

Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Caso de estudio español

Parte I: Enfoque del caso de estudio español y análisis de la situación inicial del edificio

1. Enfoque del caso de estudio español

El caso de estudio español consiste en analizar la demanda y el consumo energéticos, así como proponer alternativas que mejoren la eficiencia de una vivienda unifamiliar existente, tipo adosada, situada en el municipio de Ceutí, España.

2. Descripción de la vivienda unifamiliar

2.1. Introducción

La vivienda unifamiliar adosada consta de un sótano, una primera planta y una segunda planta. El tejado de la vivienda es plano. Este edificio fue construido en 2023.

El sótano tiene una superficie de 60 m² para aparcamiento de vehículos y un trastero de 12 m².

La primera planta tiene una superficie útil interior de 56 m², sin incluir las escaleras. Los espacios de la primera planta son un dormitorio, un salón, la cocina y un cuarto de baño. En el exterior de la primera planta, la vivienda cuenta con una terraza de 13 m² donde se encuentra la puerta principal de la vivienda.

En la segunda planta tiene una superficie útil interior de 54,6 m² (sin incluir la escalera). Esta planta consta de 3 dormitorios y un cuarto de baño. En el exterior de esta planta, uno de los dormitorios tiene un balcón de 3 m² útiles.

La anchura de la fachada de esta casa adosada es de 7,71 m y la profundidad es de 11,64 m. En la fachada principal de la casa hay una parcela vallada de 36 m² donde se encuentra la rampa para bajar al sótano con el vehículo.



Figura 1: Casas adosadas en España

Esta vivienda unifamiliar se encuentra en el municipio de Ceutí, provincia de Murcia (España)

Los datos de ubicación de este edificio son los siguientes:

Location data	
City	Ceuti
Altitude	94.000 m
Latitude	38.1 degrees
Longitude	-1.3 degrees
Time zone	0.0
SCOP climatic conditions	Warm climate

Figura 2: Ubicación de la vivienda

La fachada principal de la vivienda está orientada al oeste.

