carga. Esta tensión es mayor cuanto mayor sea la irradiancia que incide sobre la célula.

En la figura 32 se puede observar estos parámetros característicos.

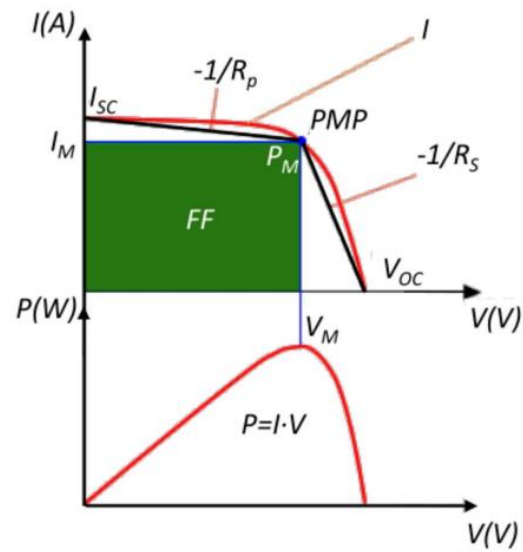


Figura 32: Parámetros característicos de una célula fotovoltaica (ujaen.es, s/f)

La temperatura influye en estos parámetros característicos, debido a que al aumentar en la célula disminuye el rendimiento de esta. En concreto, la corriente de cortocircuito aumenta ligeramente con la temperatura; en cambio la tensión de circuito abierto, el punto de máxima potencia y el factor de forma, disminuyen con su aumento. La figura 33 muestra como varían estos parámetros en función de la temperatura.

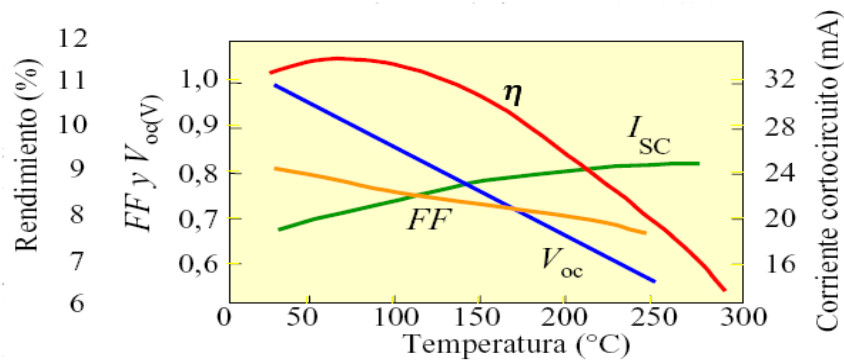


Figura 33: Variación de los parámetros en función de la temperatura (ujaen.es, s/f)

Por último, cabe destacar que, según su naturaleza y las características de los materiales empleados en su fabricación, hay diferentes tipos de células. La más común es la célula de silicio cristalino (Si), y dependiendo la forma en la que se corta este material y su proceso de fabricación se pueden clasificar los siguientes tipos:

- **Silicio monocristalino (c-Si):** Su estructura es regular y de gran pureza, lo que permite que su comportamiento sea uniforme, predecible y que pueda doparse muy fácilmente; en cambio,

su proceso de fabricación es lento y costoso. El rendimiento de esta célula está en torno al 22% y representan el 33% de las células fotovoltaicas que hay en el mercado.

- Silicio policristalino (p-Si): La estructura de este tipo de célula es regular por zonas. Está formada por múltiples granos con orientación cristalográfica distinta, por esta razón la eficiencia de la célula es menor que la anterior (en torno al 20%). El proceso de fabricación es más sencillo y barato, por ello es el material más usado para la producción mundial de células fotovoltaicas, representando aproximadamente un 44% del mercado. En este tipo de células se puede conseguir un dopado completo.
- Silicio amorfo (a-Si): Está formado por una estructura muy irregular que dificulta el dopado en estado puro, por esta razón no se consiguen corrientes razonables en las células fotovoltaicas. Es el tipo de célula más barata del mercado, pero su rendimiento es el más bajo, siendo aproximadamente del 13%.

**3.2.1.2 Módulo Fotovoltaico** El módulo o panel fotovoltaico está formado por la conexión electrónica en serie o en paralelo de muchas células solares iguales. La cantidad de células de las que dispone el módulo depende de la intensidad y tensión que se requiera para el módulo, de forma que a mayor cantidad de células mayor tensión e intensidad.

Las células solares habitualmente se conectan en serie debido a que de esta forma se mantiene la misma corriente en todo el módulo, en cambio la tensión aumenta y por tanto aumenta la potencia del módulo. Se escogen células de características similares para evitar pérdidas y que el rendimiento del módulo sea óptimo.

La conexión en paralelo de las células solares aumenta la intensidad y la potencia del módulo, en cambio la tensión es la misma para todas las células. Este tipo de conexión no se suele realizar ya que no es compatible con los convertidores electrónicos y además la tensión que proporciona no es muy elevada.

Al igual que las células solares, los módulos fotovoltaicos también tienen distintas formas de conexión, estas son:

- Conexión en paralelo: la intensidad aumenta y la tensión es la misma en todos los paneles.

La figura 34 muestra cómo se conectan los paneles.

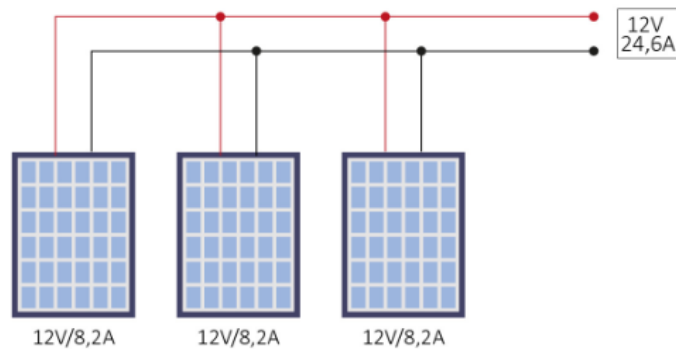


Figura 34: Conexión en paralelo de los módulos fotovoltaicos (AutoSolar, 2019)



- Conexión en serie: la intensidad se mantiene invariable y la tensión es la suma de la tensión de cada módulo. En la figura 35 se puede observar la conexión entre los paneles.

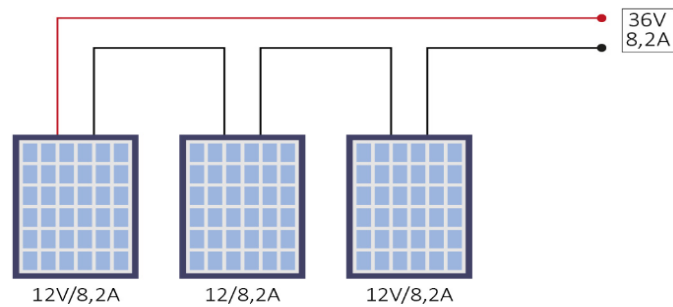


Figura 35: Conexión en serie de los módulos fotovoltaicos (AutoSolar, 2019)

- Conexión en serie-paralelo: aumenta tanto la intensidad como la tensión dependiendo de la configuración. En la figura 36 se visualiza la conexión entre los paneles.

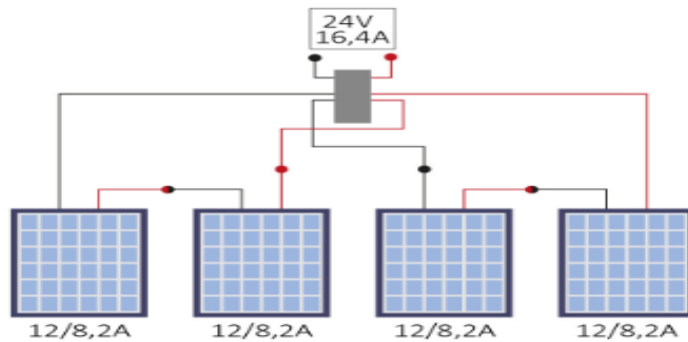


Figura 36: Conexión en serie-paralelo de los módulos fotovoltaicos (AutoSolar, 2019)

Además de las células solares, el módulo fotovoltaico está compuesto por otros elementos con el objetivo de proteger la placa de los agentes externos, asegurar su correcta conexión eléctrica y fijar la sujeción a las estructuras donde se instala. Como se muestra en la figura 37, estos elementos son: el marco, el vidrio frontal, el encapsulado frontal y trasero de EVA, el recubrimiento trasero y la caja de conexiones.

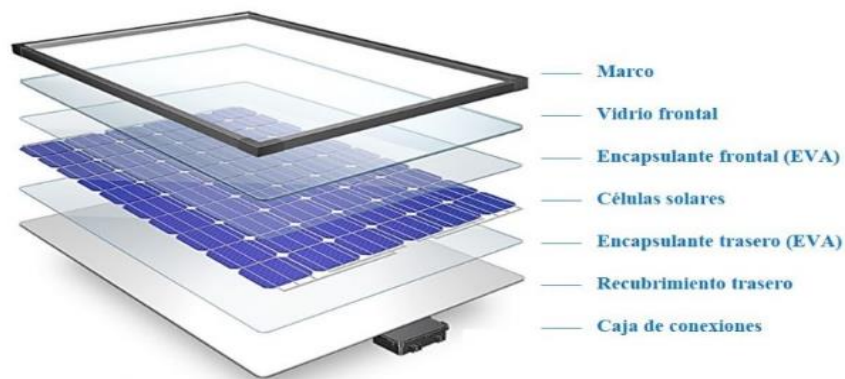


Figura 37: Elementos módulo fotovoltaico (SanTanSolar, 2019)

### 3.3 Sistema de Generación Híbrida

**3.3.1 Panel Solar Híbrido** El panel solar híbrido es una combinación de las tecnologías fotovoltaica y térmica en un solo módulo con el objetivo de generar simultáneamente electricidad y calor. Este panel permite aprovechar el 80% de la energía que se pierde en los paneles fotovoltaicos por reflexión y por pérdidas de calor, incorporando en la parte trasera de éste un circuito con un fluido caloportador para calentar agua. Además, también se mejora el rendimiento del panel fotovoltaico hasta en un 15%, ya que permite disipar parte del calor que se genera en el panel fotovoltaico y de esta forma refrigerarlo. Otra ventaja de esta tecnología es el ahorro de espacio que supone frente a los sistemas convencionales, ya que para la instalación de los sistemas convencionales se necesita superficie para los módulos fotovoltaicos y para los módulos solares-térmicos.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar paneles de distintas generaciones en función de la tecnología que han ido incorporado. La diferencia entre una generación y otra se establece en función del grado de aislamiento del panel y de las cubiertas que incorpora. Los modelos que se pueden encontrar son los PVT-0, PVT-1 y PVT-2.

Los elementos que componen un panel híbrido son:

- **Vidrio solar:** Encargado de proteger el módulo y de no dejar escapar el calor.
- **Células fotovoltaicas:** Establecen el módulo fotovoltaico. Captan la radiación solar para transformarla en energía eléctrica.
- **Circuito hidráulico:** Es el circuito de tubos por donde circula el fluido caloportador que absorbe el calor desprendido por la célula fotovoltaica y lo transmite al circuito de agua para ser aprovechado.
- **Aislante térmico:** Se sitúa en la parte posterior del módulo y permite retener el calor en los tubos.

En la figura 38 se visualizan estos elementos.

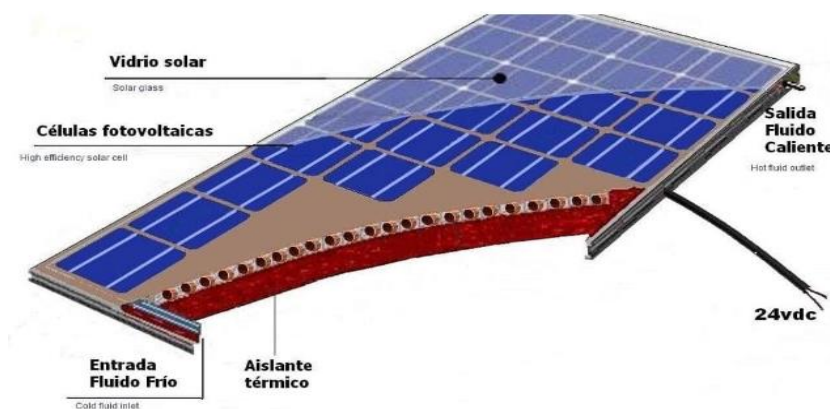


Figura 38: Elementos de un panel solar híbrido (El Constructor 10, s/f)



#### 4. ESQUEMAS DE SUMINISTRO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Y TÉRMICA PROPUESTOS Y ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO

En este apartado se van a estudiar diferentes combinaciones de generación térmica y eléctrica con el propósito de comparar las distintas propuestas y escoger la más conveniente para la vivienda atendiendo al mínimo impacto ambiental, priorizando este hecho sobre el posible aumento de coste de las instalaciones.

##### 4.1 Climatización con Geotermia y Generación Eléctrica con Paneles Fotovoltaicos con Baterías

###### 4.1.1 Instalación Geotérmica

**4.1.1.1 Elección Bomba de Calor** Para la elección de la bomba de calor se debe tener en cuenta la demanda pico de calefacción y refrigeración que es la máxima potencia que desea cubrir, la cual se ha calculado en el apartado 2.5 Demanda Pico Calefacción y Refrigeración, obteniendo 8,87 kW pico de calefacción y 6,737 kW de refrigeración.

Además, también se desea cubrir con esta bomba de calor la demanda de Agua Caliente Sanitaria. Ésta se ha calculado en el apartado 2.7 Demanda Pico de Agua Caliente Sanitaria, obteniendo un valor de ACS de 112 l/día.

Atendiendo a los datos calculados, se escoge la bomba de calor reversible de la marca Ecoforest, modelo ecoGEO<sup>+</sup> Compact C3 1-9 kW que tiene servicio de calefacción, refrigeración y un depósito de ACS de 165 litros. La ficha técnica de la bomba de calor se recoge en el Anexo 4 y sus características principales son las reflejadas en la tabla 17.

Tabla 17: Características de la bomba de calor geotérmica

<b>MARCA</b>	ecoFOREST
<b>MODELO</b>	EcoGEO <sup>+</sup> COMPACT 1-9
<b>Potencia calefacción</b>	1,3 a 11 kW
<b>Potencia refrigeración</b>	1,4 a 11 kW
<b>Temperatura ACS máxima</b>	70 °C
<b>COP</b>	4,5
<b>EER</b>	5,2
<b>Refrigerante</b>	R410A
<b>Depósito ACS</b>	165 litros

**4.1.1.2 Dimensionado de Sondas** Se elige un sistema vertical para el circuito de captación, debido a que la vivienda no dispone de suficiente superficie para instalar las sondas de forma horizontal. Este sistema se instalará en el patio interior de la vivienda.

Para realizar el dimensionamiento del sistema de captación se siguen las indicaciones que se detallan en la Guía técnica del Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica. Las expresiones utilizadas para determinar la longitud del intercambiador de calor enterrado para calefacción y refrigeración son las siguientes:

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

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

Se toman los valores del COP, EER y de las cargas de refrigeración y calefacción calculados anteriormente y especificados en las tablas 17 y 13.

El  $R_p$  hace referencia a la resistencia térmica de la tubería que se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

La tubería escogida es de Polietileno PE<sub>100</sub> con un diámetro exterior de  $D_o = 25$  mm y un diámetro interior de  $D_i = 21$  mm. Tal como se observa en la figura 39, se corresponde con una conductividad térmica de  $k_p = 0,43$  W/m·K

POLIETILENO					
Tipo	Presión (Bar)	Diam Nominal (Pul)	DN=D <sub>o</sub> Exterior (mm)	Di Interior (mm)	K <sub>p</sub> (W/m K)
PE100	6	3/4"	20	16,0	0,43
		1"	25	21,0	0,43
		1 1/4"	32	28,0	0,43
		1 1/2"	40	35,4	0,43
		2"	50	45,4	0,43
		2 1/2"	63	58,2	0,43
	10	3/4"	20	16,0	0,43
		1"	25	21,0	0,43
		1 1/4"	32	27,2	0,43
		1 1/2"	40	35,2	0,43
		2"	50	44,0	0,43
		2 1/2"	63	55,4	0,43
	16	3/4"	20	16,0	0,43
		1"	25	20,4	0,43
		1 1/4"	32	26,2	0,43
		1 1/2"	40	32,6	0,43
		2"	50	40,8	0,43
		2 1/2"	63	51,4	0,43
	25	3/4"	-	-	0,43
		1"	25	18,0	0,43
		1 1/4"	32	23,2	0,43
1 1/2"		40	29,0	0,43	
2"		50	36,2	0,43	
2 1/2"		63	45,8	0,43	

Figura 39: Características Tubo Polietileno (Ministerio de Industria, Turismo y comercio - IDAE, 2010)

Sustituyendo en la fórmula anterior estos valores, se obtiene:

$$R_p = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,43} \cdot \ln \frac{25}{21} = 0,0645 \text{ K/(W/m)}$$

Por otra parte, el  $R_s$  representa la resistencia del terreno, que es la inversa de su conductividad térmica. Para consultar la conductividad del terreno donde se encuentra ubicada la vivienda se recurre a los datos de su composición aportados en el Mapa Geológico Nacional (MAGNA 50) del IGME. Éstos se adjuntan en el Anexo 5 y de ellos se deduce que el terreno está mayormente compuesto por arcillas/limo seco que, según la Guía de Diseño de Sistemas de bomba de calor geotérmica, tiene una conductividad térmica de 0,5 W/m·K como se comprueba en la figura 40.

