



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS  
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO  
OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA  
EN MADRID

Autor: Lucía Martínez-Bidón Rufo

Director: Dr. Antonio García de Garmendia

Madrid

Julio 2023



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Optimización energética de una vivienda en Madrid

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2022/23 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Lucía Martínez-Bidón Rufo

Fecha: 23/07/2023

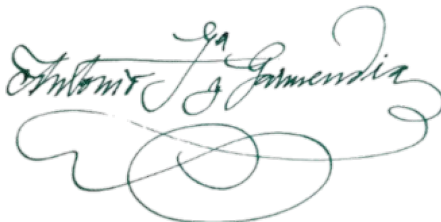


Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Dr. Antonio García de Garmendia

Fecha: 23/07/2023



## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO**

### ***1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.***

La autora Dña. Lucía Martínez-Bidón Rufo DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Optimización Energética de una plantación en Carmona, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

### ***2º. Objeto y fines de la cesión.***

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

### ***3º. Condiciones de la cesión y acceso***

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

### ***4º. Derechos del autor.***

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

### ***5º. Deberes del autor.***

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 23 de Julio de 2023

**ACEPTA**



Fdo. Lucía Martínez-Bidón Rufo

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS  
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO  
OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA  
EN MADRID

Autor: Lucía Martínez-Bidón Rufo

Director: Dr. Antonio García de Garmendia

Madrid

Julio 2023



# **OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA EN MADRID**

**Autor: Martínez-Bidón Rufo, Lucía.**

Director: García de Garmendia, Dr. Antonio.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

El presente Proyecto consiste en la optimización energética de una vivienda unifamiliar conectada a la red eléctrica haciendo uso de energías renovables. La optimización de esta vivienda, situada en Alcobendas, Madrid, se centra, concretamente, en el sistema de climatización de la vivienda y de la piscina y, en la instalación de paneles fotovoltaicos. Además, se analiza la rentabilidad de este Proyecto.

**Palabras clave:** Energías Renovables, Optimización Energética, Climatización, Instalación Fotovoltaica, Autoconsumo.

La disponibilidad adecuada de energía es esencial para el correcto desarrollo de la humanidad y, por lo tanto, la conciencia social sobre la necesidad de usarla de manera racional y eficiente está en aumento. La energía es necesaria para la mayoría de las actividades diarias, por lo que se requiere el desarrollo de nuevos sistemas de generación y un uso eficiente para mantener estas actividades. La política energética se basa en estos principios y también en la reducción del impacto ambiental. Sin embargo, es importante reconocer que ahorrar y usar la energía de manera eficiente no significa sacrificar el bienestar; de hecho, un cambio en los hábitos y actitudes puede mejorar el confort sin aumentar el consumo de energía.

Este Proyecto tiene como principal objetivo la optimización energética de una vivienda unifamiliar existente haciendo uso de energías renovables. Para ello, se llevarán a cabo distintas intervenciones sobre la misma que puedan mejorar esta eficiencia, reduciendo su consumo. Entre estas mejoras, se pretende llevar a cabo otro estudio relacionado con la climatización. Además, se encuentra el estudio sobre la viabilidad de una instalación solar fotovoltaica destinada al autoconsumo de la vivienda. Todo ello pretende dar información y observar cómo repercute la aplicación de cada mejora sobre la calificación energética obtenida de la vivienda en el consumo.



En cuanto a climatización, se empezará estudiando las características climatológicas de la localización de la vivienda. Se centrará en las situaciones más desfavorables tanto de verano como de invierno. A continuación, se presentan las dimensiones de la vivienda haciendo uso de los planos de esta. Estos planos muestran las dos plantas que componen la casa. Se decide climatizar una sola planta, la planta baja, ya que es en la que se convive la mayor parte del tiempo. Tras ello, se da paso al estudio sobre las cargas térmicas de invierno, de verano y de la piscina. Estas cargas y sus valores se muestran en diversas tablas a lo largo del Proyecto. A la vista de los resultados, se ha propuesto, para la vivienda, un sistema basado en la aerotermia y una máquina de aire acondicionado que se encargarían de la climatización de la vivienda. La presencia de estas dos máquinas se debe a que con una sola no se conseguiría el total de las cargas térmicas calculadas. Se ha convenido que el sistema de climatización de la casa, la geotermia, era aún más eficiente y por ello se ha decidido rechazar la propuesta inicial. Para la climatización de la piscina, se elegirá una bomba de calor aerotérmica.

En cuanto a la instalación de las placas solares, se tiene como objetivo principal el autoconsumo de la energía generada, lo que se traduce en una reducción del consumo eléctrico del hogar. Se han detallado los componentes necesarios para la instalación, los módulos fotovoltaicos y el inversor, así como el análisis de la radiación solar en la ubicación específica, Alcobendas, utilizando el Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) para determinar la mejor orientación y ángulo de inclinación de los paneles. La instalación solar fotovoltaica diseñada con 9 paneles monocristalinos de alta eficiencia y un inversor híbrido de 4 kW que permite la futura incorporación de sistemas de almacenamiento, representan una solución eficiente y rentable para el autoconsumo de energía en la vivienda, generando ahorros significativos en el consumo eléctrico y contribuyendo a la sostenibilidad energética del hogar.

Finalmente, haciendo un estudio del Proyecto que se basa en la maximización del retorno esperado de la inversión (NPV) y con una vida útil de 15 años, se concluye que este es financieramente atractivo y viable.

De cara al futuro, el actual proyecto podría contemplar avances en diversas áreas de actividad entre las que podríamos destacar las siguientes. En primer lugar, se podría aislar térmicamente la vivienda a través de materiales adecuados para reducir las cargas térmicas de la misma y de esta manera reducir el consumo de energía en sistemas de climatización. Por otro lado, se podría estudiar la viabilidad del almacenamiento de la energía en formato

de baterías. A través de dicha propuesta, cuando la energía generada por la instalación fotovoltaica sea mayor que la demanda, en lugar de verter y vender el excedente a la red, dichas baterías lo almacenarían para su posterior uso en horas en las que no hay presencia del sol y todavía haya demanda.

# **ENERGY OPTIMIZATION OF A SINGLE-FAMILY HOUSE IN MADRID**

**Author: Martínez-Bidón Rufo, Lucía.**

Supervisor: García de Garmendia, Dr. Antonio.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **ABSTRACT**

This project consists of the energy optimization of a single-family house connected to the electrical grid using renewable energies. The optimization of this house, located in Alcobendas, Madrid, focuses, specifically, on the air conditioning system of the house and the swimming pool and on the installation of photovoltaic panels. In addition, the profitability of this project is analyzed.

**Keywords:** Renewable Energies, Energy Optimization, Air Conditioning, Photovoltaic Installation, Self-consumption.

Adequate availability of energy is essential for the proper development of mankind and, therefore, social awareness of the need to use it rationally and efficiently is increasing. Energy is necessary for most daily activities, so the development of new generation systems and efficient use is required to sustain these activities. Energy policy is based on these principles and also on reducing environmental impact. However, it is important to recognize that saving and using energy efficiently does not mean sacrificing well-being; in fact, a change in habits and attitudes can improve comfort without increasing energy consumption.

The main objective of this project is the energy optimization of an existing single-family house using renewable energies. For this purpose, different interventions will be carried out in the house in order to improve its efficiency and reduce its consumption. Among these improvements, it is intended to carry out another study related to air conditioning. In addition, there is a study on the feasibility of a solar photovoltaic installation for the self-consumption of the house. All this is intended to provide information and observe the impact of the application of each improvement on the energy rating obtained for the house in terms of consumption.

In terms of air conditioning, we will begin by studying the climatological characteristics of the location of the house. It will focus on the most unfavorable situations both in summer

and winter. Next, the dimensions of the house will be presented using the plans of the house. These plans show the two floors that make up the house. It was decided to air-condition only one floor, the first floor, since it is the one where we live most of the time. After that, the winter, summer, and swimming pool thermal loads are studied. These loads and their values are shown in various tables throughout the project. In view of the results, it has been proposed, for the house, a system based on aerothermal energy and an air conditioning machine that would be in charge of the air conditioning of the house. The presence of these two machines is due to the fact that one alone would not achieve the total thermal loads calculated. It has been agreed that the air conditioning system of the house, geothermal, was even more efficient and therefore it has been decided to reject the initial proposal. For the air conditioning of the swimming pool, an aerothermal heat pump will be chosen.

As for the installation of the solar panels, the main objective is the self-consumption of the energy generated, which translates into a reduction in household electricity consumption. The necessary components for the installation, the photovoltaic modules and the inverter have been detailed, as well as the analysis of the solar radiation in the specific location, Alcobendas, using the Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) to determine the best orientation and angle of inclination of the panels. The solar photovoltaic installation designed with 9 high efficiency monocrystalline panels and a 4 kW hybrid inverter that allows the future incorporation of storage systems, represents an efficient and cost-effective solution for self-consumption of energy in the home, generating significant savings in electricity consumption and contributing to the energy sustainability of the home.

Finally, a study of the project based on the maximization of the expected return on investment (NPV) and with a useful life of 15 years, concludes that it is financially attractive and viable.

Looking to the future, the current project could contemplate advances in several areas of activity, among which we could highlight the following. Firstly, the house could be thermally insulated through the use of suitable materials to reduce the thermal loads of the house and thus reduce energy consumption in air conditioning systems. On the other hand, the feasibility of energy storage in the form of batteries could be studied. Through this proposal, when the energy generated by the photovoltaic installation is greater than the demand, instead of dumping and selling the surplus to the grid, these batteries would store it for later use in hours when the sun is not present and there is still demand.

# *Índice general*

*Memoria descriptiva.....I*

*Anexos      98*

## *Memoria descriptiva*

<i>Capítulo 1. La Vivienda I</i> .....	10
1.1 Características climatológicas de Alcobendas.....	10
1.1.1 Características de localización.....	10
1.1.2 Clima de la zona.....	11
1.1.2.1 Temperatura.....	13
1.1.2.2 Viento.....	15
1.1.2.3 Humedad.....	16
1.1.2.4 Precipitación.....	17
1.2 Conclusión.....	18
<i>Capítulo 2. La Vivienda II</i> .....	20
2.1 Descripción de la vivienda.....	20
2.1.1 Planta semisótano:.....	20
2.1.2 Planta baja:.....	23
2.2 Condiciones climáticas interiores.....	25
2.3 Orientación de la vivienda.....	25
2.4 Materiales de la vivienda.....	25
2.5 Conclusión.....	26
<i>Capítulo 3. Cargas Térmicas de Invierno</i> .....	27
3.1 Explicación teórica.....	27
3.1.1 Carga de transmisión.....	28
3.1.2 Carga de ventilación e infiltraciones.....	30
3.1.2.1 Infiltraciones.....	30
3.1.2.2 Cargas de ventilación.....	31
3.1.2.3 Calor latente-calor sensible.....	31
3.1.3 Carga interna.....	32
3.2 Cálculos.....	33
3.3 Explicación de los cálculos.....	38
3.4 Conclusión.....	41
<i>Capítulo 4. Cargas Térmicas de Verano</i> .....	43
4.1 Explicación teórica.....	43

4.1.1 Carga térmica sensible.....	43
4.1.1.1 Carga de ventilación e infiltraciones .....	43
4.1.1.2 Carga por radiación solar a través de cristal.....	44
4.1.1.3 Carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores.....	45
4.1.1.4 Carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores.....	46
4.1.1.5 Carga de ocupación .....	47
4.1.1.6 Carga por iluminación.....	48
4.1.1.7 Carga por aparatos eléctricos .....	48
4.1.2 Carga térmica latente.....	49
4.1.2.1 Carga de ventilación e infiltraciones .....	49
4.1.2.2 Carga de ocupación .....	49
4.2 Cálculos .....	50
4.3 Explicación de los cálculos .....	57
4.4 Conclusión.....	61
<b>Capítulo 5. Cargas de la Piscina .....</b>	<b>62</b>
5.1 Explicación teórica.....	62
5.1.1 Carga por evaporación .....	62
5.1.2 Carga por convección .....	64
5.1.3 Carga por radiación.....	65
5.1.4 Carga por iluminación .....	65
5.1.5 Carga por motores .....	66
5.1.6 Carga por conducción.....	66
5.2 Cálculos .....	67
5.3 Explicación de los cálculos .....	68
5.4 Conclusión.....	69
<b>Capítulo 6. Sistema Empleado .....</b>	<b>70</b>
6.1 En la vivienda.....	70
6.2 En la piscina .....	79
6.3 Conclusión.....	81
<b>Capítulo 7. Instalación Fotovoltaica .....</b>	<b>82</b>
7.1 Elementos de la instalación fotovoltaica .....	82
7.1.1 Módulos fotovoltaicos .....	82
7.1.2 Inversor .....	85

---

7.1.3 Esquema eléctrico .....	87
7.2 Análisis de la radiación .....	88
7.3 Base del cálculo de optimización .....	89
7.4 Conclusión.....	90
<i>Capítulo 8. Memoria Económica .....</i>	<i>91</i>
8.1 Indicadores de rentabilidad para proyectos de inversión.....	91
8.2 Conclusión.....	93
<i>Capítulo 9. Conclusiones y Trabajos Futuros .....</i>	<i>94</i>
<i>Capítulo 10. Bibliografía .....</i>	<i>96</i>



## Índice de figuras

<i>Ilustración 1: Ubicación de la vivienda. Fuente: Google Maps. Año:2023 .....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 2: Zonas climáticas de España. Fuente: Caloryfrio. Año:2020 .....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 3: Zonas climáticas de las diferentes provincias de España. Fuente: Anejo B del CTE, HE. Año:2022 .....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 4: Temperatura Alcobendas 2019. Fuente: AEMET. Año:2019 .....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 5: Temperatura Alcobendas 2020. Fuente: AEMET. Año:2020 .....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 6: Temperatura Alcobendas 2021. Fuente: AEMET. Año:2021 .....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 7: Temperatura Alcobendas 2022. Fuente: AEMET. Año:2022 .....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 8: Histórico de temperaturas. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 .....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 9: Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: Anejo D del CTE, SE-AE. Año:2019</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 10: Roseta de Vientos de la vivienda a una altura de 50 metros. Fuente: CENER. Año:2018 .....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 11: Humedad Relativa Media Anual en España. Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Año:2016 .....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 12: Precipitaciones totales anuales (mm) Alcobendas. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 .....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 13: Plano Planta Semisótano. Fuente: Molior. Año:2017 .....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 14: Plano Planta Baja. Fuente: Molior. Año:2017 .....</i>	<i>24</i>

<i>Ilustración 15: Esquema bomba de calor con circuito refrigerante en invierno. Fuente: efENERGIA. Año:2019.....</i>	70
<i>Ilustración 16: Esquema bomba de calor con circuito refrigerante en verano. Fuente: efENERGÍA. Año:2019.....</i>	71
<i>Ilustración 17: Máquina de aerotermia elegida para la climatización de la casa. Fuente: Catálogo Fujitsu. Año:2021 .....</i>	72
<i>Ilustración 18: Máquina aire acondicionado elegida para la climatización de la casa. Fuente: Daikin. Año:2023.....</i>	73
<i>Ilustración 19: Modo calefacción de la bomba de calor geotérmica. Fuente: Geotermia Vertical. Año:2018 .....</i>	74
<i>Ilustración 20: Modo calefacción de la bomba de calor geotérmica. Fuente: Geotermia Vertical. Año:2018 .....</i>	75
<i>Ilustración 21: Suelo radiante-refrescante de la vivienda. Fuente: Vicorsa. Año:2019 ....</i>	76
<i>Ilustración 22: Ficha técnica de la bomba de calor geotérmica ya instalada I. Fuente: EcoGEO. Año:2021 .....</i>	77
<i>Ilustración 23: Ficha técnica de la bomba de calor geotérmica ya instalada II. Fuente: EcoGEO. Año:2021 .....</i>	78
<i>Ilustración 24: Máquina de aerotermia elegida para la climatización de la piscina. Fuente: QUIMIPOOL. Año:2023.....</i>	80
<i>Ilustración 25: Diferentes tipos de módulos fotovoltaicos. Fuente: Ecofener. Año.2023 ..</i>	83
<i>Ilustración 26: Ficha técnica módulo fotovoltaico. Fuente: Kaseel. Año:2023 .....</i>	84
<i>Ilustración 27: Inversor Híbrido HUAWEI SUN2000-4KTL-L1 de 4kW. Fuente: Huawei. Año:2020</i>	85

*Ilustración 28: Ficha técnica inversor híbrido. Fuente: Huawei. Año:2020..... 86*

*Ilustración 29: Disposición de los paneles fotovoltaicos. Fuente: Elaboración propia.  
Año:2023 87*

*Ilustración 30: Datos introducidos en el sistema de PVGIS. Fuente: PVGIS. Año:2023... 88*

*Ilustración 31: Curva de generación y demanda. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 89*

*Ilustración 32: Flujo de caja actualizado acumulado. Fuente: Elaboración propia.  
Año:2023 92*

## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Dimensiones Planta Semisótano. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2: Dimensiones Planta Baja. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3: Condiciones interiores de diseño. Fuente: RITE. Año:2007 .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4: Suplemento por orientación. Fuente: Manual de calefacción. Año:2011 .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 5: Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. Fuente: CTE. Año:2017.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 6: Cálculo de cargas de transmisión I. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7: Cálculo de cargas de transmisión II. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 ....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8: Cálculo de cargas de transmisión III. Fuente: Elaboración propia. Año:2023... ..</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones sensibles. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones latentes. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 11: Valores de transmitancia térmica K. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 ..</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 12: Valores de las máximas aportaciones solares a través de vidrio. Fuente: Manual de Aire Acondicionado de Carrier. Año:2017.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 13: Calor latente y sensible desprendido por persona .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones sensibles. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>50</i>

<i>Tabla 15: Cálculo de carga por radiación solar a través de cristal. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 16: Cálculo de cargas por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores I. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 17: Cálculo de cargas por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores II. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 18: Cálculo de cargas por transmisión a través del suelo. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 19: Cálculo de carga de ocupación sensible. Fuente: Elaboración propia. Año:2023</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 20: Cálculo de carga por iluminación sensible. Fuente: Elaboración propia. Año:2023</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 21: Cálculo de carga por aparatos eléctricos sensible. Fuente: Elaboración propia. Año:2023</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 22: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones latentes. Fuente: Elaboración propia. Año:2023.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 23: Cálculo de carga de ocupación latente. Fuente: Elaboración propia. Año:2023</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 24: Valores de transmitancia térmica K. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 ..</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 25: Métodos de cálculo del coeficiente de evaporación. Fuente: TFG Cigudosa Antoñanzas, Juan. Año:2019.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 26: Métodos de cálculo del coeficiente de convección. Fuente: TFG Cigudosa Antoñanzas, Juan. Año:2019.....</i>	<i>64</i>

*Tabla 27: Cálculo de carga por evaporación. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 .... 67*

*Tabla 28: Cálculo de carga por convección. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 ..... 67*

*Tabla 29: Cálculo de carga por radiación. Fuente: Elaboración propia. Año:2023..... 67*

*Tabla 30: Cálculo de carga por iluminación. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 ..... 67*

*Tabla 31: Cálculo de cargas por motores. Fuente: Elaboración propia. Año:2023..... 68*

*Tabla 32: Temperatura del agua de la piscina en función del uso. Fuente: RITE. Año:2021  
68*

*Tabla 33: Estudio de la viabilidad del Proyecto. Fuente: Elaboración propia. Año:2023 92*

---

## **Capítulo 1. LA VIVIENDA I**

En este capítulo se abordará la situación climatológica de la vivienda en cuestión localizada en Alcobendas (Madrid), dedicada al uso familiar.

### ***1.1 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE ALCOBENDAS***

La climatización es un aspecto fundamental a considerar para la optimización energética de una casa. A su vez, a la hora de hablar de climatización, es fundamental conocer la localización y el clima de la zona en la que se encuentra la vivienda que se va a climatizar y comprender las condiciones meteorológicas presentes. Una vez establecidas, y no antes, se llevará a cabo el análisis de cargas correspondiente.

Se tendrán en cuenta las temperaturas, los vientos, la humedad y las precipitaciones. Se presentará la situación de los siguientes factores mencionados durante los últimos años, y nos concentraremos en los casos más desfavorables. Se discutirán dos situaciones desfavorables para las temperaturas: las mínimas y las máximas.

#### **1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOCALIZACIÓN**

La vivienda en cuestión, utilizada como residencia habitual durante todo el año, está situada en Alcobendas, a 14,30 km de Madrid. Este municipio de España, perteneciente a la Comunidad de Madrid se encuentra a 671 metros de altura respecto al nivel del mar. La localización exacta de la vivienda es (40. 524014°, -3. 610169°) .

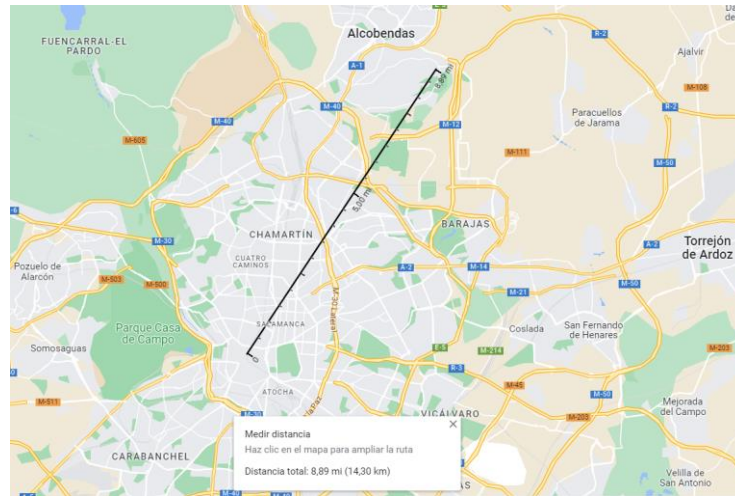


Ilustración 1: Ubicación de la vivienda. Fuente: Google Maps. Año:2023

### 1.1.2 CLIMA DE LA ZONA

En el documento básico de Ahorro de Energía DB H1 de Condiciones para el control de la demanda energética del Código Técnico de la Edificación (CTE), se indican las zonas climáticas de España, identificadas por una letra que representa la severidad climática de invierno y un número que representa la severidad climática de verano.



Ilustración 2: Zonas climáticas de España. Fuente: Caloryfrio. Año:2020

En la siguiente tabla, que ofrece el Anejo B del CTE en el apartado de *Ahorro de Energía*, se pueden localizar las distintas zonas climáticas en las que se divide España organizadas por provincias:



Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																										
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	251 - 300 m	≥ 1301 m			
Albacete																											
Alicante/Alacant																											
Almería																											
Araba/Alava																											
Asturias																											
Ávila																											
Badajoz																											
Balears, Illes																											
Barcelona																											
Bizkaia																											
Burgos																											
Cáceres																											
Cádiz																											
Cantabria																											
Castellón/Castelló																											
Ceuta																											
Ciudad Real																											
Córdoba																											
Coruña, A																											
Cuenca																											
Gipuzkoa																											
Girona																											
Granada																											
Guadalajara																											
Huelva																											
Huesca																											
Jaén																											
León																											
Lleida																											
Lugo																											
Madrid																											
Málaga																											
Meillia																											
Murcia																											
Navarra																											
Ourense																											
Palencia																											
Palmas, Las																											
Pontevedra																											
Rioja, La																											
Salamanca																											
Santa Cruz de Tenerife																											
Segovia																											
Sevilla																											
Soria																											
Tarragona																											
Teruel																											
Toledo																											
Valencia/València																											
Valladolid																											
Zamora																											
Zaragoza																											

Ilustración 3: Zonas climáticas de las diferentes provincias de España. Fuente: Anejo B del CTE, HE. Año:2022

Cada zona climática se determina en función de la localidad donde se ubica el edificio de interés y la altitud de este sobre el nivel del mar. Por ello, podemos decir que el municipio de Alcobendas pertenece a la zona climática D3.

Alcobendas no dispone de estación meteorológica propia en la base de datos de utilizada, es por ello por lo que, para detallar su clima, usaremos los datos recogidos en la estación

meteorológica de Madrid Aeropuerto, muy próximo a Alcobendas que dispone de unas condiciones climáticas muy similares.

A continuación, mostraremos los datos recogidos, en cuanto a temperaturas y precipitaciones, en la estación meteorológica del Aeropuerto de Madrid. Estos datos pertenecen a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) recogidos desde enero 2019.

### 1.1.2.1 Temperatura

El objetivo es ver cómo varía la temperatura en Alcobendas. Para ello, en primer lugar, se mostrarán unas tablas en las que aparecen las temperaturas máximas, la media de las máximas, las temperaturas medias, la media de las mínimas y las temperaturas mínimas, datos recogidos desde 2019. Luego, para ilustrar de una mejor manera cómo ha ido evolucionando la temperatura, se procederá a representar gráficamente estos datos.

2019	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura máxima absoluta	16.3	21.3	25.3	27.1	33.9	41.2	40.3	37.6	34.4	30.1	21.6	17.6
Temperatura media de las máximas	12.7	16.1	19.3	18.5	26.6	31.2	35.5	33.7	27.9	22.6	13.8	13
Temperatura media	5.7	7.8	11.2	12.5	18.3	23.1	27.5	25.8	21.1	16.1	10.2	8.5
Temperatura media de las mínimas	-1.4	-0.4	3.1	6.4	10	14.9	19.5	17.8	14.1	9.6	6.6	3.9
Temperatura mínima absoluta	-5.7	-4.5	-0.3	0.8	4.2	5.6	14.6	14	9.7	3.6	-2.4	-2.3

Ilustración 4: Temperatura Alcobendas 2019. Fuente: AEMET. Año:2019

2020	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura máxima absoluta	17.1	22.7	26	24.1	33.5	38.6	41.2	39.4	34.6	26.7	20.7	16.4
Temperatura media de las máximas	11.7	16.5	16.9	19.4	27.1	30.3	36.9	33.5	27.7	19.4	15.2	10.7
Temperatura media	6.7	9.9	11.2	13.9	19.5	22.5	28.2	25.5	20.7	13.4	10.3	6.5
Temperatura media de las mínimas	1.5	3.2	5.4	8.5	11.8	14.5	19.4	17.4	13.5	7.3	5.5	2.3
Temperatura mínima absoluta	-5	-1.5	-0.9	0.8	5.4	8.5	16.2	9.2	5.6	0.8	-0.7	-4.7

Ilustración 5: Temperatura Alcobendas 2020. Fuente: AEMET. Año:2020

2021	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura máxima absoluta	18.6	19.6	24.1	23.5	32.8	35.3	40.5	42.7	33.4	26.9	19.1	18.3
Temperatura media de las máximas	8.1	14.6	16.9	18.5	25.2	29.8	33.7	34.8	26.6	22.7	14	13.5
Temperatura media	3.2	9.3	10	12.7	17.6	22.4	25	26.2	20.5	15.5	8.2	8
Temperatura media de las mínimas	-1.7	4	3	6.8	10	15	16.3	17.6	14.3	8.2	2.4	2.4
Temperatura mínima absoluta	-13.4	0.2	-2.6	1.3	4.8	11.7	10.4	12.5	9.7	1.9	-2.7	-3

Ilustración 6: Temperatura Alcobendas 2021. Fuente: AEMET. Año:2021

2022	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura máxima absoluta	18.1	20.9	18.3	26.4	35.4	40.5	42.2	39.6	35.6	31.4	21.9	17
Temperatura media de las máximas	12.8	16.2	14	18.5	27.9	32.1	37.7	35.2	28.2	24.8	16.6	12.8
Temperatura media	5.4	8.7	9.8	12.2	19.8	24.3	28.9	27.3	21.3	18.2	11.5	9.2
Temperatura media de las mínimas	-2	1.1	5.6	5.8	11.6	16.4	20	19.4	14.2	11.7	6.3	5.6
Temperatura mínima absoluta	-5.3	-2.6	0	-2.2	6.4	11.3	14.3	14.2	7.2	6.6	-0.2	-1

Ilustración 7: Temperatura Alcobendas 2022. Fuente: AEMET. Año:2022

En la Ilustración 8, veremos la representación gráfica de la temperatura media de las máximas, la temperatura media de las mínimas y la temperatura media en los últimos años.