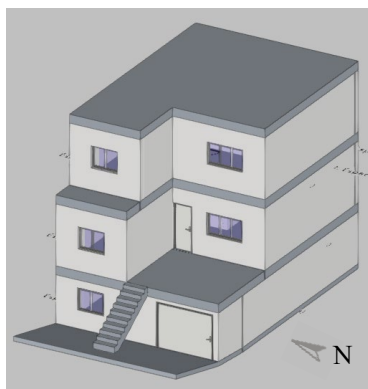


Figura 3: Orientación de la vivienda

2.2. Planos de la casa

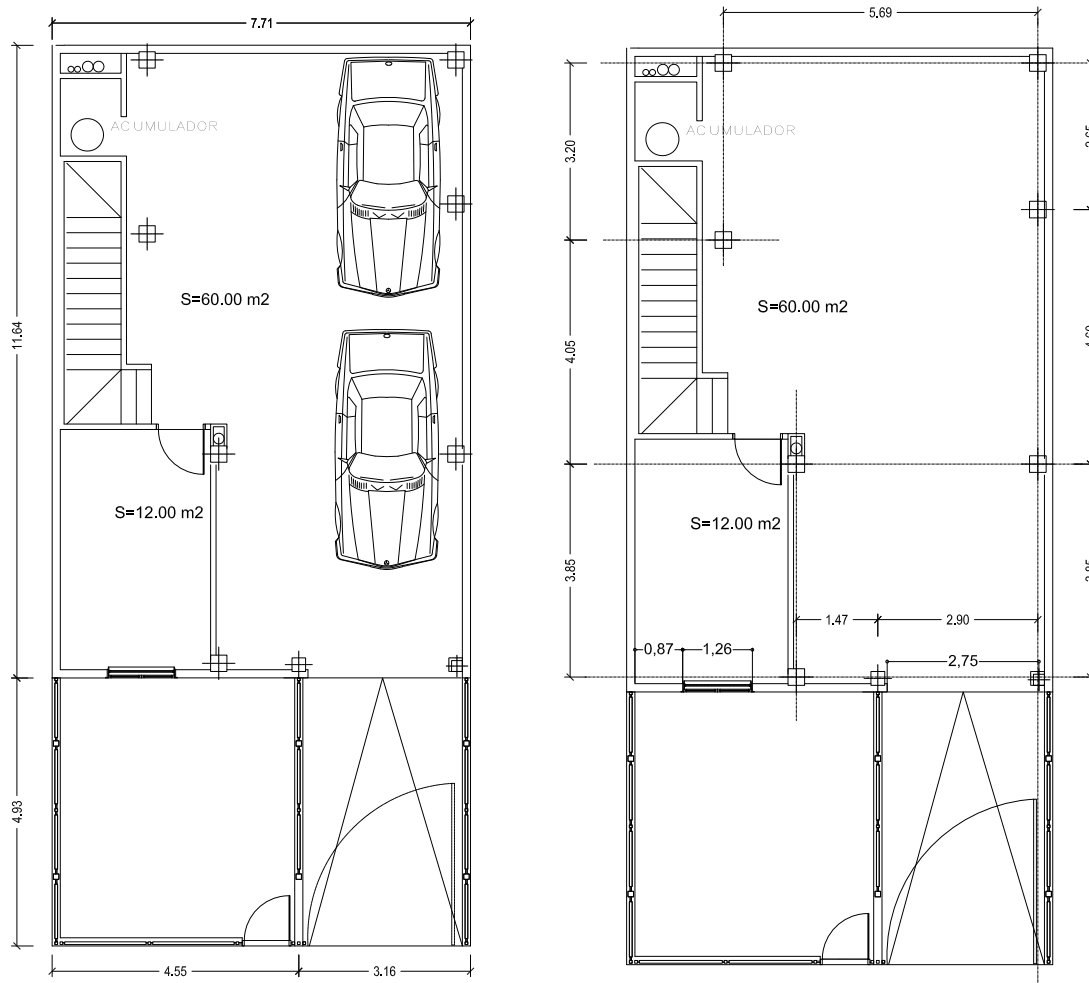


Figura 4: Planos del sótano