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica (MJ/m³K)
	Mín.	Valor típico	Máx.	
<b>Rocas magmáticas</b>				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Grabo	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
<b>Rocas metamórficas</b>				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Micasquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
<b>Rocas sedimentarias</b>				
Caliza	2,5	2,8	4	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,1-2,2
Sal	5,3	5,4	6,4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
<b>Rocas no consolidadas</b>				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
<b>Arcilla/limo, seco</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1,5-1,6</b>
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8

Figura 40: Valores de conductividad y capacidad térmica (Ministerio de Industria, Turismo y comercio - IDAE, 2010)

Siendo la conductividad del terreno 0,5 W/m·K la resistencia de este será

$$R_s = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ (W/m)/K}$$

Por otra parte,  $T_L$  representa la temperatura mínima de terreno y  $T_H$  la máxima. Se obtienen con las siguientes fórmulas:

$$T_L(X_s) = T_m - A_s \cdot e^{(-X_s \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \lambda}})}$$

$$T_H(X_s) = T_m + A_s \cdot e^{(-X_s \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \lambda}})}$$

$T_m$  es la temperatura media del terreno y se asume como la temperatura media seca anual de la localidad. Para la obtención de la temperatura media del municipio se ha consultado la Agencia Estatal de Meteorología, concretamente el documento de Mapas Climáticos de España (1981-2010) Y ETO (1996-2016) que se adjunta en el Anexo 6. En esta se establece que en la zona donde se ubica la población la temperatura media anual está entre los 15 y 17,5 °C, por tanto, se asume un valor medio de 16,3 °C.

Los otros componentes de la fórmula son  $X_s$  que representa la profundidad del terreno,  $\lambda$  que representa el valor de la difusividad térmica del terreno, y por último  $A_s$  que representa la amplitud anual de la temperatura diaria. Como la tecnología empleada es un sistema vertical, este último valor se puede considerar igual a 0. Asimismo, al considerar la amplitud anual nula, la temperatura mínima y máxima del terreno es igual a la temperatura media anual de La Pobla del Duc, es decir, tanto  $T_H$  como  $T_L$  se establecen en 16,3°C.

A continuación, se calculan la temperatura mínima ( $T_{MIN}$ ) y la temperatura máxima ( $T_{MAX}$ ) de entrada del fluido a la bomba de calor. Para poder calcularlas, en primer lugar, se obtienen las temperaturas de salida del agua en los modos frío y calor mediante las siguientes fórmulas:

$$T_{salida,c} = T_{entrada,c} - \frac{1000 \cdot P_c \cdot \frac{COP_c - 1}{COP_c}}{C_p \cdot (Q/3600)}$$

$$T_{salida,f} = T_{entrada,f} + \frac{1000 \cdot P_f \cdot \frac{COP_f - 1}{COP_f}}{C_p \cdot (Q/3600)}$$

Para las temperaturas de entrada  $T_{entrada,c}$  y  $T_{entrada,f}$  se escogen unos valores orientativos de la Guía Técnica del diseño de sistemas de intercambio geotérmico donde se establece que el rango de  $T_{entrada,c}$  es de 9 a 12 °C y el rango de  $T_{entrada,f}$  es de 30 a 35 °C. Además también se tienen en cuenta para la fórmula los datos de COP y EER de la bomba, que son 4,5 y 5,2 respectivamente, y las potencias de calefacción ( $P_c$ ) y refrigeración ( $P_f$ ) de la bomba de calor. También se obtiene de la ficha técnica de la bomba de calor el caudal de agua que circula por el circuito, que es 4000l/h. Sustituyendo en las fórmulas:

$$T_{\text{salida,c}} = 12 - \frac{1000 \cdot 9 \cdot \frac{4,5-1}{4,5}}{4185 \cdot (4000/3600)} = 10,494 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{salida,f}} = 30 + \frac{1000 \cdot 7 \cdot \frac{5,2-1}{5,2}}{4185 \cdot (4000/3600)} = 31,215 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Con lo que podemos obtener las temperaturas máximas y mínimas de entrada:

$$T_{\text{MIN}} = \frac{1}{2} \cdot (12 + 10,494) = 11,247 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{MAX}} = \frac{1}{2} \cdot (30 + 31,215) = 30,607 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Con los datos obtenidos se calcula la longitud del intercambiador de calor enterrado para refrigeración y para calefacción cuyas fórmulas ya se han mostrado anteriormente.

$$L_{\text{CALEFACCIÓN}} = \frac{1000 \cdot 9 \cdot \frac{4,5-1}{4,5} \cdot (0,0645+2 \cdot 0,15)}{16,3-11,247} = 504,947 \text{ m}$$

$$L_{\text{REFRIGERACIÓN}} = \frac{1000 \cdot 7 \cdot \frac{5,2+1}{5,2} \cdot (0,0645+2 \cdot 0,15)}{30,607-16,3} = 212,635 \text{ m}$$

Finalmente se establece el valor más restrictivo, el de la longitud del intercambiador de calor enterrado, que supone una longitud de aproximadamente 505 m. La tecnología escogida es de intercambiadores verticales con tubos en U, por tanto, se realizarán 5 perforaciones de 101 m cada una.

#### **4.1.2 Instalación de Paneles Fotovoltaicos**

**4.1.2.1 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda** La instalación de paneles debe cubrir la demanda eléctrica de los equipos térmicos y de los dispositivos eléctricos que hay en la vivienda, con el objetivo de que ésta sea autosuficiente. El cálculo de la demanda eléctrica pico de la casa se ha calculado en el apartado 2.6 Demanda Pico de Electricidad del presente proyecto, obteniéndose un resultado de 4002,6 W.

Por otra parte, también se debe cubrir la demanda eléctrica de los equipos térmicos de calefacción, refrigeración y ACS. En los apartados 2.5 Demanda Pico calefacción y refrigeración se ha calculado la demanda térmica de climatización y en el 2.7 Demanda pico Agua Caliente Sanitaria (ACS), la demanda de Agua Caliente Sanitaria de la vivienda.

Una vez escogida la bomba de calor ecoGEO<sup>+</sup> Compact C3 1-9 kW, se pueden transformar los kW térmicos de demanda a kW eléctricos mediante el COP y el EER que vienen dados en la ficha técnica de la bomba escogida y de esta forma poder establecer la demanda eléctrica total de la vivienda para dimensionar adecuadamente la instalación fotovoltaica.



Para transformar los 8,87 kW pico de demanda de calefacción y los 27,74 W pico de ACS se hace uso del SCOP aportado en la ficha técnica de la bomba de calor geotérmica; concretamente el valor es 4,84. Por otra parte, se transforman los 6,737 kW térmicos de refrigeración mediante el EER que tiene un valor de 5,2. Con los datos aportados se realiza el cálculo, obteniéndose los siguientes valores de demanda eléctrica reflejados en la tabla 18.

Tabla 18: Demanda eléctrica de climatización

	<b>Demanda térmica pico (kW)</b>	<b>SCOP/EER</b>	<b>Demanda eléctrica pico (kW)</b>
<b>Calefacción</b>	8,87000	4,84	1,833
<b>Refrigeración</b>	6,73700	5,20	1,296
<b>ACS</b>	0,02774	4,84	0,006

Para calcular el consumo que requiere la vivienda se tiene en cuenta el valor más restrictivo de climatización que es la demanda de calefacción. Como se ha calculado la demanda eléctrica pico, para calcular el consumo de ésta se supone que en el día más restrictivo se usa la calefacción 3 horas, lo que se traduce en un consumo de 5,499 kWh al día. Por otra parte, también se calcula la demanda energética de ACS que supone 6,66 kWh al día; transformándose a kWh eléctricos supone una demanda de 1,376 kWh.

Los equipos instalados en la vivienda consumen en un día de invierno 12,764 kWh, que multiplicados por el factor de simultaneidad 0,6, resultan 7.658 kWh. La suma de todos los consumos supone una media diaria de 14,533 kWh.

Considerando un margen de seguridad del 20% por las pérdidas del sistema, la instalación fotovoltaica se dimensiona para una demanda de 17,439 kWh.

**4.1.2.2 Dimensionamiento de Paneles Fotovoltaicos** El primer paso para poder calcular el número de paneles de los que consta la instalación es conocer la radiación global media diaria recibida por metro cuadrado. Estos datos se obtienen con la herramienta PVGIS y para ello se ha considerado un ángulo óptimo del panel de 45º y acimut 0. Además, no es necesario realizar un estudio de sombras debido a que las paredes de las casas colindantes a esta son más bajas que el tejado de la vivienda. Los datos obtenidos de irradiación (kWh/m<sup>2</sup>) se muestran en la tabla 19.

Tabla 19: Datos de irradiación

	Irradiación mensual ángulo 45°	Irradiación media diaria (HSP)
Enero	150,26	4,85
Febrero	181,24	6,47
Marzo	131,05	4,23
Abril	161,69	5,39
Mayo	195,66	6,31
Junio	193,61	6,45
Julio	204,71	6,60
Agosto	204,25	6,60
Septiembre	183,29	6,11
Octubre	185,55	5,99
Noviembre	138,50	4,62
Diciembre	152,93	4,93

El panel escogido es el Panel solar de 500W 24V y 96 celdas Bluesun. Sus características técnicas principales se presentan en la tabla 20 y su ficha técnica se encuentra en el Anexo 7.

Tabla 20: Parámetros eléctricos del panel fotovoltaico

Potencia máxima nominal ( $P_{MPP}$ )	500 W
Tensión punto máxima potencia ( $V_{MPP}$ )	48,63 V
Corriente punto máxima potencia ( $I_{sc}$ )	10,28 A
Tensión circuito abierto ( $V_{DC}$ )	59,01 V
Corriente cortocircuito ( $I_{sc}$ )	10,87 A
Eficiencia del módulo ( $\eta_m$ )	19,51 %

Una vez se dispone de los datos de irradiación y consumo de la vivienda y se ha escogido el tipo de panel, se calcula en número de módulos necesarios para cubrir la demanda mediante la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{C_d \text{ medio}}{P_{MPP} \cdot HSP \cdot PR}$$

En esta fórmula  $C_d \text{ medio}$  representa el consumo medio de la vivienda. PR es el rendimiento global de la instalación, que suele ser entre el 70 y 90%; se asumirá en este caso un rendimiento del 80%. HSP representa las horas solares pico en el caso más desfavorable. Por último,  $P_{MPP}$  representa la potencia máxima nominal del módulo. Teniendo en cuenta los valores de estos parámetros se sustituye en la fórmula, obteniendo que la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios son 9.

$$\text{Nº módulos} = \frac{17439}{500 \cdot 4,85 \cdot 0,8} = 8,989$$

**4.1.2.3 Dimensionamiento de Baterías** Las baterías que se instalan en la vivienda son del tipo estacionarias. Estas baterías son vasos de 2V los cuales tienen una gran autonomía y una vida útil de alrededor de 20 años. Son las baterías indicadas para instalaciones solares de consumos medios-altos, como es el caso de estudio.

Para escoger la batería adecuada se calcula la capacidad (Ah) que debe tener ésta. El cálculo de la capacidad se realiza teniendo en cuenta el consumo diario de la vivienda, los días de autonomía previstos para la batería (que en este caso serían 3 días porque las baterías van a ser de uso diario), la profundidad de descarga (que se considera de un 70%) y, por último, se tiene en cuenta la tensión de la instalación (48V).

Con estas variables se obtiene la capacidad de la batería (Ah):

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Consumo diario} \cdot \text{Días de autonomía}}{\text{Profundidad de descarga} \cdot \text{Tensión}} \cdot 1,15$$

$$\text{Capacidad} = \frac{17439 \cdot 3}{0,7 \cdot 48} \cdot 1,15 = 1790,611 \text{ Ah}$$

Se multiplica por 1,15 con el objetivo de considerar un 15% de pérdidas en la instalación.

Se obtiene una capacidad de 1790,611 Ah, por tanto, se escoge la batería solar estacionaria con electrolito líquido Hoppecke 12V 1800Ah 10 OPzS 1200. Esta batería está compuesta por 6 vasos de 2V con placas tubulares. Como tiene una tensión de 12V y la instalación es de 48V, se han de instalar 4 baterías en serie.

#### **4.1.3 Presupuesto estimado**

A continuación, se realiza un presupuesto económico estimado de los equipos que se han considerado para esta instalación y del coste aproximado de la perforación del terreno con el objetivo de poder compararlo con otros esquemas de instalaciones. Los resultados de este presupuesto se exponen en la tabla 21.

Tabla 21: Estimación del presupuesto de geotermia y paneles fotovoltaicos

EQUIPO	MODELO	UNI.	PVP UNI. (€)	TOTAL (€)
Bomba de calor	ecoGEO+Compact C3 1-9 kW	1	10100,00	10100,00
Sonda	Tubería de Polietileno 25 Mm, 10 Atm (100 m)	5	55,07	275,35
Sonda	Tubería de Polietileno 25 Mm, 10 Atm (25 m)	1	25,99	25,99
Perforación		505 m	40,00	20200,00
Paneles fotovoltaicos	Panel solar de 500 W 24V y 96 celdas Bluesun	9	255,00	2295,00
Baterías	COPZS 1900 Ah en C100 de 12V	4	4420,33	1680,12
			<b>TOTAL</b>	<b>50576,46</b>

## 4.2 Climatización con Geotermia + Paneles híbridos y Generación Eléctrica con Paneles Híbridos con Baterías

### 4.2.1 Instalación Geotérmica

En este sistema se van a instalar paneles híbridos, con los cuales se prevé cubrir toda la demanda de agua caliente sanitaria. Por esta razón, la instalación de geotermia sólo irá destinada a cubrir la demanda de calefacción y refrigeración.

Se escoge la bomba de calor ecoGEO+ Basic B3 1-9 kW que tiene las mismas características técnicas que la bomba elegida en el apartado 4.1.1.1 Elección Bomba de Calor ; la diferencia entre las dos es que la bomba Basic no tiene el acumulador de ACS integrado. La ficha técnica del equipo se encuentra en el Anexo 4.

En la bomba actual, al tener las mismas características que la considerada en el anterior apartado, se realiza el dimensionamiento de las sondas de captación del mismo modo, obteniéndose por tanto el mismo resultado.

### 4.2.2 Instalación de Paneles Híbridos

**4.2.2.1 Estimación Energía Térmica Generada** Para poder estimar la energía térmica que se puede obtener de los paneles híbridos se ha de determinar la superficie destinada para la instalación de éstos. En este caso esta superficie es de aproximadamente 25 m<sup>2</sup>, ya que los paneles se instalarán en el tejado de la vivienda.

Por otra parte, también se debe de disponer de los datos de irradiación; éstos se indican en la Tabla 19. Utilizando los mismos, la energía generada se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{generada} = HSP \cdot k \cdot pérdidas \cdot \eta \cdot S$$

La variable k de la ecuación corresponde al factor de corrección por la inclinación y el mes. El rendimiento del panel se supone que es del 70% y las pérdidas de la instalación de un 80%. Conociendo todas las variables y la ecuación a emplear, se calcula la energía térmica generada que se muestra en la tabla 22.

Tabla 22: Energía térmica aportada por los paneles híbridos

Mes	Irradiación (kWh/m <sup>2</sup> )	k	Pérdidas	$\eta$	S (m <sup>2</sup> )	Energía aportada por los paneles (kWh)
Enero	4,85	1,38	0,8	0,7	25	93,702
Febrero	6,47	1,27	0,8	0,7	25	115,036
Marzo	4,23	1,14	0,8	0,7	25	67,510
Abril	5,39	1,00	0,8	0,7	25	75,460
Mayo	6,31	0,90	0,8	0,7	25	79,506
Junio	6,45	0,87	0,8	0,7	25	78,561
Julio	6,60	0,90	0,8	0,7	25	83,160
Agosto	6,60	1,01	0,8	0,7	25	93,324
Septiembre	6,11	1,18	0,8	0,7	25	100,937
Octubre	5,99	1,37	0,8	0,7	25	114,888
Noviembre	4,62	1,50	0,8	0,7	25	97,020
Diciembre	4,93	1,48	0,8	0,7	25	102,149

Comparando la energía térmica generada por los paneles y la demandada obtenemos la tabla 23:

Tabla 23: Comparación entre la energía térmica demandada y la generada

Mes	Energía demandada kWh/día	Energía aportada paneles kWh/día
Enero	6,66	93,702
Febrero	6,53	115,036
Marzo	6,40	67,510
Abril	6,15	75,460
Mayo	5,89	79,506
Junio	5,63	78,561
Julio	5,38	83,160
Agosto	5,25	93,324
Septiembre	5,51	100,937
Octubre	5,89	114,880
Noviembre	6,27	79,020
Diciembre	6,53	102,149

Como se observa, los paneles híbridos cubren la demanda de ACS requerida por la vivienda, por tanto, la instalación de la bomba de calor geotérmica se destinará solamente para cubrir la demanda de calefacción y refrigeración.