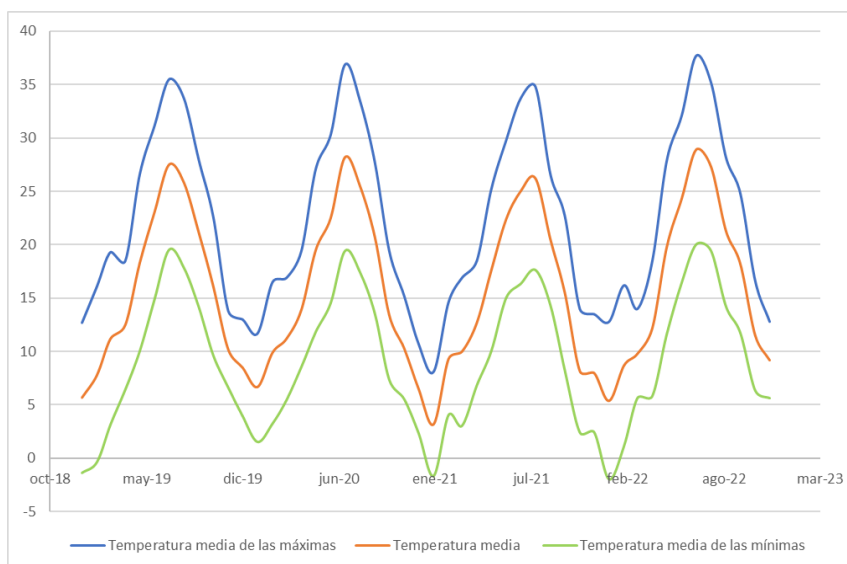


Ilustración 8: Histórico de temperaturas. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

Tal y como podemos observar, las tres gráficas son aparentemente regulares desde enero de 2019 hasta diciembre de 2022. Sin embargo, se presenta una irregularidad importante en enero de 2021, fecha en la que tuvo lugar una borrasca profunda europea, conocida como Filomena.

Entre todos los datos recogidos y mostrados, tanto la temperatura máxima como mínima absoluta se alcanzaron en el año 2021. La mayor temperatura fue de 42.7°C se registró el 14 de agosto de 2021. Y la menor temperatura, -13.4°C, fue el 12 de enero de 2021. Por ello, nos centraremos en estos dos días de cara a la valoración de la situación más desfavorable en cuanto a temperaturas.

### 1.1.2.2 Viento

En la siguiente imagen se distinguen las distintas zonas de viento que se presentan en España según detalla el Anejo D del CTE en el apartado de *Seguridad Estructural-Acciones en la Edificación*.

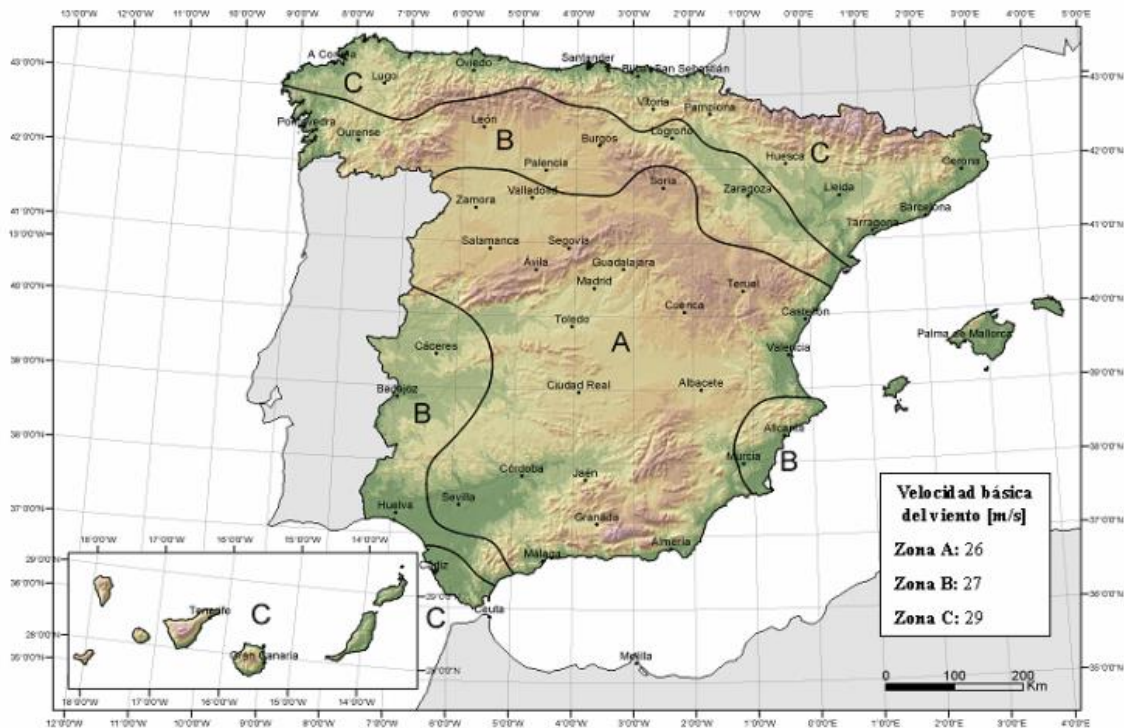


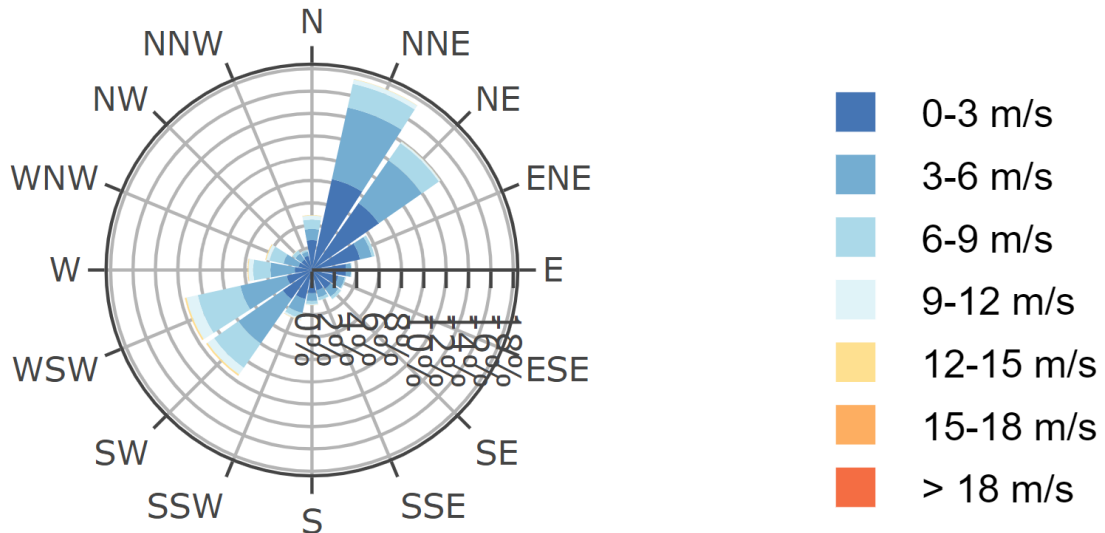
Ilustración 9: Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: Anejo D del CTE, SE-AE. Año:2019

En este mismo apartado del Anejo D se define que “*el valor básico de la velocidad del viento corresponde al valor característico de la velocidad media del viento a lo largo de un período de 10 minutos, tomada en una zona plana y desprotegida frente al viento a una altura de 10 m sobre el suelo*”.

Podemos deducir a simple vista que el municipio de Alcobendas tiene una velocidad básica del viento de 26 m/s al pertenecer a la zona A.

Conocida la velocidad del viento, determinaremos, con la mayor precisión posible, la dirección del viento haciendo uso del Mapa Eólico Ibérico, proporcionado por el CENER (Centro Nacional de Energías Renovables). Para ello, introduciendo las coordenadas exactas

de la vivienda, obtendremos la siguiente Rosa de Vientos, recurso de gran ayuda que permite conocer el rumbo del viento en una zona o punto determinado.



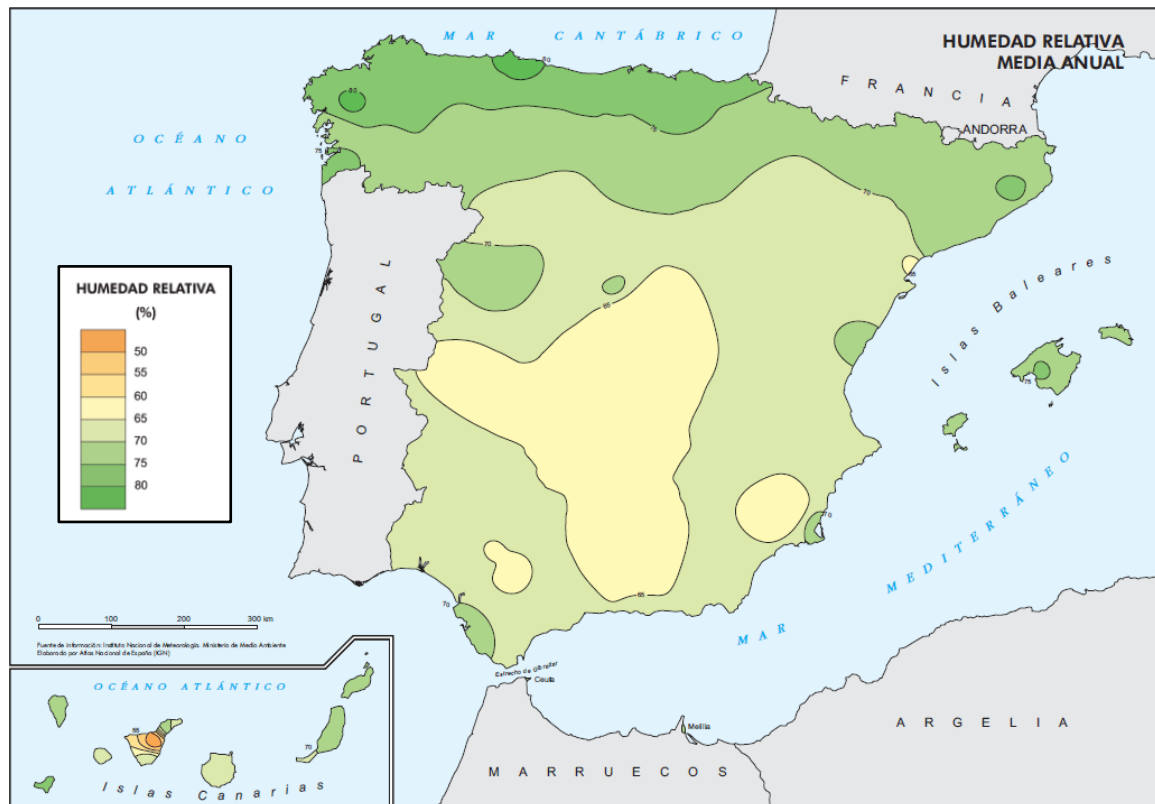
*Ilustración 10: Roseta de Vientos de la vivienda a una altura de 50 metros. Fuente: CENER. Año:2018*

Se observa que la dirección predominante es NNE (Norte-Noreste). Sin embargo, no resulta tan notorio en la imagen, pero las rachas de viento más fuertes se dan en la dirección SW (Suroeste).

### **1.1.2.3 Humedad**

La humedad es un aspecto muy importante a tener en cuenta cuando hablamos de climatización. En concreto, la humedad relativa (RH) que es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada.

A continuación, se mostrará un mapa de España, extraído del Instituto Geográfico Nacional, que permite distinguir los diversos niveles de humedad relativa promedio anual presentes en todo el país.



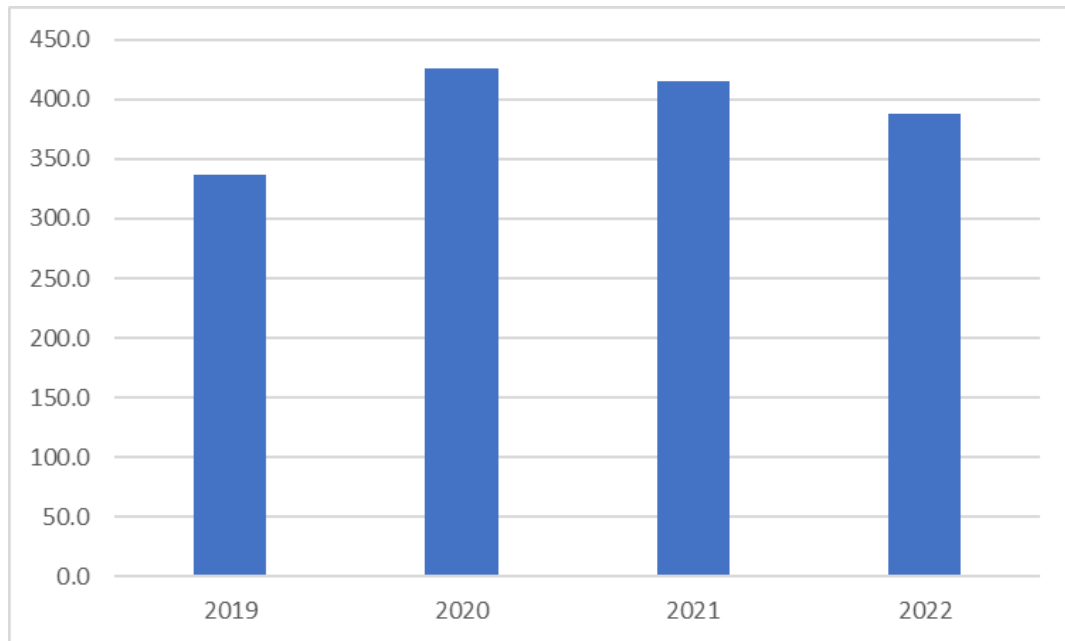
*Ilustración 11: Humedad Relativa Media Anual en España. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.*

*Año:2016*

La vivienda, situada en el municipio de Alcobendas, por tanto, tiene unos valores de humedad relativa anuales entre el 60 y el 65%.

#### ***1.1.2.4 Precipitación***

Se han extraído de la estación meteorológica Madrid Aeropuerto, gracias a AEMET, las precipitaciones totales desde 2019 hasta 2022 y se ha representado gráficamente para una mejor visualización. Luego, comentaremos si se considera o no una zona de alta pluviosidad en comparación con otras regiones de España.



*Ilustración 12: Precipitaciones totales anuales (mm) Alcobendas. Fuente: Elaboración propia. Año:2023*

A la vista de esta representación, concluimos que Alcobendas se encuentra en una zona donde las precipitaciones no son ni mucho menos abundantes, gira en torno a 390 mm de precipitación media.

## **1.2 CONCLUSIÓN**

En este capítulo se ha abordado la situación climatológica de la vivienda en cuestión ubicada en Alcobendas (Madrid), destinada al uso familiar. Se analizan las características climáticas de Alcobendas, incluyendo su localización geográfica, altitud y su clasificación en la zona climática D3. Para comprender el clima de la zona, se utilizan los datos de la estación meteorológica de Madrid Aeropuerto, que presenta condiciones climáticas similares a Alcobendas. Se examinan las temperaturas, los vientos, la humedad y las precipitaciones. Además, se destacan los datos más desfavorables, como las temperaturas mínimas y máximas registradas en los últimos años.

En cuanto a las características climáticas de Alcobendas, se determina que la temperatura ha sido regular en los años analizados, con una excepción importante durante la borrasca Filomena en enero de 2021. Las temperaturas extremas fueron de 42.7°C en agosto de 2021

---

y  $-13.4^{\circ}\text{C}$  en enero de 2021. Respecto al viento, se identifica una velocidad básica de 26 m/s, predominando la dirección NNE y las rachas más fuertes en la dirección SW. En cuanto a la humedad, se estima una humedad relativa anual entre el 60% y el 65%. Por último, se observa que las precipitaciones en Alcobendas son moderadas, con una media de alrededor de 390 mm.

Estos datos climatológicos proporcionan información relevante para el análisis de cargas y la posterior climatización de la vivienda, considerando la optimización energética y el confort de los residentes. Es de esperar que tanto las cargas de verano como las de invierno presenten valores elevados debido a las condiciones exteriores.



---

## Capítulo 2. LA VIVIENDA II

En este segundo capítulo, nos centraremos en la vivienda como infraestructura. En primer lugar, se presentarán los planos de las distintas plantas que conforman la vivienda y se comentará la funcionalidad y la superficie de cada planta.

Adicionalmente, se tratarán condiciones climáticas que se han de dar en el interior de la vivienda una vez se haya climatizado según dictamina el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

Por último, se comentará brevemente acerca de la orientación de la vivienda, así como los materiales que la conforman.

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA**

El objetivo de climatizar la vivienda es hacerla adecuada como hogar para una familia, proporcionando condiciones habitables. Este domicilio consta de dos plantas: la planta semisótano y la planta baja, esta última veremos que es la única que requiere de climatización. Seguidamente, se mostrarán los planos de cada planta de la vivienda, se describirá la superficie que será climatizada en cada una y, además, se explicará la función específica de cada planta.

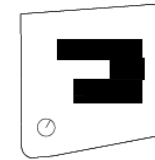
#### **2.1.1 PLANTA SEMISÓTANO:**

En el semisótano de la vivienda hay un garaje, un lavadero, un trastero y un acopio de herramientas y almacén de jardinería. Al no disponer de ninguna sala de estar, ni ningún dormitorio, esta zona no se va a climatizar. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de dicha planta y posteriormente se podrá visualizar el plano diseñado por el grupo de arquitectos Molior.

---

Semisótano	
Zona	Superficie ( $m^2$ )
Garaje	107.08
Vivienda	104.69
<b>TOTAL</b>	<b>211.77</b>

*Tabla 1: Dimensiones Planta Semisótano. Fuente:  
Elaboración propia. Año:2023*



CASA U


**A1.1**  
 VPM  
 A00007  
 PE  
 ARQUITECTURA TM03  
 PLANTA SEMISÓTANO Y BAJA TM03  
  
 DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA  
 UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS  
  
**molior**  
 CONSULTORÍA DE ARQUITECTURA  
  
 MINISTERIO DE VIVIENDA, URABANISMO Y CONSTRUCCIÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE VIVIENDA, URABANISMO Y CONSTRUCCIÓN  
 DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE VIVIENDA  
**TM03**  
 PROYECTO BÁSICO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y  
 PISCINA EN TRÁNSITO MISIONALES 3,  
 URB. LA MORALEJA, ALCOBENDAS

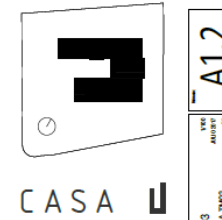
Ilustración 13: Plano Planta Semisótano. Fuente: Molior. Año:2017

### 2.1.2 PLANTA BAJA:

En la planta baja de la vivienda hay un salón-comedor, una sala de estar, cinco dormitorios, seis WC, una cocina, además de la piscina y el jardín, estancia clave pues será el centro de toda actividad que se lleve a cabo en la vivienda por los propietarios. La climatización de la piscina se llevará a cabo independientemente en otro capítulo por lo que nuestro centro de atención en este momento es simplemente la vivienda en sí. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de dicha planta que se va a climatizar y posteriormente se podrá visualizar el plano diseñado por el grupo de arquitectos Molior.

Planta baja	
Zona	Superficie ( $m^2$ )
Vivienda	379.62
<b>TOTAL</b>	<b>379.62</b>

*Tabla 2: Dimensiones Planta Baja. Fuente:  
Elaboración propia. Año:2023*



<b>TM03</b>	PROYECTO BÁSICO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y SEGUNDA DE VIVIENDAS RECONOCIDAS, EN EL BARRIO DE SAN VICENTE DE MOLINO, MADRID.
	
	
	<b>ARQUITECTURA TM03</b> PLANTA BAJA Y PRIMERA TM03

Ilustración 14: Plano Planta Baja. Fuente: Molior. Año:2017

## 2.2 *CONDICIONES CLIMÁTICAS INTERIORES*

Del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, en adelante RITE, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, 20 de julio, obtendremos las exigencias de calidad térmica del ambiente (I.T.1.1.4.1), los cuales se presentan en la siguiente tabla:

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

*Tabla 3: Condiciones interiores de diseño. Fuente: RITE. Año:2007*

## 2.3 *ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA*

La fachada principal de la vivienda tiene orientación Sureste (SE). Este dato es muy relevante a la hora de hablar de climatización. Se conocerá posteriormente su importancia cuando hagamos cálculos de potencia térmica intercambiada por la vivienda con el exterior.

## 2.4 *MATERIALES DE LA VIVIENDA*

Otro aspecto a tener en cuenta para la climatización de la vivienda son los materiales que se han utilizado para la construcción de esta. El coeficiente de transmisión que presenta cada material, especificados en apartados posteriores, es un factor determinante a la hora de realizar cálculo de cargas, tanto de invierno como de verano.

Se hablará de aquellos materiales que conforman: muros exteriores, tejado, suelo y ventanas. El suelo es de madera, los muros exteriores están hechos de hormigón armado al igual que la cubierta de la vivienda, la cual es plana. Y, por último, las ventanas y puertas correderas que dan al exterior son de vidrio.

---

## 2.5 *CONCLUSIÓN*

Se concluye que, en conjunto, esta información sobre la infraestructura de la vivienda y sus características climáticas proporcionan una base sólida para el diseño de un sistema de climatización eficiente y confortable, considerando las exigencias normativas y aprovechando la orientación y los materiales adecuados.

En adelante, se procederá al cálculo de cargas de invierno. Se seguirá un proceso que comienza con una explicación teórica de estas cargas térmicas para, posteriormente, poner en práctica esta teoría con la realización de los cálculos y finalmente, la explicación detallada de estos.

---

## Capítulo 3. CARGAS TÉRMICAS DE INVIERNO

En este capítulo se llevará a cabo, en primer lugar, una explicación teórica y detallada sobre los diferentes conceptos y cargas que pueden aparecer en el cálculo de las cargas térmicas de invierno, específicamente para la calefacción de la vivienda durante los meses más fríos del año. Posteriormente, volveremos a hacer uso del plano de la planta baja de la vivienda para poner en práctica la teoría explicada y, de esta manera, ser capaces de calcular las cargas térmicas de las diferentes zonas de la casa que van a ser climatizadas. Finalmente, se explicarán con mayor detenimiento y profundidad estos cálculos.

Es importante resaltar que la información técnica presentada a continuación, se ha obtenido del libro de texto *Manual de Calefacción* escrito por Luis Jutglar, Ángel Luis Miranda y Miguel Villarubi en 2011.

### 3.1 EXPLICACIÓN TEÓRICA

Nos adentraremos en la exploración de conceptos cruciales en cuanto a cargas térmicas; definiremos las cargas de transmisión, de ventilación, de infiltraciones e internas.

Durante el invierno, como es lógico, es necesario mantener una temperatura más alta en el interior de un espacio en comparación con el ambiente exterior. Esta diferencia de temperaturas genera un flujo de calor desde el interior hacia el exterior. Esta cantidad de calor transferida se conoce como *carga de transmisión*. Además, si deseamos ventilar el recinto con aire exterior, habrá una entrada de frío que equivaldrá a una salida de calor, lo cual se denomina *carga de ventilación*. También debemos considerar las entradas involuntarias de aire frío a través de resquicios en puertas y ventanas, conocidas como *carga de infiltraciones*. Dentro del recinto, también podemos encontrar fuentes internas de calor provenientes de la iluminación, los ocupantes (calor metabólico) y otras fuentes diversas, a las que denominaremos carga interna. Es evidente que esta última carga posee un signo opuesto a las dos mencionadas anteriormente, ya que representa un calor generado que equivale a una entrada de calor adicional.



La suma de todas estas cargas, considerando sus respectivos signos, se denomina carga de calefacción:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_{V+I} - \dot{Q}_I \quad [1]$$

Siendo:  $\dot{Q}$  la carga de calefacción;

$\dot{Q}_T$  carga de transmisión;

$\dot{Q}_{V+I}$  carga de ventilación e infiltraciones; y

$\dot{Q}_I$  carga interna.

### 3.1.1 CARGA DE TRANSMISIÓN

Como ya se ha mencionado anteriormente, la carga de transmisión es el calor por unidad de tiempo que atraviesa todos y cada uno de los cerramientos independientes que constituyen el recinto y por ello, se expresará en forma de sumatorio.

$$\dot{Q}_T = \sum_{i=1}^{i=n} K_i * S_i * (T_i - T_e) \quad [2]$$

Siendo:  $K_i$  el coeficiente global de transmisión de calor del cerramiento  $i$ ;

$S_i$  la superficie de este cerramiento  $i$ ;

$T_i$  la temperatura interior; y

$T_e$  la temperatura exterior.

Sin embargo, esta expresión, [2], se queda corta ya que no tiene en cuenta aspectos transitorios como la inercia térmica o la radiación hacia superficies frías. Para resolver esta cuestión, se utilizan unos suplementos que nos permiten que el cálculo que efectuamos sea más exacto.

A) Suplemento por interrupción

Cuando el servicio de calefacción se interrumpe durante ciertas horas del día se genera un gasto energético adicional que debemos considerar. Para ello, utilizaremos el suplemento por interrupción. En nuestro caso, no consideraremos este suplemento ya que la vivienda siempre estará ocupada por algún miembro familiar y, por tanto, nos interesa mantener el sistema de calefacción encendido en todo momento.

B) Suplemento por orientación

Este otro suplemento se suele tener en cuenta debido a la orientación de los cerramientos. Estos cerramientos pueden perder una cantidad adicional de calor, a parte de la pérdida por transmisión, debido a factores como la radiación, la influencia del viento y el grado de humedad de las paredes. Se presenta a continuación una tabla que permite evaluar este suplemento:

Orientación	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
$z_2$ (tanto por uno)	0	0,025	0,075	0,125	0,175	0,175	0,125	0,075

Tabla 4: Suplemento por orientación. Fuente: Manual de calefacción. Año:2011

C) Suplemento por superficies frías

Existe otro suplemento que se debe a la existencia de superficies frías dentro del local en comparación con la temperatura interior. Esta situación suele presentarse en locales con amplias superficies de vidrio, donde el cuerpo humano irradia calor hacia estas superficies, lo cual requiere una compensación adicional. Esta vivienda no dispone de amplias superficies de vidrio, por ello, no se debe considerar este suplemento.

Teniendo en cuenta los suplementos, la carga debida a la transmisión será:

$$\dot{Q}_T = \sum_{i=1}^{i=n} [K_i * S_i * (T_i - T_e) * (1 + z)] \quad [3]$$

No existe ningún criterio generalizado respecto a la utilización de los suplementos, depende del autor. En este Proyecto se tendrá en cuenta solo el suplemento por orientación como ya se ha comentado.

### **3.1.2 CARGA DE VENTILACIÓN E INFILTRACIONES**

Tal y como hemos comentado anteriormente, el primer concepto se refiere al aire exterior que se introduce de forma deliberada en el ambiente para satisfacer las necesidades de ventilación, en caso de que la cantidad de aire introducido de manera natural a través de las infiltraciones no sea suficiente. El segundo está relacionado con las infiltraciones de aire exterior que ocurren a través de las aberturas de los cerramientos que separan los espacios habitables del entorno exterior.

En cuanto al cálculo de los caudales de estos dos conceptos, se debe realizar por separado y seleccionar el valor más alto entre ambos, en lugar de sumarlos. Como se podrá ver posteriormente, será suficiente con el cálculo del caudal de aire producido por las infiltraciones ya que cumple con los valores mínimos establecidos en el RITE como caudales de ventilación mínimos en una vivienda.

#### **3.1.2.1 Infiltraciones**

Utilizaremos el procedimiento del método de las superficies para calcular el caudal de aire de infiltraciones a partir de la expresión:

$$\dot{V}_I = \sum I_I * S_I \quad [4]$$

Siendo:  $I_I$  la permeabilidad del hueco expresada en  $\frac{m^3}{(h*m^2)}$ ; y

$S_I$  la superficie del hueco ( $m^2$ ).

Es relevante tener en consideración que los límites para la permeabilidad del aire a través de la carpintería de los cerramientos vienen establecidos en el apartado 2.3 del CTE: “a) *para las zonas climáticas A y B:*  $50 \frac{m^3}{(h \cdot m^2)}$ ; b) *para las zonas climáticas C, D y E:*  $27 \frac{m^3}{(h \cdot m^2)}$ .”

Usaremos, por tanto, en nuestro Proyecto el valor de  $I_l$  igual a  $27 \frac{m^3}{(h \cdot m^2)}$  ya que la ubicación en cuestión pertenece a la zona climática D como se comentó anteriormente.

### 3.1.2.2 Cargas de ventilación

El caudal de infiltraciones cumple con la mínima ventilación que una habitación ha de tener según viene establecido en el CTE, pero en el caso en el que no, será necesario la entrada de aire exterior.

Con el fin de disminuir e incluso eliminar los contaminantes, el HS3 CTE establece que, en las viviendas, el sistema de ventilación general debe suministrar un caudal constante y el valor se determina en base al tipo de vivienda y a los distintos locales secos y húmedos. Dicho caudal se calcula mediante la aplicación de la siguiente tabla:

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

Tabla 5: Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. Fuente: CTE. Año:2017

La vivienda en cuestión, al tener más de 3 dormitorios y ser un local seco, deberá tener una ventilación mínima de 8 l/s en el dormitorio principal, 4 l/s en los otros dormitorios y en el resto de las habitaciones como son el salón, el comedor, la cocina y la sala de estar, 10 l/s.

### 3.1.2.3 *Calor latente-calor sensible*

La diferencia entre el calor sensible y el calor latente es fundamental para poder elegir una máquina o sistema de climatización y radica en que el calor sensible causa un cambio en la temperatura de una sustancia sin alterar su estado molecular, mientras que el calor latente ocasiona un cambio en el estado de la sustancia sin afectar su temperatura.