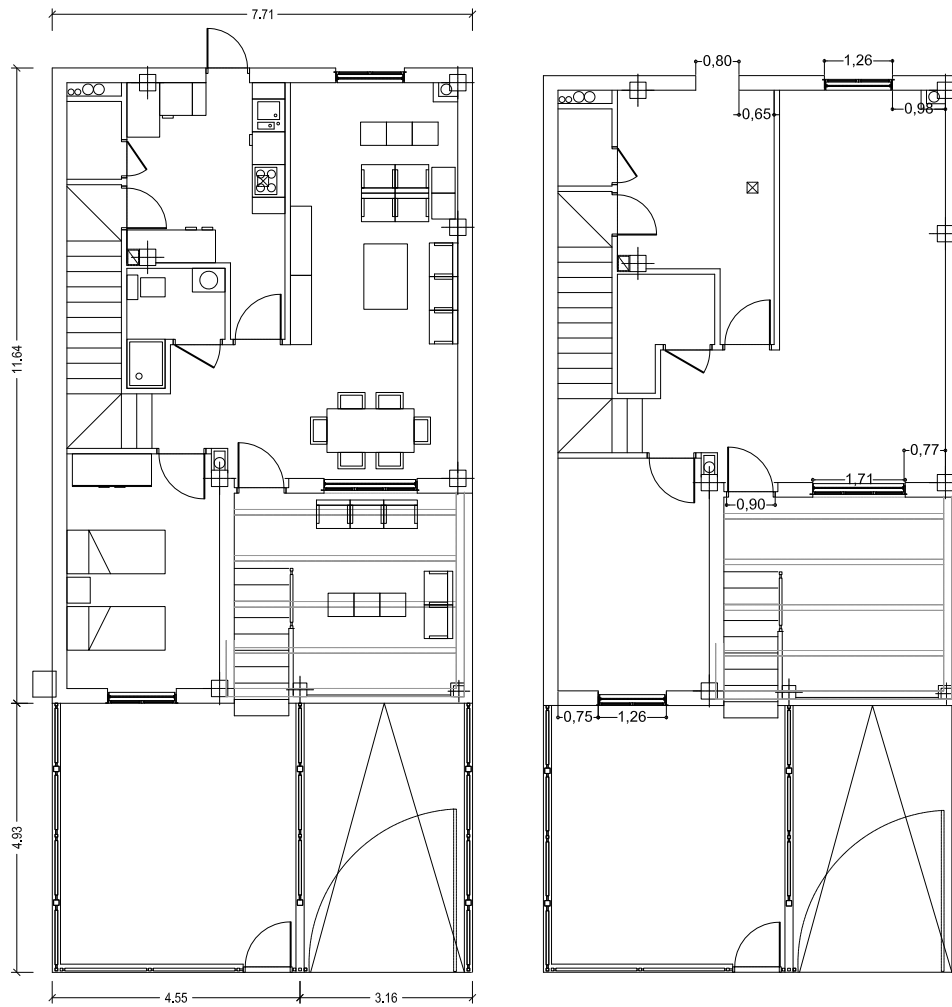


Figura 5: Planos de la planta baja

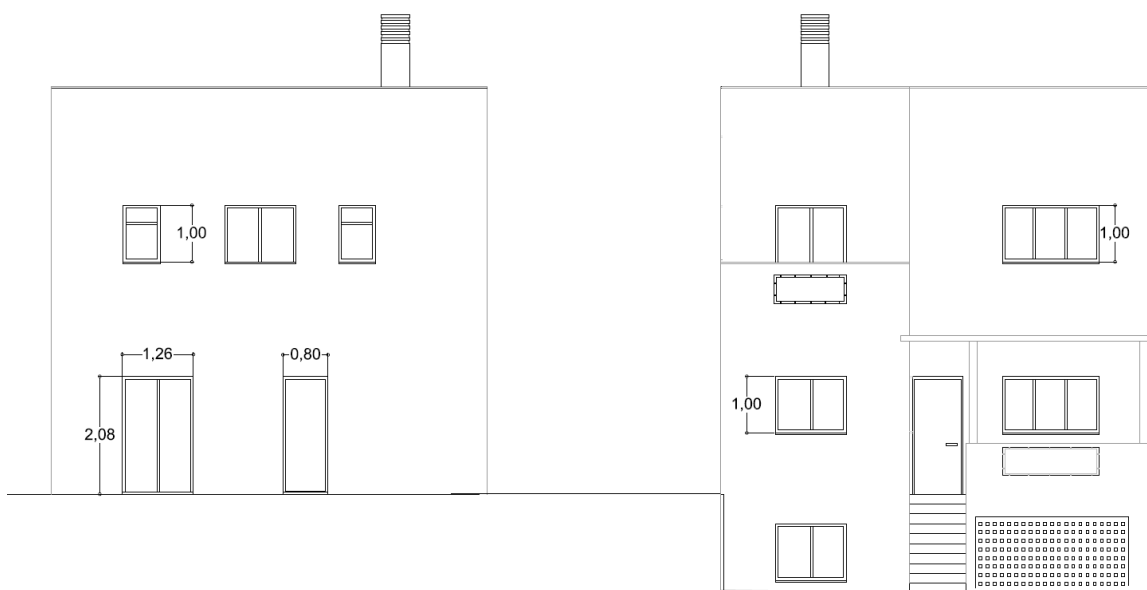


Figura 6: Alzados trasero y delantero.