**4.2.2.2 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda** En el apartado 4.1.2.1 *Demanda Eléctrica Total de la Vivienda* se ha calculado que el consumo de energía eléctrica total de la vivienda es 14,533 kWh, de los cuales 1,376 kWh corresponden al suministro de ACS. En esta ocasión, como se ha comprobado anteriormente, la demanda de ACS será cubierta por los paneles híbridos, por tanto, no se tendrá en cuenta en el consumo eléctrico de la vivienda. Éste finalmente tendrá un valor de 13,157kW.

Suponiendo que las pérdidas en la instalación son de un 20%, se sobredimensiona la demanda, por tanto, el consumo de energía eléctrica que han de cubrir los paneles es de 15,788 kWh.

**4.2.2.3 Dimensionamiento Paneles Híbridos** El panel híbrido escogido es el Abora aH72SK de 350W y un rendimiento óptico de 0,7. Sus principales especificaciones eléctricas y térmicas se muestran en las tablas 24 y 25 y su ficha técnica se encuentra en el Anexo 8.

Tabla 24: Especificaciones eléctricas del panel híbrido Abora

<b>Potencia nominal (W)</b>	350 W
<b>Tensión máxima potencia (<math>V_{MPP}</math>)</b>	39,86 V
<b>Corriente máxima potencia (<math>I_{MPP}</math>)</b>	8,76 A
<b>Tensión circuito abierto (<math>V_{DC}</math>)</b>	48,61 V
<b>Corriente cortocircuito (<math>I_{SC}</math>)</b>	9,16 A
<b>Eficiencia del módulo (<math>\eta_m</math>)</b>	17,8 %

Tabla 25: Especificaciones térmicas del panel híbrido Abora

<b>Rendimiento óptico</b>	0,7
<b>Temperatura de estancamiento</b>	126 °C
<b>Caudal nominal</b>	60 L/h

Teniendo en cuenta que la vivienda demanda 15,788kW de energía eléctrica, que las HSP son 4,85 kWh y los paneles tienen una potencia nominal de 350W, la cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda es:

$$N^{\circ} \text{módulos} = \frac{Cd \text{ medio}}{P_{MPP} \cdot HSP \cdot PR} = \frac{15788}{350 \cdot 4,85 \cdot 0,8} = 11,625$$

12 módulos

Además, cada panel híbrido requiere de un acumulador de 100 L, como en este caso se instalan 12 paneles, el volumen de acumulación es de 1200 L. Para este volumen de acumulación se escoge el acumulador CV - 1500 - M1 de 1500 L de la marca Junkers.

**4.2.2.4 Dimensionamiento de Baterías** Una vez conocido el consumo de energía eléctrica de la vivienda, se escoge la batería adecuada calculando la capacidad (Ah) que debe tener ésta. El cálculo de la capacidad se realiza teniendo en cuenta el consumo diario de la vivienda, los días de autonomía previstos para la batería (que en este caso serían 3 días porque las baterías van a ser de uso diario), la profundidad de descarga (que se considera de un 70%) y, por último, se tiene en cuenta la tensión de la instalación (48V). Además, se sobredimensiona un 15% por las pérdidas y, con estas variables, se obtiene la capacidad de la batería (Ah):

$$Capacidad = \frac{Consumo\ diario \cdot Días\ de\ autonomía}{Profundidad\ de\ descarga \cdot Tensión} \cdot 1,15 = \frac{15788 \cdot 3}{0,7 \cdot 48} = 1409,642\ Ah$$

Se obtiene una capacidad de 1409,642, por lo que se escoge la batería estacionaria de 24V Hoppecke 1500Ah 10 OPzS 1000, que está compuesta por 12 vasos de 2V cada uno. Como la batería es de 24 V y la tensión de la instalación de 48 V, se necesitan 2 baterías de este modelo conectadas en serie.

#### **4.2.3 Presupuesto Estimado**

A continuación, en la Tabla 26 se muestra un presupuesto estimado del sistema de geotermia y paneles híbridos.

Tabla 26: Estimación del presupuesto de geotermia y paneles híbridos

EQUIPO	MODELO	UNI.	PVP UNI. (€)	TOTAL (€)
Bomba de calor	ecoGEO+Compact B3 1-9 kW	1	8890,00	8890,00
Sonda	Tubería de Polietileno 25 Mm, 10 Atm (100 m)	5	55,07	275,35
Sonda	Tubería de Polietileno 25 Mm, 10 Atm (25 m)	1	25,99	25,99
Perforación		505 m	40,00	20200,00
Paneles híbridos	Abora aH72SK 350W	12	750,00	9000,00
Acumulador	CV-1500-M1 Junkers	1	6305,00	6305,00
Baterías	10 OPZD 1000	2	8005,60	16011,20
			<b>TOTAL</b>	<b>60707,54</b>

### 4.3 Climatización con Aerotermia y Generación Eléctrica con Paneles Fotovoltaicos con Baterías

#### 4.3.1 Instalación Equipos de Aerotermia

**4.3.1.1 Elección Bomba de Calor** Para la elección de la bomba de calor se debe tener en cuenta la demanda pico de calefacción, refrigeración y ACS. Como se ha calculado en el apartado 2.5 Demanda Pico Calefacción y Refrigeración, esta demanda pico es de 8,87 kW y 6,737 de calefacción y refrigeración, respectivamente. En cuanto a la demanda pico de ACS se ha calculado en el apartado 2.7 Demanda pico de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

La bomba de calor escogida es la Arotherm Plus 8 de la marca Vaillant, dado que tiene una potencia de calefacción de 2,9-10,1 kW y una potencia de refrigeración de 2,5-7,7 kW, dentro de los parámetros de la demanda requerida por la vivienda.

Además, el equipo tiene integrado un acumulador de ACS de 200 L que también cubre la demanda de ACS de la vivienda de 112 L/día, como se ha calculado en el apartado 2.7 Demanda Pico Agua Caliente Sanitaria. Las características más relevantes de la bomba escogida se muestran en la Tabla 27 y su ficha técnica se puede encontrar en el Anexo 9.

Tabla 27: Características de la bomba de calor Vaillant

<b>MARCA</b>	Vaillant
<b>MODELO</b>	Arotherm Plus 8
<b>Potencia calefacción</b>	2,9 a 10,1 kW
<b>Potencia refrigeración</b>	2,5 a 7,7 kW
<b>Temperatura ACS máxima</b>	70 °C
<b>COP</b>	4,79
<b>EER</b>	3,46
<b>Refrigerante</b>	R290
<b>Depósito ACS</b>	200 litros

#### 4.3.2 Instalación de Paneles Fotovoltaicos

**4.3.2.1 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda** Para poder estimar la demanda eléctrica total de la vivienda primero se deben transformar los kW térmicos de calefacción, refrigeración y ACS a kW eléctricos, mediante el SCOP y el SEER de la bomba de calor escogida anteriormente. En la ficha técnica de la bomba de calor Arotherm Plus 8 indica que para un clima medio el SCOP tiene un valor de 4,75 y el SEER de 4,42.

Como se ha calculado en el apartado 2.5 Demanda Pico de Calefacción y Refrigeración, la demanda de la vivienda son 8,87 kW de calefacción y 6,737 kW, de refrigeración. Transformando mediante el SCOP y el SEER, el resultado de la demanda es de 1,867 kW y 1,524 kW eléctricos respectivamente.

A la hora de calcular la demanda eléctrica total se tendrá en consideración el valor de la demanda de calefacción, debido a que es más restrictivo, y además se supondrá que la calefacción se utiliza tres horas al día, lo que se traduce en un consumo de 5,601 kWh/día. Igualmente, en el apartado 2.7



Demanda Pico Agua Caliente Sanitaria, se ha calculado que la demanda máxima de Agua Caliente Sanitaria es de 6,66 kWh/día, que mediante el SCOP se transforman en 1,402 kWh/días eléctricos.

Por otra parte, en el apartado 2.6 Demanda Pico de Electricidad se ha estimado que en invierno la vivienda consume 12,764 kWh/día; multiplicando por el factor de simultaneidad 0,6 resulta un consumo diario de 7,658 kWh.

Sumando todos los datos se obtiene un consumo total de la vivienda de 14,661 kWh al día.

#### **4.3.2.2 Dimensionamiento de Paneles Fotovoltaicos**

Para el dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos se considera un margen de seguridad del 20% respecto al consumo total de la vivienda debido a las pérdidas del sistema, resultando un consumo total de 17,593 kWh al día. Por otra parte, para el dimensionamiento se tienen en cuenta los datos de la radiación global media diaria recibida por metro cuadrado que se detallan en la Tabla 19 y las características del panel fotovoltaico escogido. En este caso también es el panel solar de 500W y 96 celdas Bluesun, cuyos parámetros se detallan en la Tabla 20.

Teniendo en cuenta estos datos se calcula la cantidad de módulos necesarios en la instalación:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{Cd \text{ medio}}{P_{MPP} \cdot HSP \cdot PR} = \frac{17593}{500 \cdot 4,85 \cdot 0,8} = 9,068$$

10 módulos

**4.3.2.3 Dimensionamiento de Baterías** Como se ha especificado en los sistemas anteriores una vez conocido el consumo de energía eléctrica de la vivienda se escoge la batería adecuada calculando la capacidad (Ah) que debe tener ésta. Al igual que en los casos anteriores el cálculo de la capacidad se realiza teniendo en cuenta el consumo diario de la vivienda, los días de autonomía previstos para la batería (3 días), la profundidad de descarga (que se considera de un 70%) y, por último, se tiene en cuenta la tensión de la instalación (48V). Además, se sobredimensiona un 15% por las pérdidas que tiene la instalación. Con estas variables se obtiene la capacidad de la batería (Ah):

$$Capacidad = \frac{\text{Consumo diario} \cdot \text{Días de autonomía}}{\text{Profundidad de descarga} \cdot \text{Tensión}} \cdot 1,15 = \frac{17593 \cdot 3}{0,7 \cdot 48} = 1570,803 \text{ Ah}$$

Se obtiene un resultado de 1570,803 Ah, por lo que se escoge la batería estacionaria de Gel 48V 1600Ah BAE C100, que está compuesta por 48 vasos de 2V cada uno.

#### **4.3.3 Presupuesto Estimado**

A continuación, en la Tabla 28 se propone un presupuesto estimado del sistema de aerotermia y paneles fotovoltaicos.

Tabla 28: Estimación del presupuesto de aerotermia y paneles fotovoltaicos

EQUIPO	MODELO	UNI.	PVP UNI. (€)	TOTAL (€)
Bomba de calor	Vaillant Arotherm Plus 8	1	8881,88	8881,88
Paneles fotovoltaicos	Panel solar de 500W y 96 celdas Bluesun	10	255,00	2550,00
Baterías	Batería de Gel 48V 1600Ah BAE C100	1	15751,01	15751,01
			<b>TOTAL</b>	<b>27182,82</b>

#### 4.4 Climatización con Aerotermia + Paneles Híbridos y Generación Eléctrica con Paneles Híbridos.

##### 4.4.1 Instalación Equipos de Aerotermia

**4.4.1.1 Elección Bomba de Calor** Para la elección de la bomba de calor se tiene en cuenta la demanda pico de calefacción y de refrigeración, debido a que la demanda de ACS se prevé que se suministre mediante los paneles híbridos.

La bomba de calor escogida para este sistema es la Aerotermia Toshiba Estía Mural 11 sin ACS, cuyas características principales se muestran en la tabla 29 y su ficha técnica en el Anexo 10.

Tabla 29: Características de la bomba de calor Toshiba

MARCA	Toshiba
MODELO	Estía Mural 11
Potencia calefacción	11 kW
Potencia refrigeración	8 kW
COP	4,6
EER	2,8
Refrigerante	R-32

##### 4.4.2 Instalación de Paneles Híbridos

**4.4.2.1 Demanda Eléctrica Total de la Vivienda** Como se ha comprobado en el apartado 4.2.2.1 Estimación de la Energía Térmica Generada, los Paneles Híbridos cubren la demanda de ACS requerida por la vivienda; por tanto, la bomba de calor se destina solamente a cubrir la demanda de calefacción y refrigeración.

Se dimensiona la instalación de paneles híbridos en función del consumo eléctrico de la vivienda. Para determinar este consumo debemos transformar los kW térmicos en eléctricos y para ello hacemos uso del COP y EER de la bomba de calor escogida, que son 4,6 y 2,8 respectivamente.

Como se ha calculado en el apartado 2.5 Demanda Pico de Calefacción y Refrigeración, la demanda pico de calefacción de la vivienda son 8,87 kW y de refrigeración 6,737 kW. Transformándolos mediante el COP y el EER, suponen una demanda de 1,928 kW y 2,406 kW eléctricos respectivamente.

En este caso para el dimensionamiento de los paneles se tendrá en cuenta la demanda de refrigeración porque es el valor más restrictivo, y se supondrá que se usa 3 horas al día, obteniendo un consumo al día de refrigeración de 7,218 kWh.

Además, también se tiene en cuenta el consumo eléctrico en un día de invierno, calculado en el apartado 2.6 Demanda Pico de Electricidad, que supone 12,764 kWh diarios. Este resultado multiplicado por el factor de simultaneidad de 0,6 da como resultado un consumo de 7,658 kWh/día.

Sumando todos los componentes que se han mencionado, el consumo total de la vivienda es de 14,876 kWh.

**4.4.2.2 Dimensionamiento de los Paneles Híbridos** El panel híbrido escogido es el mismo que en el apartado 4.2.2.3 Dimensionamiento de los Paneles Híbridos, el panel Abora aH72SK de 350W. Sus especificaciones principales eléctricas y térmicas se muestran en las tablas 24 y 25 y su ficha técnica en el Anexo 8. El consumo eléctrico de la vivienda se sobredimensiona a 17,851 kWh debido a las pérdidas en la instalación.

Con todos los datos anteriores se calcula el número de paneles necesarios.

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{Cd \text{ medio}}{P_{MPP} \cdot HSP \cdot PR} = \frac{17851}{350 \cdot 4,85 \cdot 0,8} = 13,145$$

14 módulos

Además, también se considera que cada panel híbrido requiere de un acumulador de 100 L; como en este caso se instalan 14 paneles, el volumen de acumulación es de 1400 L. Para este volumen de acumulación se escoge el acumulador CV - 1500 - M1 de 1500 L de la marca Junkers.

**4.4.2.3 Dimensionamiento de Baterías** Al igual que se ha procedido en los apartados anteriores, para poder dimensionar correctamente las baterías se calcula la capacidad (Ah) que deben tener éstas, considerando: el consumo de energía diario de la vivienda, 3 días de autonomía de la batería, una profundidad de descarga del 70%, la tensión de la instalación (48V) y un sobredimensionamiento del 15% por pérdidas. Con estas consideraciones se calcula:

$$Capacidad = \frac{\text{Consumo diario} \cdot \text{Días de autonomía}}{\text{Profundidad de descarga} \cdot \text{Tensión}} \cdot 1,15 = \frac{17851 \cdot 3}{0,7 \cdot 48} = 1593,839 \text{ Ah}$$

Se obtiene una capacidad de 1593,839 Ah, por tanto se escoge la misma batería que en el apartado anterior, la batería estacionaria de Gel 48V 1600Ah BAE C100, que está compuesta por 48 vasos de 2V cada uno.

#### **4.4.2.4 Presupuesto estimado**

En la Tabla 30 se muestra un presupuesto estimado del sistema de aerotermia y paneles híbridos.

Tabla 30: Estimación del presupuesto de aerotermia y paneles híbridos

EQUIPO	MODELO	UNI.	PVP UNI. (€)	TOTAL (€)
Bomba de calor	Estía Mural 11 Toshiba	1	4409,00	4409,00
Panel híbrido	Abora aH72SK 350W	14	750,00	10500,00
Acumulador	CV-1500-M1 Junkers	1	6305,00	6305,00
Baterías	Batería de Gel 48V	1	15751,01	15751,01
			<b>TOTAL</b>	<b>36965,01</b>

#### 4.5 Estudio Medioambiental y Económico

##### 4.5.1 Estudio económico

Tras la el dimensionado y la elección de los equipos de los cuatro sistemas propuestos para la climatización y la generación eléctrica de la vivienda y la realización de un presupuesto estimado de cada uno, se expone seguidamente en la Tabla 31 el presupuesto de los cuatro sistemas para poder compararlos entre ellos.

Tabla 31: Presupuesto de los diferentes esquemas propuestos

ESQUEMA PROPUESTO	PRESUPUESTO (€)
Climatización con geotermia y generación eléctrica con paneles fotovoltaicos con baterías	50576,46
Climatización con geotermia + paneles híbridos y generación eléctrica con paneles híbridos con baterías	60707,54
Climatización con aerotermia y generación eléctrica con paneles fotovoltaicos con baterías	27182,89
Climatización con aerotermia + paneles híbridos y generación eléctrica con paneles híbridos con baterías	36965,01

Como se puede observar en los esquemas en los que la climatización se realiza mediante geotermia, el presupuesto es más elevado debido a que en estos se realiza la perforación del terreno, y esta obra incrementa mucho el precio de la instalación. Por otra parte, los sistemas en los que se instalan paneles híbridos también presentan un presupuesto más elevado que en los que la generación de energía eléctrica se realiza mediante paneles fotovoltaicos. Esto se debe a que los paneles híbridos requieren de un acumulador de 100L cada uno que supone un incremento del presupuesto bastante significativo.