A su vez, es fundamental comprender que para climatizar una vivienda debemos controlar tanto la temperatura como la humedad. Esto implica considerar tanto las cargas térmicas sensibles como las cargas térmicas latentes. Las primeras se refieren a las cargas que provocan cambios en la temperatura, mientras que las segundas a los cambios en la humedad.

Para las cargas térmicas sensibles:

$$\dot{Q}_{vs} = \dot{m}_v * c_{pm} * (T_i - T_e) \quad [5]$$

Siendo:  $\dot{Q}_{vs}$  la carga sensible de ventilación e infiltraciones;

$\dot{m}_v$  el caudal másico del aire de ventilación ( $\dot{m} = \rho * \dot{V}$ );

$\rho$  la densidad que suele considerarse  $1.2 \frac{kg}{m^3}$ ; y

$c_{pm}$  el calor específico medio del aire igual a  $1.025 \frac{J}{kg * K}$ .

Para las cargas térmicas latentes:

$$\dot{Q}_{vL} = \dot{m}_v * h_{fgm} * (W_i - W_e) \quad [6]$$

Siendo:  $\dot{Q}_{vL}$  la carga latente de ventilación e infiltraciones;

$h_{fgm}$  el calor latente de evaporación medio del agua ( $h_{fgm} = 2.478 \frac{kJ}{kg}$ );

$W_i$  la humedad absoluta del aire interior; y

$W_e$  la humedad absoluta del aire exterior.

---

### 3.1.3 CARGA INTERNA

Tal y como se comentó anteriormente, en el local que queremos climatizar suelen existir simultáneamente con las pérdidas de calor ciertas ganancias debidas a la ocupación, iluminación y radiación solar. Acostumbran a ser transitorias y en la mayoría de las ocasiones no se tienen en cuenta. En este caso, al tratarse de una vivienda, esta carga no se va a considerar ya que su valor en los cálculos será despreciable.

## 3.2 CÁLCULOS

Realizaremos el cálculo de las cargas térmicas de invierno en la planta baja únicamente por el hecho de que es la única planta habitable en todo momento. Se llevará a cabo un estudio de cada una de las habitaciones que se van a climatizar, calculando la carga de transmisión, la carga de ventilación e infiltraciones (sensible y latente).

Cabe destacar que, para llevar a cabo este cálculo, los elementos que se tendrán en cuenta en cada habitación serán aquellos que estén en contacto con el exterior y, por tanto, con alguna zona que no esté climatizada. Un claro ejemplo de lo que no incluiremos en estos cálculos sería la puerta del cuarto de baño que da al interior de un dormitorio, lugar climatizado. El caso contrario sería para, por ejemplo, el suelo y el techo. Este primero está en contacto con la planta semisótano y el segundo con el exterior y por tanto ambos serán recogidos a continuación.

A continuación, se mostrarán los cálculos correspondientes de la carga térmica.

	$S (m^2)$	$K \left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	$\Delta T (^{\circ}C)$	$S \cdot K \cdot \Delta T (W)$	Suplemento de orientación (z)	$Q_t (W)$
<b>Cocina</b>						
Pared ext. SE	12.14	0.27	35.40	115.99	0.075	124.69
Pared ext. SO	4.35	0.27	35.40	41.58	0.025	42.62
Pared ext. NE	26.95	0.27	35.40	257.59	0.175	302.67
Techo	40.51	0.22	35.40	315.49	-	315.49
Suelo	40.51	0.50	15.00	303.83	-	303.83
Puerta cristal ext. SE	12.35	1.10	35.40	480.87	0.075	516.94
<b>TOTAL</b>				<b>1473.76</b>		<b>1606.23</b>
<b>Salón-Comedor</b>						
Pared ext. SE	6.97	0.27	35.40	66.60	0.075	71.60
Pared ext. NE	4.35	0.27	35.40	41.58	0.175	48.86
Pared ext. NO	30.88	0.27	35.40	295.15	0.125	332.04
Techo	77.45	0.22	35.40	603.18	-	603.18
Suelo	76.24	0.50	15.00	571.80	-	571.80
Ventana cristal NO	6.78	1.10	35.40	263.86	0.125	296.84
Puerta cristal ext. SE	38.56	1.10	35.40	1501.53	0.075	1614.14
Puerta cristal ext. SO	27.71	1.10	35.40	1079.18	0.025	1106.16
Puerta ppal madera	6.31	4.07	35.40	909.71	0.075	977.94
<b>TOTAL</b>				<b>5332.59</b>		<b>5622.56</b>
<b>Distribuidor</b>						
Pared ext. NE	29.14	0.27	35.40	278.48	0.175	327.21
Techo	27.67	0.22	35.40	215.49	-	215.49
Suelo	27.67	0.50	15.00	207.53	-	207.53
Ventana cristal NE	1.74	1.10	35.40	67.81	0.175	79.68
Ventana cristal SO	20.06	1.10	35.40	781.08	0.025	800.60
<b>TOTAL</b>				<b>1550.39</b>		<b>1630.52</b>
<b>Sala de estar</b>						
Pared ext. NO	10.74	0.27	35.40	102.67	0.125	115.50
Techo	17.91	0.22	35.40	139.48	-	139.48
Suelo	17.91	0.50	15.00	134.33	-	134.33
<b>TOTAL</b>				<b>376.48</b>		<b>389.31</b>
<b>Pasillo</b>						
Pared ext. NE	2.70	0.27	35.40	25.76	0.175	30.27
Pared ext. SE	24.56	0.27	35.40	234.71	0.075	252.31
Techo	18.36	0.22	35.40	142.99	-	142.99
Suelo	18.36	0.50	15.00	137.70	-	137.70
Ventana cristal SE	7.78	1.10	35.40	303.11	0.075	325.84
<b>TOTAL</b>				<b>844.26</b>		<b>889.11</b>

Tabla 6: Cálculo de cargas de transmisión I. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	$s (m^2)$	$\kappa \left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	$\Delta T (^{\circ}C)$	$s \cdot \kappa \cdot \Delta T (W)$	Suplemento de orientación (z)	$Q_t (W)$
<b>Dormitorio 1</b>						
Pared ext. SO	6.66	0.27	35.40	63.61	0.025	65.20
Pared ext. SE	37.02	0.27	35.40	353.87	0.075	380.41
Techo	25.29	0.22	35.40	196.96	-	196.96
Suelo	25.29	0.50	15.00	189.68	-	189.68
Ventana cristal SO	9.44	1.10	35.40	367.52	0.025	376.70
Ventana cristal SE	3.25	1.10	35.40	126.48	0.075	135.96
<b>TOTAL</b>				<b>1298.10</b>		<b>1344.90</b>
<b>Cuarto de baño 1</b>						
Pared ext. NO	27.34	0.27	35.40	261.27	0.125	293.93
Pared ext. SO	11.13	0.27	35.40	106.35	0.025	109.01
Techo	19.08	0.22	35.40	148.60	-	148.60
Suelo	19.08	0.50	15.00	143.10	-	143.10
<b>TOTAL</b>				<b>659.31</b>		<b>694.63</b>
<b>Dormitorio 2</b>						
Pared ext. NO	5.78	0.27	35.40	55.20	0.125	62.10
Techo	12.90	0.22	35.40	100.47	-	100.47
Suelo	12.90	0.50	15.00	96.75	-	96.75
Ventana cristal NO	4.24	1.10	35.40	164.91	0.125	185.52
<b>TOTAL</b>				<b>417.32</b>		<b>444.84</b>
<b>Cuarto de baño 2</b>						
Pared ext. NO	2.89	0.27	35.40	27.60	0.125	31.05
Techo	7.37	0.22	35.40	57.40	-	57.40
Suelo	7.37	0.50	15.00	55.28	-	55.28
Ventana cristal NO	2.89	1.10	35.40	112.44	0.125	126.49
<b>TOTAL</b>				<b>252.71</b>		<b>270.22</b>
<b>Dormitorio 3</b>						
Pared ext. NO	5.39	0.27	35.40	51.52	0.125	57.96
Techo	12.54	0.22	35.40	97.66	-	97.66
Suelo	12.54	0.50	15.00	94.05	-	94.05
Ventana cristal NO	4.24	1.10	35.40	164.91	0.125	185.52
<b>TOTAL</b>				<b>408.14</b>		<b>435.19</b>
<b>Cuarto de baño 3</b>						
Pared ext. NO	2.89	0.27	35.40	27.60	0.125	31.05
Techo	7.19	0.22	35.40	56.00	-	56.00
Suelo	7.19	0.50	15.00	53.93	-	53.93
Ventana cristal NO	2.89	1.10	35.40	112.44	0.125	126.49
<b>TOTAL</b>				<b>249.96</b>		<b>267.46</b>

Tabla 7: Cálculo de cargas de transmisión II. Fuente: Elaboración propia. Año:2023



	$S (m^2)$	$K (\frac{W}{m^2 \cdot K})$	$\Delta T (^{\circ}C)$	$S \cdot K \cdot \Delta T (W)$	Suplemento de orientación (z)	$Q_t (W)$
<b>Dormitorio 4</b>						
Pared ext. NO	5.78	0.27	35.40	55.20	0.125	62.10
Pared ext. NE	4.62	0.27	35.40	44.16	0.175	51.89
Techo	12.89	0.22	35.40	100.39	-	100.39
Suelo	12.89	0.50	15.00	96.68	-	96.68
Ventana cristal NO	4.24	1.10	35.40	164.91	0.125	185.52
<b>TOTAL</b>				<b>461.33</b>		<b>496.57</b>
<b>Cuarto de baño 4</b>						
Pared ext. NO	2.89	0.27	35.40	27.60	0.125	31.05
Techo	7.21	0.22	35.40	56.15	-	56.15
Suelo	7.21	0.50	15.00	54.08	-	54.08
Ventana cristal NO	2.89	1.10	35.40	112.44	0.125	126.49
<b>TOTAL</b>				<b>250.26</b>		<b>267.77</b>
<b>Dormitorio 5</b>						
Pared ext. NE	13.86	0.27	35.40	132.47	0.175	155.66
Pared ext. SO	4.62	0.27	35.40	44.16	0.025	45.26
Pared ext. NO	8.09	0.27	35.40	77.28	0.125	86.94
Techo	16.84	0.22	35.40	131.15	-	131.15
Suelo	16.84	0.50	15.00	126.30	-	126.30
Ventana cristal NO	5.01	1.10	35.40	194.89	0.125	219.26
<b>TOTAL</b>				<b>706.25</b>		<b>764.56</b>
<b>Cuarto de baño 5</b>						
Pared ext. NE	10.78	0.27	35.40	103.04	0.175	121.07
Techo	4.82	0.22	35.40	37.54	-	37.54
Suelo	4.82	0.50	15.00	36.15	-	36.15
<b>TOTAL</b>				<b>176.72</b>		<b>194.75</b>
<b>Cuarto de baño 6</b>						
Pared ext. SO	9.01	0.27	35.40	86.11	0.025	88.26
Parde ext. NO	6.07	0.27	35.40	58.05	0.125	65.31
Techo	4.33	0.22	35.40	33.72	-	33.72
Suelo	4.33	0.50	15.00	32.48	-	32.48
Ventana cristal NO	2.20	1.10	35.40	85.82	0.125	96.55
<b>TOTAL</b>				<b>296.18</b>		<b>316.32</b>

Tabla 8: Cálculo de cargas de transmisión III. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

En primer lugar, la carga de transmisión es igual a:

$$\dot{Q}_t = 15,634.94 \text{ W} \quad [7]$$

	$S_v + S_p (m^2)$	$\dot{V} = s * 27 \left( \frac{m^3}{h} \right)$	$\dot{m}_v = \frac{\rho * \dot{V}}{3600} \left( \frac{kg}{s} \right)$	$\dot{Q}_{vs} = \dot{m}_v * c_{pm} * (T_i - T_e) (W)$
<b>Cocina</b>	12.35	333.42	0.11	4.03
<b>Salón-Comedor</b>	79.36	2142.83	0.71	25.92
<b>Distribuidor</b>	21.80	588.60	0.20	7.12
<b>Sala de estar</b>				
<b>Pasillo</b>	7.78	210.17	0.07	2.54
<b>Dormitorio 1</b>	12.69	342.52	0.11	4.14
<b>Cuarto de baño 1</b>				
<b>Dormitorio 2</b>	4.24	114.35	0.04	1.38
<b>Cuarto de baño 2</b>	2.89	77.96	0.03	0.94
<b>Dormitorio 3</b>	4.24	114.35	0.04	1.38
<b>Cuarto de baño 3</b>	2.89	77.96	0.03	0.94
<b>Dormitorio 4</b>	4.24	114.35	0.04	1.38
<b>Cuarto de baño 4</b>	2.89	77.96	0.03	0.94
<b>Dormitorio 5</b>	5.01	135.14	0.05	1.63
<b>Cuarto de baño 5</b>				
<b>Cuarto de baño 6</b>	2.20	59.51	0.02	0.72
			<b>TOTAL</b>	<b>53.09</b>

Tabla 9: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones sensibles. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

En cuanto a la carga de ventilación e infiltraciones sensibles:

$$\dot{Q}_{vs} = 53.09 W \quad [8]$$

	$\dot{m}_v = \frac{\rho * \dot{V}}{3600} \left( \frac{kg}{s} \right)$	$\dot{Q}_{vL} = \dot{m}_v * h_{fgm} * (W_i - W_e)(W)$
<b>Cocina</b>	0.11	0.00214
<b>Salón-Comedor</b>	0.71	0.01373
<b>Distribuidor</b>	0.20	0.00377
<b>Sala de estar</b>		
<b>Pasillo</b>	0.07	0.00135
<b>Dormitorio 1</b>	0.11	0.00219
<b>Cuarto de baño 1</b>		
<b>Dormitorio 2</b>	0.04	0.00073
<b>Cuarto de baño 2</b>	0.03	0.00050
<b>Dormitorio 3</b>	0.04	0.00073
<b>Cuarto de baño 3</b>	0.03	0.00050
<b>Dormitorio 4</b>	0.04	0.00073
<b>Cuarto de baño 4</b>	0.03	0.00050
<b>Dormitorio 5</b>	0.05	0.00087
<b>Cuarto de baño 5</b>		
<b>Cuarto de baño 6</b>	0.02	0.00038
<b>TOTAL</b>		<b>0.0281</b>

Tabla 10: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones latentes. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

Nos quedaría:

$$\dot{Q}_{vL} = 0.0281 \text{ W} \quad [9]$$

Sumando todo, obtenemos la carga térmica de invierno:

$$Q_{TOTAL} = \dot{Q}_t + \dot{Q}_{vs} + \dot{Q}_{vL} = 15,688.05 \text{ W} \quad [10]$$

### 3.3 EXPLICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

En primer lugar, hemos calculado la carga de transmisión. Para ello, hemos hecho uso de los coeficientes de transmisión térmica recogidos tanto en Anejo E del CTE en el apartado de *Ahorro de Energía* como en el mismo Manual de Calefacción. Se muestran en la siguiente tabla estos valores para una mejor visualización:

	Transmitancia térmica del elemento $K \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$
Ventanas y puertas de doble acristalamiento	1.1
Puerta de madera	4.07
Suelo de madera	0.5
Muros de hormigón armado	0.27
Cubierta de hormigón armado	0.22

*Tabla 11: Valores de transmitancia térmica K. Fuente: Elaboración propia.*

*Año:2023*

A su vez, se ha calculado la variación de temperatura ( $T_i - T_e$ ). De otros apartados sabemos que la temperatura mínima más desfavorable fue de  $-13.4^\circ\text{C}$  en los últimos años y, por tanto, tomaremos este valor como temperatura exterior. En cuanto a la temperatura interior, escogeremos una temperatura de  $22^\circ\text{C}$  cumpliendo con lo que dicta el RITE, 2007 en las exigencias de calidad térmica del ambiente en el interior de las viviendas. Por ello, esta variación es igual a  $35.4^\circ\text{C}$  en todos los elementos, a excepción del suelo. Este no está en contacto directamente con el exterior, sino con la planta semisótano. La temperatura interior no variará, pero para la temperatura del exterior tomaremos la del terreno que es  $7^\circ\text{C}$ . Esta variación será igual a  $15^\circ\text{C}$ .

El siguiente paso sería aplicar la ecuación vista en [3] y, de esta forma, ya tendríamos calculada la carga de transmisión total.

Posteriormente, se procede al cálculo de carga de ventilación e infiltraciones tanto sensible como latente. Sin embargo, como se podrá ver en los próximos cálculos, el aire de filtraciones será suficiente para cumplir con los mínimos caudales de ventilación reflejados en la Tabla 5 y de esta manera no será necesario diseñar una instalación que requiera de ventilación.

Para el cálculo de la carga de ventilación e infiltraciones sensible, nos centramos únicamente en las superficies que son responsables de las infiltraciones de aire, esto es, la de las puertas y ventanas. Este valor lo multiplicamos por la permeabilidad del hueco, en este caso 27

$\frac{m^3}{(h*m^2)}$  tal y como se comentó anteriormente, y obtenemos el valor del caudal de aire de infiltraciones ( $\dot{V}$ ). El mínimo valor obtenido es de  $59.51 \frac{m^3}{h}$  que son  $16.5 \frac{l}{s}$ . Al ser este valor superior que los caudales mínimos de ventilación establecidos por el CTE, se justifica matemáticamente el hecho de que el caudal de aire de infiltraciones sea más que suficiente.

Seguidamente, calcularemos el caudal másico del aire de ventilación ( $\dot{m}_v$ ) para lo cual necesitaremos el valor de la densidad  $\rho$ . Finalmente, haciendo uso de [5] y sabiendo que  $c_{pm}$  es igual a  $1.025 \frac{J}{kg*K}$  ya habremos calculado la carga de ventilación e infiltraciones sensible.

Por último, para el cálculo de la carga de ventilación e infiltraciones latente haremos uso del caudal másico del aire de ventilación, calculado anteriormente, y se calculará la humedad absoluta del aire interior y exterior.

La humedad absoluta se calculará a partir de la relativa ya que es el dato del que disponemos. La humedad relativa del exterior máxima de Alcobendas, tal y como se comentó, tiene unos valores de humedad relativa anuales entre el 60 y el 65%. Tomaremos un valor medio para el cálculo, es decir, del 62.5%. Por otra parte, la humedad relativa interior en inviernos, según dictamina el RITE en la Tabla 3, está entre el 40% y el 50%. Al igual que en el anterior caso, tomaremos un valor medio, 45%.

El cálculo de la humedad absoluta será el siguiente:

$$W_{rel} = \frac{W_{abs}}{W_{abs,max}} * 100 \quad [11]$$

Por simplificación, únicamente desarrollaremos el procedimiento para obtener la humedad absoluta interior, pero, sería el mismo procedimiento para la exterior, de la cual solo anotaremos su valor.

Como se puede apreciar, se necesita conocer el valor de la humedad absoluta máxima.

$$W_{abs,max} = \frac{P_{V_{H_2O}} * P_{molecular_{H_2O}}}{T * R} \quad [12]$$

Siendo:  $P_{V_{H_2O}}$  la presión de vapor de agua a una determinada temperatura T (atm);

$P_{molecular_{H_2O}}$  el peso molecular del  $H_2O$  (g/mol);

T la temperatura (K); y

R la constante de los gases ideales  $\left(\frac{atm * L}{mol * K}\right)$ .

Introducimos cada uno de los valores y llegaríamos al siguiente resultado:

$$W_{abs,max_{int}} = \frac{0.026114 * 18.01528}{(22 + 273) * 0.08206} = 0.01943 \frac{g}{l} \quad [13]$$

Por último, ya solo quedaría despejar de [11] y obtenemos el resultado:

$$W_{abs_{int}} = W_{rel_{int}} * W_{abs,max_{int}} = 0.45 * 0.01943 = 0.00875 \frac{g}{l} \quad [14]$$

En cuando a la humedad absoluta exterior, quedaría de la siguiente forma:

$$W_{abs_{ext}} = W_{rel_{ext}} * W_{abs,max_{ext}} = 0.625 * 0.00158 = 0.00099 \frac{g}{l} \quad [15]$$

Finalmente, tendrá lugar la aplicación de [6] para obtener el valor de la carga de ventilación e infiltraciones latente.

### 3.4 CONCLUSIÓN

En definitiva, al sumar todas estas cargas de transmisión, de ventilación e infiltraciones, obtenemos la carga térmica total de invierno que es exactamente igual a 15,688.05 W. Prácticamente, toda ella se debe a la carga de transmisión.

---

En el próximo capítulo se calculará la carga térmica de verano. Se seguirá un proceso muy similar a este comenzando con una explicación teórica para, posteriormente, poner en práctica esta teoría con la realización de los cálculos y finalmente, la explicación detallada de estos.

## Capítulo 4. CARGAS TÉRMICAS DE VERANO

En este capítulo se llevará a cabo, en primer lugar, una explicación teórica y detallada sobre los diferentes conceptos y cargas que pueden aparecer en el cálculo de las cargas térmicas de verano, específicamente para la refrigeración de la vivienda durante los meses más calurosos del año. Posteriormente, volveremos a hacer uso del plano de la planta baja de la vivienda para poner en práctica la teoría explicada y, de esta manera, ser capaces de calcular las cargas térmicas de las diferentes zonas de la casa que van a ser climatizadas. Finalmente, se explicarán con mayor detenimiento y profundidad estos cálculos.

### 4.1 EXPLICACIÓN TEÓRICA

Nos adentraremos en la exploración de conceptos cruciales en cuanto a cargas térmicas; no solo se tendrán en cuenta las cargas de transmisión, de ventilación, de infiltraciones e internas de ocupación que ya fueron definidas en el anterior apartado, sino que también se van a tener en cuenta las cargas debidas a la radiación de los muros exteriores, techos y vidrios y la carga interna por iluminación y por aparatos eléctricos. Dicha carga debida a las ventanas y puertas de cristal es superior a la de los muros y techos ya que presentan un alto factor de absorción y eso provocará una transferencia de calor mayor.

La carga térmica de verano total sería, por tanto, la suma de las cargas térmicas sensibles y latentes:

$$\dot{Q}_T = \dot{Q}_S + \dot{Q}_L \quad [16]$$

#### 4.1.1 CARGA TÉRMICA SENSIBLE

##### 4.1.1.1 Carga de ventilación e infiltraciones

$$\dot{Q}_{vs} = \dot{m}_v * c_{pm} * (T_e - T_i) \quad [17]$$

Siendo:  $\dot{Q}_{vs}$  la carga sensible de ventilación e infiltraciones;



$\dot{m}_v$  el caudal másico del aire de ventilación ( $\dot{m} = \rho * \dot{V}$ );

$\rho$  la densidad que suele considerarse  $1.2 \frac{kg}{m^3}$ ;

$c_{pm}$  el calor específico medio del aire igual a  $1.025 \frac{J}{kg * K}$ ;

$T_e$  es la temperatura de diseño al otro lado del cerramiento (°C); y

$T_i$  es la temperatura interior de diseño del local (°C).

#### 4.1.1.2 Carga por radiación solar a través de cristal

La radiación solar atraviesa las superficies traslúcidas y transparentes e incide sobre las superficies interiores del local, calentándolas, lo que a su vez incrementa la temperatura del ambiente interior. Se calcula esta carga como sigue:

$$\dot{Q}_{SR} = S * R * F \quad [18]$$

Donde:  $\dot{Q}_{SR}$  es la carga térmica por radiación solar a través de cristal (W);

S es la superficie traslúcida o acristalada expuesta a la radiación (m<sup>2</sup>);

F es el factor de corrección de la radiación. En ventanas con doble acristalamiento y vidrios con control solar, el factor toma el valor de 0.36 aproximadamente; y

R es la radiación solar que atraviesa la superficie,  $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ , correspondiente a la latitud y orientación del lugar considerado tal y como se muestra a continuación.

	Máximas aportaciones solares R (W/m <sup>2</sup> )								
Latitud	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	HORIZONTAL
norte 40º	45	45	45	107	170	350	448	353	747

Tabla 12: Valores de las máximas aportaciones solares a través de vidrio. Fuente: Manual de Aire Acondicionado de Carrier. Año:2017

#### 4.1.1.3 Carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores

La carga por transmisión y radiación que se transmite a través de las paredes y techos opacos que limitan con el exterior se calcula como sigue:

$$Q_{STR} = K * S * (T_{ec} - T_i) \quad [19]$$

Donde:  $Q_{STR}$  es la carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores (W);

K es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica ( $\frac{W}{m^2 * ^\circ C}$ );

S es la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas ( $m^2$ );

$T_i$  es la temperatura interior de diseño del local ( $^\circ C$ ); y

$T_{ec}$  es la temperatura exterior de cálculo al otro lado del local expuesta al sol ( $^\circ C$ ).

Cabe mencionar que  $T_{ec}$  no es la misma que  $T_e$ . Esta primera será la temperatura de los muros en presencia del sol. Para calcularla, utilizaremos la siguiente expresión:

$$T_{ec} = T_e + \frac{\alpha * R}{h_e} \quad [20]$$

Siendo:  $T_e$  la temperatura exterior ( $^\circ C$ );

$\alpha$  coeficiente de absorción del cerramiento (claros: 0.3, oscuros: 0.9);

R, radiación ( $\frac{W}{m^2}$ ); y

$h_e$  el coeficiente de convección exterior ( $20 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$ ).

---

#### ***4.1.1.4 Carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores***

La carga por transmisión a través de los cerramientos interiores del local que lo limitan con otras estancias del edificio se calcula aplicando la expresión siguiente:

$$Q_{SSR} = K * S * (T_e - T_i) \quad [21]$$

Donde:  $Q_{SSR}$  es la carga por transmisión a través de los cerramientos interiores (W);

K es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica  $\left(\frac{W}{m^2 * ^\circ C}\right)$ ;

S es la superficie del cerramiento interior  $m^2$ ;

$T_e$  es la temperatura de diseño al otro lado del cerramiento ( $^\circ C$ ); y

$T_i$  es la temperatura interior de diseño del local ( $^\circ C$ ).

Cabe destacar que solo se utilizará para calcular la carga de transmisión del suelo, el resto de los cerramientos internos no nos interesan ya que solo nos centramos en aquellos que están en contacto con el exterior o con zonas no climatizadas.

#### 4.1.1.5 Carga de ocupación

La carga por ocupación tiene una componente sensible y otra latente. En la tabla siguiente se indican los valores de calor latente y sensible, en W, desprendido por una persona según la actividad y la temperatura existente en el 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

Tabla 13: Calor latente y sensible desprendido por persona

La expresión para obtener el calor sensible de aporte por la ocupación del local sería la siguiente:

$$\dot{Q}_{SP} = n * C_{sp} \quad [22]$$

Siendo: n es el número de personas que se espera que ocupen el local (7);

$C_{sp}$  es el calor sensible por persona y actividad que realice (W), según la Tabla 13.

Al tratarse de una vivienda, la actividad a considerar será 'Sentado, de pie' y la temperatura es de 24°C cumpliendo con lo establecido en el RITE (Tabla 3). Por ello,  $C_{sp} = 74 W$ .

#### 4.1.1.6 Carga por iluminación

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación interior del hogar se considerará que la potencia íntegra de las lámparas de iluminación se transformará en calor sensible. El cálculo es diferente según el tipo de lámpara:

##### Lámparas incandescentes

$$Q_{S,I_I} = n * Pot_{lámpara} \quad [23]$$

Siendo: n el número de lámparas de tipo incandescentes colocadas.

##### Lámparas de descarga o fluorescentes:

$$Q_{S,I_D} = 1.25 * n * Pot_{lámpara} \quad [24]$$

Siendo: n el número de lámparas fluorescentes colocadas.

Tal y como podemos observar, en el caso de este tipo de lámparas se multiplicará la potencia total de todas las lámparas por 1.25 para considerar el consumo complementario de las reactancias.

La ganancia de carga sensible por iluminación se obtendrá como la suma de las anteriores, pero como la vivienda solo dispone de lámparas leds, la carga sensible por iluminación será igual a la carga de estas únicamente.

#### 4.1.1.7 Carga por aparatos eléctricos

Se considerará que las pérdidas de la maquinaria se transforman íntegramente en calor sensible:

$$Q_{S,ApElecTotal} = n * Q_{S,ApElecUnit} \quad [25]$$

Donde:  $Q_{S,ApElecTotal}$  es la carga térmica total de cada tipo maquinaria (W);

n el número de máquinas de cada tipo presentes en la vivienda; y

$Q_{S,ApElecUnit}$  es la carga térmica desprendida de una maquinaria ( $\frac{W}{\text{número de aparatos}}$ ).

Cabe destacar que estos valores han sido extraídos del Manual de Aire Acondicionado de Carrier.

## 4.1.2 CARGA TÉRMICA LATENTE

### 4.1.2.1 Carga de ventilación e infiltraciones

$$\dot{Q}_{vL} = \dot{m}_v * h_{fgm} * (W_e - W_i) \quad [26]$$

Siendo:  $\dot{Q}_{vL}$  la carga latente de ventilación e infiltraciones;

$h_{fgm}$  el calor latente de evaporación medio del agua ( $h_{fgm} = 2.478 \frac{kJ}{kg}$ );

$W_i$  la humedad absoluta del aire interior; y

$W_e$  la humedad absoluta del aire exterior.