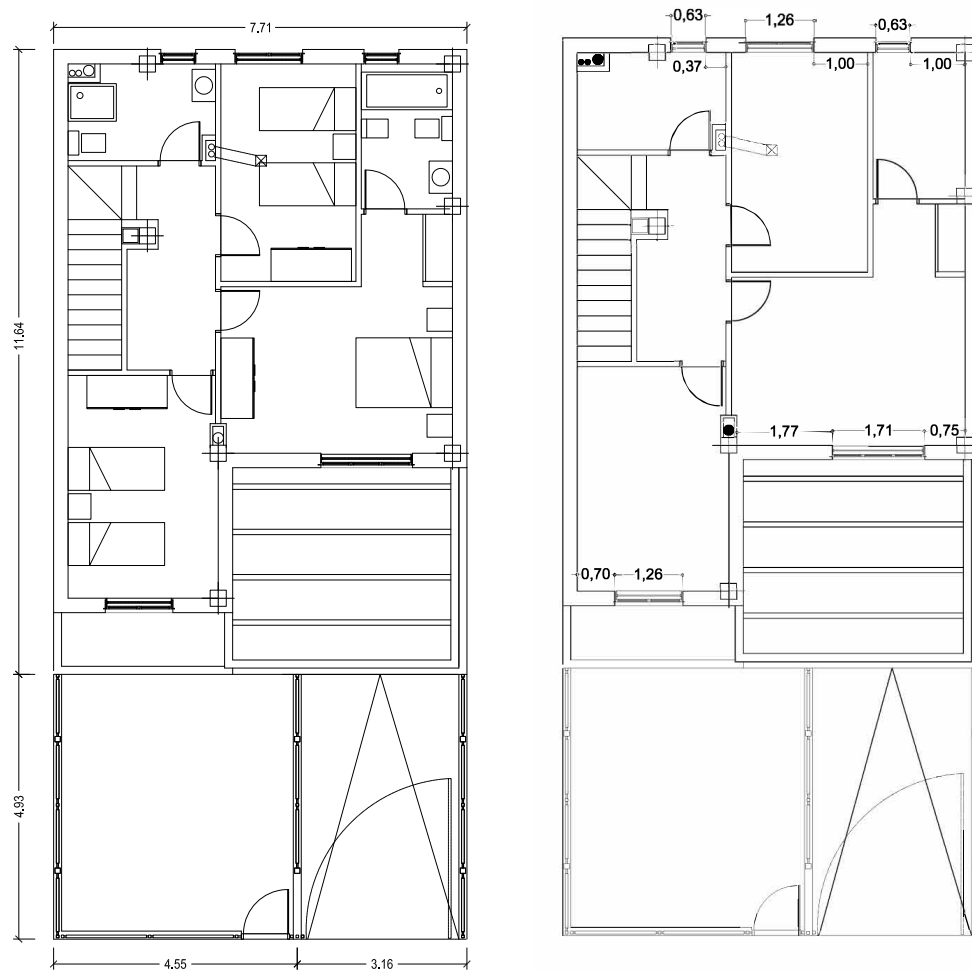


Figura 7: Planos de la primera planta

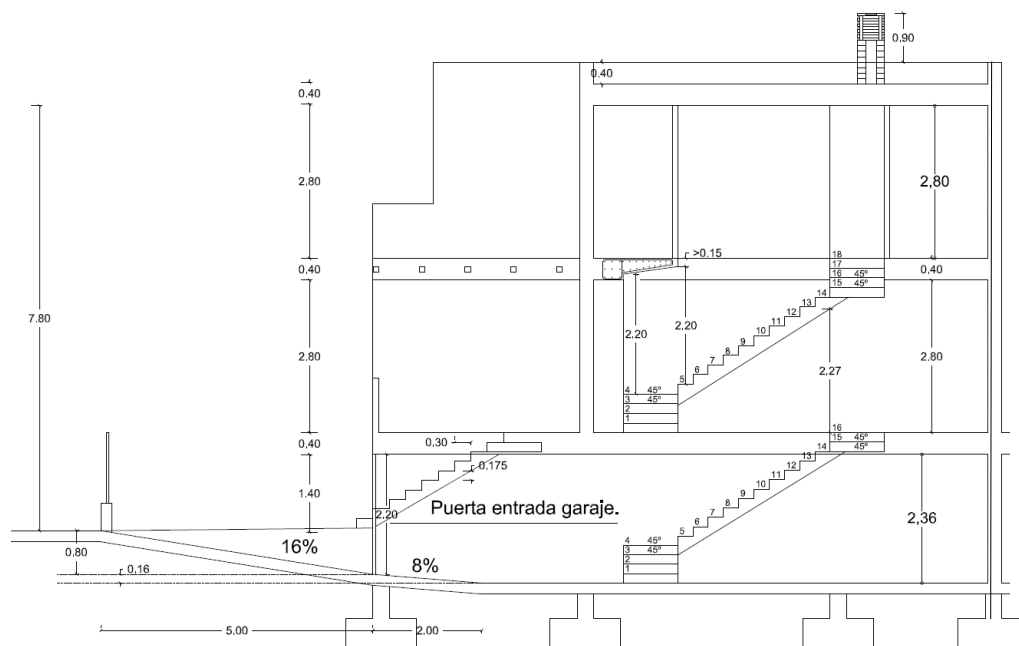


Figura 8: Sección del edificio.

2.3. Materiales de la envolvente térmica

La envolvente térmica de un edificio se refiere al sistema colectivo de elementos que separan los espacios interiores acondicionados del entorno exterior no acondicionado. Incluye paredes exteriores, techos, suelos (especialmente los que están en contacto con zonas no acondicionadas o con el suelo), así como ventanas y puertas exteriores.

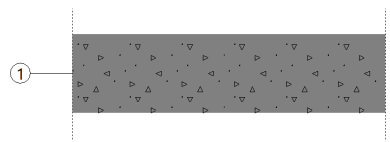
La función principal de la envolvente térmica es regular el flujo de calor, aire y humedad, minimizando así la pérdida de calor durante las estaciones frías y la ganancia de calor durante las estaciones cálidas. También reduce la infiltración y la exfiltración de aire, lo que contribuye significativamente al confort térmico de los ocupantes y a la eficiencia energética global del edificio.

El rendimiento de la envolvente térmica se evalúa normalmente a través de su resistencia térmica (valor R), transmitancia térmica (valor U) y estanqueidad al aire.

Una envolvente térmica bien diseñada y construida es esencial para alcanzar altos estándares de rendimiento energético, reducir los costes operativos de energía y mantener la calidad del ambiente interior.

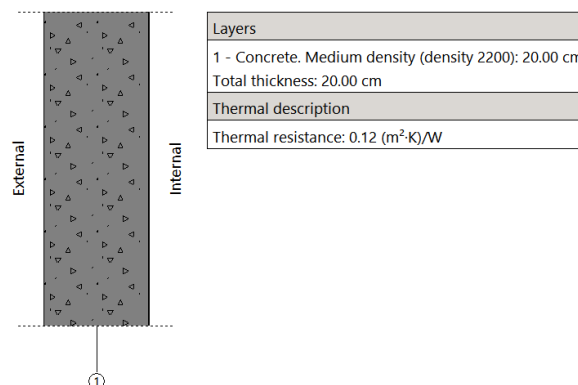
A continuación se describen las características de los elementos que pertenecen a la envolvente térmica del edificio estudiado.

Suelos en contacto con el terreno (solera)



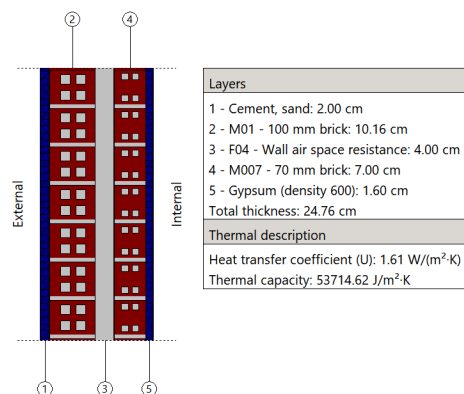
Layers
1 - Concrete. Medium density (density 1800): 15.00 cm
Total thickness: 15.00 cm
Thermal description
Thermal resistance: 0.13 (m ² ·K)/W

Paredes en contacto con el suelo



Layers
1 - Concrete. Medium density (density 2200): 20.00 cm
Total thickness: 20.00 cm
Thermal description
Thermal resistance: 0.12 (m ² ·K)/W