En conclusión, el esquema más económico de los cuatro propuestos es la climatización con aerotermia y generación eléctrica con paneles fotovoltaicos con baterías.

##### 4.5.2 Estudio medioambiental

El impacto medioambiental se evalúa mediante el uso de los Factores de Emisión (FE).

*Un factor de emisiones es un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera con una actividad asociada con la liberación de ese contaminante (EPA, 2022)*

La CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia) publicó en fecha 20 de abril del 2022 que el mix de la red eléctrica española es de 259 g CO<sub>2eq</sub>/kWh para la electricidad. (Gencat, 2022)

En todos los esquemas propuestos en el presente proyecto, la energía eléctrica consumida en la vivienda es generada mediante paneles híbridos o fotovoltaicos. Por tanto, las emisiones relacionadas con el consumo de energía eléctrica son nulas.

Otro aspecto a tener en cuenta respecto al impacto medioambiental es el uso de refrigerantes utilizados en las bombas de calor escogidas. Los efectos negativos que puede tener un refrigerante sobre el ambiente se miden mediante dos indicadores, el ODP (*Ozone Depletion Potential*) y el GWP (*Global Warming Potential*).

El ODP es el índice que mide la capacidad destructiva del refrigerante frente a la capa de ozono. Su valor varía de 0 a 1; cuanto más próximo a 0, menor es el impacto en la capa de ozono. Utiliza como medida patrón el refrigerante R-11 por ser el más destructivo para esta.

Por otra parte, el GWP es la medida que indica la capacidad de una masa de un gas de efecto invernadero para contribuir en el calentamiento global. Cuanto mayor es el GWP, mayor es el impacto sobre el calentamiento global. El gas de referencia para el cálculo de este indicador es el CO<sub>2</sub>, cuyo GWP es 1.

En la tabla 32 se muestran los refrigerantes utilizados en las bombas de calor escogidas y sus correspondientes ODP y GWP.

*Tabla 32: ODP y GWP de los refrigerantes utilizados*

REFRIGERANTE	ODP	GWP
R-410 <sup>a</sup>	0	2088
R-32	0	675
R-290	0	3

Se observa en la tabla 32 que el refrigerante R-410A tiene un alto GWP frente a los otros dos mostrados. En cambio, estos refrigerantes no provocarán ningún impacto ambiental, a no ser que exista una fuga en la instalación. Por tanto, el uso del refrigerante no será un factor decisivo a la hora de escoger el sistema que se instalará en la vivienda.

## 5. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN CON AEROTERMIA Y GENERACIÓN CON PANELES FOTOVOLTAICOS CON BATERÍAS

A continuación, se dimensionan y escogen los equipos y dispositivos para la instalación de aerotermia y paneles fotovoltaicos con baterías de la vivienda.

### 5.1 Justificación del Sistema Elegido

Una vez realizado el estudio, se decide que la mejor opción para climatizar la vivienda es el sistema de aerotermia. Para generar la energía eléctrica se escogen los paneles fotovoltaicos con baterías.

Todos los sistemas propuestos para estudio tienen un impacto ambiental nulo. Por tanto, el indicador que justifica la elección de uno u otro es el ahorro económico.

### 5.2 Sistema de Climatización

En este apartado se van a elegir los equipos de bomba de calor, *fan coils* y el dimensionamiento del suelo radiante que conforman el sistema de climatización y de generación de energía térmica de la vivienda.

#### 5.2.1 Bomba de calor

Como se ha mencionado en el apartado 4.3.1.1 Elección Bomba de Calor, la bomba que mejor se adapta a la vivienda es la Arotherm Plus 8 de la marca Vaillant. Este equipo está formado por dos unidades, una exterior, la aroTHERM plus que se instalará en el patio interior de la vivienda y la unidad central, la uniTOWER plus, que se instalará en la galería. La ficha técnica de la bomba de calor se encuentra en el Anexo 9. En la figura 41 se muestra un esquema de la instalación.

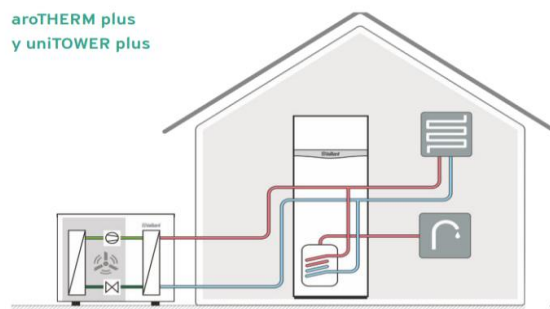


Figura 41: Esquema unidad interior y exterior

#### 5.2.2 Fan Coils

Un fan coil es un equipo agua-aire para climatización y está formado por un intercambiador de frío o calor y un ventilador. Este dispositivo utiliza el agua como refrigerante. Los equipos reciben agua caliente o fría que circula por unos tubos o serpentines; el ventilador impulsa el aire y lo hace pasar por estos tubos produciendo la termotransferencia. Posteriormente, el aire pasa por un filtro y es expulsado a la estancia que se pretende climatizar.

Para la vivienda se escogen los *fan coils* aroVAIR de la marca Vaillant, concretamente el modelo VAI 2-025 WN tipo mural con una potencia frigorífica de 2,58 kW. Se instalarán siete fan coil: uno en el comedor, uno en cada uno de los tres dormitorios, y los tres restantes en los despachos. A continuación, en la figura 42 se muestra el tipo de fan coil elegido para la instalación.



Figura 42: Fan coil Vaillant tipo mural

### **5.2.3 Suelo Radiante**

El suelo radiante es un sistema de calefacción que traslada el calor del equipo de generación (bomba de calor) al ambiente del hogar, utilizando el suelo como sistema de emisión de este calor. Su funcionamiento se basa en la circulación de agua caliente por una tubería que calienta el suelo hasta unos 29 °C. El suelo libera esta energía térmica de forma progresiva y lineal a la estancia, repartiendo el calor equitativamente por la misma.

Las tuberías más comúnmente usadas para la instalación de suelo radiante son las de polietileno reticulado (PE-X), debido a que es un termoplástico muy resistente a la temperatura; los diámetros empleados son de 16,2 mm y 20,2 mm. Para la instalación se escoge una tubería de polietileno reticulado de 20,2 mm.

La separación entre los tubos suele ser de 200 mm y cada estancia debe ser calefactada por un circuito diferente. Para calcular la longitud de los tubos de cada circuito se usa la siguiente fórmula:

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

En la que A es el área para calefactar, e es la distancia entre tubos y Lc es la distancia entre el colector y el área a calefactar.

Aplicamos esta fórmula para calcular la longitud de tubería que requiere la vivienda, cuyos resultados se muestran en la tabla 33.

Tabla 33: Metros de tubería para suelo radiante

HABITACIÓN	A (m <sup>2</sup> )	e (m)	Lc (m)	L (m)
PLANTA BAJA				
Baño	6,56	0,2	2,05	36,9
Vestidor	7,84	0,2	4,5	48,2
Dormitorio	17,1	0,2	4,25	94
Cocina	20,35	0,2	7,8	117,35
Comedor	45,25	0,2	11,35	248,95
Aseo	4,313	0,2	13,85	49,265
Despacho	11,007	0,2	17,55	90,135
			<b>TOTAL</b>	<b>548,8</b>
PRIMERA PLANTA				
Despacho 1	15,87	0,2	11,35	102,05
Baño	7	0,2	13,85	62,7
Dormitorio 1	12,95	0,2	17,55	99,85
Dormitorio 2	17,75	0,2	11,35	111,45
Despacho 2	14	0,2	17,55	105,1
			<b>TOTAL</b>	<b>481,15</b>

En total se necesitarán 1029,95 metros de tubería.

La distribución de los tubos se elige en serpentín doble como se muestra en la figura 43.

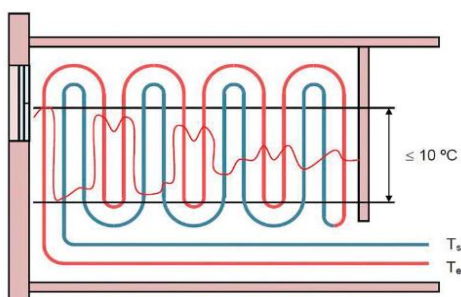


Figura 43: Distribución en serpentín doble (Mundohvacr, 2022)

### 5.3 Sistema de Generación Eléctrica

A continuación, se van a escoger los dispositivos adecuados para la generación de energía eléctrica en la vivienda. Estos se muestran en la figura 44: el panel solar, el regulador de carga, las baterías y el inversor.



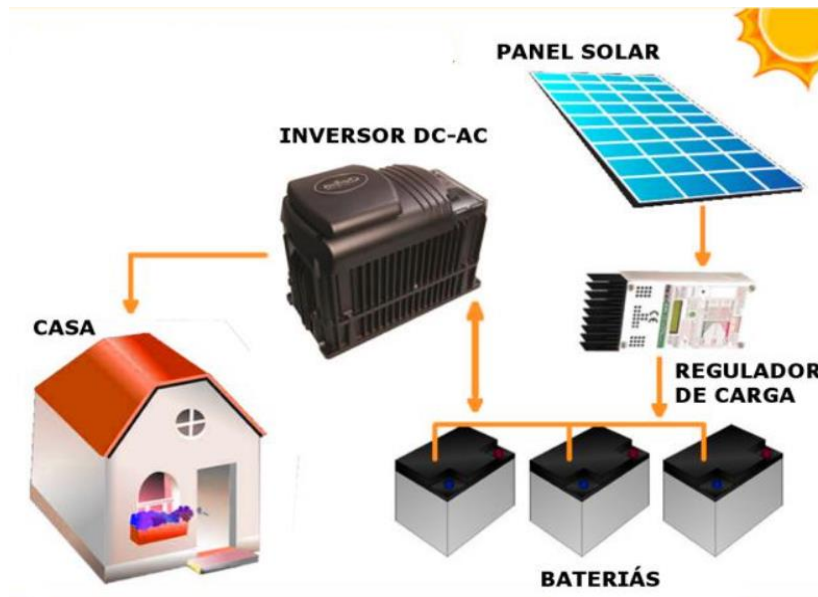


Figura 44: Elementos de un sistema fotovoltaico aislado (Reforma Coruña,2022)

### **5.3.1 Paneles fotovoltaicos**

Con los resultados del apartado 4.3.2.2 Dimensionamiento de Paneles Fotovoltaicos, se estima que para cubrir la demanda de energía eléctrica de la vivienda se necesitan 10 módulos fotovoltaicos de 500W de la marca Bluesun. Para establecer la configuración de los paneles se tienen en cuenta las características del inversor que se expone en el punto 5.3.2 Inversor.

Se calcula la cantidad de paneles que como máximo se pueden conectar en serie mediante la fórmula:

$$Ns \text{ máx} = \frac{V_{D\text{MAX}}}{V_{OC \text{ MAX}}} = \frac{600}{59,01} = 10,167$$

En la que  $V_{D\text{MAX}}$  representa el voltaje de entrada máximo al inversor y  $V_{OC \text{ MAX}}$  la tensión en circuito abierto del panel fotovoltaico.

Por consiguiente, se establece que la instalación constará de un único string de 10 módulos en serie.

### **5.3.2 Inversor**

El inversor es el dispositivo encargado de transformar la corriente continua proveniente de los paneles fotovoltaicos o baterías en corriente alterna para que sea utilizada por los dispositivos de la vivienda.

Para dimensionar el inversor se tiene en cuenta que el número de paneles calculado anteriormente es 10 y, por tanto, la potencia pico es de 5 kW. Acorde a estos datos se escoge un inversor con una potencia nominal de 5 kW en función a la generación de los paneles.

El inversor escogido para la instalación es el Inversor Híbrido HUAWEI SUN2000-5KTL-L1 de 5kW. En su ficha técnica (Anexo 11), se indica que la potencia máxima fotovoltaica que admite es 7,5 kW; por tanto, se adapta a la instalación.

### **5.3.3 Baterías**

En el apartado 4.3.2.3 Dimensionamiento de Baterías se indica como se ha calculado el tipo de baterías y la cantidad de ellas necesarias para la instalación fotovoltaica. La batería escogida es una batería estacionaria de Gel 48V 1600Ah BAE C100, compuesta por 48 vasos de 2V cada uno.

### **5.3.4 Regulador de carga**

El regulador es un dispositivo electrónico que controla el estado de la carga de las baterías de la instalación con el objetivo de que éstas realicen un llenado óptimo y de este modo alargar su vida útil. Este dispositivo se instala entre los paneles fotovoltaicos y las baterías para controlar el flujo de energía que circula entre estos dos elementos.

Para escoger el regulador adecuado se tiene en cuenta el tipo de baterías instaladas para así, como se ha mencionado anteriormente, alargar la vida útil de éstas y además, protegerlas de sobrecargas y voltajes excesivos. Asimismo, para su dimensionamiento, se necesita saber la corriente máxima de entrada al regulador que proviene de los módulos ( $I_{RE}$ ).

Esta corriente se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_{RE} = 1,25 \cdot I_{SC} \cdot N^{\circ} \text{módulos en paralelo}$$

Donde,  $I_{SC}$  representa la corriente en circuito abierto del panel fotovoltaico, que es 10,87 A (Tabla 20) y el número de módulos que se conectan en paralelo es 1. Con estos valores se obtiene una corriente de entrada al regulador de:

$$I_{RE} = 1,25 \cdot 10,87 \cdot 1 = 13,587 \text{ A}$$

Finalmente, el regulador elegido es el Victron Energy SmartSolar MPPT Charge Controller 100/20-48 12 V 24 V 48 V 20 A. de 20A.



## 6. CONCLUSIONES

Tal y como se ha referido a lo largo del presente trabajo, el objetivo de este es el diseño de las instalaciones térmica y eléctrica para una vivienda unifamiliar, comparando varias opciones de instalaciones para escoger la más adecuada bajo el punto de vista medioambiental y económico.

Dado que en este proyecto se trabaja sobre una vivienda en la que se va a realizar una rehabilitación completa, se insiste en lograr el mejor aislamiento de la misma para que las cargas de refrigeración y calefacción sean las mínimas posibles. Este objetivo se logra puesto que finalmente, tras la elección de los cerramientos, se obtienen unas cargas pico de calefacción y refrigeración de 8,87 kW y 6,73 kW respectivamente.

Tras el diseño de las diferentes opciones planteadas, se considera que todas ellas tienen un impacto medioambiental nulo, siendo el único factor que las diferencia el coste de inversión inicial.

Siendo el factor económico el considerado para escoger la instalación, se elige la instalación de climatización con aerotermia y generación con paneles fotovoltaicos con baterías por ser la más viable económicamente.