### 4.1.2.2 Carga de ocupación

La expresión para obtener el calor latente de aporte por la ocupación del local sería la siguiente:

$$\dot{Q}_{LP} = n * C_{Lp} \quad [27]$$

Siendo: n es el número de personas que se espera que ocupen el local (7);

$C_{Lp}$  es el calor latente por persona y actividad que realice (W), según la Tabla 13.

Al igual que en el calor sensible, al tratarse de una vivienda, la actividad a considerar será ‘Sentado, de pie’ y la temperatura es de 24°C. Por ello,  $C_{Lp} = 72 W$ .

## 4.2 CÁLCULOS

Realizaremos el cálculo de las cargas térmicas de verano en la planta baja únicamente por el hecho de que es la única planta habitable en todo momento. Se llevará a cabo un estudio de cada una de las habitaciones que se van a climatizar, calculando las cargas térmicas sensibles y latentes.

Cabe destacar que, para llevar a cabo este cálculo, los elementos que se tendrán en cuenta en cada habitación serán aquellos que estén en contacto con el exterior y, por tanto, con alguna zona que no esté climatizada. Un claro ejemplo de lo que no incluiremos en estos cálculos sería la puerta del cuarto de baño que da al interior de un dormitorio, lugar climatizado. El caso contrario sería para, por ejemplo, el suelo y el techo. Este primero está en contacto con la planta semisótano y el segundo con el exterior y por tanto ambos serán recogidos a continuación.

A continuación, se mostrarán los cálculos correspondientes de la carga térmica.

	$S_v + S_p (m^2)$	$\dot{V} = S * 27 \left( \frac{m^3}{h} \right)$	$m_v = \frac{\rho * \dot{V}}{3600} \left( \frac{kg}{s} \right)$	$Q_{vs} = m_v * c_{pm} * (T_e - T_i) (W)$
<b>Cocina</b>	12.35	333.42	0.11	2.13
<b>Salón-Comedor</b>	79.36	2142.83	0.71	13.69
<b>Distribuidor</b>	21.80	588.60	0.20	3.76
<b>Sala de estar</b>				
<b>Pasillo</b>	7.78	210.17	0.07	1.34
<b>Dormitorio 1</b>	12.69	342.52	0.11	2.19
<b>Cuarto de baño 1</b>				
<b>Dormitorio 2</b>	4.24	114.35	0.04	0.73
<b>Cuarto de baño 2</b>	2.89	77.96	0.03	0.50
<b>Dormitorio 3</b>	4.24	114.35	0.04	0.73
<b>Cuarto de baño 3</b>	2.89	77.96	0.03	0.50
<b>Dormitorio 4</b>	4.24	114.35	0.04	0.73
<b>Cuarto de baño 4</b>	2.89	77.96	0.03	0.50
<b>Dormitorio 5</b>	5.01	135.14	0.05	0.86
<b>Cuarto de baño 5</b>				
<b>Cuarto de baño 6</b>	2.20	59.51	0.02	0.38
			<b>TOTAL</b>	<b>28.04</b>

Tabla 14: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones sensibles. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	S (m <sup>2</sup> )	R ( $\frac{W}{m^2}$ )	F	Q <sub>SR</sub> (W)
<b>Cocina</b>				
Puerta cristal ext. SE	12.35	107	0.36	475.68
<b>Salón-Comedor</b>				
Ventana cristal NO	6.78	353	0.36	861.09
Puerta cristal ext. SE	38.56	107	0.36	1485.33
Puerta cristal ext. SO	27.71	350	0.36	3491.96
<b>TOTAL</b>				5838.39
<b>Distribuidor</b>				
Ventana cristal NE	1.74	45	0.36	28.21
Ventana cristal SO	20.06	350	0.36	2527.37
<b>TOTAL</b>				2555.58
<b>Pasillo</b>				
Ventana cristal SE	7.78	107	0.36	299.84
<b>Dormitorio 1</b>				
Ventana cristal SO	9.44	350	0.36	1189.19
Ventana cristal SE	3.25	107	0.36	125.11
<b>TOTAL</b>				1314.30
<b>Dormitorio 2</b>				
Ventana cristal NO	4.24	353	0.36	538.18
<b>Cuarto de baño 2</b>				
Ventana cristal NO	2.89	353	0.36	366.94
<b>Dormitorio 3</b>				
Ventana cristal NO	4.24	353	0.36	538.18
<b>Cuarto de baño 3</b>				
Ventana cristal NO	2.89	353	0.36	366.94
<b>Dormitorio 4</b>				
Ventana cristal NO	4.24	353	0.36	538.18
<b>Cuarto de baño 4</b>				
Ventana cristal NO	2.89	353	0.36	366.94
<b>Dormitorio 5</b>				
Ventana cristal NO	5.01	353	0.36	636.04
<b>Cuarto de baño 6</b>				
Ventana cristal NO	2.20	353	0.36	280.08
			<b>TOTAL</b>	<b>14115.30</b>

Tabla 15: Cálculo de carga por radiación solar a través de cristal. Fuente: Elaboración propia. Año:2023



	S (m <sup>2</sup> )	K ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ )	T <sub>ec</sub> (°C)	ΔT (°C)	Q <sub>STR</sub> (W)
<b>Cocina</b>					
Pared ext. SE	12.14	0.27	44.31	20.31	66.53
Pared ext. SO	4.35	0.27	48.00	24.00	28.19
Pared ext. NE	26.95	0.27	43.38	19.38	140.98
Techo	40.51	0.22	53.91	29.91	266.52
<b>TOTAL</b>					<b>502.22</b>
<b>Salón-Comedor</b>					
Pared ext. SE	6.97	0.27	44.31	20.31	38.20
Pared ext. NE	4.35	0.27	43.38	19.38	22.76
Pared ext. NO	30.88	0.27	48.00	24.00	200.06
Techo	77.45	0.22	53.91	29.91	509.55
Puerta ppal madera	6.31	4.07	44.31	20.31	521.80
<b>TOTAL</b>					<b>1292.37</b>
<b>Distribuidor</b>					
Pared ext. NE	29.14	0.27	43.38	19.38	152.42
Techo	27.67	0.22	53.91	29.91	182.04
<b>TOTAL</b>					<b>334.46</b>
<b>Sala de estar</b>					
Pared ext. NO	10.74	0.27	48.00	24.00	69.59
Techo	17.91	0.22	53.91	29.91	117.83
<b>TOTAL</b>					<b>187.42</b>
<b>Pasillo</b>					
Pared ext. NE	2.70	0.27	43.38	19.38	14.10
Pared ext. SE	24.56	0.27	44.31	20.31	134.62
Techo	18.36	0.22	53.91	29.91	120.79
<b>TOTAL</b>					<b>269.52</b>
<b>Dormitorio 1</b>					
Pared ext. SO	6.66	0.27	47.95	23.95	43.03
Pared ext. SE	37.02	0.27	44.31	20.31	202.97
Techo	25.29	0.22	53.91	29.91	166.39
<b>TOTAL</b>					<b>412.39</b>
<b>Cuarto de baño 1</b>					
Pared ext. NO	27.34	0.27	48.00	24.00	177.09
Pared ext. SO	11.13	0.27	47.95	23.95	71.95
Techo	19.08	0.22	53.91	29.91	125.53
<b>TOTAL</b>					<b>374.57</b>

Tabla 16: Cálculo de cargas por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores I.

Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	S (m <sup>2</sup> )	K ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ )	T <sub>ec</sub> (°C)	ΔT (°C)	Q <sub>STR</sub> (W)
<b>Dormitorio 2</b>					
Pared ext. NO	5.78	0.27	48.00	24.00	37.41
Techo	12.90	0.22	53.91	29.91	84.87
<b>TOTAL</b>					<b>122.28</b>
<b>Cuarto de baño 2</b>					
Pared ext. NO	2.89	0.27	48.00	24.00	18.71
Techo	7.37	0.22	53.91	29.91	48.49
<b>TOTAL</b>					<b>67.20</b>
<b>Dormitorio 3</b>					
Pared ext. NO	5.39	0.27	48.00	24.00	34.92
Techo	12.54	0.22	53.91	29.91	82.50
<b>TOTAL</b>					<b>117.42</b>
<b>Cuarto de baño 3</b>					
Pared ext. NO	2.89	0.27	48.00	24.00	18.71
Techo	7.19	0.22	53.91	29.91	47.30
<b>TOTAL</b>					<b>66.01</b>
<b>Dormitorio 4</b>					
Pared ext. NO	5.78	0.27	48.00	24.00	37.41
Pared ext. NE	4.62	0.27	43.38	19.38	24.17
Techo	12.89	0.22	53.91	29.91	84.80
<b>TOTAL</b>					<b>146.39</b>
<b>Cuarto de baño 4</b>					
Pared ext. NO	2.89	0.27	48.00	24.00	18.71
Techo	7.21	0.22	53.91	29.91	47.44
<b>TOTAL</b>					<b>66.14</b>
<b>Dormitorio 5</b>					
Pared ext. NE	13.86	0.27	43.38	19.38	72.51
Pared ext. SO	4.62	0.27	47.95	23.95	29.88
Pared ext. NO	8.09	0.27	48.00	24.00	52.38
Techo	16.84	0.22	53.91	29.91	110.79
<b>TOTAL</b>					<b>265.55</b>
<b>Cuarto de baño 5</b>					
Pared ext. NE	10.78	0.27	43.38	19.38	56.39
Techo	4.82	0.22	53.91	29.91	31.71
<b>TOTAL</b>					<b>88.10</b>
<b>Cuarto de baño 6</b>					
Pared ext. SO	9.01	0.27	47.95	23.95	58.26
Parde ext. NO	6.07	0.27	48.00	24.00	39.35
Techo	4.33	0.22	53.91	29.91	28.49
<b>TOTAL</b>					<b>126.09</b>

Tabla 17: Cálculo de cargas por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores II. Fuente:

Elaboración propia. Año:2023

Sumando la carga de cada cerramiento vistas en la Tabla 16 y en la Tabla 17 nos quedaría que:

$$Q_{STR} = 4,438.14 W \quad [28]$$

	S (m <sup>2</sup> )	K ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ )	$\Delta T (^{\circ}C)$	$Q_{SSR} (W)$
<b>Cocina</b>				
Suelo	40.51	0.50	-14	-283.57
<b>Salón-Comedor</b>				
Suelo	76.24	0.50	-14	-533.68
<b>Distribuidor</b>				
Suelo	27.67	0.50	-14	-193.69
<b>Sala de estar</b>				
Suelo	17.91	0.50	-14	-125.37
<b>Pasillo</b>				
Suelo	18.36	0.50	-14	-128.52
<b>Dormitorio 1</b>				
Suelo	25.29	0.50	-14	-177.03
<b>Cuarto de baño 1</b>				
Suelo	19.08	0.50	-14	-133.56
<b>Dormitorio 2</b>				
Suelo	12.90	0.50	-14	-90.30
<b>Cuarto de baño 2</b>				
Suelo	7.37	0.50	-14	-51.59
<b>Dormitorio 3</b>				
Suelo	12.54	0.50	-14	-87.78
<b>Cuarto de baño 3</b>				
Suelo	7.19	0.50	-14	-50.33
<b>Dormitorio 4</b>				
Suelo	12.89	0.50	-14	-90.23
<b>Cuarto de baño 4</b>				
Suelo	7.21	0.50	-14	-50.47
<b>Dormitorio 5</b>				
Suelo	16.84	0.50	-14	-117.88
<b>Cuarto de baño 5</b>				
Suelo	4.82	0.50	-14	-33.74
<b>Cuarto de baño 6</b>				
Suelo	4.33	0.50	-14	-30.31
			<b>TOTAL</b>	<b>-2178.05</b>

Tabla 18: Cálculo de cargas por transmisión a través del suelo.

Fuente: Elaboración propia. Año:2023

$n$	$C_{SP} \left( \frac{W}{\text{persona}} \right)$	$Q_{SP} = n * C_{SP} (W)$
7	74	<b>518</b>

Tabla 19: Cálculo de carga de ocupación sensible. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	$n$	$Pot_{\text{lámpara}} \left( \frac{W}{\text{persona}} \right)$	$Q_{S,I_{D/F}} = 1.25 * n * Pot_{\text{lámpara}} (W)$
Cocina	10	12	150
Salón-Comedor	12	12	180
Distribuidor	9	12	135
Sala de estar	4	12	60
Pasillo	4	12	60
Dormitorio 1	5	12	75
Cuarto de baño 1	7	12	105
Dormitorio 2	4	12	60
Cuarto de baño 2	2	12	30
Dormitorio 3	4	12	60
Cuarto de baño 3	3	12	45
Dormitorio 4	4	12	60
Cuarto de baño 4	3	12	45
Dormitorio 5	5	12	75
Cuarto de baño 5	3	12	45
Cuarto de baño 6	5	12	75
		<b>TOTAL</b>	<b>1260</b>

Tabla 20: Cálculo de carga por iluminación sensible. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	n	$Q_{S,ApElecUnit} \left( \frac{W}{\text{número de aparatos}} \right)$	$Q_{S,ApElecTotal} = n * Q_{S,ApElecUnit} (W)$
Televisión	5	40	200
Lavadora	1	300	300
Secadora	1	600	600
Lavavajillas	1	300	300
Horno	1	1040.9	1040.9
Microondas	1	160	160
Frigorífico+Congelador	2	70	140
Vitrocerámica	1	200	200
Aspiradora	1	220	220
Cafetera	1	639.7	639.7
Batidora	1	100	100
Tostadora	1	717.6	717.6
Plancha	1	240	240
Impresora	1	20	20
		<b>TOTAL</b>	<b>4878.1</b>

Tabla 21: Cálculo de carga por aparatos eléctricos sensible. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	$m_v = \frac{\rho * \dot{V}}{3600} \left( \frac{kg}{s} \right)$	$Q_{vL} = m_v * h_{fgm} * (W_e - W_i)(W)$
Cocina	0.11	7.07
Salón-Comedor	0.71	45.44
Distribuidor	0.20	12.48
Sala de estar		
Pasillo	0.07	4.46
Dormitorio 1	0.11	7.26
Cuarto de baño 1		
Dormitorio 2	0.04	2.42
Cuarto de baño 2	0.03	1.65
Dormitorio 3	0.04	2.42
Cuarto de baño 3	0.03	1.65
Dormitorio 4	0.04	2.42
Cuarto de baño 4	0.03	1.65
Dormitorio 5	0.05	2.87
Cuarto de baño 5		
Cuarto de baño 6	0.02	1.26
	<b>TOTAL</b>	<b>93.07</b>

Tabla 22: Cálculo de cargas de ventilación e infiltraciones latentes. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

$n$	$C_{LP} \left( \frac{W}{\text{persona}} \right)$	$\dot{Q}_{LP} = n * C_{LP} (W)$
7	72	<b>504</b>

Tabla 23: Cálculo de carga de ocupación latente. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

Sumando todo, obtenemos la carga térmica de verano:

$$Q_{TOTAL} = \dot{Q}_S + \dot{Q}_L = 23,656.6 \text{ W} \quad [29]$$

### 4.3 EXPLICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

En primer lugar, se ha calculado la carga térmica sensible, empezando por el cálculo de la carga de ventilación e infiltraciones. Como se podrá ver a continuación, el aire de filtraciones será suficiente para cumplir con los mínimos caudales de ventilación reflejados en la Tabla 5 y de esta manera no será necesario diseñar una instalación que requiera de ventilación.

Para el cálculo de la carga de ventilación e infiltraciones sensible, nos centramos únicamente en las superficies que son responsables de las infiltraciones de aire, esto es, la de las puertas y ventanas. Este valor lo multiplicamos por la permeabilidad del hueco, en este caso  $27 \frac{m^3}{(h*m^2)}$  tal y como se comentó anteriormente, y obtenemos el valor del caudal de aire de infiltraciones ( $\dot{V}$ ). El mínimo valor obtenido es de  $59.51 \frac{m^3}{h}$  que son  $16.5 \frac{l}{s}$ . Al ser este valor superior que los caudales mínimos de ventilación establecidos por el CTE, se justifica matemáticamente el hecho de que el caudal de aire de infiltraciones sea más que suficiente.

Seguidamente, calcularemos el caudal másico del aire de ventilación ( $\dot{m}_v$ ) para lo cual necesitaremos el valor de la densidad  $\rho$ . Finalmente, haciendo uso de [17] y sabiendo que  $c_{pm}$  es igual a  $1.025 \frac{J}{kg*K}$  y que el salto térmico es igual a  $18.7^\circ C$ , como se explicará a continuación, ya habremos calculado la carga de ventilación e infiltraciones sensible.

Posteriormente, se ha calculado la *carga por radiación solar a través de cristal*. Por ello, nos centramos únicamente en las ventanas y en las puertas de cristal exteriores. Aplicando la ecuación [18], la superficie de estas será multiplicada por la radiación solar que las atraviesa, el cual varía según su orientación, y por un factor de corrección que tendrá el valor de 0.36 al ser las ventanas y puertas con doble acristalamiento y vidrios con control solar.

El siguiente paso sería aplicar la ecuación vista en [19] y [21] y, de esta forma, calculamos la *carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores* y la *carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores*. Para ello, hemos hecho uso de los coeficientes de transmisión térmica recogidos tanto en Anejo E del CTE en el apartado de *Ahorro de Energía* como en el mismo Manual de Calefacción. Se muestran en la siguiente tabla estos valores para una mejor visualización:

	Transmitancia térmica del elemento $K \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$
Ventanas y puertas de doble acristalamiento	1.1
Puerta de madera	4.07
Suelo de madera	0.5
Muros de hormigón armado	0.27
Cubierta de hormigón armado	0.22

Tabla 24: Valores de transmitancia térmica  $K$ . Fuente: Elaboración propia. Año:2023

A su vez, se ha calculado la variación de temperatura ( $T_e - T_i$ ) y ( $T_{ec} - T_i$ ). Difiere de la carga térmica de invierno ya que en verano el flujo de calor se da desde el exterior de la vivienda hacia su interior. De otros apartados sabemos que la temperatura máxima más desfavorable fue de 42.7°C en los últimos años y, por tanto, tomaremos este valor como temperatura exterior ( $T_e$ ). En cuanto a la temperatura interior, escogeremos una temperatura de 24°C cumpliendo con lo que dicta el RITE, 2007 en las exigencias de calidad térmica del ambiente en el interior de las viviendas. Por ello, esta variación es igual a 18.7°C en todos los elementos, a excepción del suelo. Este no está en contacto directamente con el exterior, sino con la planta semisótano. La temperatura interior no variará, pero para la temperatura del exterior tomaremos la del terreno que es 10°C en verano. Esta variación ( $T_e - T_i$ ) será

igual a  $-14^{\circ}\text{C}$ . La carga térmica del suelo en verano será, por tanto, negativa, es un calor perdido.

En cuanto al cálculo de  $T_{ec}$  utilizaremos la expresión vista en [20]. Al depender de la R, irá variando en función de la orientación de cada elemento.

$$\text{SE} \quad T_{ec} = T_e + \frac{\alpha * R}{h_e} = 42.7 + \frac{0.3 * 107}{20} = 44.31 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad [30]$$

$$\text{SO} \quad T_{ec} = T_e + \frac{\alpha * R}{h_e} = 42.7 + \frac{0.3 * 350}{20} = 47.95 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad [31]$$

$$\text{NE} \quad T_{ec} = T_e + \frac{\alpha * R}{h_e} = 42.7 + \frac{0.3 * 45}{20} = 43.38 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad [32]$$

$$\text{NO} \quad T_{ec} = T_e + \frac{\alpha * R}{h_e} = 42.7 + \frac{0.3 * 353}{20} = 47.995 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad [33]$$

$$\text{TECHO} \quad T_{ec} = T_e + \frac{\alpha * R}{h_e} = 42.7 + \frac{0.3 * 747}{20} = 53.91 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad [34]$$

En cuanto a las cargas internas sensibles se encuentra, en primer lugar, la *carga de ocupación*, en la que simplemente se aplicará [22] siendo  $C_{SP}$  igual a 74W según la Tabla 13 y, 7 el número de personas que se esperan en la vivienda. Seguidamente, calculamos tanto la *carga por iluminación* como la *carga por aparatos eléctricos* que es tan sencillo como la aplicación de [24] y [25].



En segundo lugar, se ha calculado la *carga térmica latente*, que incluye tanto la *carga de ventilación e infiltraciones* como la carga de ocupación. Para el cálculo de esta primera, haremos uso del caudal másico del aire de infiltraciones, calculado anteriormente, y se calculará la humedad absoluta del aire interior y exterior.

La humedad absoluta se calculará a partir de la relativa ya que es el dato del que disponemos. La humedad relativa del exterior máxima de Alcobendas, tal y como se comentó, tiene unos valores de humedad relativa anuales entre el 60 y el 65%. Tomaremos un valor medio para el cálculo, es decir, del 62.5%. Por otra parte, la humedad relativa interior en verano, según dictamina el RITE en la Tabla 3, está entre el 45% y el 60%. Al igual que en el anterior caso, tomaremos un valor medio, 52.5%.

El cálculo de la humedad absoluta será el siguiente:

$$W_{rel} = \frac{W_{abs}}{W_{abs,max}} * 100 \quad [35]$$

Por simplificación, únicamente desarrollaremos el procedimiento para obtener la humedad absoluta interior, pero, sería el mismo procedimiento para la exterior, de la cual solo anotaremos su valor.

Como se puede apreciar, se necesita conocer el valor de la humedad absoluta máxima.

$$W_{abs,max} = \frac{P_{V_{H_2O}} * P_{molecular_{H_2O}}}{T * R} \quad [36]$$

Siendo:  $P_{V_{H_2O}}$  la presión de vapor de agua a una determinada temperatura T (atm);

$P_{molecular_{H_2O}}$  el peso molecular del  $H_2O$  (g/mol);

T la temperatura (K); y

R la constante de los gases ideales ( $\frac{atm * L}{mol * K}$ ).

Introducimos cada uno de los valores y llegaríamos al siguiente resultado:

$$W_{abs,max_{int}} = \frac{0.0294671 * 18.01528}{(24 + 273) * 0.08206} = 0.02178 \frac{g}{l} \quad [37]$$

Por último, ya solo quedaría despejar de [35] y obtenemos el resultado:

$$W_{abs_{int}} = W_{rel_{int}} * W_{abs,max_{int}} = 0.525 * 0.02178 = 0.01144 \frac{g}{l} \quad [38]$$

En cuando a la humedad absoluta exterior, quedaría de la siguiente forma:

$$W_{abs_{ext}} = W_{rel_{ext}} * W_{abs,max_{ext}} = 0.625 * 0.05937 = 0.03711 \frac{g}{l} \quad [39]$$

Finalmente, tendrá lugar la aplicación de [26] para obtener el valor de la carga de ventilación e infiltraciones latente.

En cuanto a la *carga de ocupación latente*, simplemente se aplicará [27] siendo  $C_{LP}$  igual a 72W según la Tabla 13 y 7 el número de personas que se esperan en la vivienda.

#### **4.4 CONCLUSIÓN**

En definitiva, al sumar todas estas cargas mencionadas en este capítulo, obtenemos la carga térmica total de verano que es exactamente igual a 23,656.6 W. Cabe destacar que, a diferencia del cálculo de cargas térmicas en invierno, en verano no se desprecian las cargas internas.

En el próximo capítulo se procederá al cálculo de la carga térmica de la piscina. Se seguirá un proceso muy similar a este comenzando con una explicación teórica para, posteriormente, poner en práctica esta teoría con la realización de los cálculos. Finalmente, se explicarán en detalle los cálculos realizados.

## Capítulo 5. CARGAS DE LA PISCINA

En este capítulo se llevará a cabo, en primer lugar, una explicación teórica y detallada sobre los diferentes conceptos y cargas que pueden aparecer en el cálculo de las cargas térmicas de la piscina. Posteriormente, pondremos en práctica la teoría explicada y, de esta manera, seremos capaces de calcular las cargas térmicas de la piscina que va a ser climatizada. Finalmente, se explicarán con mayor detenimiento y profundidad estos cálculos.

### 5.1 EXPLICACIÓN TEÓRICA

Nos adentraremos en la exploración de conceptos cruciales en cuanto a cargas térmicas de piscinas; se comentará la carga por evaporación, por convección, por radiación, por iluminación, por aparatos eléctricos y la carga por conducción.

La carga térmica de la piscina total sería, por tanto, la suma de todas ellas:

$$Q_{Piscina} = Q_{evap} + Q_{conv} + Q_{rad} + +Q_{ilu} + Q_{motores} + Q_{conduc} \quad [40]$$

En los siguientes subapartados se procederá a describir cada una de las pérdidas de calor individualmente.

#### 5.1.1 CARGA POR EVAPORACIÓN

Esta carga es la más relevante en una piscina exterior. Depende de la velocidad del viento, de la diferencia entre la presión de vapor saturado a la temperatura de la superficie de la piscina y a la temperatura del aire y de la superficie de lámina de agua de la piscina ( $5 * 12.6 \text{ m}^2$ ). Se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_{evap}(W) = S_{lámina\ agua} * h_{evap} * (P_{v,sat} - P_{v,amb}) \quad [41]$$

Siendo:  $S_{lámina\ agua}$  la superficie de lámina de agua de la piscina ( $\text{m}^2$ );

$h_{evap}$  el coeficiente de transferencia de calor por evaporación ( $\frac{W}{\text{m}^2 * Pa}$ );

$P_{v,sat}$  la presión de vapor saturado a la temperatura de la superficie de la piscina (Pa);

$P_{v,amb}$  la presión de vapor saturado a la temperatura del aire (Pa).

El efecto de la velocidad de viento se incluye en la fórmula en el coeficiente de transferencia de calor por evaporación. Este se calculará mediante una función empírica dependiente de la velocidad de viento media mensual.

$$h_{evap} = a + b * v^n \quad [42]$$

Siendo:  $v$  la velocidad de viento media mensual (m/s); y

$a$ ,  $b$  y  $n$  son unas constantes que varían según qué método se escoja para el cálculo.

Los métodos que se han considerado son los siguientes:

Método	a ( $W/m^2 * Pa$ )	b( $W * s/m^3 * Pa$ )	b ( $W * s^{1/2}/m^{5/2} * Pa$ )	n
McMillan/Woolley	0,036	0,025	-	1
ISO TC 180	0,0506	0,0669	-	1
Richter	0,0423	-	0,0565	0,5
Smith	0,0638	0,0669	-	1
ASHRAE	0,089	0,0782	-	1
Rohwer	0,085	0,0508	-	1
Lam	0,0408	0,0428	-	1

Tabla 25: Métodos de cálculo del coeficiente de evaporación. Fuente: TFG Cigudosa Antoñanzas, Juan. Año:2019

Entre todos ellos, hemos optado por el método de Smith. Los valores de esta ecuación se obtuvieron experimentalmente en una piscina al aire libre ubicada en la Universidad Estatal de Colorado en Fort Collins, Estados Unidos, en el hemisferio norte a una latitud de 40.573049°, muy próxima a la de Alcobendas (40.524014°). Cabe destacar que también tiene en cuenta las pérdidas de calor debido a la evaporación causada por el movimiento del agua generado por los bañistas. Este modelo es, por tanto, el más adecuado para las condiciones del proyecto.

### 5.1.2 CARGA POR CONVECCIÓN

Las cargas por convección, al igual que las de evaporación, están principalmente influenciadas por la velocidad del viento. Esta variable se tomará en consideración mediante el coeficiente de convección. Además, estas pérdidas dependen de la superficie del agua en la piscina y de la diferencia de temperaturas entre el agua y el aire. Para calcularla, se empleará la siguiente fórmula:

$$Q_{Conv}(W) = S_{lámina\ agua} * h_{Conv} * (T_{piscina} - T_{amb}) \quad [43]$$

Siendo:  $S_{lámina\ agua}$  la superficie de lámina de agua de la piscina ( $m^2$ );

$h_{Conv}$  el coeficiente de transferencia de calor por convección ( $\frac{W}{m^2 * K}$ );

$T_{piscina}$  la temperatura de la superficie de la piscina (K); y

$T_{amb}$  la temperatura del aire (K).

El efecto de la velocidad de viento se incluye en la fórmula en el coeficiente de transferencia de calor por convección. Este se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$h_{Conv} = c + d * v \quad [44]$$

Siendo:  $v$  la velocidad de viento media mensual (m/s); y

$c$  y  $d$  son constantes que varían según qué método se escoja para el cálculo.

Los métodos que se han considerado son los siguientes:

Método	$c (W/m^2 * K)$	$d(W * s/m^3 * K)$
Lam	2,8	3
Ruiz	3,1	4,1

Tabla 26: Métodos de cálculo del coeficiente de convección. Fuente: TFG Cigudosa Antoñanzas, Juan. Año:2019

Entre estos dos métodos, hemos optado por el método de Ruiz. Para el cálculo fuera riguroso habría que haber escogido el modelo de Lam también para el coeficiente de evaporación y como no ha sido ese el caso, descartamos el método de Lam.