Fachadas



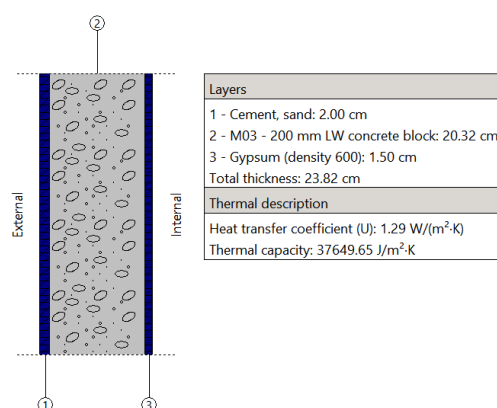
Aberturas de la fachada

Ventanas con marco de aluminio y vidrio monolítico

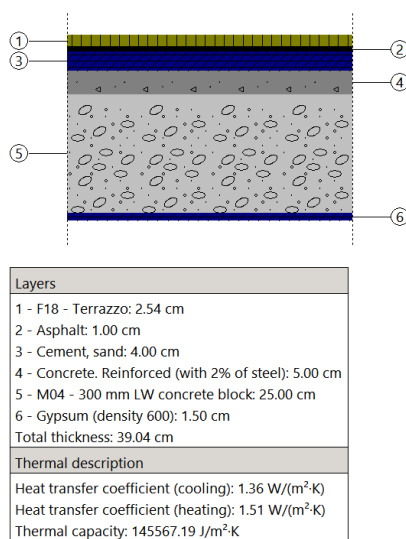
Heat transfer coefficient (U) W/(m²·K)

Solar heat gain coefficient

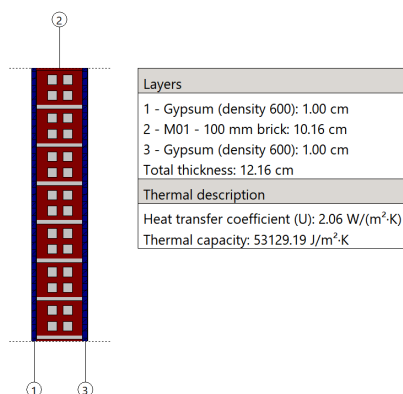
Paredes medianeras



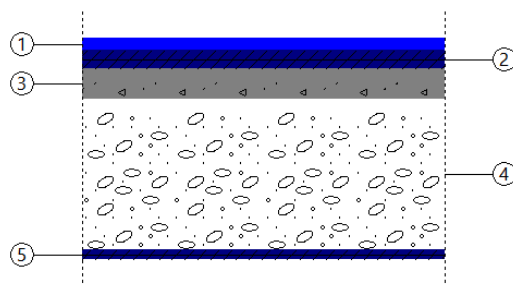
Cubiertas



Tabiques interiores



Losas intermedias



Layers
1 - Ceramic/porcelain: 2.00 cm
2 - Cement, sand: 3.00 cm
3 - Concrete, Medium density (density 2200): 5.00 cm
4 - M03 - 200 mm LW concrete block: 25.00 cm
5 - Gypsum (density 600): 1.50 cm
Total thickness: 36.50 cm
Thermal description
Ceiling slab
Heat transfer coefficient (cooling): 1.00 W/(m ² ·K)
Heat transfer coefficient (heating): 1.16 W/(m ² ·K)
Floor slab
Heat transfer coefficient (cooling): 1.16 W/(m ² ·K)
Heat transfer coefficient (heating): 1.00 W/(m ² ·K)
Floor slab exposed to open air
Heat transfer coefficient (cooling): 1.25 W/(m ² ·K)
Heat transfer coefficient (heating): 1.15 W/(m ² ·K)
Thermal capacity: 141371.08 J/m ² ·K

2.4. Sistemas de calefacción y aire acondicionado

El sistema de calefacción y aire acondicionado es un sistema de expansión directa multisplit con las propiedades que se muestran en la siguiente figura.





Outdoor unit

Equipment: RAS-4M27U2AVG-E

Maximum number of internal units: 4
 Gross rated total cooling capacity: 8000 W
 Gross rated cooling COP: 3.5
 Gross rated heating capacity: 9000 W
 Gross rated heating COP: 4.67

Control of the operating mode Load priority ▼

Total pipe length 30.000 m

Indoor unit

Wall-mounted: RAS-M10PKVPG-E

Gross rated total cooling capacity: 2500 W
 Nominal cooling power: 2000 W
 Gross rated heating capacity: 3200 W

Figura 9: Sistema de calefacción y aire acondicionado: propiedades del sistema de expansión directa multisplit.

El sistema cuenta con 4 unidades interiores

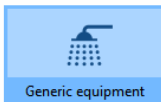
2.5. Sistema de agua caliente sanitaria

El sistema de agua caliente sanitaria consta de una caldera eléctrica de agua caliente.