Sin embargo, no son solamente los criterios económicos los relevantes a la hora de decidir la instalación de uno de los sistemas estudiados en este proyecto, sino que son los motivos medioambientales los que más influyen a la hora de elegir la instalación por parte de los usuarios.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- appa renovables. (2022). *¿Qué es la energía fotovoltaica?*. Obtenido de <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- ArtiIndex. (2022). Obtenido de <http://www.artiindex.com/pvc/royal.html>
- AutoSolar.(2019) *Conexión de las placas solares: tipos y puntos a tener en cuenta* Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/conexion-de-las-placas-solares-tipos-y-puntos-a-tener-en-cuenta>
- Blog Tu Climatización. (2021). *Aeroterminia- Todo lo que necesitas saber*. Obtenido de <https://tuclimatizaciononline.es/blog/que-es-la-aeroterminia/>
- BOE 31 de marzo de 2021. *Resolución de 25 de marzo de 2021, por el que se adopta la versión final del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2021/03/31/pdfs/BOE-A-2021-5106.pdf>
- Centro de noticias de la ONU. (25 de septiembre de 2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Certificadosenergeticos.com. (2019). Obtenido de <https://www.certificadosenergeticos.com/bomba-de-calor-renovables#comments>
- Daikin. (s/f). *Daikin Altherma: Climatización y agua caliente por aeroterminia*. Obtenido de [https://www.daikin.es/es\\_es/daikin-altherma.html#!#como-funciona](https://www.daikin.es/es_es/daikin-altherma.html#!#como-funciona)
- El Constructor 10. (s/f). *Paneles solares híbridos, la tecnología para generar electricidad y agua caliente con una única instalación*. Obtenido de <http://elconstructor10.mx/>
- Energía Geotérmica. (2012). *Aplicaciones y usos frecuentes de la energía geotérmica*. Obtenido de <https://grupo02termo.wordpress.com/2012/03/06/3-aplicaciones-y-usos-frecuentes-de-la-energia-geotermica-4/>
- EPA. (2022). *Información básica de los factores de emisión atmosférica y cuantificación*. Obtenido de <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification#About%20Emissions%20Factors>
- foroelectricidad.com. (2019). *Efecto fotovoltaico*. Obtenido de <http://www.foroelectricidad.com/viewtopic.php?t=13155>
- Gencat. (2022). *Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico*. Recuperado el 15 de junio de 2022 de [Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico. Cambio climático \(gencat.cat\)](https://www.gencat.cat/energia/temas/energia-elctrica/energia-elctrica-el-mix-elctrico)
- Geoterminia online. (2022). Obtenido de <https://geoterminiaonline.com/2037/todo-lo-que-hay-que-saber-sobre-geoterminia-para-despejar-dudas/>
- Geoterminia G4. (s/f). *Captación geotérmica*. Obtenido de <https://geoterminiaG4.es/captacion-geotermica/>
- Iberdrola. (2022). *¿Qué es la energía solar fotovoltaica?* Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>

IDAE (2012). *Área Tecnológica: Geotermia*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Obtenido de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Calor\\_y\\_Frio\\_Renovables\\_Geotermia\\_3001\\_2012\\_global\\_196afed7.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Calor_y_Frio_Renovables_Geotermia_3001_2012_global_196afed7.pdf)

IDAE (2010). *Guía técnica. Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmicas*. Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Obtenido de <http://publireportajes.lavanguardia.es/idae/pdf/Guia-Tecnica-IDAE.Diseno-de-sistemas-de-bomba-de-calor-geotermica.pdf>

Ingenierosindustriales.com (2022). Obtenido de <https://www.ingenierosindustriales.com/calculo-de-cargas-termicas-de-climatizacion/>

Instituto Catalán de Energía (s/f). *Tipos de energía geotérmica*. Obtenido de <https://icaen.gencat.cat/es/energia/renovables/geotermica/tipus/>

Kosner (2016). Obtenido de <https://www.kosner.es/ciclo-de-refrigeracion/>

Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana.(2022) *DBHE Ahorro de energía*. Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>

Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana.(2022) *DBHS Salubridad*. Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>

Mundohvacr. (2022). *Calefacción por suelo radiante: criterios de diseño y cálculo*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2018/11/calefaccion-por-suelo-radiante-criterios-de-diseno-y-calculo/>

San Tan Solar (2019). *¿Cómo funcionan los paneles?*. Obtenido de <https://santansolar.com/es-aprender/como-funcionan-paneles/>

Ujaen.es (s/f). *La célula solar*. Obtenido de [http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/03\\_celula/01\\_basico/3\\_celula\\_04.htm](http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_04.htm)

Reforma Coruña. (2022). *Kit solar fotovoltaico para autoconsumo en tu hogar*. Obtenido de <https://reformacoruna.com/kit-solar-fotovoltaico/>

Rodríguez y Rodríguez (2021). *Guía de aplicación DB HE 2019. Ejemplos (I)*. Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. Obtenido de [Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019\\_Ejemplos\\_I.pdf \(codigotecnico.org\)](http://www.codigotecnico.org/Guia_aplicacion_DBHE2019_Ejemplos_I.pdf)

Wikipedia (2022). *Gradiente térmico*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Gradiente\\_geot%C3%A9rmico](https://es.wikipedia.org/wiki/Gradiente_geot%C3%A9rmico)

# **SEGUNDA PARTE**

## **PRESUPUESTO**





## **1. ALCANCE**

El Presupuesto del presente Trabajo de Final de Grado pretende estimar, por un lado, los costes económicos de los equipos y las instalaciones de aerotermia y paneles fotovoltaicos y, por otro lado, el coste del diseño de la instalación.

En primer lugar, se realizará el presupuesto de los costes de los equipos y de la instalación de aerotermia y paneles fotovoltaicos con su correspondiente estudio económico. En este estudio económico se determinará la viabilidad y la amortización de la instalación de los paneles fotovoltaicos; en éste la instalación de aerotermia queda excluida, debido a que se llevará a cabo de todas formas. Sin embargo, se pretende estudiar si la generación de energía eléctrica es viable con las placas o, de lo contrario, es más viable conectarse a la red eléctrica.

En segundo lugar, se realizará el presupuesto de los costes de realización del presente proyecto, dónde se incluyen los gastos del personal en función de la dedicación horaria y la retribución salarial por convenio y de los costes de amortización del equipo informático empleado.



## 2. PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE AEROTERMIA Y PLACAS FOTOVOLTAICAS

A continuación, se detalla el coste de los equipos de la instalación de aerotermia y placas fotovoltaicas y se propone una estimación del coste de dichas instalaciones. Además, también se realiza un estudio económico de la instalación de las placas fotovoltaicas.

### 2.1 PRESUPUESTO ECONÓMICO

Descripción	Unid.	Cant.	Coste unit.	Importe
<b><u>1.Instalación Fotovoltaica</u></b>				
1.1 Panel solar Bluesun 500 W	u	10	255,00€	2.550,00€
1.2 Batería estacionaria de Gel 48V 1600Ah BAE C100	u	1	15.751,01€	15.751,01€
1.3 Regulador de carga Victron Energy Smartsolar 20A 48V	u	1	161,84€	161,84€
1.4 Inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5kW	u	1	1.413,05€	1.413,05€
1.5 Otros complementos (cableado, materiales, etc.)	u	1	100,00€	100,00€
1.6 Instalación fotovoltaica (precio orientativo)	u	1	900,00€	900,00€
			<b>TOTAL 1.</b>	<b>20.825,90€</b>
<b><u>2.Instalación climatización</u></b>				
2.1 Bomba de calor aroTHERM Plus 8 Vaillant	u	1	8.881,88€	8.881,88€
2.2 Fan Colis aroVAIR Vaillant	u	7	360,00€	2.520,00€
2.3 Tubería para suelo radiante de PE-X	m	1030	2,05€	22.111,50€
2.4 Otros suplementos (tuberías , cables, materiales, etc.)	u	1	500,00€	500,00€
2.5 Instalación aerotermia (orientativo)	u	1	900,00€	900,00€
2.6 Instalación climatización (orientativo)	u	1	1.500,00€	1.500,00€
			<b>TOTAL 2.</b>	<b>16.413,38€</b>

### **RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

1. Instalación Fotovoltaica	20.825,90€
2. Instalación climatización	16.413,38€

**PRESUPUESTO DE LA INVERSIÓN** **37.239,28€**

## **2.2 ESTUDIO ECONÓMICO**

A continuación, se estudia la rentabilidad económica de la instalación fotovoltaica para valorar si es viable invertir en ésta o se debería conectar la vivienda a la red eléctrica. Para ello se calculan los parámetros del VAN, el TIR y el periodo de retorno de la inversión.

### **VAN**

El VAN (Valor actual neto) es un criterio de inversión que permite conocer cuántas ganancias o pérdidas se va a obtener en una inversión mediante la actualización de pagos y cobros.

La ecuación que permite calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Siendo cada variable:

$I_0$ : Inversión inicial

$F_t$ : Flujo de dinero en cada periodo  $t$

$n$ : Número de periodos en el tiempo

$k$ : Tipo de interés

La vida útil de la instalación fotovoltaica está entre los 25 y 30 años, por tanto, se considera una vida útil total de la instalación de 25 años por ser el valor más restrictivo.

Por otra parte, la inversión inicial de la instalación fotovoltaica es de 20.825,90€, pero se prevé pedir subvenciones por una cuantía total de 3.000€, suponiendo una inversión inicial de 17.825,90€. Además, esta instalación supondrá un coste anual de 5€ por el mantenimiento de los equipos.

El tipo de interés se estima que es del 3% y para poder calcular los flujos de carga se considera que cada año el precio de la electricidad aumenta un 0,045%.

Teniendo en cuenta todos los parámetros que se mencionan, se obtienen los flujos de carga siguientes:

Año	Energía eléctrica (kWh)	€/kWh eléctrico	Ingresos anuales (€)	Costes anuales (€)	Flujo de caja(€)
0				17.825,90	-17.825,90
1	5.351,27	0,248	1.327,11	5	1.322,11
2	5.403,52	0,259	1.400,38	5	1.395,38
3	5.266,84	0,271	1.426,38	5	1.421,38
4	5.725,66	0,283	1.620,41	5	1.615,41
5	5.126,74	0,296	1.516,21	5	1.511,21
6	5.862,42	0,309	1.811,80	5	1.806,80
7	5.322,15	0,323	1.718,84	5	1.713,84
8	5.453,26	0,337	1.840,44	5	1.835,44
9	5.042,83	0,353	1.778,51	5	1.773,51
10	5.152,85	0,369	1.899,09	5	1.894,09
11	5.528,29	0,385	2.129,15	5	2.124,15
12	5.462,87	0,402	2.198,63	5	2.193,63
13	5.325,13	0,421	2.239,64	5	2.234,64
14	5.562,27	0,440	2.444,64	5	2.439,64
15	5.481,71	0,459	2.517,65	5	2.512,65
16	5.625,54	0,480	2.699,98	5	2.694,98
17	5.391,64	0,502	2.704,17	5	2.699,17
18	5.259,79	0,524	2.756,75	5	2.751,75
19	5.753,95	0,548	3.151,45	5	3.146,45
20	5.681,43	0,572	3.251,76	5	3.246,76
21	5.121,64	0,598	3.063,28	5	3.058,28
22	5.233,86	0,625	3.271,27	5	3.266,27
23	5.452,77	0,653	3.561,45	5	3.556,45
24	5.755,46	0,683	3.928,32	5	3.923,32
25	5.628,79	0,713	4.014,74	5	4.009,74

**VAN = 21.273,84 > 0**

Siguiendo los siguientes criterios:

$VAN > 0 \rightarrow$  El proyecto generará beneficios.

$VAN = 0 \rightarrow$  El proyecto no generará ni beneficios ni pérdidas.

$VAN < 0 \rightarrow$  El proyecto generará pérdidas.

Como el resultado del VAN es 21.273,84 la instalación generará beneficios.

### **TIR**

El TIR (Tasa Interna de Retorno) es la rentabilidad que ofrece una inversión.

La ecuación que permite calcular el TIR es la siguiente:

---

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

---

Siendo:

$I_0$ : Inversión inicial

$F_t$ : Flujo de dinero en cada periodo t

n: Número de periodos en el tiempo

En este caso para obtener el TIR, se considera que el  $VAN=0$ . Para esta instalación se obtiene un TIR de:

$$\mathbf{TIR = 10\% > 3\%}$$

Siguiendo los siguientes criterios:

$TIR > k \rightarrow$  El proyecto de inversión será aceptado.

$TIR = k \rightarrow$  Situación similar a la de  $VAN=0$ . Se puede llevar a cabo o no

$TIR < k \rightarrow$  El proyecto de inversión debe rechazarse.

Como el TIR es de un 10%, resulta mayor que el tipo de interés que es de un 3%, por tanto, el proyecto de inversión será aceptado.

En conclusión, considerando el VAN, se obtienen beneficios en la instalación y además calculando el TIR se obtiene que el proyecto de la inversión será aceptado.

### **PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN**

El periodo de retorno es un indicador que estima los años en los que aproximadamente se recuperará la inversión. Este periodo de retorno se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\left(\frac{\text{Flujos de caja total}}{\text{Años}}\right)} = \frac{17825,90}{\left(\frac{60147,04}{25}\right)} = 7,41 \text{ años}$$

En conclusión, para una instalación con 25 años de vida útil, el periodo de retorno es de 7,41 años, lo que entra dentro del periodo medio de retorno de las placas solares. Además, al recuperar la inversión de los paneles a los siete años, el ahorro que supone no estar conectado a la red eléctrica podría amortizar también la inversión de la instalación de aerotermia, aunque el periodo de retorno sería mayor.





### 3. PRESUPUESTO DEL DISEÑO DEL PROYECTO

Para la realización del presupuesto del diseño del presente Trabajo de Fin de Grado se tiene en cuenta el gasto del personal involucrado en la realización del proyecto y el coste de amortización de los equipos informáticos utilizados. A continuación, se detallan los correspondientes costes mencionados.

#### 3.1 GASTOS DE PERSONAL

Para presupuestar el gasto del personal se siguen los criterios establecidos en el documento Recomendaciones en la elaboración de presupuestos en actividades de I+D+i de la Universitat Politècnica de Valencia. En este documento se presentan unos costes indicativos de personal en proyectos según su categoría en la plantilla de la UPV, que se muestran a continuación.

CATEGORIA PLANTILLA UPV	CATEGORÍA EN LA ACTIVIDAD	Horas/año facturables <sup>2</sup>	Coste directo por hora <sup>3</sup>
<b>Catedrático/a de Universidad</b>	<b>Responsable</b>	1.650	55,5
<b>Titular de Universidad</b>	<b>Experto</b>	1.650	41,3
<b>Prof. Contratado Doctor</b>		1.650	38,1
<b>Ayudante Doctor</b>	<b>Técnico</b>	1.650	20,9
<b>Ayudante</b>		1.650	18,3
<b>Catedrático/a de Escuela Universitaria</b>		1.650	41,5
<b>Titular de Escuela Universitaria</b>		1.650	31,6
<b>Profesor Colaborador</b>		1.650	38,5

CATEGORIA	Retribución anual bruta		Coste anual con S.S. (32,1%) e indemnización (3,04%).		Coste horario (incluido S.S.)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
<b>Doctor contratado</b>	16.849,84	40.956,86	22.770,87	55.349,10	12,94	31,45
<b>FPI Años 1 y 2</b>	16.849,84	32.540,48	22.770,87	43.975,20	12,94	24,99
<b>Titulado superior</b>	16.849,84	32.540,48	22.770,87	43.975,20	12,94	24,99
<b>Titulado medio</b>	14.569,66	26.032,44	19.689,44	35.180,24	11,19	19,99
<b>Especialista técnico</b>	C16: 20.396,60	C19: 21.846,58	C16: 27.563,97	C19: 29.523,47	C16: 15,66	C19: 16,77

Por tanto, la retribución salarial correspondiente a Álvaro Montero, Profesor Titular de Universidad, es de 41,3 €/h, y la correspondiente a Aina Villena, que se considera recién titulada como ingeniera, es de una media de 19 €/h.

Una vez establecidas las retribuciones correspondientes al personal implicado en la realización del proyecto, se calcula el coste del personal en función a las horas dedicadas a la elaboración de éste.

Descripción	Unid.	Cant.	Coste unit.	Importe
<b><u>1.Gasto de Personal</u></b>				
1.1 Titulado superior	h	320	19,00€	6.080,00€
1.2 Titular de la Universidad	h	100	41,30€	4.130,00€
			<b>TOTAL 1.</b>	<b>10.210,00€</b>

### 3.2 EQUIPO INFORMÁTICO

Para calcular el coste del proyecto además del gasto del personal también se tiene en cuenta los costes relacionados con la amortización del equipo informático.

En este caso solo se ha hecho uso de un ordenador portátil para la realización de la memoria, este es de la marca ASUS, el modelo F515EA, cuyo precio en el mercado oscila sobre los 600€.

Para reflejar el coste del equipo informático en el presupuesto se establece que este tiene un periodo de amortización de 6 años, como viene reflejado en el documento Recomendaciones en la elaboración de presupuestos en actividades de I+D+i de la UPV y que se muestra a continuación.

Clasificación económica del gasto		Amortización (años)
68358	Adquisición de equipos para procesos de información	6
68359	Adquisición de aplicaciones informáticas	6
68360	Adquisición de maquinaria	12
68361	Adquisición de instalaciones técnicas	12
68362	Adquisición de útiles y herramientas	12
68363	Adquisición de otro inmovilizado material	12
68364	Adquisición de equipos didácticos y de investigación	10

Se supone que el uso de este ordenador es equivalente a la duración de la realización del proyecto, por tanto, se establecen 3,5 meses de uso. Teniendo en cuenta estos meses de uso, el precio del ordenador y su periodo de amortización, mediante la siguiente fórmula se calcula el coste de este relacionado en el proyecto.

$$Amortización(€) = Uso(años) \cdot \frac{Precio(€)}{Periodo de amortización(años)} = 0,3 \cdot \frac{600}{6} = 30€$$

<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Coste unit.</b>	<b>Importe</b>
<b><u>2. Equipo informático</u></b>				
2.1 Ordenador portátil ASUS	años	0,3	100,00€	30,00€
<b>TOTAL 2.</b>				<b>30,00€</b>

### **3.3 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA**

Para calcular el Presupuesto de Ejecución por Contrata primero se debe calcular el Presupuesto de Ejecución del Material que es la suma de los costes de personal y equipos informáticos que se han detallado en los apartados anteriores.