### 5.1.3 CARGA POR RADIACIÓN

Las pérdidas por radiación se producen debido al intercambio de radiación infrarroja del agua con el ambiente. Para determinar su valor se empleará la siguiente ecuación que se corresponde con la ecuación de Stefan-Boltzmann:

$$\dot{Q}_{Rad}(W) = S_{lámina\ agua} * \sigma * \varepsilon_{agua} * (T_{piscina}^4 - T_{amb}^4) \quad [45]$$

Siendo:  $S_{lámina\ agua}$  la superficie de lámina de agua de la piscina ( $m^2$ );

$\sigma$  la constante de Stefan-Boltzmann ( $5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4}$ );

$\varepsilon_{agua}$  la emisividad del agua (0.95);

$T_{piscina}$  la temperatura de la superficie de la piscina (K); y

$T_{amb}$  la temperatura del aire (K).

### 5.1.4 CARGA POR ILUMINACIÓN

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación interior de la piscina se considerará que la potencia íntegra de las lámparas de iluminación se transformará en calor sensible. El cálculo es diferente según el tipo de lámpara:

#### Lámparas incandescentes

$$\dot{Q}_{S,I_l} = n * Pot_{lámpara} \quad [46]$$

Siendo: n el número de lámparas de tipo incandescentes colocadas.

#### Lámparas de descarga o fluorescentes:

$$Q_{S,I_{D/F}} = 1.25 * n * Pot_{lámpara} \quad [47]$$

Siendo: n el número de lámparas fluorescentes colocadas.

Tal y como podemos observar, en el caso de este tipo de lámparas se multiplicará la potencia total de todas las lámparas por 1.25 para considerar el consumo complementario de las reactancias.

La ganancia de carga sensible por iluminación se obtendrá como la suma de las anteriores, pero como la piscina solo dispone de lámparas leds, la carga sensible por iluminación será igual a la carga de estas únicamente.

### 5.1.5 CARGA POR MOTORES

Se considerará que el 20% de la potencia del motor eléctrico se disipa en calor. Por ello, la energía disipada es la siguiente:

$$Q_{motores} = (W_{motor}) * t * 0.2 * \frac{1}{24} \quad [48]$$

Donde:  $Q_{motores}$  es la carga térmica total disipada por los motores (W);

$t$  el número de horas de funcionamiento de cada motor al día (h); y

$W_{motor}$  es la potencia de cada motor (W).

La carga térmica total, en este caso, es igual a la correspondiente de la depuradora ya que es la única máquina a tener en cuenta en la piscina.

### 5.1.6 CARGA POR CONDUCCIÓN

Las pérdidas por conducción son las pérdidas producidas por el contacto del agua de la piscina con las paredes y el fondo de esta, los cuales se encuentran a menor temperatura. No se tendrán en cuenta estas pérdidas ya que su valor es despreciable frente al de las descritas anteriormente.

## 5.2 CÁLCULOS

A continuación, se mostrarán los cálculos correspondientes de la carga térmica de la piscina.

	$S_{lámina\ agua} (m^2)$	$h_{evap} \left( \frac{W}{m^2 * Pa} \right)$	$(P_{v,sat} - P_{v,amb})(Pa)$	$\dot{Q}_{evap} (W)$
<b>Piscina</b>	63	0.271	358.77	6115
			<b>TOTAL</b>	<b>6115</b>

Tabla 27: Cálculo de carga por evaporación. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	$S_{lámina\ agua} (m^2)$	$h_{conv} \left( \frac{W}{m^2 * K} \right)$	$(T_{piscina} - T_{amb})(K)$	$\dot{Q}_{conv} (W)$
<b>Piscina</b>	63	15.770	1.45	1441
			<b>TOTAL</b>	<b>1441</b>

Tabla 28: Cálculo de carga por convección. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	$S_{lámina\ agua} (m^2)$	$\sigma \left( \frac{W}{m^2 * K^4} \right)$	$\epsilon_{agua}$	$(T_{piscina}^4 - T_{amb}^4)(K^4)$	$\dot{Q}_{Rad} (W)$
<b>Piscina</b>	63	5.67E-08	0.95	152372200.68	517
				<b>TOTAL</b>	<b>517</b>

Tabla 29: Cálculo de carga por radiación. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

	$n$	$Pot_{lámpara} \left( \frac{W}{persona} \right)$	$Q_{S,I_{D/F}} = 1.25 * n * Pot_{lámpara} (W)$
<b>Piscina</b>	4	12	60
		<b>TOTAL</b>	<b>60</b>

Tabla 30: Cálculo de carga por iluminación. Fuente: Elaboración propia. Año:2023



	t	$W_{motor}(W)$	$Q_{motores} = (W_{motor}) * t * 0.2 * \frac{1}{24}$
<b>Depuradora</b>	10	735	61
		<b>TOTAL</b>	<b>61</b>

Tabla 31: Cálculo de cargas por motores. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

Sumando todo quedaría:

$$Q_{TOTAL} = Q_{evap} + Q_{conv} + Q_{Rad} + +Q_{ilu} + Q_{motores} = 8,194 W \quad [49]$$

### 5.3 EXPLICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

En primer lugar, se ha calculado la carga por evaporación. Para ello, debemos conocer la superficie de lámina de agua de la piscina. Este dato es fácil de conseguir, se obtiene directamente de las dimensiones de la piscina que son (12.6\*5). Además, debemos conocer el coeficiente de transferencia de calor por evaporación. Para ello, necesitamos la velocidad de viento media mensual en m/s. Se ha obtenido gracias a los datos registrados de velocidad de AEMET en los últimos años. Esta es igual a 3.09 m/s. Por último, debemos conocer la presión de vapor saturado a la temperatura de la superficie de la piscina y la presión de vapor saturado a la temperatura del aire. Esto también resulta bastante sencillo si se conocen dichas temperaturas.

Cabe destacar que el RITE establece que la temperatura del agua de una piscina climatizada debería variar con el uso, es decir, con la actividad metabólica de los bañistas. Se puede ver la clasificación a continuación:

Uso principal		Temperatura del agua (°C)
Público	recreo	25
	chapoteo	24
	enseñanza	25
	entrenamiento	26
	competición	24
Privado		25/26

Tabla 32: Temperatura del agua de la piscina en función del uso. Fuente: RITE. Año:2021

Por ello, para que cumpla con la normativa, la temperatura de la piscina privada se ha decidido que va a ser 25°C.

Por otro lado, en cuanto a la temperatura del ambiente se ha cogido la media de las temperaturas mínimas absolutas (situación más desfavorable) de los meses en los que queremos climatizar, agosto y septiembre, de los últimos años 2019-2022. Esta es igual a 23.55°C.

Una vez conocidas las temperaturas, se calcula la presión de vapor saturado a la temperatura de la superficie de la piscina y a la temperatura del aire.

Por último, se pueden calcular las cargas por evaporación haciendo uso de [41].

Posteriormente, se han calculado las cargas de convección y radiación aplicando [43] y [45], respectivamente.

Finalmente, la carga por iluminación se calcula a partir de [47] y para la carga por motores se hace uso de [48]. Destacamos que la potencia del motor es de 1 CV y se depura 10 horas diarias.

## **5.4 CONCLUSIÓN**

Se concluye, por tanto, que la carga térmica de la piscina es igual a 8,194 W.

En el próximo capítulo se seleccionará el sistema para la climatización tanto de la vivienda como de la piscina. Para ello, como ya sabemos, son necesarias también las cargas térmicas de invierno y de verano. Resumimos todas las cargas a continuación:

$$Q_{T-VERANO} = 23,656.6 \text{ W} \quad [50]$$

$$Q_{T-INVIERNO} = 15,688.05 \text{ W} \quad [51]$$

$$Q_{T-PISCINA} = 8,194 \text{ W} \quad [52]$$

## Capítulo 6. SISTEMA EMPLEADO

### 6.1 EN LA VIVIENDA

El sistema propuesto para satisfacer las necesidades de climatización en la vivienda es muy eficiente, consume menos que otras opciones equivalentes y desempeña un papel crucial en la disminución de la huella de carbono y la preservación del medio ambiente. Se conoce como la aerotermia y consiste en un sistema de bomba de calor impulsado por la electricidad. Estas bombas de calor, en el caso de la calefacción, extrae el calor del aire exterior, incluso cuando la temperatura es muy baja. Estas contienen un refrigerante que circula por un circuito cerrado. El refrigerante absorbe el calor del aire exterior y se evapora, transformándose en gas. Luego, este gas se comprime, lo que aumenta su temperatura. El calor resultante se transfiere al sistema de calefacción de la vivienda, ya sea a través de radiadores, suelo radiante o un sistema de aire acondicionado reversible. En el modo de refrigeración, el sistema de aerotermia funciona de manera similar, pero invierte el proceso. La bomba de calor extrae el calor del aire interior de la vivienda y lo transfiere al aire exterior, enfriando así el espacio interior. En las siguientes imágenes se pueden observar los ciclos de invierno y verano llevado a cabo por las bombas de calor.

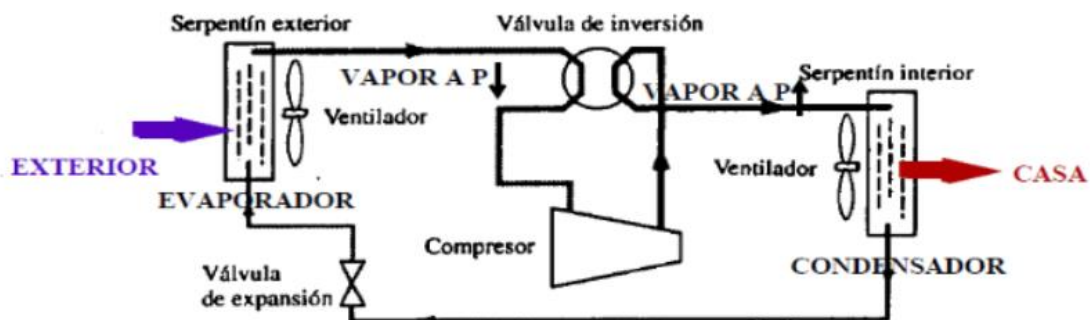


Ilustración 15: Esquema bomba de calor con circuito refrigerante en invierno. Fuente: efENERGIA. Año:2019

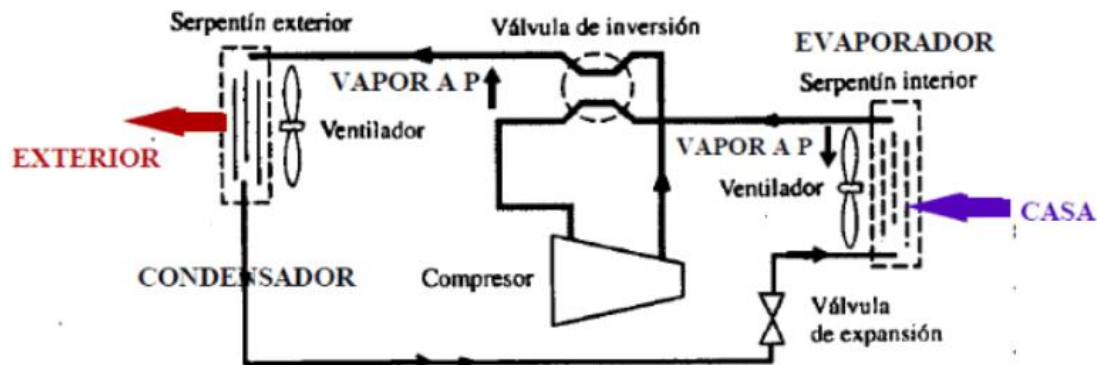


Ilustración 16: Esquema bomba de calor con circuito refrigerante en verano. Fuente: efENERGÍA. Año:2019

La efectividad de este sistema se ve directamente relacionado con los índices COP<sup>1</sup> y EER<sup>2</sup> ya que mientras mayor sean estos valores, mayor será la eficiencia energética del equipo. El COP es la relación de la potencia (kW) que consume la máquina en cuestión, y la potencia calorífica (de nuevo en kW) que es capaz de suministrar. Por ejemplo, si una bomba de calor aerotérmica tiene un COP de 3, quiere decir que por cada kW de energía eléctrica que consume, es capaz de ofrecernos 3 kW de energía térmica, es decir, nosotros pagamos 1/3 parte de la energía que obtenemos. Por otra parte, el EER es la relación de la potencia (kW) que consume la máquina en cuestión, y la potencia de refrigeración (de nuevo en kW) que es capaz de suministrar. Por ejemplo, si una bomba de calor aerotérmica tiene un EER de 4, quiere decir que por cada kW de energía eléctrica que consume, es capaz de ofrecernos 4 kW de energía térmica, es decir, nosotros pagamos 1/4 parte de la energía que obtenemos.

Era necesario realizar el cálculo de las cargas térmicas tanto invernales como veraniegas previamente ya que los dispositivos que van a ser seleccionados para climatizar la vivienda deben proporcionar esta potencia térmica total. Por este motivo, elegimos los siguientes dos sistemas, uno de aerotermia y otro de aire acondicionado:

<sup>1</sup> De sus siglas en inglés: Coefficient of Performance (coeficiente de rendimiento)

<sup>2</sup> De sus siglas en inglés: Energy Efficiency Ratio (factor de eficiencia energética)

Unidad interior hidráulica:  
WGYG160DJ6 / [Trifásica]  
WGYK170DJ9

Unidad exterior:  
WOYG160LJL [Trifásica]  
WOYK150LJL / WOYK170LJL



Unidad interior  
hidráulica  
Monofásica/  
Trifásica



Unidad exterior  
Monofásica 16 kW  
Trifásica 15/17 kW

### Especificaciones

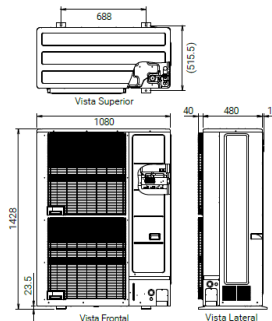
Modelo	Unidad interior hidráulica	Unidad exterior	WGYG160DJ6	WGYK170DJ9	WGYK170DJ9			
Código			WOYG160LJL	WOYK150LJL	WOYK170LJL			
			31VF8060	31VF8065	31VF8070			
<b>Rango de potencia</b>								
			16	15	17			
Calefacción por suelo radiante 7°C/35°C <sup>1)</sup>	Potencia Calorífica	kW	16,00	15,00	17,00			
	Potencia absorbida		3,86	3,46	4,10			
	ODP		4,15	4,33	4,15			
Calefacción por suelo radiante 2°C/35°C <sup>1)</sup>	Potencia Calorífica	kW	13,30	13,20	13,50			
	Potencia absorbida		4,25	4,06	4,27			
	ODP		3,13	3,25	3,16			
Calefacción por suelo radiante -7°C/35°C <sup>1)</sup>	Potencia Calorífica	kW	14,50	13,20	15,00			
	Potencia absorbida		5,27	4,55	5,32			
	ODP		2,75	2,90	2,82			
Calefacción fancoils 7°C/45°C <sup>1)</sup>	Potencia Calorífica	kW	15,67	14,50	16,83			
	Potencia absorbida		4,73	4,35	4,94			
	ODP		3,31	3,34	3,41			
Refrigeración panel-suelo refrescante 35°C/18°C <sup>2)</sup>	Potencia frigorífica	kW	14,00	14,00	14,50			
	Potencia absorbida		5,15	4,66	5,05			
	EER		2,72	3,00	2,87			
Refrigeración fancoils 35°C/7°C <sup>2)</sup>	Potencia frigorífica	kW	8,50	8,50	9,00			
	Potencia absorbida		4,34	4,11	4,39			
	EER		1,96	2,07	2,05			
<b>Datos Calefacción<sup>1)</sup></b>								
Temperatura de producción de agua caliente	°C		55	35	55	35	55	35
Clase de eficiencia energética			A++	A++	A++	A++	A++	A++
Potencia calorífica nominal (P <sub>nom</sub> )	kW		14	16	16	17	18	
Eficiencia energética estacional de calefacción de espacios (η <sub>se</sub> )	%		125	163	130	164	130	161
Consumo energético anual	kWh		8.757	8.014	9.915	8.606	10.232	9.059
Nivel de potencia sonora	dB (A)	Unidad interior hidráulica	45	45	45	45	45	
		Unidad exterior	67	66	67	66	67	
<b>Datos ACS<sup>2)</sup></b>								
Perfil de carga					L			
Clase de eficiencia energética					A			
Eficiencia energética (η <sub>wh</sub> )	%				109			
Consumo energético anual	kWh				941			
<b>Especificaciones de la unidad interior hidráulica</b>								
Alimentación Eléctrica			Monofásica, 230 V, 50 Hz		Trifásica, -400 V, 50 Hz			
Dimensiones (Al x An x Pr)	mm				1.841 x 648 x 698			
Peso (neto)	kg				166			
Caudal de agua	L/min		26,4/57,8		24,0/54,2			
Capacidad neta de acumulación de ACS	L				190			
Potencia de la resistencia de apoyo	kW				1,5			
Capacidad del acumulador de inercia	L				25			
Capacidad del vaso de expansión	L				12			
Temperatura máxima de salida de agua	Máx. °C				60			
Diámetro de las conexiones hidráulicas	Impulsión/Retorno	mm			9,52 (3/8")			
Diámetro de las conexiones de ACS		mm			15,88 (5/8")			
Resistencia eléctrica de apoyo	Potencia	kW	6,0 (3,0 kW x 2 piezas)		9,0 (3,0 kW x 3 piezas)			
<b>Especificaciones de la unidad exterior</b>								
Alimentación Eléctrica			Monofásica, 230 V, 50 Hz		Trifásica, -400 V, 50 Hz			
Intensidad	Máx. A		28,0		14,0			
Dimensiones (Al x An x Pr)	mm		1.428 x 1.080 x 480		1.428 x 1.080 x 480			
Peso (neto)	kg		137		138			
Refrigerante	Tipo (potencial de calentamiento global)		R410a (2.088)		R410a (2.088)			
	Carga	kg	3,80		3,80			
Cantidad de carga de refrigerante adicional		g/m	50		50			
Conexiones frigoríficas	Diámetro	Líquido	mm / pulgada	9,52 (3/8")		9,52 (3/8")		
		Gas		15,88 (5/8")		15,88 (5/8")		
	Longitud	Min./Max.	m	5/30		5/30		
	Longitud (precargo)		m	15		15		
	Diferencia de altura	Máx.	m	25/15 (Unidad exterior: superior/inf)		25/15 (Unidad exterior: superior/inf)		
Rango de funcionamiento (Ta Exterior)	Calefacción	°C	-25 / 35		-25 / 35			

<sup>1)</sup> Los valores de potencia entregada absorbida y eficiencia se basan en el ensayo de la norma EN14511. Se muestra la temperatura exterior/temperatura de impulsión del agua para un salto térmico de 5°C. Las condiciones ambiente y de funcionamiento y control de las unidades pueden causar discrepancias entre los valores determinados en la práctica y estos valores.

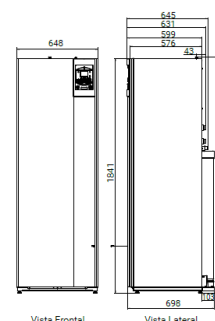
<sup>2)</sup> Toda la información ERP puede estar disponible para su descarga en [www.fujitsu-general.com/global/support/download/search/](http://www.fujitsu-general.com/global/support/download/search/)

### Dimensiones

Unidad exterior:  
Monofásica: WOYG160LJL  
Trifásica: WOYK150LJL/WOYK170LJL



Unidad interior hidráulica:  
Monofásica: WGYG160DJ6  
Trifásica: WGYK170DJ9





**Daikin ADEQS125C Aire Acondicionados Conductos**

Marca Daikin  
Referencia 050200154

Aire acondicionado por conductos Daikin ADEQS125C, Potencia de 12,1 Kw en frío y 13,5 Kw en calor, equivalente a 10.406 frigorías (Kcal/h). Para viviendas de 150m2 aprox. Consumo medio de 3,89 Kw/hora en frío y 3,74 Kw/hora en calor. Tecnología inverter. Mando de control incluido con temporizador



DESCUBRE EL MODELO NUEVO

2.725,00 € Impuestos incluidos

CONJUNTOS DE CONDUCTOS				ADEQS100C	ADEQS125C
Capacidad	Refrigeración	Nominal	W	9.500	12.100
	Calefacción	Nominal	W	10.800	13.500
Consumo	Refrigeración	Nominal	W	2.959	3.890
	Calefacción			2.992	3.735
Conexiones	Líquido		mm	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")
	Gas		mm	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")
Alimentación eléctrica				I / 220V	I / 220V
Nº hilos de interconexión				3 + T	3 + T
SEER / SCOP	Refrigeración / Calefacción			5,10 / 3,81	-
Etq. efic. estac.	Refrigeración / Calefacción			A / A	-
Carga de diseño (Pdesign)	Refrigeración		kW	9,5	-
	Calefacción (-10°C)			7,6	-
Consumo energía anual estacional	Refrigeración		kWh	616	-
	Calefacción			2.793	-
UNIDADES INTERIORES DE CONDUCTOS				ADEQ100C	ADEQ125C
Caudal de aire	Refrigeración	(A/B)	m³/min	29 / 23	34 / 25
	Calefacción			29 / 23	34 / 25
Presión disponible	Nominal / Alta		Pa	40 / 150	50 / 150
Velocidades del ventilador				Nº 3	3
Dimensiones	Alto			mm 245	245
	Ancho			mm 1.400	1.400
	Fondo			mm 800	800
Peso				Kg 46,0	46,0
Presión sonora	Refrigeración	(A/B)	dBA	34 / 30	37 / 32
	Calefacción			36 / 30	38 / 32
UNIDADES EXTERIORES				AZQS100B8V1	AZQS125B8V1
Caudal de aire	Refrigeración EFI	Nom.	m³/min	76	77
	Refrigeración ECO	Nom.	m³/min	55	55
	Calefacción EFI	Nom.	m³/min	83	83
	Calefacción ECO	Nom.	m³/min	55	55
Tipo de compresor				SWING	SWING
Refrigerante R-410A	kg / TCO <sub>2</sub> eq / PCA			2,9 / 6,1 / 2.087,5	2,9 / 6,1 / 2.087,5
Dimensiones	Alto			mm 990	990
	Ancho			mm 940	940
	Fondo			mm 320	320
Peso				Kg 72,8	74,3
Presión sonora	Refrigeración	(Nom./SB)	dBA	53 / 49	54 / 49
	Calefacción	(Nom./SB)	dBA	57 / 49	58 / 49
Nivel de potencia acústica				dBA 70	71
Carga de refrigerante para				m 30	30
MODELO				ADEQS100C	ADEQS125C
Longitud máxima de tubería (L)				m 50 (70 equiv.)	50 (70 equiv.)
Diferencia de nivel máxima (H)				m 30	30

Ilustración 18: Máquina aire acondicionado elegida para la climatización de la casa. Fuente: Daikin.

Año:2023

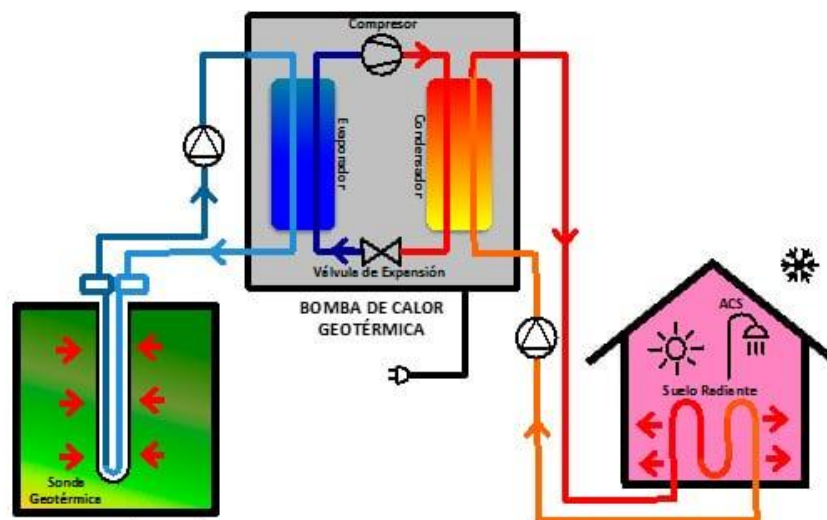
No era posible satisfacer la potencia térmica total, en especial la de refrigeración, con el sistema de aerotermia simplemente y de ahí, el hecho de instalar el sistema de aire acondicionado.

Sin embargo, en la vivienda ya se encuentra instalado otro sistema, considerado energía renovable al igual que la aerotermia, conocido como la geotermia.

La geotermia es la energía que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra. A través del empleo de bombas de calor y un intercambiador, se logra transferir la temperatura del suelo hacia las viviendas o lo que es lo mismo, se interacciona entre un foco frío y un foco caliente. Durante el invierno, la bomba extrae el calor del terreno y lo libera en el edificio, mientras que en verano se invierte el proceso: la bomba absorbe el calor del edificio y lo transfiere al suelo. El sistema térmico requiere de un fluido para transportar el calor de la Tierra. Viéndolo más en detalle:

### Modo calefacción

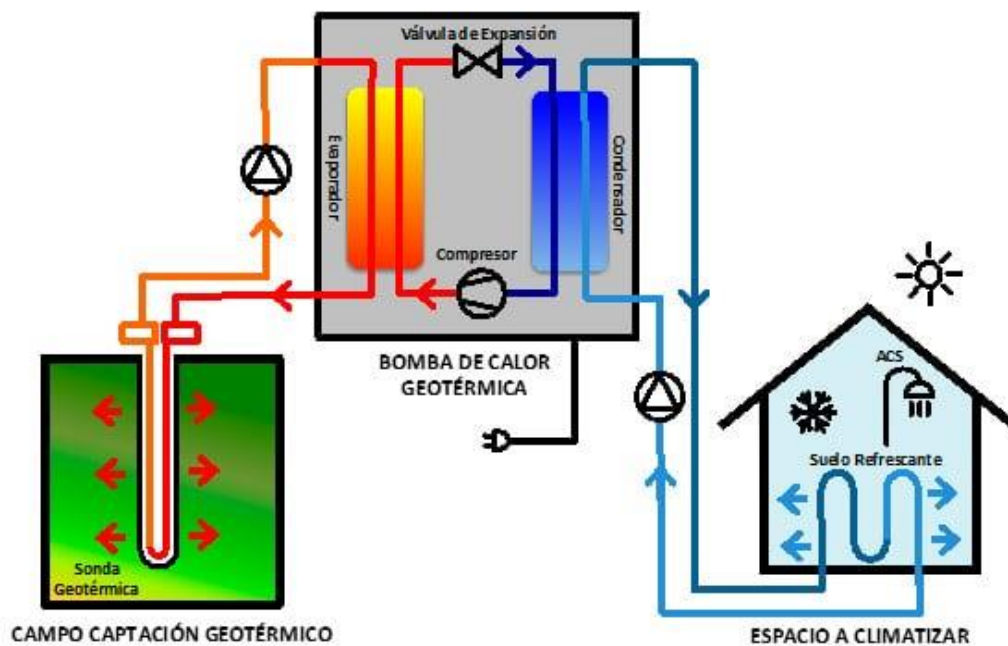
El evaporador capta calor del foco frío, el terreno. El condensador cede calor al foco caliente, que es el espacio a climatizar para lo que se dispone otro circuito cerrado por el que circula agua (suelo radiante, fan-coils...).



*Ilustración 19: Modo calefacción de la bomba de calor geotérmica. Fuente: Geotermia Vertical. Año:2018*

### Modo refrigeración

Cuando la bomba de calor geotérmica está produciendo frío se invierte su funcionamiento. El evaporador realiza el intercambio con el foco frío, los circuitos de distribución interior (suelo refrescante, fan coils) y el condensador realiza el intercambio con el foco caliente, el terreno.



*Ilustración 20: Modo calefacción de la bomba de calor geotérmica. Fuente: Geotermia Vertical. Año:2018*

Existen dos tipos de instalaciones geotérmicas: por captación horizontal (en superficie) o por captación vertical (por perforaciones). Esta segunda opción, la que está instalada en la vivienda, es más cara pero más eficiente ya que asegura la temperatura constante del foco “infinito” que es el terreno. Cuanto más profunda, la temperatura es más constante.