Production set

Reference DHW equipment - Electric hot water boiler

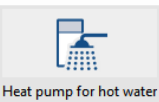
Covered DHW demand percentage 100 %



Generic equipment



Air-source heat pump



Heat pump for hot water



Geothermal

Production set

Overview

Type of energy vector Electricity ▼

Rated capacity 1500.00 W

Average seasonal efficiency 0.36 ↩

☒ Storage tank ⓘ

Global loss coefficient, UA 1.20 W/K ↩

Average storage temperature 60.0 °C

Ambient temperature 20.0 °C ⓘ

Figura 10: Propiedades de la caldera eléctrica de agua caliente.

En este estudio de la vivienda unifamiliar española, se ha supuesto que la temperatura del agua para uso doméstico en la red, antes de calentarla, varía entre **10,2 °C en diciembre** y enero y **19,9 °C en agosto**.

La ocupación considerada en el edificio para calcular la necesidad de agua caliente sanitaria ha sido de **4 personas** en este caso práctico. Necesidades de agua caliente sanitaria: **28 litros por persona y día**.

3. Desarrollo del estudio de caso español

3.1. Modelo BIM del edificio

Un **modelo de información de construcción (BIM)** para el análisis energético es una representación digital de un edificio que integra datos geométricos y semánticos, lo que permite realizar simulaciones detalladas del rendimiento energético del edificio. A diferencia de un modelo 3D estándar, un BIM incluye información sobre materiales, propiedades térmicas, horarios de ocupación, sistemas de iluminación, equipos de climatización y mucho más.

Cuando se utiliza para el análisis energético, el BIM sirve como base rica en datos que puede exportarse a un software de simulación energética (EnergyPlus en este caso práctico). Esto permite a los consultores energéticos evaluar las cargas de calefacción y refrigeración, la iluminación natural, el confort térmico y el consumo energético global.

Las principales ventajas son:

- **Transferencia automatizada de datos** desde el diseño a la simulación
- **Mayor precisión** gracias a entradas coherentes y detalladas
- **Flujos de trabajo de diseño integrados** entre arquitectos, ingenieros y analistas energéticos

Las siguientes figuras muestran varias vistas del modelo BIM geométrico del edificio.