#### **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL**

1. Gasto del personal	10.210,00€
2. Equipo informático	30,00€
<b>TOTAL</b>	<b>10.240,00€</b>

Por último, se calcula el Presupuesto de Ejecución por contrata en el que se incluyen los Gastos Generales y el Beneficio Industrial al Presupuesto de Ejecución del Material. Estos Gastos Generales y Beneficio Industrial representan el 25% y el 6% del Presupuesto de Ejecución del Material respectivamente. Se obtiene:

#### **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA**

Presupuesto de Ejecución del Material	10.240,00€
Gastos Generales (25%)	2.560,00€
Beneficio Industrial (6%)	614,40€
<b>TOTAL</b>	<b>13.414,40€</b>

### **3.4 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIONES**

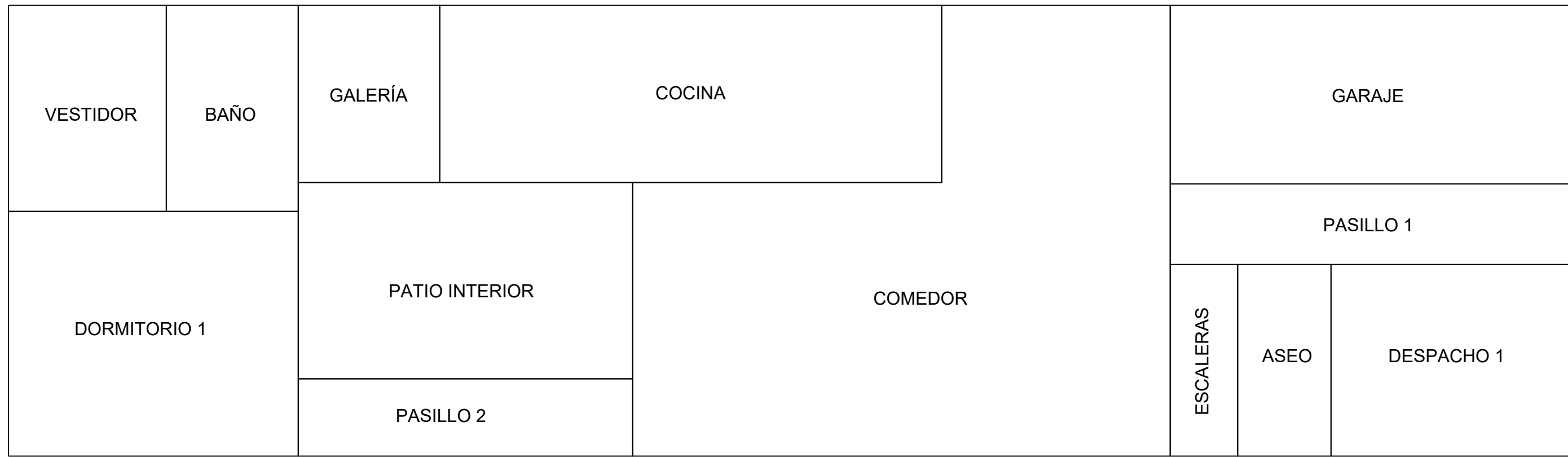
Finalmente, se añade al Presupuesto de Ejecución por contrata el IVA del 21% para obtener el Presupuesto Base de Licitaciones.

**PRESUPUESTO BASE DE LICITACIONES**

Presupuesto de Ejecución por Contrata	13.414,40€
IVA 21%	2.817,024€
<b>TOTAL</b>	<b>16.231,42€</b>

## **ANEXO 1: Planos**

- 1. Distribución de la planta baja**
- 2. Distribución de la primera planta**







## ANEXO 2: Cálculo de las Cargas de Refrigeración y Calefacción

Para el cálculo de las cargas de refrigeración y calefacción se ha utilizado la hoja de Excel Cargas, desarrollada por la UPV. En primer lugar, se introduce en la hoja la localización y la altitud a nivel del mar del municipio donde está situada la vivienda, que en este caso son los datos de La Pobla del Duc, situado a 243 m sobre el nivel del mar. También se escoge la estación meteorológica más cercana a la localidad entre las registradas en el programa; la estación elegida es la de Valencia ciudad, pero como la población está situada más al interior, se introduce una diferencia de temperatura de 3 grados.

Además en los datos de la zona se especifica la superficie, el volumen de la vivienda, que no hay alfombras y que se trata de un local residencial. En el caso del cálculo de las cargas de refrigeración el programa realiza el cómputo para el día 21 de julio a la hora de máxima demanda que son las 18:00h.

REFRIGERACION		Municipic	La Pobla del Duc	asnm	243 Pt(Pa)	98440	ZC.HE1	C3					
Mes calefac.	Enero	Ts.ext. di	5,5	Hr(%)	73,1	OMD °C	3,1	Tm.mes	11,8	DTCiu	3	difusa%	75
Est.referencia	88 Valencia (ciudad)	Latitud °	39,4833	Long.Oe	0,4	Tm.anu	18,4	NPerc	1/99	asnm	11		
Mes refriger.	Julio	Ts.ext. di	31,3	Th °C	22,6	OMD °C	12,3	Tm.mes	25,8	DTCiu	3		
Mes cálculo	7 Dia	21 hora.sola	15	Tipo atmósfera	Estándar	Reflexión alrededores	Estándar						
Exteriores	Temp. °C	32,75	Hr(%)	44,2	W(kg/kg)	0,0142							
Interiores	Temp. °C	25,00	Hr(%)	50,0	W(kg/kg)	0,0102						Hora max.sen	18
DATOS ZONA		Super.(m2)	Vol.(m3)	Zona	Tipo	Alfombr: %	Acris	Aplicación	IDA	Control			
Nombre	Generico	170	917	Exterior	Medio	SA	4	Residencial	Resid.	Cte_ocup.			

En cuanto a los cerramientos opacos y semitransparentes, se introducen los datos descritos en el apartado 2.3 del presente documento. La hoja Excel requiere los datos de conductividad y las superficies de los cerramientos opacos.

OPACOS ext	A.Neta(r	Bruta(m2	U(W/m2K',	color	coef.abs					Qsen (W',	Qlat (W)
Techo	170,0	170,0	0,19	Medio	0,8					279	0
N-Muro	131,0	131,0	0,85	Medio	0,8					232	0
NE-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8					0	0
E-Muro	24,6	38,0	0,17	Medio	0,8					27	0
SE-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8					0	0
S-Muro	131,0	131,0	0,85	Medio	0,8					372	0
SO-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8					0	0
O-Muro	38,0	38,0	0,85	Medio	0,8					96	0
NO-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8					0	0
Suelo	0,0	0,0	0,5							0	0
OPACOS otros			Cont.ext	Totro(°C)	z(m)	b	Ais.peri	D(m)	k(W/r e(m)		
Otro Local 1	0,0	0,0	1,5	Medio	28,9	0,5				0	0
Otro Local 2	0,0	0,0	1,5	Medio	28,9	0,5				0	0
Muro Terreno	0,0	0,0	1			1				0	0
Suelo Terreno	170,0	170,0	1,95			0	C.ais.Hi	1	0,03	0,10	-204
S.Vacio sanit	0,0	0,0	1,0							0	0
Puentes térmicos otros			0,2			190	188				234
Puentes térmicos ventanas			0,2			34	34				42
											1079

Por otra parte, para las ventanas, además de la superficie y conductividad del marco y el cristal, se introduce el factor solar del vidrio g.

Diseño de las instalaciones de suministro de energía de una vivienda unifamiliar situada en la comarca de la Vall d'Albaida

VENTANAS	ancho(r alto(m)	c(m)	d(m)	e(m)	f(m)	g(m)	m(m)	n(m)	Qsen (W), Qlat (W)				
<b>Tipo</b>	2,50	1,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pers.alum.opaca blanca			
<b>Somb.1</b>	Ucristal		Umarco	f		f	Pos.	%	Fsombra (0 sol, 1 sombra)				
	Area (m2.	g	(W/m2K)	(W/m2K)	FM	Uacce	Facce	Acce	Activo	aleros	Otros edif.		
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0	0	0	0
N-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0
NE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0
E-Muro	9,0	0,7	2,6	2,4	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	159	0
SE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0
S-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,58	0	0	0
SO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,15	0	0	0
O-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,12	0	0	0
NO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,25	0	0	0
<b>Somb.2</b>	2,20	2,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pers.alum.opaca blanca			
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0	0	0	0
N-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0
NE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0
E-Muro	4,4	0,7	2,5	2,2	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	76	0
SE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0
S-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,4	0	0	0
SO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,09	0	0	0
O-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,07	0	0	0
NO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,17	0	0	0
												234	0

El programa también tiene en cuenta las cargas internas de luces y equipos y se decide establecer los datos estimados por el mismo.

En cuanto a las cargas por ocupantes se introduce que en la vivienda residen 4 personas.

INTERNAS	Frac.rad	Calef.(%)	W/m2	% sen	Reac/Transf.	Pot. Maxima (W)	Sen(W)	Lat(W)	Qsen (W), Qlat (W)		
<b>LUCES</b>	0,8	10		5	Si		850			315 0	
<b>EQUIPOS</b>	0,1	10		3	100		510	0		251 0	
	sexo	Calef.(%)	m2/ocup	Actividad		qs/per	ql/per		n.per.		
<b>OCUPANTES</b>	Media	1	42,5	Sentado muy ligero	(oficina)	78	46	312	184	4	142 92
<b>VENTILACION</b>	0	Exterior					Ts(°C)	32,75	W(kg/	0,0142	0 0
<b>INFILTRACION</b>	624						Ts(°C)	32,75	W(kg/	0,0142	1520 1931

Finalmente, el programa calcula la siguiente demanda de refrigeración:

<b>MAYORAC.% Sensible</b>	10	Latente	5	W/m2	35,40	Total (W)	6018	FCS	0,6471	3895	2124
<b>Hora max.sen.</b>	18			W/m2	39,63	Total (W)	6737	FCS	0,6918	4660	2077

Para el cálculo de las cargas de calefacción el procedimiento es el mismo que con las cargas de refrigeración, con la única diferencia de que en este caso, el programa realiza el cálculo para el día 21 de enero, a la hora de máxima demanda que son las 8:00h.

Diseño de las instalaciones de suministro de energía de una vivienda unifamiliar situada en la comarca de la Vall d'Albaida

CALEFACCION														
Municipic	La Pobla del Duc		asnm	243	Pt(Pa)	98440	ZC.HE1	C3						
Mes calefac.	Enero	Ts.ext. di	5,5	Hr(%)	73,1	OMD °C	3,1	Tm.mes	11,8	DTCiu	3	difusa%	75	
Est.referencia	88 Valencia (ciudad)		Latitud °	39,4833	Long.Oe	0,4	Tm.anu.	18,4	NPerc	1/99	asnm	11		
Mes refriger.	Julio	Ts.ext. di	31,3	Th °C	22,6	OMD °C	12,3	Tm.mes	25,8	DTCiu	3			
<b>Mes cálculo</b>	1	Dia	21	hora.sole	15	Tipo atmósfera		Estándar		Reflexión alrededores		Estándar		
Exteriores	Temp. °C		10,00	Hr(%)	53,8	W(kg/kg)	0,0042							
Interiores	Temp. °C		20,00	Hr(%)	40,0	W(kg/kg)	0,0060					<b>Hora max.sen</b>	<b>8</b>	
DATOS ZONA														
Nombre	Generico	Super.(m2 Vol.(m3) Zona		170	917	Exterior	Medio	SA	4	Residencial	Resid.	Cte_ocup.		
OPACOS ext														
A.Neta(r Bruta(m2 U(W/m2K) color coef.abs												Qsen (W) Qlat (W)		
Techo	170,0	170,0	0,19	Medio	0,8							-365	0	
N-Muro	131,0	131,0	0,85	Medio	0,8							-1297	0	
NE-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8							0	0	
E-Muro	24,6	38,0	0,17	Medio	0,8							-49	0	
SE-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8							0	0	
S-Muro	131,0	131,0	0,85	Medio	0,8							-1297	0	
SO-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8							0	0	
O-Muro	38,0	38,0	0,85	Medio	0,8							-376	0	
NO-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8							0	0	
Suelo	0,0	0,0	0,5							0	0			
OPACOS otros														
Otro Local 1	0,0	0,0	1,5	Medio	15,0	z(m)	0,5	Ais.peri D(m)	k(W/r e(m)				0	0
Otro Local 2	0,0	0,0	1,5	Medio	15,0	z(m)	0,5				0	0		
Muro Terreno	0,0	0,0	1				1				0	0		
Suelo Terreno	170,0	170,0	1,95				0	C.ais.Hz	1	0,03	0,10	-358	0	
S.Vacio sanit	0,0	0,0	1,0				L(m)	L(estimada_m)				0	0	
Puentes térmicos otros			0,2				190	188				-395	0	
Puentes térmicos ventanas			0,2				34	34				-71	0	
											-4208	0		



VENTANAS														
Tipo	ancho(r alto(m) c(m) d(m) e(m) f(m) g(m) m(m) n(m)	Qsen (W) Qlat (W)												
Somb.1	2,50	1,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pers.alum.opaca blanca
Area (m2)	g	U(W/m2K)	Umarco (W/m2K)	FM	Uacce	Facce	Acce	Activo	aleros	Otros edif.				
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0	0	0	0	0
N-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
NE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
E-Muro	9,0	0,7	2,6	2,4	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	-166	0	0
SE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
S-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,08	0	0	0	0
SO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,03	0	0	0	0
O-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,08	0	0	0	0
NO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
Somb.2	2,20	2,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Pers.alum.opaca blanca			
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0	0	0	0	0
N-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
NE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
E-Muro	4,4	0,7	2,5	2,2	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	-78	0	0
SE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
S-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,06	0	0	0	0
SO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,02	0	0	0	0
O-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	0,07	0	0	0	0
NO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	0,74	0,04	Ext	100	1	0	0	0	0
											-244	0		

INTERNAS												
LUCES	0,8	10	5	Si	Reac/Transf.		Pot. Maxima (W)	Sen(W)	Lat(W)	Qsen (W) Qlat (W)		
EQUIPOS	0,1	10	3	100				850			32	0
	sexo	Calef.(%) m2/ocup	Actividad	qs/per	ql/per	n.per.		510	0		25	0
OCUPANTES	Media	1	0,425	Sentado muy ligero (oficina)	94	30	376	120	4		171	60
VENTILACION	0	Exterior					Ts(°C)	10,00	W(kg/	0,0042	0	0
INFILTRACION	624						Ts(°C)	10,00	W(kg/	0,0042	-2112	-934

Finalmente, las cargas de calefacción son:

MAYORAC.% Sensible	10	Latente	5	W/m2	-46,40	Total (W)	-7888	FCS	0,8837	-6970	-917
Hora max.sen.	8			W/m2	-52,17	Total (W)	-8870	FCS	0,8911	-7904	-966

### **ANEXO 3: Cálculo de la Demanda de ACS**

Para realizar el cálculo de la demanda pico de agua caliente sanitaria al día, sabiendo que según el DBHS una persona consume 28 litros/día de agua y que en la vivienda residen cuatro personas, se realiza la siguiente multiplicación:

$$\text{Demanda ACS} = 28 \frac{\text{litros}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 4 \text{ personas} = 112 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Lo que supone una demanda diaria de la vivienda de 112 litros al día.

Por otra parte, para poder calcular la temperatura de agua fría de la red de La Pobla del Duc se hace uso de la siguiente fórmula que viene establecida en el DBHS.

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot A_z$$

donde:

$T_{AFCP}$  es la temperatura media mensual de agua fría de la capital de provincia, obtenida de la tabla a-Anejo G;

$B$  es un coeficiente de valor 0,0066 para los meses de octubre a marzo y 0,0033 para los meses de abril a septiembre;

$A_z$  es la diferencia entre la altitud de la localidad y la de su capital de provincia ( $A_z = \text{Altitudlocalidad} - \text{Altitudcapital}$ ).