En cuanto a la instalación de calefacción y refrigeración de la vivienda se empleó el sistema de suelo radiante-refrescante. Podemos ver a continuación un plano con esta instalación:





Ilustración 21: Suelo radiante-refrescante de la vivienda. Fuente: Vicorsa. Año:2019

Y en la siguiente imagen podemos ver la bomba de calor geotérmica que se encuentra en la vivienda:

## ecoGEO B/C 5-22

- Control de potencia térmica modulante en un amplio rango (20-100%) y control de caudal modulante en los circuitos de captación y producción (20-100%).
- 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 sólo con bomba de calor. Modelos con HTR. Sin resistencia.
- Gestión integrada de hasta 4 temperaturas de impulsión diferentes, 2 acumuladores de inercia diferentes (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 sistemas de captación híbridos geotérmico-aerotérmico.
- Gestión integrada de equipos de apoyo externos auxiliares todo/nada o modulantes, por ejemplo resistencias eléctricas o calderas todo/nada o calderas modulantes.
- Gestión integrada de bloque de hasta 3 bombas de calor en paralelo.
- Gestión integrada de sistemas de emisión simultánea frío/calor según esquema.
- En los modelos 2 y 4 el frío pasivo integrado en el equipo.
- Todos los modelos disponibles Monofásicos y Trifásicos.
- Productos compatibles con e-manager y e-system.
- Contadores de energía integrados para consumo eléctrico, producción térmica de calor/frío y rendimientos instantáneos y estacionales mensual y anual.



ESPECIFICACIONES ECOGEO B/C 5-22		UDS.	B/C1	B/C2	B/C3	B/C4
APLICACIÓN	Lugar instalación	-	Interior			
	Tipo sistema captación <sup>1</sup>	-	Geotérmico / Aerotérmico / Híbrido			
	Calefacción	-	✓	✓	✓	✓
	Posibilidad de sistema recuperación alta temp. HTR	-	✓	✓	✓	✓
	Refrigeración activa integrada	-	-	-	✓	✓
	Refrigeración pasiva integrada	-	-	✓	-	✓
PRESTACIONES	Rango modulación compresor	%	20 a 100			
	Potencia calefacción <sup>2</sup> , B0W35	kW	4 a 22,8			
	COP <sup>2</sup> , B0W35	-	4,9			
	Potencia refrigeración activa <sup>2</sup> , B35W7	kW	-	-	4,2 a 22	
	EER <sup>2</sup> , B35W7	-	-	-	5,4	
	Temperatura ACS máxima sin apoyo	°C	63			
	Temperatura ACS máxima con apoyo <sup>5</sup>	°C	70			
LÍMITES DE OPERACIÓN	Nivel de potencia acústica <sup>6</sup>	db	35 a 46			
	Etiqueta energética / r/s con control clima medio	-	A+++ / 197%			
	Rango temperaturas calefacción / Consigna	°C	10 a 60 / 20 a 60			
	Rango temperaturas refrigeración / Consigna	°C	4 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			
FLUIDOS DE TRABAJO	Presión máxima acumulador ACS	bar	0,5 a 3 / 1,5			
	Carga de refrigerante R410A	kg	0,5 a 3 / 0,7			
	Tipo de aceite del compresor/carga de aceite	kg	8 (solo para ecoGEO C)			
	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz <sup>8</sup>	-	1,4 (solo para ecoGEO C)			
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	POE / 1,18			
	Fusible circuito primario transformador	A	0,5			
	Fusible circuito secundario transformador	A	2,5			
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR MONOFÁSICA	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz <sup>8</sup>	-	✓			
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C32A			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W35	kW/A	5,5 / 23,9			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W55	kW/A	5,5 / 23,9			
	Intensidad arranque mínima/máxima <sup>7</sup>	A	2,6 / 12,5			
	Corrección de coseno Ø	-	0,96 / 1			
	3/N/PE 400 V / 50-60Hz <sup>8</sup>	-	✓			
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR TRIFÁSICA	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C13A			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W35	kW/A	6 / 8,7			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W55	kW/A	6 / 8,7			
	Intensidad arranque mínima/máxima <sup>7</sup>	A	0,9 / 4,2			
	Corrección de coseno Ø	-	0,96-1			
	Altura x ancho x profundidad	mm	ecoGEO B: 1060x600x710 · ecoGEO C: 1804x600x710			
	Peso en vacío (sin ensamblaje)	kg	B 185 · C 247   B 193 · C 255   B 185 · C 247   B 193 · C 255			

- Captación aerotérmica o híbrida sustituyendo o combinando el captador geotérmico por una o varias unidades aerotérmicas ecoGEO AU12. Consulte el manual de las unidades aerotérmicas ecoGEO AU12 para información más detallada.
- Conforme a EN 14511, incluyendo el consumo de bombas de circulación y driver del compresor.
- Considerando caudales en los circuitos de captación y producción de 2500 l/h.
- Considerando un calentamiento desde 20 a 50 °C en ausencia de consumos.
- Considerando un apoyo con la resistencia eléctrica de emergencia o con el sistema HTR. La temperatura máxima de ACS con el sistema HTR puede estar limitada por la temperatura de descarga del compresor.
- Conforme a EN 12102, incluyendo el kit de aislamiento acústico del compresor.
- Intensidad de arranque depende de condiciones de trabajo de los circuitos hidráulicos.
- El rango de tensión admisible para un correcto funcionamiento de la bomba de calor es de ±10%.
- El consumo máximo puede variar significativamente con las condiciones de trabajo, o si se limita el rango de operación del compresor. Consulte el manual de servicio técnico para información más detallada.
- Pendiente de certificación.

**ecoGEO B/C 5-22**

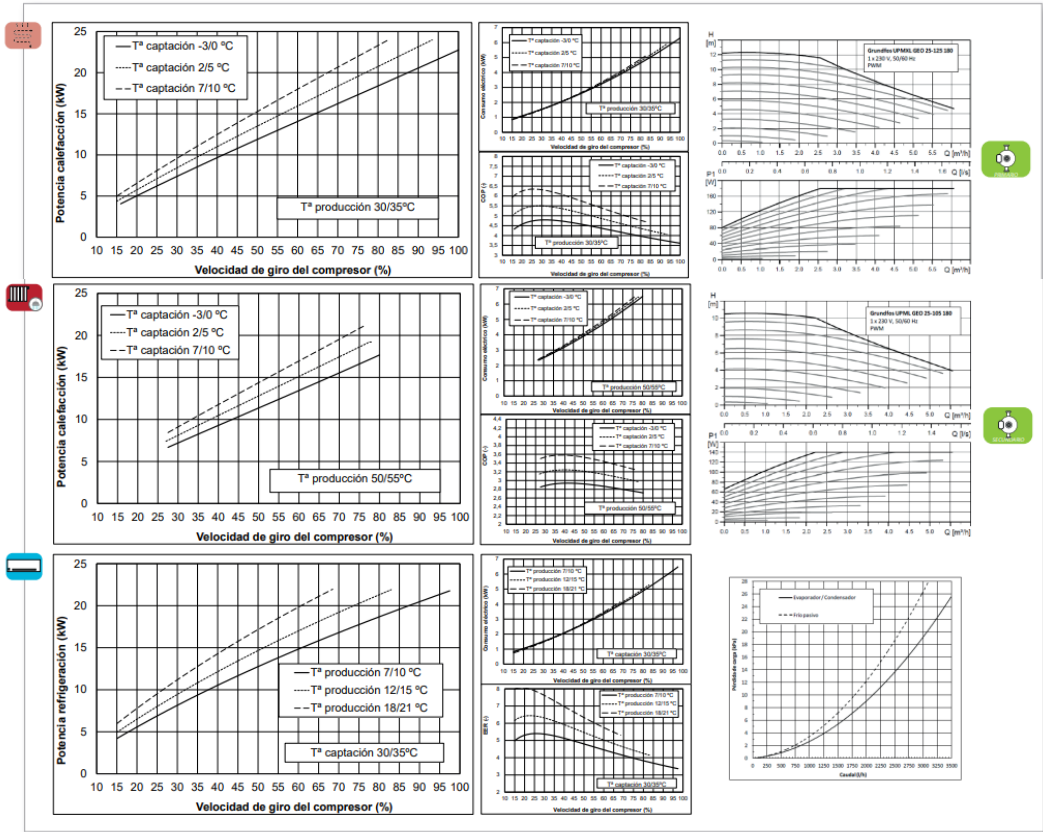
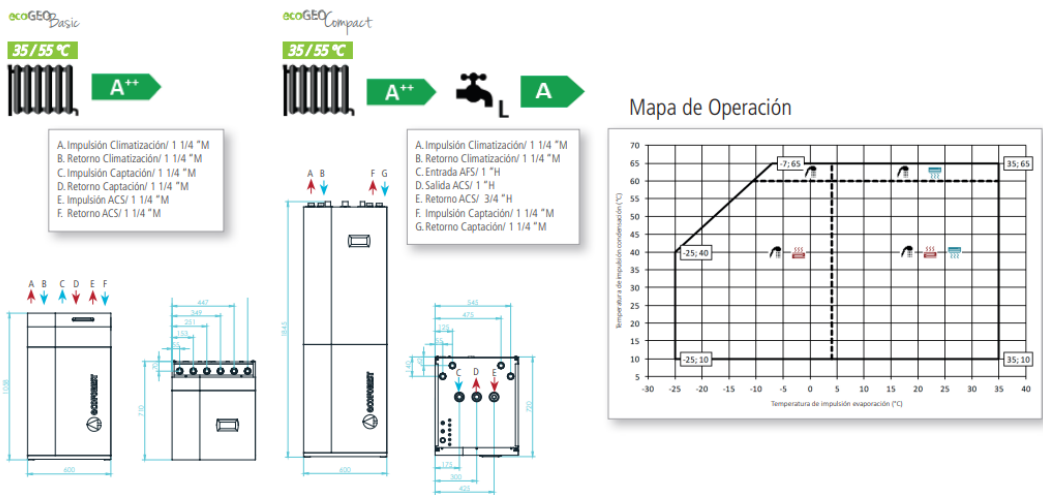


Ilustración 23: Ficha técnica de la bomba de calor geotérmica ya instalada II. Fuente: EcoGEO. Año:2021

Cabe destacar que esta bomba de calor entrega una potencia máxima refrigerante de 22 kW mientras que la carga térmica de refrigeración es de 23.657 kW, es decir, entrega 1.7 kW menos. Esta diferencia se debe a posibles errores de precisión en los cálculos realizados y no se le va a dar mayor importancia. Con respecto a la potencia calorífica no tenemos ese problema, la carga térmica de invierno calculada en anteriores capítulos está dentro de rango.

Como ya se ha explicado anteriormente, a mayor COP y EER, mayor eficiencia energética que es nuestro objetivo, al fin y al cabo. Por ello, rechazamos el sistema de aerotermia planteado anteriormente. El COP de la bomba de calor de la geotermia se encuentra en una media sobre 5, mientras que en la de la aerotermia en una media sobre 3.

## **6.2 EN LA PISCINA**

Para la climatización de la piscina, simplemente se instala una bomba de calor que sea capaz de suministrar, como mínimo, la carga térmica calculada en el capítulo 5, de 8,194 W. Se propone la instalación de la siguiente máquina que proporciona 8.2 kW a 24°C la temperatura del aire y a 26°C la del agua, opción que más se aproxima a nuestros valores; 23.55°C y 25°C, respectivamente:

MODELO		EVOLine6 NN	EVOLine10 NN	EVOLine13 NN	EVOLine15 NN	EVOLine20 NN	EVOLine25 NN	EVOLine35 NN
<b>Características técnicas</b>								
24°C T Aire 26°C T Agua	Potencia	4.8 kW	8.2 kW	11.6 kW	17.5 kW	23.2 kW	22.5 kW	33.1 kW
	COP	5	5.1	5.4	5.1	6.2	5.4	5.5
15°C T Aire 26°C T Agua	Potencia	3.6 kW	6.2 kW	8.7 kW	12.9 kW	17.9 kW	16.9 kW	24.8 kW
	COP	3.8	3.8	4.1	3.8	4.8	4.1	4.1
5°C T Aire 26°C T Agua	Potencia	2.5 kW	4.2 kW	5.6 kW	9.1 kW	9.7 kW	10.8 kW	15.6 kW
	COP	2.7	2.7	2.9	2.6	3.6	2.9	2.9
Entrada		1 kW	1.1 kW	1.8 kW	2.1 kW	3.5 kW	4.2 kW	6 kW
Intensidad absorbida		4.5 A	7.3 A	8.2 A	9.5 A	15.9 A	7.1 A	10.1 A
Voltaje		220-240 V	220-240 V	220-240 V	220-240 V	220-240 V	380-400 V	380-400 V
Calibre fusible		10 A	13 A	20 A	25 A	25 A	3x16 A	3x20 A
Cable de alimentación	Máx 20 m	2x2.5 mm <sup>2</sup>	2x2.5 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	3x4 mm <sup>2</sup>	3x6 mm <sup>2</sup>
	Máx 50 m	2x4 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	3x6 mm <sup>2</sup>	3x6 mm <sup>2</sup>
Control		LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD
Número de ventiladores		1	1	1	1	1	1	2
Nivel sonoro		50 dB	53 dB	54 dB	56 dB	56 dB	56 dB	57 dB
Conexión agua		1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2
Caudal agua min		1.3 m <sup>3</sup> /h	2.2 m <sup>3</sup> /h	3.6 m <sup>3</sup> /h	4.9 m <sup>3</sup> /h	6 m <sup>3</sup> /h	6 m <sup>3</sup> /h	13 m <sup>3</sup> /h
Volumen orientativo (piscina con cubierta)	m <sup>3</sup> Máx	12	19	30	45	60	56	80
	m <sup>3</sup> Min	5	15	19	27	37	35	52
Dimensiones	LxAnxAl	778x293x511mm	938x360x581mm	1015x370x521mm	1080x416x708mm	1078x416x958mm	1078x416x958mm	1078x416x1258mm
Peso	Neto/Bruto	33/38 Kg	48/56 Kg	60/67 Kg	91/104 Kg	99/114 Kg	99/114 Kg	120/136 Kg

*Ilustración 24: Máquina de aerotermia elegida para la climatización de la piscina. Fuente: QUIMIPOOL.*

*Año:2023*

El principio de funcionamiento de esta bomba de calor por aerotermia se basa en utilizar la energía del aire, que es gratuita e inagotable, mediante un ciclo termodinámico que cambia las propiedades de un fluido refrigerante.

En el proceso, el fluido refrigerante en fase líquida aumenta su temperatura al absorber la energía del aire y se convierte en fase gas en el evaporador. Luego, pasa por el compresor, donde su presión y temperatura aumentan, liberando esta energía en el condensador al

---

cambiar nuevamente a fase líquida. Finalmente, el fluido se despresuriza en la válvula de expansión, reiniciando el ciclo.

Esta energía extraída mediante la bomba de calor se utiliza para calentar el agua de una piscina exterior, lo que permite aprovechar la instalación durante un período más prolongado del año.

### **6.3 CONCLUSIÓN**

En resumen, se ha optado por mantener el sistema de climatización de la vivienda ya instalado, la geotermia, y se ha seleccionado el equipo para llevar a cabo la climatización de la piscina. A su vez, se ha asegurado que el nuevo equipo elegido puede abordar las cargas térmicas de la piscina calculadas en el capítulo anterior.

Cabe destacar que para que un sistema de bomba de calor funcione debe haber un aporte externo de energía que accione el compresor. Este aporte de energía será dado por un sistema de placas fotovoltaicas cuya instalación se explica detalladamente en el capítulo siguiente.

## Capítulo 7. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este capítulo se ofrece otra propuesta para la optimización de la energía como es la implementación de paneles solares en la vivienda. Esta instalación fotovoltaica tiene como principal objetivo el autoconsumo de la energía generada y, por tanto, la reducción del consumo de la vivienda.

Comenzaremos con una descripción de los componentes necesarios para la instalación solar fotovoltaica y su dimensionamiento. Posteriormente, se hará un análisis de la radiación en Alcobendas. Finalmente, se explicará la base del cálculo de optimización.

### ***7.1 ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA***

#### **7.1.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Los módulos fotovoltaicos, también conocidos como paneles o placas fotovoltaicas, están compuestos por células fotovoltaicas individuales unidas entre sí. Son responsables de producir electricidad mediante el fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico. La corriente eléctrica se genera cuando la luz incide sobre el material semiconductor que los recubre, suele ser el silicio, y se liberan electrones.

Los tipos más comunes de módulos fotovoltaicos son los siguientes:

-Monocrystalino: Son módulos azul oscuro, casi negro. Las células son cuadradas con las esquinas cortadas y están formadas por cristales de silicio de alta pureza, todos orientados en la misma dirección. Cuanto más perfectamente alineadas estén las moléculas de silicio, mayor eficiencia, la cual se encuentra en un rango entre el 18-21 % si reciben los rayos del sol perpendicularmente.

-Policristalino: Son módulos azules con tonos cambiantes. Las células tienen unos bordes rectangulares y están formadas por cristales de silicio, menos puros, orientados de manera

no uniforme. Tienen una menor eficiencia (15-17 %) si reciben los rayos del sol perpendicularmente.

-Amorfos o de capa fina: Son los módulos flexibles, más baratos y de menor eficiencia, el promedio de eficiencia de un módulo de capa fina es del 7-13%, debido a la mala calidad del silicio utilizado.

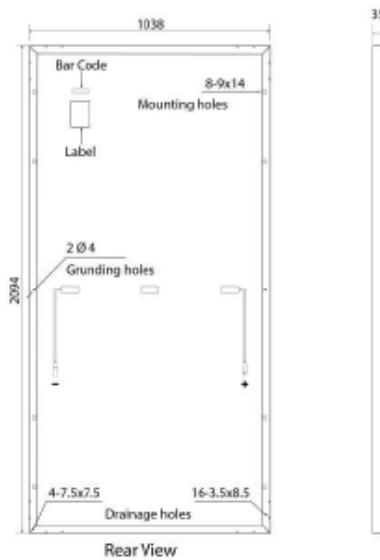


*Ilustración 25: Diferentes tipos de módulos fotovoltaicos. Fuente: Ecofener. Año.2023*

Basándonos en las particularidades descritas previamente para cada tipo de panel, se ha optado por emplear los paneles más eficientes, los monocristalinos en el desarrollo del proyecto con una potencia pico de 455 Wp. Esta elección de potencia se la debemos a Solarix, una empresa instaladora de placas solares y puntos de recarga para coche eléctrico la cual afirma que “*los proyectos de instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo en viviendas, lo normal es que optemos por paneles que rondan los 450 Wp.*” A continuación, se muestra la ficha técnica de este:



### ENGINEERING DRAWINGS



Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline PERC 166x83mm
Number of cells	144(6x24)
Module dimensions	2094x1038x35 mm
Weight	24kg
Front cover	3.2mm tempered glass with AR coating, Low Iron Glass
Frame	Clear anodized aluminum alloy
Junction box	IP68, 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> - 1400mm
Connector	MC4 or MC4 compatible
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Fire Resistance Rating	Type I/Class C (IEC61730)
Maximum Series Fuse Rating	20A

### TEMP. CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43°C ±2°C
Temperature Coefficients of P <sub>max</sub>	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of V <sub>OC</sub>	-0.28%/°C
Temperature Coefficients of I <sub>SC</sub>	0.05%/°C

### PACKAGING

Standard packaging	31 pcs/pallet
Module quantity per 40' container	715 pcs

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Nominal Power (P <sub>max</sub> )	440W	445W	450W	455W	460W	465W
Open Circuit Voltage (V <sub>OC</sub> )	49.3V	49.5V	49.7V	49.9V	50.1V	50.2V
Short Circuit Current (I <sub>SC</sub> )	11.16A	11.22A	11.28A	11.34A	11.40A	11.46A
Voltage at Nominal Power (V <sub>mp</sub> )	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Current at Nominal Power (I <sub>mp</sub> )	10.63A	10.70A	10.77A	10.84A	10.91A	10.97A
Module Efficiency (%)	20.24	20.47	20.70	20.93	21.16	21.39

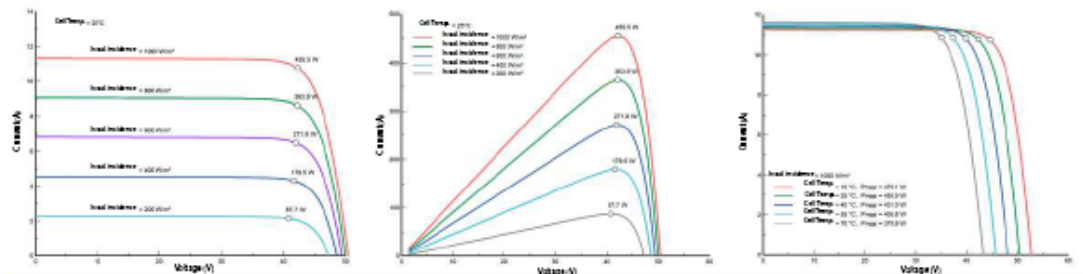
STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Nominal Power (P <sub>max</sub> )	327W	331W	335W	339W	343W	347W
Open Circuit Voltage (V <sub>OC</sub> )	45.4V	45.6V	45.8V	45.0V	46.2V	46.4V
Short Circuit Current (I <sub>SC</sub> )	9.04A	9.09A	9.14A	9.19A	9.24A	9.29A
Voltage at Nominal Power (V <sub>mp</sub> )	37.6V	37.8V	38.0V	38.2V	38.4V	38.6V
Current at Nominal Power (I <sub>mp</sub> )	8.70A	8.76A	8.82A	8.88A	8.94A	8.99A

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

### CURVES



El número óptimo de paneles que conforman la instalación es 9. Más adelante se explicará el por qué.

### **7.1.2 INVERSOR**

El inversor convierte la corriente continua recogida por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna. Gracias a este elemento podemos encender las luces, conectar los electrodomésticos y aparatos electrónicos utilizados habitualmente en las viviendas.

El tipo de inversor a utilizar es evidentemente monofásico, el más común en viviendas de tipo residencial. Además, se va a utilizar un inversor híbrido que son aquellos dispositivos que también son compatibles con sistemas de almacenamiento. Estos inversores tienen la capacidad de operar sin problemas sin baterías y brindan la opción de añadirlas más tarde, si el usuario así lo desea.

Se muestra en primer lugar una imagen del inversor híbrido elegido y a continuación la ficha técnica de este:



*Ilustración 27: Inversor Híbrido  
HUAWEI SUN2000-4KTL-L1 de 4kW.*

*Fuente: Huawei. Año:2020*

SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1  
**Especificaciones técnicas**

Especificaciones técnicas	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>Eficiencia</b>							
Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
<b>Entrada ( FV )</b>							
Entrada de CC máxima recomendada <sup>2</sup>	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Máx. tensión de entrada				600 V <sup>3</sup>			
Tensión de arranque				100 V			
Rango de tensión de operación de MPPT				90 V ~ 560 V <sup>3</sup>			
Tensión nominal de entrada				360 V			
Máx. intensidad por MPPT				12.5 A			
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT				18 A			
Cantidad de MPPTs				2			
Máx. número de entradas por MPPT				1			
<b>Entrada ( Batería CC )</b>							
Batería compatible				LG Chem RESU 7H_R / 10H_R			
Rango de tensión de operación				350 ~ 450 Vcc			
Max. corriente de operación				10 A @ 7H_R / 15 A @ 10H_R			
Potencia de carga máxima				3,500 W @ 7H_R / 5,000 W @ 10H_R			
Potencia máxima de descarga @ 7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Potencia máxima de descarga @ 10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Batería compatible				HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh ~ 30kWh <sup>1</sup>			
Rango de tensión de operación				350 ~ 560 Vdc			
Max. corriente de operación				15 A			
Potencia de carga máxima				5,000 W <sup>4</sup>			
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
<b>Salida</b>							
Conexión a la red eléctrica				Monofásica			
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W <sup>5</sup>	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	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
Tensión nominal de Salida				220 V ac / 230 Vac / 240 Vac			
Frecuencia nominal de red de CA				50 Hz / 60 Hz			
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A <sup>8</sup>	25 A <sup>8</sup>	27.3 A
Factor de potencia ajustable				0.8 leading ~ 0.8 lagging			
Máx. distorsión armónica total				≤ 3 %			
Salida para SAI				Sí (a través de Backup Box-B0 <sup>1</sup> )			
<b>Protección &amp; Características</b>							
Protección anti-isla				Sí			
Protección contra polaridad inversa de CC				Sí			
Monitorización de aislamiento				Sí			
Protección contra descargas atmosféricas CC				Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11			
Protección contra descargas atmosféricas CA				Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11			
Monitorización de la corriente residual				Sí			
Protección contra sobreintensidad de CA				Sí			
Protección contra cortocircuito de CA				Sí			
Protección contra sobretensión de CA				Sí			
Protección contra sobrecalentamiento				Sí			
Protección de falla de arco				Sí			
Carga inversa de la batería desde la red				Sí			
<b>Datos generales</b>							
Rango de temperatura de operación				-25 ~ +60 °C			
Humedad relativa de operación				0 %RH ~ 100 %RH			
Altitud de operación				0 ~ 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)			
Ventilación				Convección natural			
Pantalla				Indicadores LED; WLAN integrado + aplicación FusionSolar			
Comunicación				RS485, WLAN a través del módulo WLAN incorporado en el inversor Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional); 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)			
Peso (incluido soporte de montaje)				12.0 kg			
Dimensiones (incluido soporte de montaje)				365mm * 365mm * 156 mm			
Grado de protección				IP65			
Consumo de energía durante la noche				< 2.5 W			
<b>Compatibilidad con optimizadores</b>							
Optimizador compatible con MBUS CC				SUN2000-450W-P			
<b>Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)</b>							
Seguridad				EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2			
Estándares de conexión a red eléctrica				G98, G99, EN 50549-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, A8NT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62116			

\*1 Disponible en Q3 del 2020.

\*2 La potencia fotovoltaica de entrada máxima del inversor es de 10,000 Wp cuando las cadenas largas se diseñen y conecten al completo de optimizadores de potencia SUN2000-450W-P.

\*3 El límite máximo de tensión de entrada y de operación se reducirán a 495 V cuando el inversor se conecte y funcione con la batería LG.

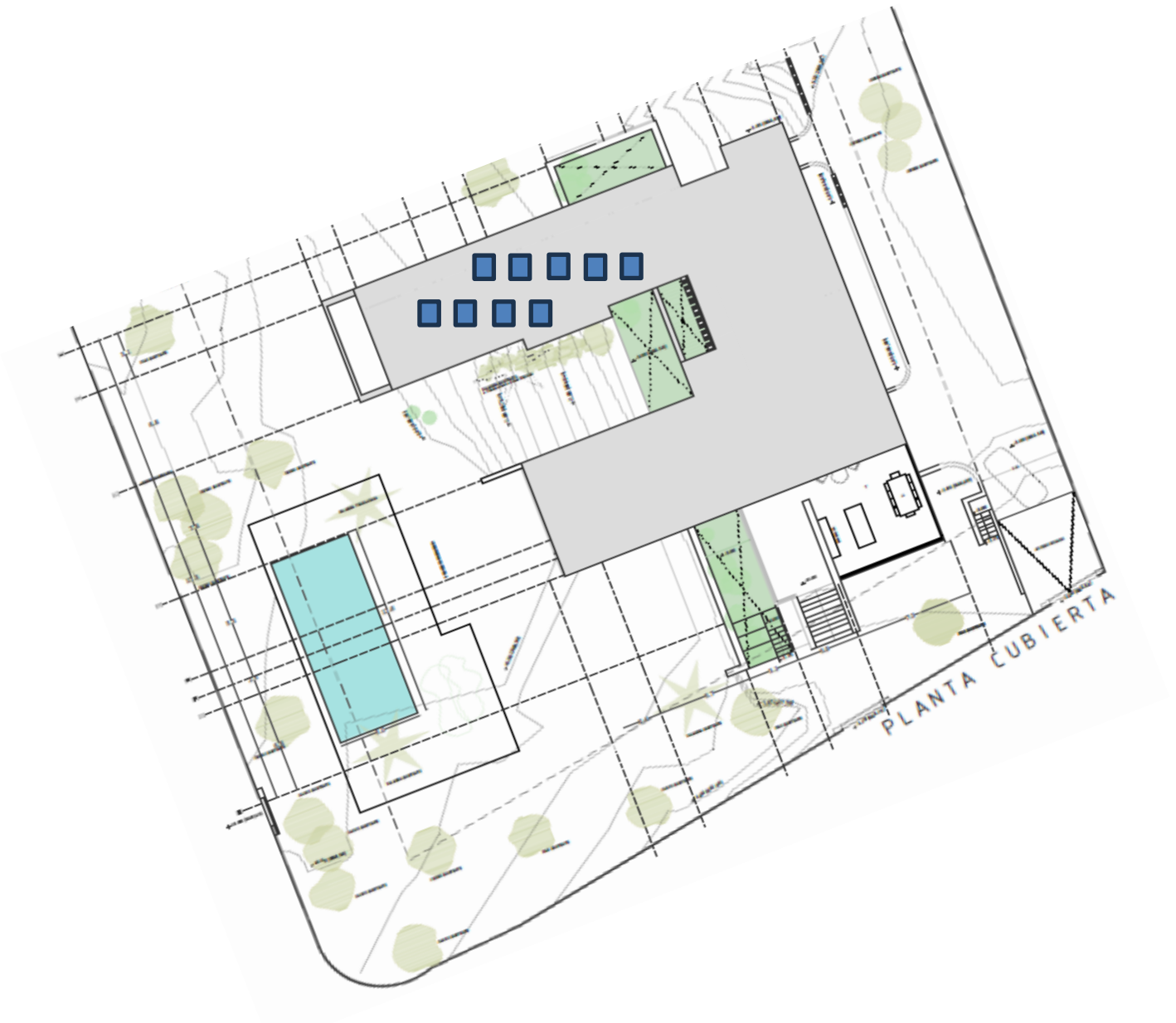
\*4 2.500W en las baterías HUAWEI ESS de 5kWh

\*5 AS4777.2:4.991W.\*6. VDE-AR-N 4105: 4.600VA / AS4777.2:4.999VA.\*7. AS4777.2: 4.999VA / C10/11:5.000VA.\*8. AS4777.2: 21.7A.