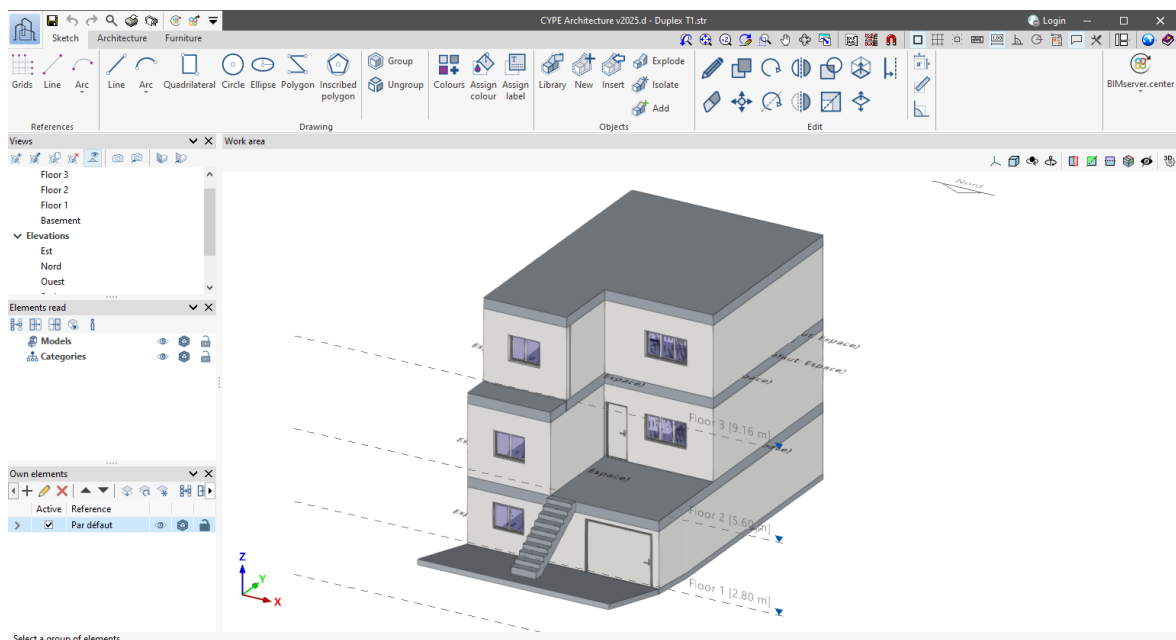


Figura 11 Modelo BIM

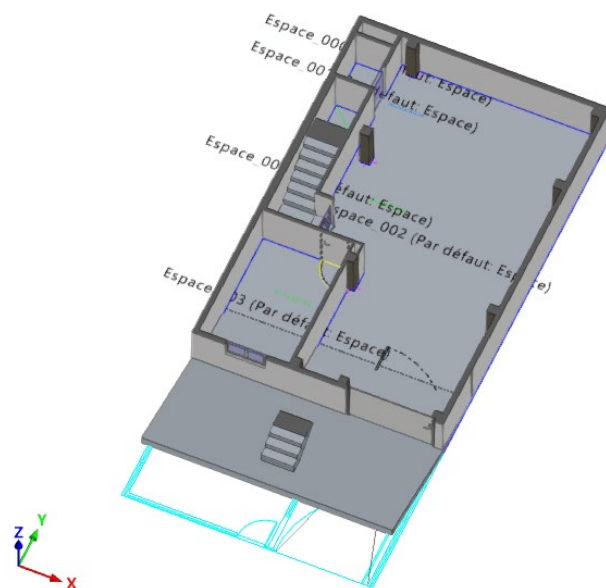


Figura 12 Planta sótano en el modelo BIM

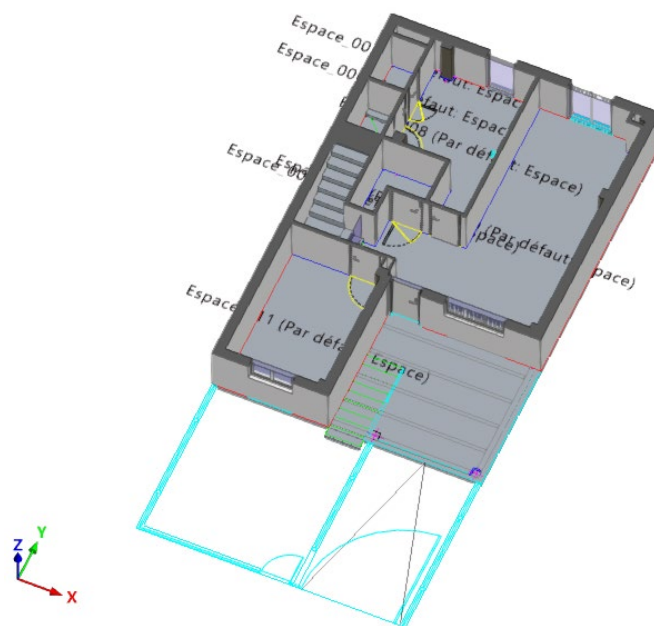


Figura 13 Planta baja en el modelo BIM

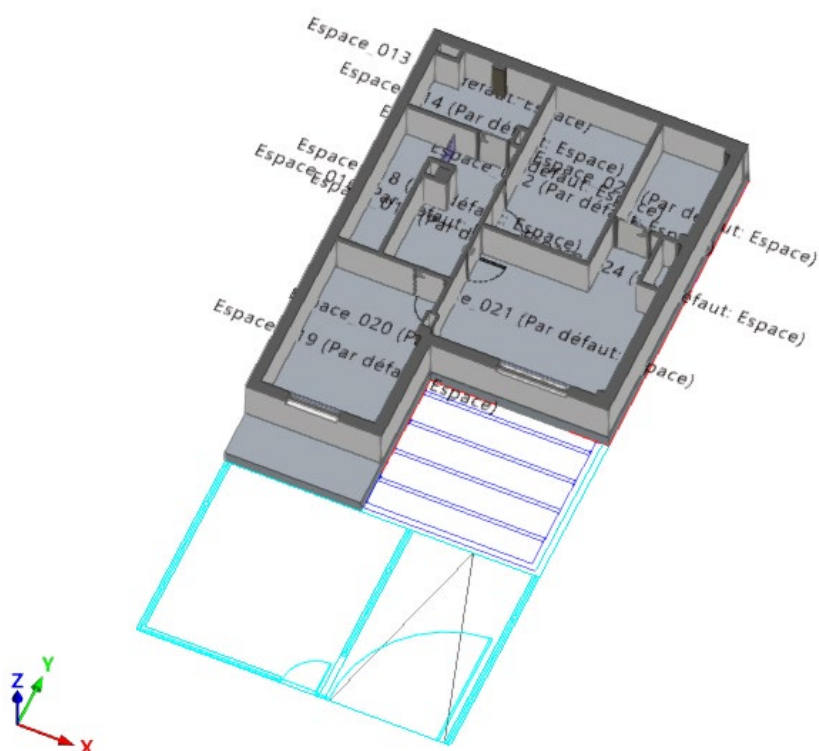


Figura 14 Primera planta en el modelo BIM

3.2. Modelo analítico del edificio.

El **modelo analítico del edificio** está compuesto por los espacios interiores del edificio en los que se divide el volumen interior del edificio con sus características (volumen de espacio, superficies que eliminan el espacio...).