En el mismo documento viene dada la temperatura mensual de agua fría de Valencia y su altitud; se realizan los cálculos para la localidad donde está situada la vivienda.

$$\text{EN} \rightarrow T = 10 - 0,0066 \cdot (243-13) = 8^{\circ}\text{C}$$

$$\text{FE} \rightarrow T = 11 - 0,0066 \cdot (243-13) = 9^{\circ}\text{C}$$

$$\text{MA} \rightarrow T = 12 - 0,0066 \cdot (243-13) = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\text{AB} \rightarrow T = 13 - 0,0033 \cdot (243-13) = 12^{\circ}\text{C}$$

$$\text{MY} \rightarrow T = 15 - 0,0033 \cdot (243-13) = 14^{\circ}\text{C}$$

$$\text{JN} \rightarrow T = 17 - 0,0033 \cdot (243-13) = 16^{\circ}\text{C}$$

$$\text{JL} \rightarrow T = 19 - 0,0033 \cdot (243-13) = 18^{\circ}\text{C}$$

$$\text{AG} \rightarrow T = 20 - 0,0033 \cdot (243-13) = 19^{\circ}\text{C}$$

$$\text{SE} \rightarrow T = 18 - 0,0033 \cdot (243-13) = 17^{\circ}\text{C}$$

$$\text{OC} \rightarrow T = 16 - 0,0066 \cdot (243-13) = 14^{\circ}\text{C}$$

$$\text{NO} \rightarrow T = 13 - 0,0066 \cdot (243-13) = 11^{\circ}\text{C}$$

$$\text{DI} \rightarrow T = 11 - 0,0066 \cdot (243-13) = 9^{\circ}\text{C}$$

Se configura con los datos obtenidos la siguiente tabla:

	EN	FE	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
Valencia	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
La Pobla del Duc	8	9	10	12	14	16	18	19	17	14	11	9

Una vez se cuenta con la temperatura de agua fría de la red, se calcula la demanda energética de ACS mediante la fórmula:

$$DE_{acs} = \dot{m} \cdot C_{pe} \cdot \Delta T$$

Donde  $\dot{m}$  es el gasto másico en unidades de masa por tiempo. Dado que la vivienda demanda 112 litros de agua al día, el gasto másico es:

$$112 \frac{\text{litros}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ litro}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ dm}^3} = 0,112 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Sabiendo que la densidad del agua a 60°C es  $\rho = 983,13 \text{ kg/m}^3$

$$\dot{m} = 0,112 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 983,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

El  $C_{pe}$  del agua es  $4,186 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  y el  $\Delta T$  es la diferencia de temperaturas entre el agua de servicio y la de red. Con estos datos se realizan los cálculos para cada mes:

$$\text{EN} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-8) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 6,66 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{FE} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-9) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 6,53 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{MA} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-10) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 6,40 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{AB} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-12) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 6,15 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{MY} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-14) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 5,89 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{JN} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-16) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 5,63 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{JL} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-18) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 5,38 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{AG} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-19) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 5,25 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{SE} \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (60-17) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}} = 5,51 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$OC \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{kg}{día} \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot (60-14) \cdot \frac{1 KWh}{3600 kJ} = 5,89 \frac{kWh}{día}$$

$$NO \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{kg}{día} \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot (60-11) \cdot \frac{1 KWh}{3600 kJ} = 6,27 \frac{kWh}{día}$$

$$DI \rightarrow DE_{acs} = 110,11 \frac{kg}{día} \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot (60-9) \cdot \frac{1 KWh}{3600 kJ} = 6,53 \frac{kWh}{día}$$

Con los datos obtenidos se configura la siguiente tabla:

	$Q_{ACS}$ (l/día)	$T_{AF}$ (°C)	$DE_{ACS}$ (kWh/día)	DEMANDA $PICO_{ACS}$ (W)
EN	112	8	6,66	27,74
FE	112	9	6,53	27,21
MA	112	10	6,40	26,67
AB	112	12	6,15	25,61
MY	112	14	5,89	24,54
JN	112	16	5,63	23,47
JL	112	18	5,38	22,41
AG	112	19	5,25	21,87
SE	112	17	5,51	22,94
OC	112	14	5,89	24,54
NO	112	11	6,27	26,14
DI	112	9	6,53	27,21

## ANEXO 4: Ficha técnica de la bomba de calor geotérmica

# ecoGEO<sup>+</sup> B/C 1-9

- Control de potencia térmica modulante en un amplio rango (12,5-100%) y control de caudal modulante en circuitos de captación y producción (20-100%).
- Tecnología Inverter y compresor scroll.
- Diseño compacto que incluye circuladoras de captación y producción, vasos de expansión de 8 y 12 l para captación y producción respectivamente.
- Sistema de recuperación de alta temperatura (HTR) para la producción de ACS hasta 70 °C sin apoyos y la producción simultánea de ACS-calefacción/ refrigeración.
- Gestión integrada de hasta 4 temperaturas de impulsión diferentes, 2 acumuladores de inercia (1 calefacción y 1 refrigeración), 1 acumulador de ACS, 1 piscina y control horario de la recirculación de ACS.
- Gestión integrada de unidades de captación aerotérmicas modulantes, tanto en sistemas de captación aerotérmicos o híbridos geotermia-aeroterma.
- Gestión integrada de equipos de apoyo externos auxiliares todo/nada o modulantes, como resistencias eléctricas, calderas todo/nada o calderas modulantes.
- Gestión integrada de cascada de hasta 3 bombas de calor en paralelo.
- Gestión integrada de sistemas de emisión simultánea frío/calor según esquema.
- Frio pasivo integrado en los modelos 2 y 4.
- Frio activo por inversión de ciclo integrado en los modelos 3 y 4.
- Modelos disponibles en versión Monofásica y Trifásica.
- Hibridación fotovoltaica integrada.
- Contadores de energía integrados para consumo eléctrico, producción térmica de calor/frío y rendimientos instantáneos y estacionales mensuales y anuales.

ESPECIFICACIONES ecoGEO <sup>+</sup> B/C 1-9		UDS.	B1/C1	B2/C2	B3/C3	B4/C4	
APLICACIÓN	Lugar instalación	-	Interior				
	Tipo sistema captación <sup>1</sup>	-	Geotérmico / Aerotérmico / Híbrido				
	ACS, Calefacción y Piscina	-	✓	✓	✓	✓	
	Posibilidad de sistema recuperación alta temp. HTR	-	✓	✓	✓	✓	
	Refrigeración activa integrada	-	-	-	✓	✓	
PRESTACIONES	Refrigeración pasiva integrada	-	-	✓	-	✓	
	Rango modulación compresor	%	12,5 a 100				
	Potencia calefacción <sup>2</sup> , B0W35	kW	1,3 a 11,0				
	COP <sup>2</sup> , B0W35	-	4,5				
	Potencia refrigeración activa <sup>2</sup> , B35W7	kW	-	1,4 a 11,0			
	EER <sup>2</sup> , B35W7	-	-	5,2			
	Temperatura ACS máxima sin apoyo / con apoyo <sup>5</sup>	°C	63 / 70				
	Nivel de potencia acústica <sup>6</sup>	db	33 a 44				
LÍMITES DE OPERACIÓN	Etq. energét. / r/s / SCOP W35 con control clima medio	-	A+++ / 190% / 4,84				
	Etq. energét. / r/s / SCOP W55 con control clima medio	-	A++ / 138% / 3,54				
	Rango temperaturas calefacción / Consigna	°C	10 a 60 / 20 a 60				
	Rango temperaturas refrigeración / Consigna	°C	5 a 35 / 7 a 25				
	Rango temperaturas captación calefacción	°C	-25 a 35				
	Rango temperaturas disipación refrigeración	°C	10 a 60				
	Presión circuito refrigerante mínimo / máximo	bar	2 / 45				
	Presión circuito de producción / precarga	bar	0,5 a 3,0 / 1,5				
FLUIDOS DE TRABAJO	Presión circuito de captación / precarga	bar	0,5 a 3,0 / 0,7				
	Volumen / Presión máx. acumulador ACS (ecoGEO <sup>+</sup> C)	l / bar	165 / 8				
	Carga de refrigerante R410A sin / con HTR	kg	0,8 / 0,85			1,0	
DATOS ELÉCTRICOS CONTROL	Tipo de aceite del compresor / carga de aceite	kg	POE / 0,74				
	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz <sup>8</sup>	-	✓				
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C16A				
	Fusible circuito primario transformador	A	0,5				
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR MONOFÁSICA	Fusible circuito secundario transformador	A	2,5				
	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz <sup>8</sup>	-	✓				
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C25A				
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W35	kW / A	2,7 / 11,8				
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W55	kW / A	3,8 / 16,5				
	Intensidad arranque mínima / máxima <sup>7</sup>	A	2,8 / 5,8				
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR TRIFÁSICA	Corrección de coseno Ø	-	0,96 / 1				
	3/N/PE 400 V / 50-60Hz <sup>8</sup>	-	✓				
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C10A				
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W35	kW / A	2,7 / 4,0				
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W55	kW / A	3,8 / 5,5				
DIMENSIONES Y PESO	Intensidad arranque mínima / máxima <sup>7</sup>	A	0,9 / 1,9				
	Corrección de coseno Ø	-	0,96 / 1				
	Altura x ancho x profundidad	mm	ecoGEO <sup>+</sup> B: 1058x600x710 · ecoGEO <sup>+</sup> C: 1851x600x720				
	Peso en vacío (sin ensamblaje)	kg	B 184 · C 245	B 192 · C 253	B 184 · C 245	B 192 · C 253	

### Dimensiones y tomas hidráulicas

ecoGEO<sup>+</sup> B

ecoGEO<sup>+</sup> C

1. Impulsión Climatización - 1 1/4" M	6. Retorno intercambiador ACS - 1 1/4" M
2. Retorno Climatización - 1 1/4" M	7. Entrada AFS - 1" H
3. Impulsión Captación - 1 1/4" M	8. Salida ACS - 1" H
4. Retorno Captación - 1 1/4" M	9. Retorno recirculación ACS - 3/4" H
5. Impulsión intercambiador ACS - 1 1/4" M	10. Desagüe - 16 mm

### Mapa de operación

### Gestión de la instalación

### Curvas de funcionamiento

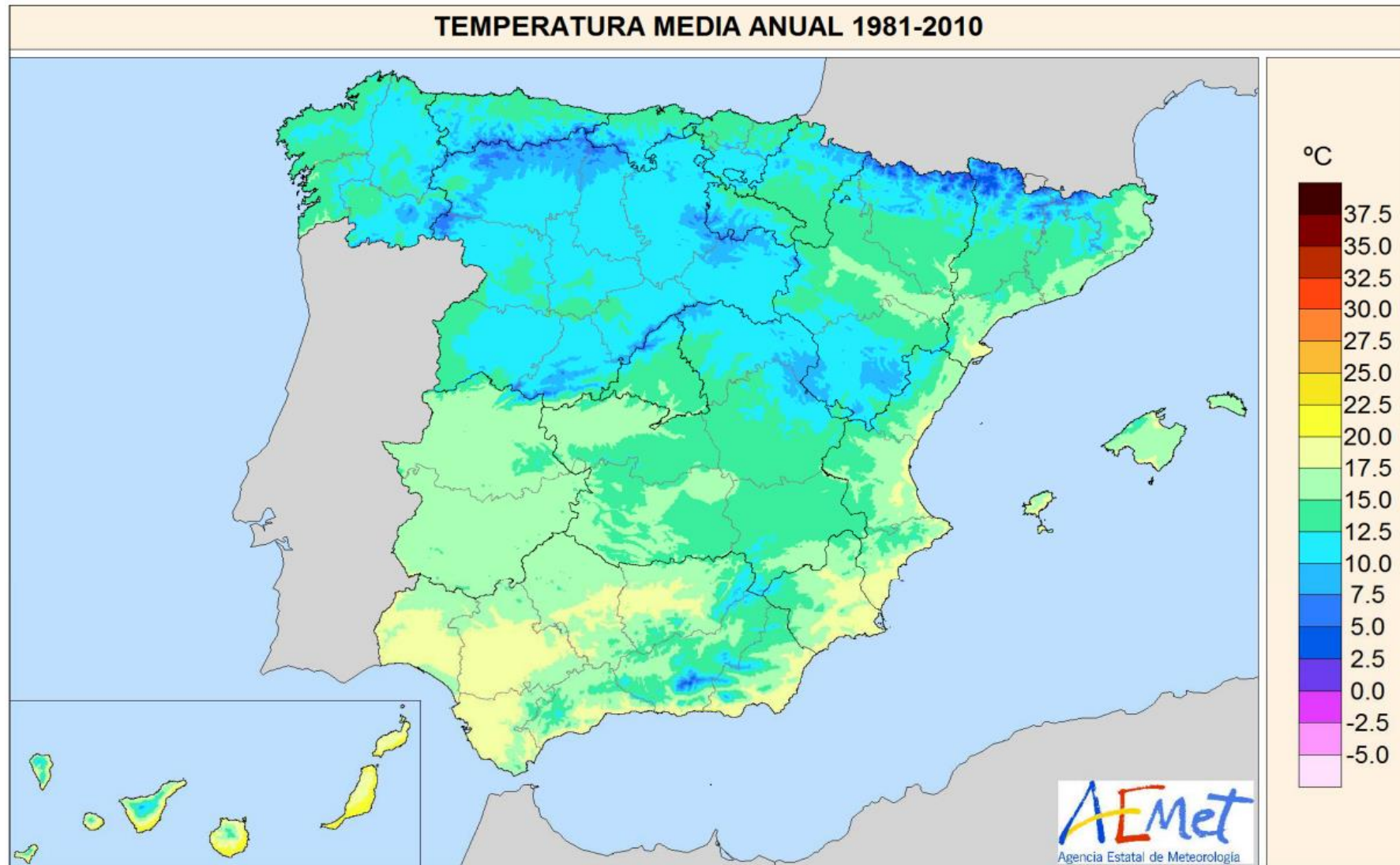
#### Prestaciones térmicas

#### Prestaciones hidráulicas





## ANEXO 6



## ANEXO 7: FICHA TÉCNICA BLUESUN BSM500M-96

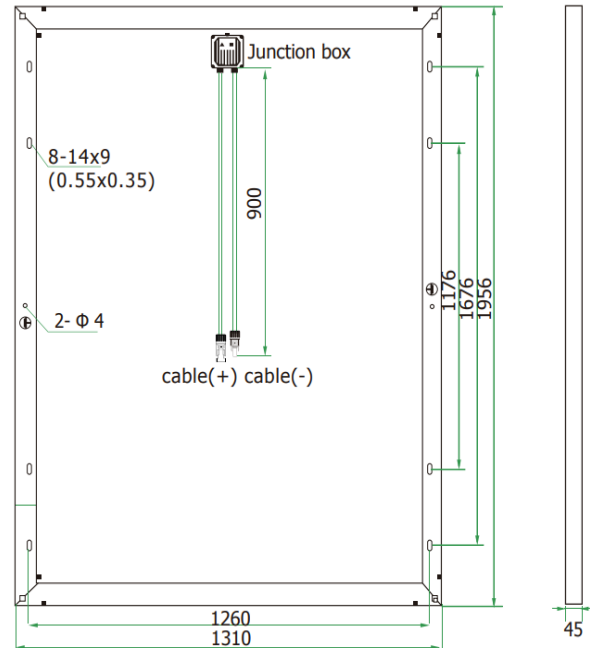
### Mechanical Parameters

Cell (mm)	Mono 156x156
Weight (kg)	26 (approx)
Glass Thickness	3.2mm
Dimensions (LxWxH) (mm)	1956×1310×45
Cable Cross Section Size (mm <sup>2</sup> )	4
No. of Cells and Connections	96(8×12)
Junction Box	IP67
Connector	MC4 Compatible
Packaging Configuration	23 Per Pallet

### Working Conditions

Maximum System Voltage	DC 1000V (IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	15A
Maximum Static Load, Front (e.g., snow and wind)	5400Pa (112 lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load, Back (e.g., wind)	2400Pa (50 lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

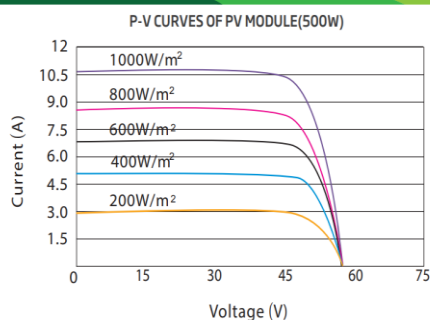
### Engineering Drawings



### Electrical Parameters

Module	BSM440M-96	BSM450M-96	BSM460M-96	BSM470M-96	BSM480M-96	BSM490M-96	BSM500M-96
Peak Power Watts-P <sub>MAX</sub> (Wp)*	440	450	460	470	480	490	500
Power Output Tolerance-P <sub>MAX</sub> (W)	0 ~ +5						
Maximum Power Voltage-V <sub>MPP</sub> (V)	47.78	47.87	48.01	48.25	48.35	48.45	48.63
Maximum Power Current-I <sub>MPP</sub> (A)	9.21	9.40	9.59	9.74	9.93	10.12	10.28
Open Circuit Voltage-V <sub>OC</sub> (V)	58.50	58.57	58.75	58.82	58.89	58.95	59.01
Short Circuit Current-I <sub>SC</sub> (A)	9.40	9.73	9.78	9.90	10.04	10.67	10.87
Module Efficiency η <sub>m</sub> (%)	17.17	17.56	17.95	18.34	18.73	19.12	19.51
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub> (αI <sub>sc</sub> )	+0.058%/°C						
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub> (βV <sub>oc</sub> )	-0.330%/°C						
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> (γP <sub>mp</sub> )	-0.410%/°C						
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5						

### I-V Curve

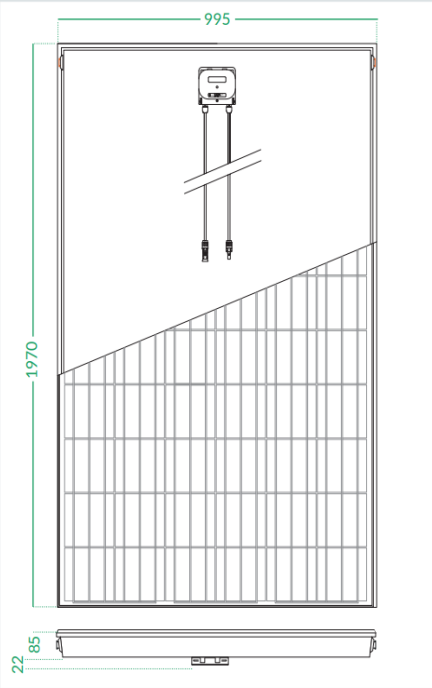


## ANEXO 8: FICHA TÉCNICA ABORA SOLAR



Panel solar híbrido con producción simultánea térmica y fotovoltaica

### + Dimensiones



### + Especificaciones Generales

Largo x Ancho x Espesor	1.970 x 995 x (85+22) mm
Área Total	1,96m <sup>2</sup>
Área de Apertura	1,88 m <sup>2</sup>
Nº células	72
Peso	50 kg.
Vidrio Frontal	3,2 mm. templado
Marco	Aluminio
Protección Caja de Conex.	IP65
Nº Diodos	3 diodos
Dimensiones de célula	156 x 156
Tipo de conexión FV / Longitud cables	Solarlok PV4 / 1m

### + Especificaciones Eléctricas

Condiciones de prueba estándar STC: AM 1.5, Irradiación 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de la célula 25 °C.