Ilustración 28: Ficha técnica inversor híbrido. Fuente: Huawei. Año:2020

### 7.1.3 ESQUEMA ELÉCTRICO

La disposición de la instalación fotovoltaica sobre la cubierta sin inclinación de  $419.68 m^2$  se muestra a continuación estando la imagen orientada de tal manera que el borde superior del folio sea el Norte:



*Ilustración 29: Disposición de los paneles fotovoltaicos. Fuente: Elaboración propia. Año:2023*

## 7.2 ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN

En este apartado se comentará una herramienta utilizada en el Proyecto conocida como Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Este es un software gratuito que proporciona información sobre la radiación solar y el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos de cualquier lugar de Europa y África, así como de gran parte de Asia y América. Sus datos, al estar validados por la UE, son un referente para instituciones académicas.

Para lo que realmente utilizamos este sistema es para obtener los valores óptimos de orientación y acimut (el ángulo que forman el Norte geográfico y la proyección vertical de un cuerpo celeste, el Sol en este caso) de los paneles fotovoltaicos. Para ello se han utilizado los datos registrados desde 2005 hasta 2020. En la siguiente ilustración podemos ver cómo se introducen los datos:

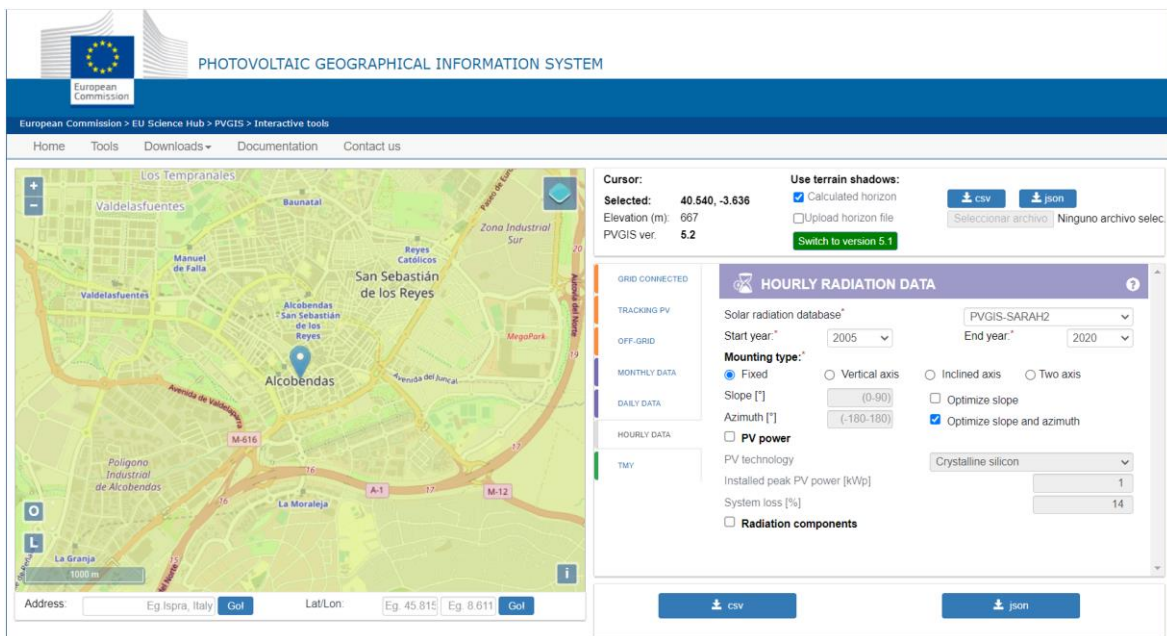


Ilustración 30: Datos introducidos en el sistema de PVGIS. Fuente: PVGIS. Año:2023

Tras ello, se descarga un fichero donde aparecen los resultados. La inclinación óptima es 36° y el ángulo acimut -2°.

### 7.3 BASE DEL CÁLCULO DE OPTIMIZACIÓN

El modelo de optimización propuesto representa una inversión en dicha instalación de autoconsumo fotovoltaica maximizando el retorno esperado de la inversión (NPV).

En el autoconsumo de nuestra vivienda se distinguen dos potencias en cada instante de tiempo: la potencia demandada por los usuarios (es una escala de la curva unitaria que da el IDEA) y la potencia generada por la instalación de autoconsumo (curva obtenida del sistema PVGIS). A su vez, en cada instante de tiempo se esperan dos posibles escenarios: en el primero de ellos, para satisfacer la demanda de la vivienda, se necesita comprar energía a la red para suministrar energía adicional al autoconsumo. En el segundo escenario la energía generada por la instalación fotovoltaica es mayor que la demanda. Al no disponer de baterías para almacenarla, el excedente se vierte y se produce su venta a la red. Estas potencias se representan en la siguiente imagen:

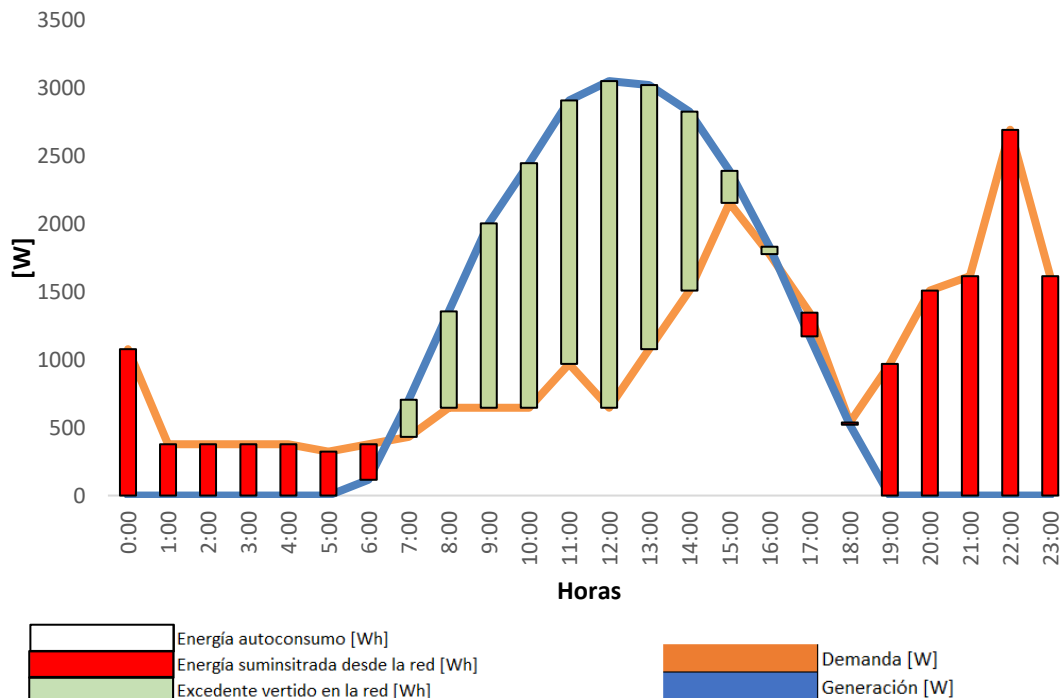


Ilustración 31: Curva de generación y demanda. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

---

Estos dos escenarios llevan asociados un flujos de caja. Para su cálculo se ha hecho uso de la tarifa del precio fijo, la tarifa del mercado regulado y la compensación de excedentes. Este flujo de caja será positivo si la potencia generada es mayor que la demandada, es decir, se vierte energía a la red (escenario 2) y negativo en el caso contrario.

Con los datos de entrada de: localización, espacio disponible e inclinación de la cubierta de la vivienda, radiación solar, tipo de panel, tarifas eléctricas, CAPEX por tecnología y demanda eléctrica, se maximiza el retorno de la inversión. La TIR nos queda un 11% y 9 son el número de paneles óptimos para la instalación. Cabe destacar que la diferencia del flujo de caja entre disponer de instalación fotovoltaica y no en un año nos supone un ahorro de 1,166.05 €.

#### **7.4 CONCLUSIÓN**

La instalación solar fotovoltaica estará constituida por un inversor de 4 kW y por 9 paneles, cada uno de ellos con un ángulo acimut de  $-2^\circ$ , una inclinación de  $36^\circ$  y cuentan con una potencia pico de 455 Wp. Esta configuración cubre gran parte de la demanda eléctrica de la vivienda en horas de sol.

A continuación, se realizará la memoria económica del Proyecto.

## Capítulo 8. MEMORIA ECONÓMICA

El presente capítulo presenta una memoria económica detallada sobre el proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos, que tiene como objetivo la generación de ahorro energético y la utilización de fuentes de energía sostenibles. No se tiene en cuenta ningún aspecto relacionado con la climatización de la vivienda, ya que no se han hecho cambios respecto a lo que ya dispone la vivienda, pero sí con la climatización de la vivienda salvo la bomba de calor a instalar de la piscina para la que se necesita un total de 2,213€. El proyecto requiere una inversión inicial de 8,550€ y la vida útil estimada de este es de 15 años.

### ***8.1 INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA PROYECTOS DE INVERSIÓN***

Antes de invertir en un proyecto de inversión, se tiene que analizar cuáles serán los escenarios para la vida útil del proyecto y qué indicadores serán fundamentales para tomar decisiones. Estos son: el análisis de flujo de caja, el Periodo de la Recuperación de la Inversión (PRI o Payback), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Se ha realizado un minucioso análisis de los flujos de caja proyectados para el proyecto. Los flujos de caja anuales consisten en el ahorro energético estimado de 1,166.05€ por año.

El PRI para este proyecto se estima que ocurrirá durante el año 13. Esto significa que, a partir de ese año, los ahorros acumulados igualarán el monto de la inversión inicial de 8,550€. Tal y como se puede ver reflejado en la siguiente ilustración, a partir del año 13, el flujo de caja actualizado acumulado ya tomaría valores positivos.



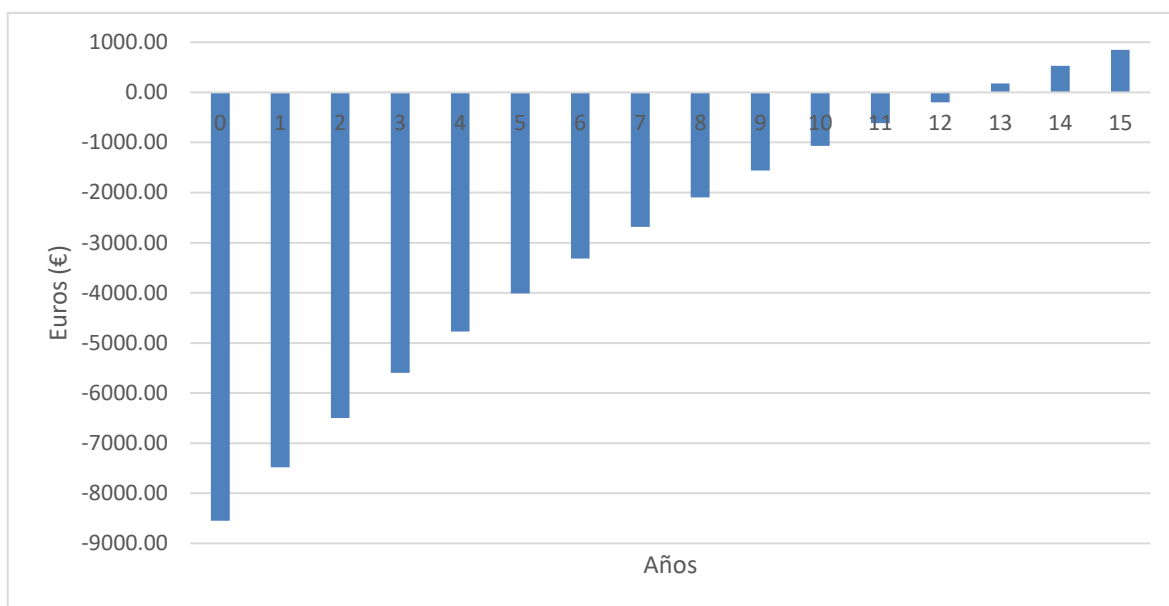


Ilustración 32: Flujo de caja actualizado acumulado. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

El VAN es una herramienta fundamental para evaluar la rentabilidad del proyecto. Con una tasa de descuento del 9%, se ha calculado un VAN de 849.15€. Un VAN positivo indica que el proyecto generará un retorno económico favorable durante su vida útil.

La TIR es otra pieza clave para la evaluación del proyecto. En este caso, se ha obtenido una TIR del 11%, lo que sugiere que la tasa de retorno esperada supera la tasa de descuento del 9%. Por lo tanto, el proyecto es financieramente atractivo y viable.

A continuación, se pueden ver los datos comentados en la siguiente tabla:

Años	Flujo de caja actualizado (tasa de descuento del 9%)	Flujo de caja (€)	
0	-8550.00€	-8550	
1	1069.77€	1166.048	
2	981.44€	1166.048	
3	900.40€	1166.048	
4	826.06€	1166.048	
5	757.85€	1166.048	
6	695.28€	1166.048	
7	637.87€	1166.048	
8	585.20€	1166.048	
9	536.88€	1166.048	
10	492.55€	1166.048	
11	451.88€	1166.048	
12	414.57€	1166.048	
13	380.34€	1166.048	
14	348.94€	1166.048	
15	320.12€	1166.048	
	<b>849.15€</b>	<b>11%</b>	<b>VAN</b>
			<b>TIR</b>

Tabla 33: Estudio de la viabilidad del Proyecto. Fuente: Elaboración propia. Año:2023

---

## 8.2 *CONCLUSIÓN*

El proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos se presenta como una inversión sólida y rentable. Con un período de recuperación de la inversión estimado en 13 años, un VAN positivo de 849.15€ y una TIR del 11%, se confirma su viabilidad financiera. Además de los beneficios económicos, este proyecto contribuirá a la sostenibilidad energética y al cuidado del medio ambiente al fomentar el uso de energías limpias y renovables. En consecuencia, se recomienda proceder con la implementación del proyecto, aprovechando los ahorros energéticos y fomentando la responsabilidad ambiental en el ámbito local.

---

## **Capítulo 9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

El presente Proyecto consiste en la optimización energética de una vivienda unifamiliar situada en Alcobendas, Madrid. Esta optimización se centra, concretamente, en la climatización de la vivienda y de la piscina y en la instalación de paneles fotovoltaicos.

En cuanto a climatización, se empezó estudiando las características climatológicas de la localización de la vivienda. Se decidió centrarse en las situaciones más desfavorables tanto de verano como de invierno. A continuación, se fueron presentando las dimensiones de la vivienda haciendo uso de los planos de esta. Estos planos muestran las dos plantas que componen la casa. Se decidió climatizar una sola planta, la planta baja, ya que es en la que se convive la mayor parte del tiempo. Tras ello, se dio paso al estudio sobre las cargas térmicas de invierno, de verano y de la piscina. Estas cargas y sus valores se muestran en diversas tablas a lo largo del Proyecto. A la vista de los resultados, se propuso, para la vivienda, un sistema basado en la aerotermia y una máquina de aire acondicionado que se encargarían de la climatización de la vivienda. La presencia de estas dos máquinas se debe a que con una sola no se conseguiría el total de las cargas térmicas calculadas. Se decidió que el sistema de climatización de la casa era aún más eficiente y por ello se decidió rechazar la propuesta inicial. Para la climatización de la piscina, se eligió una bomba de calor aerotérmica.

En cuanto a la instalación de las placas solares, se tiene como objetivo principal el autoconsumo de la energía generada, lo que se traduce en una reducción del consumo eléctrico del hogar. Se han detallado los componentes necesarios para la instalación, los módulos fotovoltaicos y el inversor, así como el análisis de la radiación solar en la ubicación específica, Alcobendas, utilizando el Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) para determinar la mejor orientación y ángulo de inclinación de los paneles. La instalación solar fotovoltaica diseñada con 9 paneles monocristalinos de alta eficiencia y un inversor híbrido de 4 kW que permite la futura incorporación de sistemas de almacenamiento, representan una solución eficiente y rentable para el autoconsumo de

---

energía en la vivienda, generando ahorros significativos en el consumo eléctrico y contribuyendo a la sostenibilidad energética del hogar.

Finalmente, haciendo un estudio del Proyecto que se basa en la maximización del retorno esperado de la inversión (NPV) y con una vida útil de 15 años, se concluye que este es financieramente atractivo y viable.

De cara al futuro, el actual proyecto podría contemplar avances en diversas áreas de actividad. En primer lugar, se podría aislar térmicamente la vivienda a través de materiales adecuados para reducir las cargas térmicas de la misma y de esta manera reducir el consumo de energía en sistemas de climatización. Por otro lado, se podría estudiar la viabilidad del almacenamiento de la energía en formato de baterías. A través de dicha propuesta, cuando la energía generada por la instalación fotovoltaica sea mayor que la demanda, en lugar de verter y vender el excedente a la red, dichas baterías lo almacenarían para su posterior uso en horas en las que no hay presencia del sol y todavía haya demanda. Finalmente, se propone diseñar una nueva instalación fotovoltaica ya que se ha estimado que la vida útil de esta sea de 15 años.

## Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)*. Gobierno de España.  
<https://www.aemet.es/es/portada>
- [2] Código técnico de Edificación (CTE). <https://www.codigotecnico.org/>
- [3] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- [4] Jutglar Banyeras, L. Miranda, A.L. Villarubia (abril de 2011). M. *Manual de Calefacción*.
- [5] Luis Moreno Font (2022). *Climatización de una casa en Montesa*. Universidad Pontificia Comillas ICAI.
- [6] Carrier (enero 2017). *Manual de aire acondicionado*.
- [7] Velázquez Martí, Borja (nd). *Cargas térmicas en refrigeración*. Universidad Politécnica de Valencia.
- [8] Cigudosa Antoñanzas, Juan (2019). *Diseño de sistema de climatización para piscina exterior mediante paneles solares térmicos*. Universidad Zaragoza.
- [9] Zyzclima (2020). *Aeroterminia, calidad de vida a tu alcance*.  
<https://www.zyzclima.com/blog/aeroterminia-calidad-de-vida-a-tu-alcance/>
- [10] efENERGIA. (2022, 24 septiembre). *Bombas de calor, funcionamiento, tipos y relación con eficiencia energética*. <https://www.efenergia.com/instalaciones-eficiencia-energetica/termicas/bombas-de-calor/>
- [11] García Alonso, O (2018). *Implantación de un sistema de aeroterminia para la climatización de una vivienda unifamiliar*. Escuela de ingeniería de Bilbao
- [12] Carlos, Nergiza. (2015). “*Radiadores de baja temperatura.: ¿son una buena opción?*”  
<https://nergiza.com/radiadores-de-baja-temperatura-son-una-buena-opcion/>
- [13] Geoterminia Vertical (2018). *Bomba de calor geotérmica*.  
<https://www.geoterminiavertical.es/bomba-calor-geotermica/>
- [14] Carbonell, M. (2023). *¿Qué tipos de bomba de calor existen?*  
<https://www.hogarsense.es/calefaccion/tipos-de-bomba-de-calor>
- [15] Quimipool (2015). *Bomba de calor Astralpool EvoLine 10 NN*.  
<https://www.quimipool.com/7773-bomba-de-calor-astralpool-evoline-10.html>
- [16] Álvaro Martínez-Abarca Lozano (2022). *Propuesta de Smart Building: instalación fotovoltaica en vivienda unifamiliar*. Universidad Pontificia Comillas ICAI.

- 
- [17] Pedro Miguel Sampol Arcas (2022). *Instalación solar fotovoltaica conectada a red en vivienda unifamiliar*. Universidad Pontificia Comillas ICAI.
- [18] Carla Campaña Naranjo (2014). *Estudio de optimización energética de una vivienda unifamiliar ubicada en la Eliana mediante simulación transitoria*. Universidad Politécnica de Valencia.
- [19] Solarix (2021). *En fotovoltaica, al menos, el tamaño sí importa*.  
<https://www.solarix.es/blog/fotovoltaica-tamano-si-importa/>
- [20] Enel Green Power (2020). *Módulo fotovoltaico*.  
<https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>
- [21] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015, 25 de septiembre). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#>
- [22] National Geographic España. (2021, 13 febrero). El impacto de la contaminación en la salud y la calidad de vida. Recuperado de  
[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/impacto-contaminacion-salud-y-calidad-vida\\_16348](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/impacto-contaminacion-salud-y-calidad-vida_16348)
- [23] JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission.  
[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

---

## *Anexos*

<i>Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible .....</i>	<i>99</i>
<i>Plano de la planta semisótano .....</i>	<i>101</i>
<i>Plano de la planta baja .....</i>	<i>102</i>
<i>Fichas Técnicas .....</i>	<i>103</i>
<i>Suelo radiante-refrescante de la vivienda .....</i>	<i>112</i>

---

## Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Este trabajo se alinea con los siguientes ODSs:

**Objetivo 3: Salud y bienestar.** *“Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades”*

Los datos de la OMS indican que durante la presente década se pueden producir cerca de 250.000 muertes a causa del cambio climático, por lo que plantear estrategias que fomenten la transición hacia un modelo de movilidad verde, aumentando el uso de fuentes renovables como se propone en este trabajo, son decisivos para la salud de los colectivos más vulnerables. Por otra parte, la climatización es un sector que a raíz de la pandemia se ha convertido en esencial. El reconocimiento de la propagación del Covid-19 por el aire como principal vía de contagio, por delante del contagio por contacto de superficies o salpicaduras, ha sido uno de los principales hechos que explican este progreso.

**Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.** *“Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna”*

El trabajo se alinea con este objetivo en cuanto a que la energía que se obtendrá en esta vivienda será procedente de fuentes renovables, por lo que no solo es un tipo de energía más sostenible y menos contaminante para el planeta que otras formas de energía, sino que también, se ha permitido que estos proyectos destinados al autoconsumo energético sean asequibles para un mayor porcentaje de la sociedad gracias a las ayudas implementadas por parte de los gobiernos que han reducido los costes de instalación en este tipo de tecnologías.

**Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.** *“Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”*

Las emisiones de gases de efecto invernadero debidas a las centrales de generación más contaminantes tienen lugar lejos de los núcleos urbanos, pero la gran demanda eléctrica, que sí ocurre en las ciudades, es la culpable de estas emisiones. Por ello, el uso de energías



renovables destinadas al autoconsumo consigue que las comunidades lleguen a ser más sostenibles.

**Objetivo 12: Producción y consumo responsables.** “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”

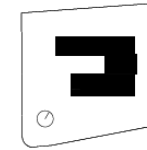
Este trabajo se relaciona estrechamente con este objetivo ya que la optimización energética de la vivienda pretende dar un uso de los recursos de esta de una manera menos destructiva para el medio natural en el que se encuentra. La producción sostenible que se expone en este trabajo tiene como fin mitigar o reducir al máximo las emisiones de carbono gracias al uso de energías renovables.

**Objetivo 13: Acción por el clima.** “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”

Según la ONU, la energía es el factor que más contribuye al cambio climático, representa un 60% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Por tanto, al tratarse de una fuente de energía renovable, se combate de forma directa la generación de gases de efecto invernadero. Un aumento generalizado de las instalaciones fotovoltaicas destinadas al autoconsumo, las cuales permiten transformar la energía solar en eléctrica de manera más sostenible, permitirá el desmantelamiento de las centrales más contaminantes.



## Plano de la planta semisótano

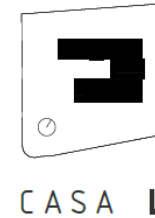


CASA U

<b>A1.1</b>
ARQUITECTURA TM03 PLANTA SEMISÓTANO Y BAJA TM03

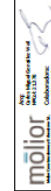

<b>TM03</b> PROYECTO BAJO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR FINCA EN TRAVESÍA MENCIONES 3, URB. LA MOJUELA, ALCOBENDAS

## Plano de la planta baja



A1.2

ARQUITECTURA TM03  
PLANTAS Y PRIMERA TM03



TM03 PROYECTO BÁSICO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y  
PRIMERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS,  
INDUSTRIALES, AMBIENTALES Y AGROPECUARIAS

# Fichas Técnicas

**Unidad interior hidráulica:**  
WGYG160DJ6 / [Trifásica]  
WGYK170DJ9

**Unidad exterior:**  
WOYG160LJL [Trifásica]  
WOYK150LJL / WOYK170LJL



Unidad interior  
hidráulica  
Monofásica/  
Trifásica



Unidad exterior  
Monofásica 16 kW  
Trifásica 15/17 kW

## Especificaciones

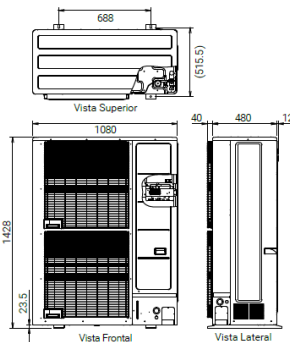
Modelo	Unidad interior hidráulica		WOYG160DJ6	WOYK150LJL	WOYK170DJ9	WOYK150LJL	WOYK170DJ9
Código	Unidad exterior		WOYK160LJL	WOYK150LJL	WOYK150LJL	WOYK150LJL	WOYK170LJL
Rango de potencia			16	15	15	17	17
Calefacción por suelo radiante 7°C/35°C <sup>1</sup>	Potencia Calorífica	kW	16,00	15,00	15,00	17,00	17,00
	Potencia absorbida		3,86	3,46	3,46	4,10	4,10
	CCP		4,15	4,33	4,33	4,15	4,15
Calefacción por suelo radiante 2°C/35°C <sup>1</sup>	Potencia Calorífica	kW	13,30	13,20	13,20	13,50	13,50
	Potencia absorbida		4,25	4,06	4,06	4,27	4,27
	CCP		3,13	3,25	3,25	3,16	3,16
Calefacción por suelo radiante -7°C/35°C <sup>1</sup>	Potencia Calorífica	kW	14,50	13,20	13,20	15,00	15,00
	Potencia absorbida		5,27	4,55	4,55	5,32	5,32
	CCP		2,75	2,90	2,90	2,82	2,82
Calefacción fancoils 7°C/45°C <sup>1</sup>	Potencia Calorífica	kW	15,67	14,50	14,50	16,83	16,83
	Potencia absorbida		4,73	4,35	4,35	4,94	4,94
	CCP		3,31	3,34	3,34	3,41	3,41
Refrigeración panel-suelo refrescante 35°C/18°C <sup>2</sup>	Potencia frigorífica	kW	14,00	14,00	14,00	14,50	14,50
	Potencia absorbida		5,15	4,66	4,66	5,05	5,05
	EER		2,72	3,00	3,00	2,87	2,87
Refrigeración fancoils 35°C/7°C <sup>1</sup>	Potencia frigorífica	kW	8,50	8,50	8,50	9,00	9,00
	Potencia absorbida		4,34	4,11	4,11	4,39	4,39
	EER		1,96	2,07	2,07	2,05	2,05
<b>Datos Calefacción<sup>1</sup></b>							
Temperatura de producción de agua caliente		°C	55	35	55	35	55
Clase de eficiencia energética			A++	A++	A++	A++	A++
Potencia calorífica nominal (P <sub>nominal</sub> )		kW	14	16	16	17	18
Eficiencia energética estacional de calefacción de espacios (η <sub>s</sub> )		%	125	163	130	164	130
Consumo energético anual		kWh	8,757	8,014	9,915	8,606	10,232
Nivel de potencia sonora	Unidad interior hidráulica	dB (A)	45	45	45	45	45
	Unidad exterior		67	66	67	66	67
<b>Datos ACS<sup>2</sup></b>							
Perfil de carga			L				
Clase de eficiencia energética			A				
Eficiencia energética (nwh)		%	109				
Consumo energético anual		kWh	941				
<b>Especificaciones de la unidad interior hidráulica</b>							
Alimentación Eléctrica			Monofásica, 230 V, 50 Hz		Trifásica, -400 V, 50 Hz		
Dimensiones (Al x An x Pr)		mm			1.841 x 648 x 698		
Peso (neto)		kg			166		
Caudal de agua		L/min	26,4/57,8		24,0/54,2		27,3/61,4
Capacidad neta de acumulación de ACS		L			190		
Potencia de la resistencia de apoyo		kW			1,5		
Capacidad del acumulador de inercia		L			25		
Capacidad del vaso de expansión		L			12		
Temperatura máxima de salida de agua	Máx.	°C			60		
Diámetro de las conexiones hidráulicas	Impulsión/Retorno	mm			9,52 (3/8")		
Diámetro de las conexiones de ACS		mm			15,88 (5/8")		
Resistencia eléctrica de apoyo	Potencia	kW	6,0 (3,0 kW x 2 piezas)		9,0 (3,0 kW x 3 piezas)		
<b>Especificaciones de la unidad exterior</b>							
Alimentación Eléctrica			Monofásica, 230 V, 50 Hz		Trifásica, -400 V, 50 Hz		
Intensidad	Máx.	A	28,0		14,0		
Dimensiones (Al x An x Pr)		mm	1.428 x 1.080 x 480		1.428 x 1.080 x 480		
Peso (neto)		kg	137		138		
Refrigerante	Tipo (potencial de calentamiento global)		R410A (2.088)		R410A (2.088)		
	Carga	kg	3,80		3,80		
Cantidad de carga de refrigerante adicional		g/m	50		50		
Conexiones frigoríficas	Diámetro	Líquido	mm / pulgada		9,52 (3/8")		
		Gas	mm / pulgada		15,88 (5/8")		
	Longitud	Mín./Máx.	m		5/30		
		Longitud (precarga)	m		15		
Diferencia de altura	Máx.	m	25/15 (Unidad exterior: superior/inf.)		25/15 (Unidad exterior: superior/inferior)		
Rango de funcionamiento (Ta Exterior)	Calefacción	°C	-25 / 35		-25 / 35		

<sup>1</sup>: Los valores de potencia entregada, absorbida y eficiencia se basan en el ensayo de la norma EN14511. Se muestra la temperatura exterior/temperatura de impulsión del agua para un salto térmico de 5°C. Las condiciones ambiente y de funcionamiento y control de las unidades pueden causar discrepancias entre los valores determinados en la práctica y estos valores.

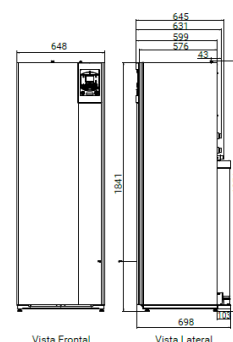
<sup>2</sup>: Toda la información ERP puede estar disponible para su descarga en [www.fujitsu-general.com/global/support/downloads/search/](http://www.fujitsu-general.com/global/support/downloads/search/)

## Dimensiones

**Unidad exterior:**  
Monofásica: WOYG160LJL  
Trifásica: WOYK150LJL/WOYK170LJL



**Unidad interior hidráulica:**  
Monofásica: WGYG160DJ6  
Trifásica: WGYK170DJ9





### Daikin ADEQS125C Aire Acondicionados Conductos

Marca Daikin  
Referencia 050200154

Aire acondicionado por conductos Daikin ADEQS125C, Potencia de 12,1 Kw en frío y 13,5 Kw en calor, equivalente a 10.406 frigorías (Kcal/h). Para viviendas de 150m2 aprox. Consumo medio de 3,89 Kw/hora en frío y 3,74 Kw/hora en calor. Tecnología inverter. Mando de control incluido con temporizador



DESCUBRE EL MODELO NUEVO

2.725,00 € Impuestos incluidos

CONJUNTOS DE CONDUCTOS				ADEQS100C	ADEQS125C
Capacidad	Refrigeración	Nominal	W	9.500	12.100
	Calefacción	Nominal	W	10.800	13.500
Consumo	Refrigeración	Nominal	W	2.959	3.890
	Calefacción			2.992	3.735
Conexiones	Líquido		mm	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")
	Gas		mm	ø 15,9 (5/8")	ø 15,9 (5/8")
Alimentación eléctrica				1 / 220V	1 / 220V
Nº hilos de interconexión				3 + T	3 + T
SEER / SCOP		Refrigeración / Calefacción		5,10 / 3,81	-
Etiqu. efec. estac.		Refrigeración / Calefacción		A / A	-
Carga de diseño (Pdesign)	Refrigeración		kW	9,5	-
	Calefacción (-10°C)		kW	7,6	-
Consumo energía anual estacional	Refrigeración		kWh	616	-
	Calefacción		kWh	2.793	-

UNIDADES INTERIORES DE CONDUCTOS				ADEQ100C	ADEQ125C
Caudal de aire	Refrigeración	(A/B)	m³/min	29 / 23	34 / 25
	Calefacción			29 / 23	34 / 25
Presión disponible	Nominal / Alta		Pa	40 / 150	50 / 150
Velocidades del ventilador			Nº	3	3
Dimensiones	Alto			mm	245
	Ancho			mm	1.400
	Fondo			mm	800
Peso			Kg	46,0	46,0
Presión sonora	Refrigeración	(A/B)	dBA	34 / 30	37 / 32
	Calefacción			36 / 30	38 / 32

UNIDADES EXTERIORES				AZQS100B8V1	AZQS125B8V1
Caudal de aire	Refrigeración EFI	Nom.	m³/min	76	77
	Refrigeración ECO	Nom.	m³/min	55	55
	Calefacción EFI	Nom.	m³/min	83	83
	Calefacción ECO	Nom.	m³/min	55	55
Tipo de compresor				SWING	SWING
Refrigerante R-410A	kg / TCO <sub>2</sub> eq / PCA			2,9 / 6,1 / 2.087,5	2,9 / 6,1 / 2.087,5
Dimensiones	Alto			mm	990
	Ancho			mm	940
	Fondo			mm	320
Peso			Kg	72,8	74,3
Presión sonora	Refrigeración	(Nom./SB)	dBA	53 / 49	54 / 49
	Calefacción	(Nom./SB)	dBA	57 / 49	58 / 49
Nivel de potencia acústica			dBA	70	71
Carga de refrigerante para			m	30	30

MODELO				ADEQS100C	ADEQS125C
Longitud máxima de tubería (L)			m	50 (70 equiv.)	50 (70 equiv.)
Diferencia de nivel máxima (H)			m	30	30

## ecoGEO B/C 5-22

- **Control de potencia térmica** modulante en un amplio rango (20-100%) y control de caudal modulante en los circuitos de captación y producción (20-100%).
- **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 sólo con bomba de calor. Modelos con HTR. Sin resistencia.
- Gestión integrada de hasta **4 temperaturas de impulsión diferentes**, **2 acumuladores de inercia** diferentes (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 sistemas de captación híbridos geotérmico-aerotérmico.
- **Gestión integrada de equipos de apoyo externos** auxiliares todo/nada o modulantes, por ejemplo resistencias eléctricas o calderas todo/nada o calderas modulantes.
- **Gestión integrada de bloque** de hasta 3 bombas de calor en paralelo.
- **Gestión integrada de sistemas de emisión** simultánea frío/calor según esquema.
- En los **modelos 2 y 4 el frío pasivo integrado en el equipo**.
- Todos los modelos disponibles **Monofásicos y Trifásicos**.
- Productos compatibles con **e-manager y e-system**.
- **Contadores de energía integrados** para consumo eléctrico, producción térmica de calor/frío y rendimientos instantáneos y estacionales mensual y anual.



ESPECIFICACIONES ECOGEO B/C 5-22		UDS.	B/C1	B/C2	B/C3	B/C4
APLICACIÓN	Lugar instalación	-	Interior			
	Tipo sistema captación <sup>1</sup>	-	Geotérmico / Aerotérmico / Híbrido			
	Calefacción	-	✓	✓	✓	✓
	Posibilidad de sistema recuperación alta temp. HTR	-	✓	✓	✓ de serie	✓ de serie
	Refrigeración activa integrada	-	-	-	-	✓
PRESTACIONES	Refrigeración pasiva integrada	-	-	✓	-	✓
	Rango modulación compresor	%	20 a 100			
	Potencia calefacción <sup>2</sup> , B0W35	kW	4 a 22,8			
	COP <sup>3</sup> , B0W35	-	4,9			
	Potencia refrigeración activa <sup>2</sup> , B35W7	kW	-	-	4,2 a 22	
	EER <sup>2</sup> , B35W7	-	-	-	5,4	
	Temperatura ACS máxima sin apoyo	°C	63			
	Temperatura ACS máxima con apoyo <sup>5</sup>	°C	70			
LÍMITES DE OPERACIÓN	Nivel de potencia acústica <sup>6</sup>	db	35 a 46			
	Etiqueta energética / r/s con control clima medio	-	A+++ / 197%			
	Rango temperaturas calefacción / Consigna	°C	10 a 60 / 20 a 60			
	Rango temperaturas refrigeración / Consigna	°C	4 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 / 1,5			
FLUIDOS DE TRABAJO	Presión circuito de captación / precarga	bar	0,5 a 3 / 0,7			
	Presión máxima acumulador ACS	bar	8 (solo para ecoGEO C)			
	Carga de refrigerante R410A	kg	1,4			1,5
	Tipo de aceite del compresor/carga de aceite	kg	POE / 1,18			
DATOS ELÉCTRICOS CONTROL	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			
	Fusible circuito secundario transformador	A	2,5			
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR MONOFÁSICA	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz <sup>8</sup>	-	✓			
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C32A			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W35	kW/A	5,5 / 23,9			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W55	kW/A	5,5 / 23,9			
	Intensidad arranque mínima/máxima <sup>7</sup>	A	2,6 / 12,5			
	Corrección de coseno Ø	-	0,96 / 1			
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR TRIFÁSICA	3/N/PE 400 V / 50-60Hz <sup>8</sup>	-	✓			
	Protección externa máxima recomendada <sup>9</sup>	-	C13A			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W35	kW/A	6 / 8,7			
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W55	kW/A	6 / 8,7			
	Intensidad arranque mínima/máxima <sup>7</sup>	A	0,9 / 4,2			
DIMENSIONES Y PESO	Corrección de coseno Ø	-	0,96-1			
	Altura x ancho x profundidad	mm	ecoGEO B: 1060x600x710 / ecoGEO C: 1804x600x710			
	Peso en vacío (sin ensamblaje)	kg	B 185 - C 247	B 193 - C 255	B 185 - C 247	B 193 - C 255

- Captación aerotérmica o híbrida sustituyendo o combinando el captador geotérmico por una o varias unidades aerotérmicas ecoGEO AU12. Consulte el manual de las unidades aerotérmicas ecoGEO AU12 para información más detallada.
- Conforme a EN 14511, incluyendo el consumo de bombas de circulación y driver del compresor.
- Considerando caudales en los circuitos de captación y producción de 2500 l/h.
- Considerando un calentamiento desde 20 a 50 °C en ausencia de consumos.
- Considerando un apoyo con la resistencia eléctrica de emergencia o con el sistema HTR. La temperatura máxima de ACS con el sistema HTR puede estar limitada por la temperatura de descarga del compresor.
- Conforme a EN 12102, incluyendo el kit de aislamiento acústico del compresor.
- Intensidad de arranque depende de condiciones de trabajo de los circuitos hidráulicos.
- El rango de tensión admisible para un correcto funcionamiento de la bomba de calor es de ±10%.
- El consumo máximo puede variar significativamente con las condiciones de trabajo, o si se limita el rango de operación del compresor. Consulte el manual de servicio técnico para información más detallada.
- Pendiente de certificación.

## ecoGEO B/C 5-22

ecoGEO Basic



A++

ecoGEO Compact



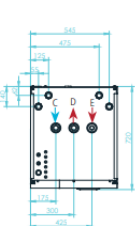
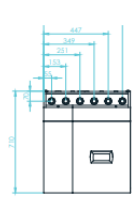
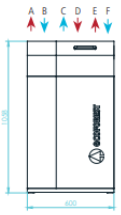
A++



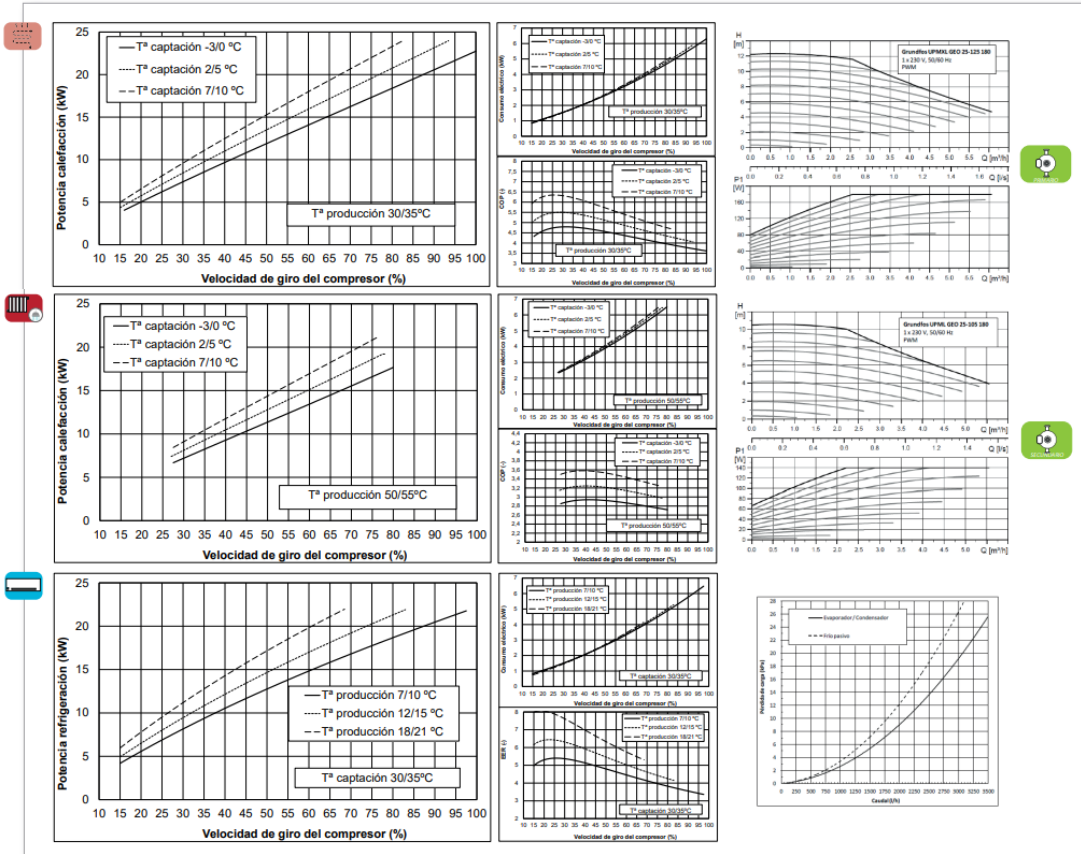
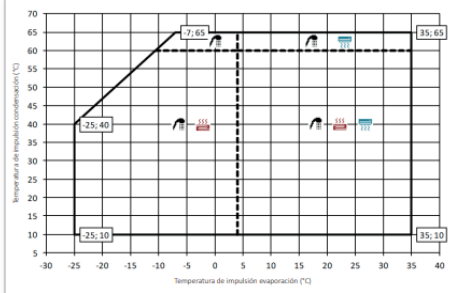
A








- A. Impulsión Climatización/ 1 1/4 "M
- B. Retorno Climatización/ 1 1/4 "M
- C. Impulsión Captación/ 1 1/4 "M
- D. Retorno Captación/ 1 1/4 "M
- E. Impulsión ACS/ 1 1/4 "M
- F. Retorno ACS/ 1 1/4 "M

- A. Impulsión Climatización/ 1 1/4 "M
- B. Retorno Climatización/ 1 1/4 "M
- C. Entrada AFS/ 1 "H
- D. Salida ACS/ 1 "H
- E. Retorno ACS/ 3/4 "H
- F. Impulsión Captación/ 1 1/4 "M
- G. Retorno Captación/ 1 1/4 "M



### Mapa de Operación



								
MODELO		EVOLine6 NN	EVOLine10 NN	EVOLine13 NN	EVOLine15 NN	EVOLine20 NN	EVOLine25 NN	EVOLine35 NN
<b>Características técnicas</b>								
24°C T Aire 26°C T Agua	Potencia	4.8 kW	8.2 kW	11.6 kW	17.5 kW	23.2 kW	22.5 kW	33.1 kW
	COP	5	5.1	5.4	5.1	6.2	5.4	5.5
15°C T Aire 26°C T Agua	Potencia	3.6 kW	6.2 kW	8.7 kW	12.9 kW	17.9 kW	16.9 kW	24.8 kW
	COP	3.8	3.8	4.1	3.8	4.8	4.1	4.1
5°C T Aire 26°C T Agua	Potencia	2.5 kW	4.2 kW	5.6 kW	9.1 kW	9.7 kW	10.8 kW	15.6 kW
	COP	2.7	2.7	2.9	2.6	3.6	2.9	2.9
Entrada		1 kW	1.1 kW	1.8 kW	2.1 kW	3.5 kW	4.2 kW	6 kW
Intensidad absorbida		4.5 A	7.3 A	8.2 A	9.5 A	15.9 A	7.1 A	10.1 A
Voltaje		220-240 V	220-240 V	220-240 V	220-240 V	220-240 V	380-400 V	380-400 V
Calibre fusible		10 A	13 A	20 A	25 A	25 A	3x16 A	3x20 A
Cable de alimentación	Máx 20 m	2x2.5 mm <sup>2</sup>	2x2.5 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	3x4 mm <sup>2</sup>	3x6 mm <sup>2</sup>
	Máx 50 m	2x4 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	2x6 mm <sup>2</sup>	3x6 mm <sup>2</sup>	3x6 mm <sup>2</sup>
Control		LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD	LED/LCD
Número de ventiladores		1	1	1	1	1	1	2
Nivel sonoro		50 dB	53 dB	54 dB	56 dB	56 dB	56 dB	57 dB
Conexión agua		1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2
Caudal agua min		1.3 m <sup>3</sup> /h	2.2 m <sup>3</sup> /h	3.6 m <sup>3</sup> /h	4.9 m <sup>3</sup> /h	6 m <sup>3</sup> /h	6 m <sup>3</sup> /h	13 m <sup>3</sup> /h
Volumen orientativo (piscina con cubierta)	m <sup>3</sup> Máx	12	19	30	45	60	56	80
	m <sup>3</sup> Min	5	15	19	27	37	35	52
Dimensiones	LxAnxAl	778x293x511mm	938x360x581mm	1015x370x521mm	1080x416x708mm	1078x416x958mm	1078x416x958mm	1078x416x1258mm
Peso	Neto/Bruto	33/38 Kg	48/56 Kg	60/67 Kg	91/104 Kg	99/114 Kg	99/114 Kg	120/136 Kg



## SOLAR ORBITER

KSHC-144 PERC



**144 cell**

Monocrystalline  
PERC

**21,39%**

Maximum Efficiency

**0 ~ +3%**

Positive Power Tolerance

**440 - 465**

Peak Power Range

### STRONG MECHANICAL LOAD CAPACITY

Certified for 5400Pa snow  
and 2400Pa wind loads test



### LOW LIGHT PERFORMANCE

With PERC technology.  
Increases performance in  
low-light environments

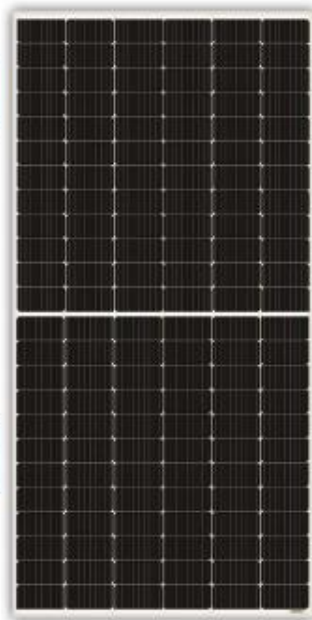
### ANTI-PID

Resistance to degradation  
induced by potential



### 9 BUSBAR SOLAR CELL

New technology for better  
efficiency.



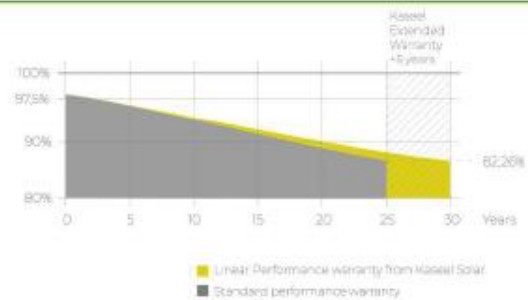
## SPECIAL WARRANTY

**30  
YEARS**

82,26% of the  
nominal power  
output

**20  
YEARS**

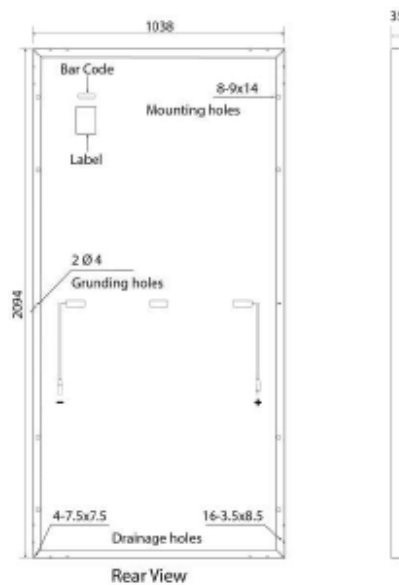
Limited product  
warranty



[www.kaseel.com](http://www.kaseel.com)

[support@kaseel.com](mailto:support@kaseel.com)

## ENGINEERING DRAWINGS



Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline PERC 166x83mm
Number of cells	144 (6x24)
Module dimensions	2094x1038x35 mm
Weight	24kg
Front cover	3.2mm tempered glass with AR coating, Low Iron Glass
Frame	Clear anodized aluminum alloy
Junction box	IP68, 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> - 1400mm
Connector	MCA or MC4 compatible
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000/1500V DC
Fire Resistance Rating	Type 1/Class C (IEC61730)
Maximum Series Fuse Rating	20A

## TEMP. CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43°C ±2°C
Temperature Coefficients of P <sub>max</sub>	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of V <sub>OC</sub>	-0.28%/°C
Temperature Coefficients of I <sub>SC</sub>	0.05%/°C

## PACKAGING

Standard packaging	31 pcs/pallet
Module quantity per 40' container	715 pcs

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Nominal Power (P <sub>max</sub> )	440W	445W	450W	455W	460W	465W
Open Circuit Voltage (V <sub>OC</sub> )	49.3V	49.5V	49.7V	49.9V	50.1V	50.2V
Short Circuit Current (I <sub>SC</sub> )	11.16A	11.22A	11.28A	11.34A	11.40A	11.46A
Voltage at Nominal Power (V <sub>mp</sub> )	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Current at Nominal Power (I <sub>mp</sub> )	10.63A	10.70A	10.77A	10.84A	10.91A	10.97A
Module Efficiency (%)	20.24	20.47	20.70	20.93	21.16	21.39

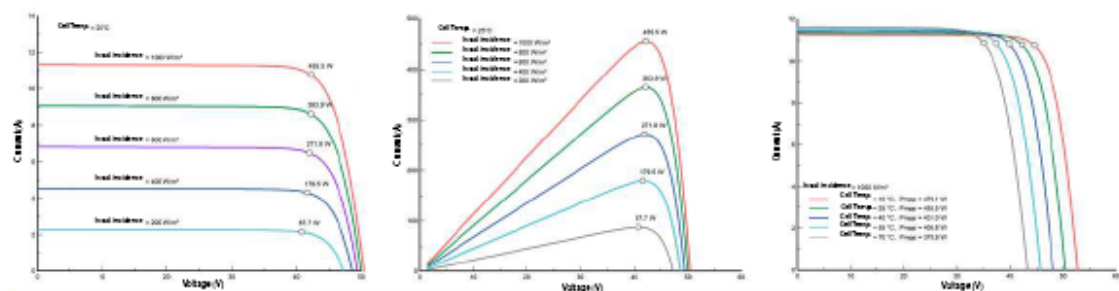
STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Nominal Power (P <sub>max</sub> )	327W	331W	335W	339W	343W	347W
Open Circuit Voltage (V <sub>OC</sub> )	45.4V	45.6V	45.8V	45.0V	46.2V	46.4V
Short Circuit Current (I <sub>SC</sub> )	9.04A	9.09A	9.14A	9.19A	9.24A	9.29A
Voltage at Nominal Power (V <sub>mp</sub> )	37.6V	37.8V	38.0V	38.2V	38.4V	38.6V
Current at Nominal Power (I <sub>mp</sub> )	8.70A	8.76A	8.82A	8.88A	8.94A	8.99A

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

## CURVES



## Smart Energy Center



### Seguridad activa

Protección contra arcos eléctricos activa con tecnología de IA



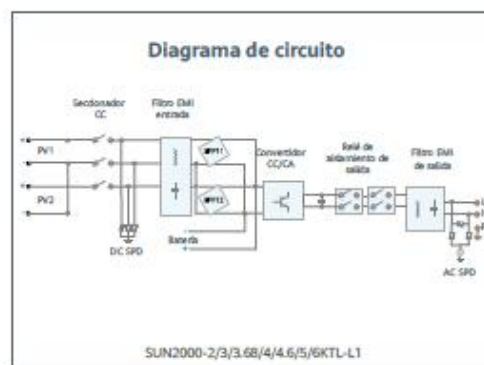
### Mayor rendimiento

Hasta un 30 % más de energía con optimizadores



### 2x POTENCIA de Batería

5kW de Salida en CA más  
5kW de Carga en Baterías



SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1  
**Especificaciones técnicas**

Especificaciones técnicas	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>Eficiencia</b>							
Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
<b>Entrada ( FV )</b>							
Entrada de CC máxima recomendada <sup>2</sup>	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Máx. tensión de entrada	600 V <sup>3</sup>						
Tensión de arranque	100 V						
Rango de tensión de operación de MPPT	90 V ~ 560 V <sup>3</sup>						
Tensión nominal de entrada	360 V						
Máx. intensidad por MPPT	12.5 A						
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	18 A						
Cantidad de MPPTs	2						
Máx. número de entradas por MPPT	1						
<b>Entrada ( Batería CC )</b>							
Batería compatible	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R						
Rango de tensión de operación	350 ~ 450 Vdc						
Max. corriente de operación	10 A @7H_R / 15 A @10H_R						
Potencia de carga máxima	3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R						
Potencia máxima de descarga @ 7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Potencia máxima de descarga @ 10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Batería compatible	HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh ~ 30kWh <sup>1</sup>						
Rango de tensión de operación	350 ~ 560 Vdc						
Max. corriente de operación	15 A						
Potencia de carga máxima	5,000 W <sup>4</sup>						
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
<b>Salida</b>							
Conexión a la red eléctrica	Monofásica						
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W <sup>5</sup>	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	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
Tensión nominal de Salida	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac						
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz						
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A <sup>8</sup>	25 A <sup>8</sup>	27.3 A
Factor de potencia ajustable	0.8 leading ... 0.8 lagging						
Máx. distorsión armónica total	< 3 %						
Salida para SAI	Sí (a través de Backup Box-80 <sup>1</sup> )						
<b>Protección &amp; Características</b>							
Protección anti-isla	Sí						
Protección contra polaridad inversa de CC	Sí						
Monitorización de aislamiento	Sí						
Protección contra descargas atmosféricas CC	Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Protección contra descargas atmosféricas CA	Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Monitorización de la corriente residual	Sí						
Protección contra sobretensión de CA	Sí						
Protección contra cortocircuito de CA	Sí						
Protección contra sobretensión de CA	Sí						
Protección contra sobrecalentamiento	Sí						
Protección de falla de arco	Sí						
Carga inversa de la batería desde la red	Sí						
<b>Datos generales</b>							
Rango de temperatura de operación	-25 ~ +60 °C						
Humedad relativa de operación	0 %RH ~ 100 %RH						
Altitud de operación	0 ~ 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)						
Ventilación	Convección natural						
Pantalla	Indicadores LED; WLAN integrado + aplicación FusionSolar						
Comunicación	RS485, WLAN a través del módulo WLAN incorporado en el inversor Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional); 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)						
Peso (incluido soporte de montaje)	12.0 kg						
Dimensiones (incluido soporte de montaje)	365mm * 365mm * 156 mm						
Grado de protección	IP65						
Consumo de energía durante la noche	< 2.5 W						
<b>Compatibilidad con optimizadores</b>							
Optimizador compatible con MBUS CC	SUN2000-450W-P						
<b>Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)</b>							
Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2						
Estándares de conexión a red eléctrica	G98, G99, EN 50549-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62116						

<sup>1</sup> Disponible en Q3 del 2020.

<sup>2</sup> La potencia fotovoltaica de entrada máxima del inversor es de 10,000 Wp cuando las cadenas largas se diseñen y conecten al completo de optimizadores de potencia SUN2000-450W-P.

<sup>3</sup> El límite máximo de tensión de entrada y de operación se reducirán a 495 V cuando el inversor se conecte y funcione con la batería LG.

<sup>4</sup> 2.500W en las baterías HUAWEI ESS de 5kWh

<sup>5</sup> AS4777.2:4,991W \* 6. VDE-AR-N 4105: 4,600VA / AS4777.2: 4,999VA \* 7. AS4777.2: 4,999VA / C10/11:5,000VA \* 8. AS4777.2: 21.7A.