Tipo de célula	Mono-cristalina
Potencia Nominal (W)	350 W
Tensión Máxima Potencia (Vmpp)	39,86 V
Corriente Máxima Potencia (Impp)	8,76 A
Tensión Circuito Abierto (Voc)	48,61 V
Corriente Cortocircuito (Isc)	9,16 A
Eficiencia del módulo (%)	17,8
Tolerancia de Potencia (W)	+/- 4%
Tensión Máxima del Sistema	DC 1000 V (IEC)
Backsheet	Negro
Coefficiente de temperatura de Pmpp	-0,36%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,28%/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	+0,06%/°C
Corriente inversa máxima	15A
Temperatura NOCT*	45+/-2 °C

### + Especificaciones Térmicas

Rendimiento óptico	0,7
Coef. Pérdidas Térmicas,a1	5,98 W/m <sup>2</sup> .K
Coef. Pérdidas Térmicas,a2	0,00 W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup>
Volumen liquido interior	1,78 L
Temperatura de estancamiento	126°C
Num. Conexiones hidráulicas	4 conexiones
Medida Conexión hidráulica	Conexionado rápido
Presión máxima admisible	10 bar
Caudal nominal	60 L/h

## ANEXO 9: FICHA TÉCNICA Arotherm plus 8

# aroTHERM plus

### Datos técnicos

Características	Ud	4	6	8	12	12 400V	15	15 400V
Alimentación eléctrica UE		230V/50Hz				400V/50Hz	230V/50Hz	400V/50Hz
Eficiencia Energética Calef. 35 °C/55 °C Rango A+++ - D		A+++/A++						
ηs Calefacción	35 °C	%	180	186	187	200	187	186
	55 °C		131	136	135	144	143	
PCA (Potencial Calentamiento Atmosférico)	EN 517/2014		3					
CO <sub>2</sub> , equivalente	Por máquina	t	0,0018	0,0027		0,0039		
Rango de trabajo (mín - máx)	Calefacción		-25 +43					
	ACS	°C	-20 +43					
	Refrigeración		+15 +46					
Potencia Calefacción <sup>1</sup> (mín - máx) PERMANENTE	A7/W35	kW	2,2-5,5	3,1-7,8	2,9-10,1	5,5-14,0	5,5-18,1	
	A7/W45		2,0-5,5	2,7-7,5	2,5-9,6	5,4-13,5	5,5-17,4	
	A7/W55		1,8-5,3	2,2-7,5	2,3-9,4	4,8-13,1	4,8-17,1	
COP <sup>2</sup>	A7/W35		4,80	4,79		5,38		
	A7/W45		3,56	3,55		4,10		
	A7/W55		2,80	2,93		3,11		
Potencia Refrigeración <sup>1</sup> (mín - máx) PERMANENTE	A35/W7	kW	1,8-5,0	2,5-6,3	2,5-7,7	4,4-10,0	4,4-12,8	
	A35/W18		2,4-5,6	3,6-7,1	3,6-9,6	6,0-13,4	6,0-17,3	
EER <sup>2</sup>	A35/W7		3,37	3,46		3,52		
	A35/W18		4,29	4,21		4,58		
Temperatura máxima sin resistencia eléctrica de apoyo	Calefacción	°C	75					
	ACS		70					
Presión sonora Ud. Exterior a 3m, direct.=2 / A7W35	modo normal	dB(A)	32		39	40		43
	modo noche		28		33			

Rendimiento en ACS			uniTOWER plus						VIH QW 190/6		
Eficiencia Energética ACS <sup>3</sup> Rango A+ - F	Clima cálido		A+						A+		
ηwh ACS		%	169		190		193				
COP ACS EN 16147 (A14) <sup>5</sup>			3,81		4,41		4,43				
Perfil de carga			L		XL						
Eficiencia Energética ACS <sup>3</sup> Rango A+ - F	Clima medio		A+						A+		
ηwh ACS		%	154		171		163				
COP ACS EN 16147 (A7) <sup>5</sup>			3,50		3,99		3,76				
Perfil de carga			L		XL						
Eficiencia Energética ACS <sup>3</sup> Rango A+ - F	Clima frío		A+						A+		
ηwh ACS		%	137		167		149				
COP ACS EN 16147 (A2) <sup>5</sup>			2,99		3,77		3,41				
Perfil de carga			L		XL						
Acumulador de ACS			VIH R 150/6			VIH RW 500/3 BR <sup>6</sup>					
Eficiencia Energética ACS <sup>4</sup> Rango A+ - F	Clima cálido		A+			A+					
ηwh ACS		%	237			247					
COP ACS EN 16147 (A14) <sup>5</sup>			4,91			5,63					
Perfil de carga			L			XL					
Eficiencia Energética ACS <sup>4</sup> Rango A+ - F	Clima medio		A+						A+		
ηwh ACS		%	189		201		201				
COP ACS EN 16147 (A7) <sup>5</sup>			3,96		4,61		4,61				
Perfil de carga			L		XL						
Eficiencia Energética ACS <sup>4</sup> Rango A+ - F	Clima frío		A+			A					
ηwh ACS		%	168			170					
COP ACS EN 16147 (A2) <sup>5</sup>			3,49			3,90					
Perfil de carga			L			XL					

Diseño de las instalaciones de suministro de energía de una vivienda unifamiliar situada en la comarca de la Vall d'Albaida

Características		Ud	4	6	8	12	12 400V	15	15 400V
<b>Rendimiento en calefacción</b>									
Eficiencia estacional Calefacción etaS	Clima cálido W35	%	220	229	228	256		245	
	Clima medio W35		180	186	187	200		187	
	Clima frío W35		152	162	159	168		168	
Calefacción SCOP EN 14825	Clima cálido W35		5,57	5,81	5,78	6,48		6,19	
	Clima medio W35		4,56	4,71	4,75	5,07		4,74	
	Clima frío W35		3,88	4,13	4,05	4,27		4,28	
Eficiencia estacional Calefacción etaS	Clima cálido W55	%	155	162		176		172	
	Clima medio W55		131	136	135	144		143	
	Clima frío W55		113	121	119	127		125	
Calefacción SCOP EN 14825	Clima cálido W55		3,94	4,12	4,13	4,47		4,38	
	Clima medio W55		3,34	3,47	3,45	3,67		3,65	
	Clima frío W55		2,90	3,10	3,05	3,24		3,20	
<b>Rendimiento en refrigeración</b>									
SEER EN 14825	A35/W7		4,08	4,42	4,42	4,61	4,61	4,58	4,58
Unidad exterior			VWL 45/6 230V S3	VWL 65/6 230V S3	VWL 85/6 230V S3	VWL 125/6 230V S3	VWL 125/6 400V S3	VWL 155/6 230V S3	VWL 155/6 400V S3
Peso neto		kg	114	128		194	210	194	210
Refrigerante			R290						
Carga de refrigerante		kg	0,6	0,9		1,3			
Dimensiones sin embalaje	Alt/Ancho/Prof	mm	765/1100/450	965/1100/450		1565/1100/450			
Caudal bomba de calefacción		l/h	780	1050	1300	2065		2500	
Presión disponible		kPa	58	50	40	55		38	
Caudal mínimo		l/h	400	540		995			
Caudal máximo de ventilación		m³/h	2300	3000		6000			
Conexiones hidráulicas		"	G 1 1/4						
Corriente máxima		A	14,3	15,0		23,3	15,0	23,3	15,0
Potencia sonora EN 12102	A7W35	dB(A)	51	50	58		61		
	Modo silencioso		46		51				
	ErP A7/W55		52	57		60		61	
<b>Unidad interior - uniTOWER plus</b>									
<b>VIH QW 190/6</b>									
Alimentación eléctrica			230V/50 Hz						
Dimensiones sin embalaje	Alt/Ancho/Prof	mm	1.880/595/693						
Peso neto		kg	143						
Volumen equivalente agua a 40 °C	Acumul. 70 °C entrada 10 °C	l	370						
Volumen acumulación		l	185						
Tiempo de calentamiento a temperatura nominal	EN 16147	min	192	125	<125	80	80	<80	<80
Máx. presión circuito calef.		bar	3						
Potencia sonora EN 12102	A7W35	dB(A)	<30						
Conexiones hidráulicas	Bomba de calor	"	G 1 1/4						
	Circuito calefacción	"	G 1						
<b>Unidad interior - módulo hidráulico</b>									
<b>MEH97/6</b>									
Alimentación eléctrica			230-400V/50 Hz						
Dimensiones sin embalaje	Alt/Ancho/Prof	mm	770/440/350						
Peso neto		kg	20						
Máx. presión circuito calef.		bar	3						
Potencia sonora EN 12102	A7W35	dB(A)	<29						
Conexiones hidráulicas	Bomba de calor	"	G 1 1/4						
	Circuito calefacción	"	G 1						

## ANEXO 10: FICHA TÉCNICA Estía Mural 11 TOSHIBA



# ESTÍA MURAL

### ESTÍA MURAL Datos de funcionamiento

Todos los datos de estas unidades son provisionales

Nombre comercial		ESTÍA MURAL 4	ESTÍA MURAL 6	ESTÍA MURAL 8	ESTÍA MURAL 11
Unidad exterior		HWT-401HW-E	HWT-601HW-E	HWT-801HW-E	HWT-1101HW-E
Combinación de módulo hidrónico		HWT-601XWHM3-E	HWT-601XWHM3-E	HWT-1101XWHM3-E	HWT-1101XWHM3-E
Eficiencia energética de calefacción estacional - Temperatura media [LWT=35°C]					
Clase efic. energ. - Clima medio		A+++	A+++	A+++	A+++
Eficiencia energética calefac. estacional ( $\eta_{15}$ )		178%	180%	182%	179%
SCOP		4,53	4,58	4,63	4,55
Calefacción suelo radiante Aire +7°C Agua 35°C					
Capacidad máx. calefac.	kW	7,25	7,25	11,9	13,24
Capacidad nom. calefac.	kW	4,00	6,00	8,00	11,00
COP	W/W	5,20	4,80	5,19	4,60
Calefacción suelo radiante Aire -7°C Agua 35°C					
Capacidad máx. calefac.	kW	4,80	6,06	8,11	9,10
Capacidad calefacción(1)	kW	4,25	5,26	7,21	7,95
COP(1)	W/W	3,06	2,97	2,70	2,54
Calefacción suelo radiante Aire -15°C Agua 35°C					
Capacidad máx. calefac.	kW	3,73	4,75	6,46	7,37
Capacidad calefacción(1)	kW	3,43	4,39	5,96	6,77
COP(1)	W/W	2,54	2,56	2,40	2,27
Calefacción radiadores Aire +7°C Agua 45°C					
Capacidad máx. calefac.	kW	6,97	6,97	11,75	12,41
Calef. radiad. Aire -7°C Agua 45°C Cap. máx. calef.	kW	4,48	5,80	8,00	8,44
Calef. radiad. Aire -15°C Agua 45°C Cap. máx. calef.	kW	3,37	4,03	6,54	7,52
Eficiencia energética de calefacción estacional - Temperatura media [LWT=55°C]					
Clase efic. energ. - Temp. media		A++	A++	A++	A++
Eficiencia energética de calefacción estacional ( $\eta_{15}$ )		135%	132%	142%	142%
SCOP		3,45	3,37	3,63	3,62
Calefacción radiadores Aire +7°C Agua 55°C	kW	6,51	7,53	9,96	10,17
Calefacción radiadores Aire -7°C Agua 55°C	kW	4,31	5,42	7,35	7,72
Capacidad nom. refrig. Aire +35°C Agua 7°C	kW	4,00	6,00	8,00	10,00
EER	W/W	3,45	3,30	3,20	2,80
Capacidad máx. refrig. Aire +35°C Agua 18°C	kW	5,28	6,28	7,64	10,21
EER	W/W	4,65	4,13	3,93	3,39
PERFIL DE CARGA ACS		L	L	L	L
SCOP <sub>DHW</sub> - Clima Cálido	kW/kW	3,52	3,52	3,20	3,20
SCOP <sub>DHW</sub> - Clima Medio		2,93	2,93	2,84	2,84

### ESTÍA MURAL Datos físicos de la unidad exterior

Unidad exterior		HWT-401HW-E	HWT-601HW-E	HWT-801HW-E	HWT-1101HW-E
Dimensiones (Alto x Ancho x Profund.)	mm	630x800x300	630x800x300	1050x1010x370	1050x1010x370
Peso	kg	42	42	75	75
Nivel de presión sonora**	dB(A)	37	40	41	42
Nivel de presión sonora - Modo silencioso**	dB(A)	32	36	36	40
Tipo de compresor		DC Twin rotary	DC Twin rotary	DC Twin rotary	DC Twin rotary
Caudal de aire	m <sup>3</sup> /h	2.184	2.184	3.144	3.504
Refrigerante / Carga	kg	R-32 / 0,9	R-32 / 0,9	R-32 / 1,25	R-32 / 1,25
Conexión abocardada (gas-líquido)	Pulgadas	1/2" - 1/4"	1/2" - 1/4"	5/8" - 1/4"	5/8" - 1/4"
Longitud mínima de tubería	m	5	5	5	5
Longitud máxima de tubería	m	30	30	30	30
Máxima diferencia de altura	m	30	30	30	30
Longitud de tubería precargada	m	20	20	8	8
Rango funcionamiento en calefacción*	°C	-20-25	-20-25	-20-25	-20-25
Rango funcionamiento para ACS	°C	-20-43	-20-43	-20-43	-20-43
Rango funcionamiento en refrigeración	°C	10-43	10-43	10-43	10-43
Alimentación	V-ph-Hz	220/230-1-50	220/230-1-50	220-230-1-50	220-230-1-50
Corriente máxima	A	14,6	14,6	20,3	20,3

\* Dependiendo de las condiciones solo funciona la resistencia de apoyo. \*\* Niveles de presión sonora EN 12102 a 5 m

### ESTÍA MURAL Datos físicos del módulo hidrónico

Módulo hidrónico		HWT-601XWHM3-E	HWT-1101XWHM3-E
Tamaño de la unidad exterior compatible		401 - 601	801 - 1101
Capacidad de la resistencia eléctrica de apoyo	kW	3	3
Temperatura de salida del agua en calefacción	°C	20 - 55	20 - 65
Temperatura de salida del agua en refrigeración	°C	7 - 25	7 - 25
Dimensiones (AltAxP)	mm	720x450x235	720x450x235
Peso	Kg	27	27
Nivel de presión sonora	dB(A)	29	29
Alimentación de resistencia eléctrica de apoyo	V-ph-Hz	220 - 1 - 50	220 - 1 - 50
Corriente máxima	A	13	13
Caudal mínimo	l/min.	10	13
Volumen mínimo	litros	20	20

## **ANEXO 11: FICHA TÉCNICA Inversor Híbrido HUAWEI SUN2000-5KTL**

Technical Specification	SUN2000 -2KTL-L1	SUN2000 -3KTL-L1	SUN2000 -3.68KTL-L1	SUN2000 -4KTL-L1	SUN2000 -4.6KTL-L1	SUN2000 -5KTL-L1	SUN2000 -6KTL-L1 <sup>1</sup>
<b>Efficiency</b>							
Max. efficiency	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
European weighted efficiency	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
<b>Input ( PV )</b>							
Recommended max. PV power <sup>2</sup>	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Max. input voltage	600 V <sup>3</sup>						
Start-up voltage	100 V						
MPPT operating voltage range	90 V – 560 V <sup>3</sup>						
Rated input voltage	360 V						
Max. input current per MPPT	12.5 A						
Max. short-circuit current	18 A						
Number of MPP trackers	2						
Max. input number per MPP tracker	1						
<b>Input ( DC Battery )</b>							
Compatible Battery	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R						
Operating voltage range	350 ~ 450 Vdc						
Max operating current	10 A @7H_R / 15 A @10H_R						
Max charge power	3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R						
Max discharge Power @7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Max discharge Power @10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Compatible Battery	HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh – 30kWh <sup>1</sup>						
Operating voltage range	350 ~ 560 Vdc						
Max operating current	15 A						
Max charge Power	5,000 W <sup>4</sup>						
Max discharge Power	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
<b>Output ( On Grid )</b>							
Grid connection	Single phase						
Rated output power	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W <sup>5</sup>	6,000 W
Max. apparent power	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA <sup>6</sup>	5,500 VA <sup>7</sup>	6,000 VA
Rated output voltage	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac						
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz						
Max. output current	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A <sup>8</sup>	25 A <sup>8</sup>	27.3 A
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging						
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %						
<b>Output ( Backup Power via Backup Box-B0 )</b>							
Maximum apparent power	5,000 VA						
Rated output voltage	220 V / 230 V						
Maximum output current	22.7 A						
Power factor range	0.8 leading ... 0.8 lagging						