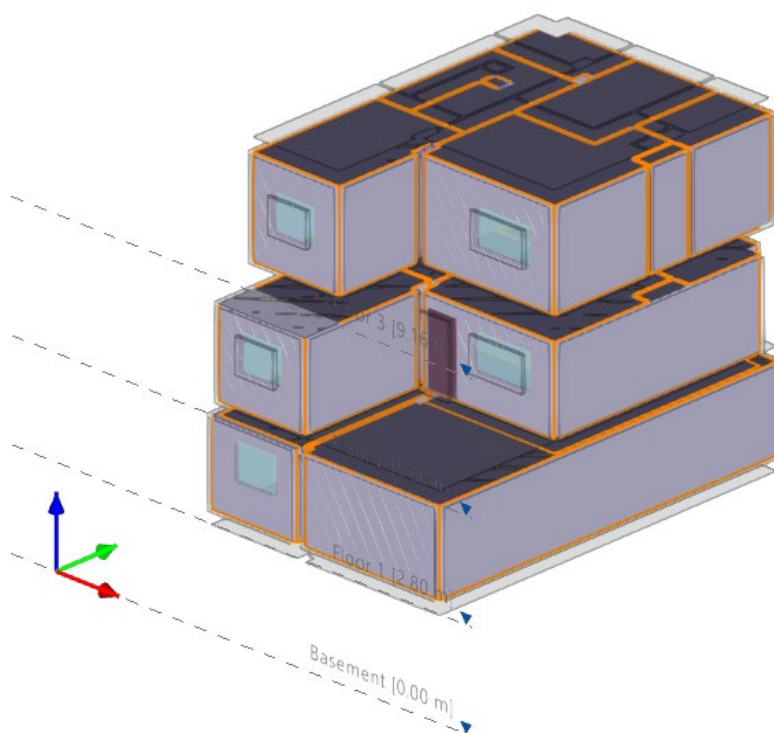


Figura 15 Modelo analítico del edificio.

En este trabajo, los espacios interiores del edificio se han agrupado en 2 zonas diferentes.

Estas zonas son:

-  Z01 - House
-  Z02 - Basement

Zona 1 (Vivienda) es la vivienda. Es la zona acondicionada del edificio.

Zona 2 (Sótano): no es habitable.

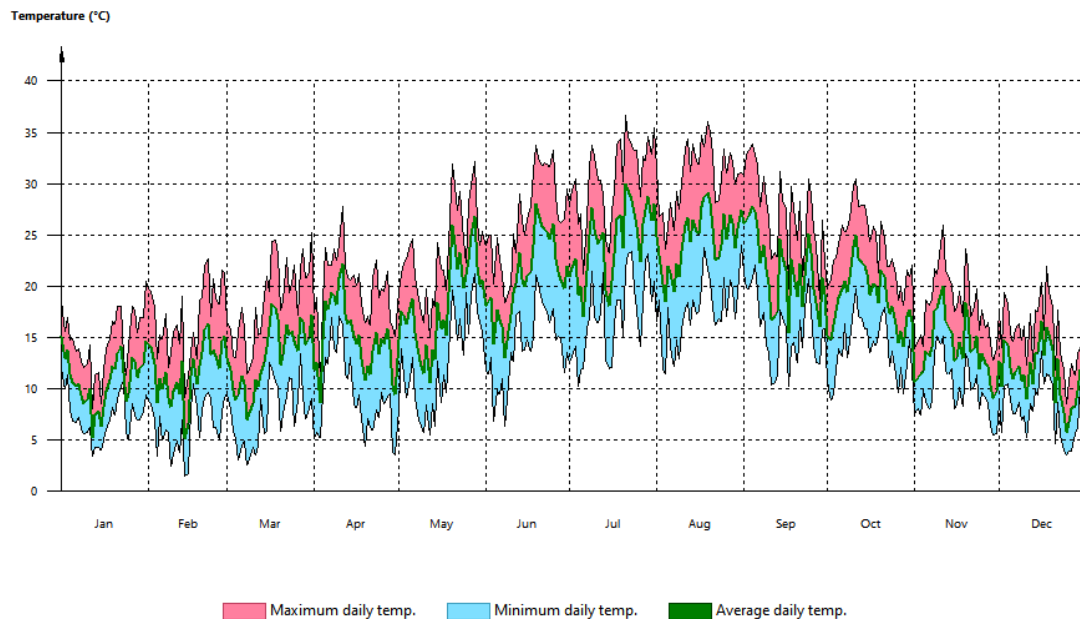
La **ventilación** del edificio existente consiste en ventilación natural.

Las necesidades de ventilación introducidas en el modelo han sido de **0,63 renovaciones de aire interior por hora** para viviendas, zonas comunes, cocinas y baños, y 1 renovación por hora para el sótano.

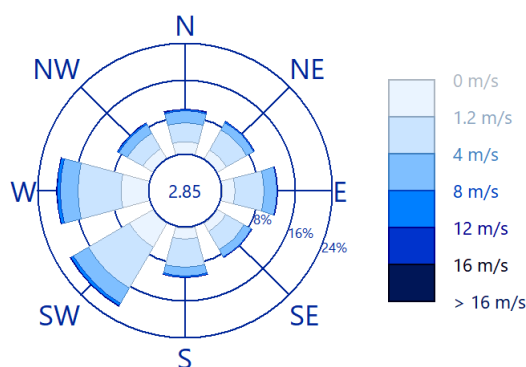
3.3. Zona climática

La zona climática en la que se encuentra la vivienda es la B3 según la normativa española de eficiencia energética en edificios. La B3 corresponde a una zona climática con inviernos suaves y veranos calurosos.

Los datos de la **temperatura exterior** considerados en este caso práctico en esta zona climática son los siguientes:



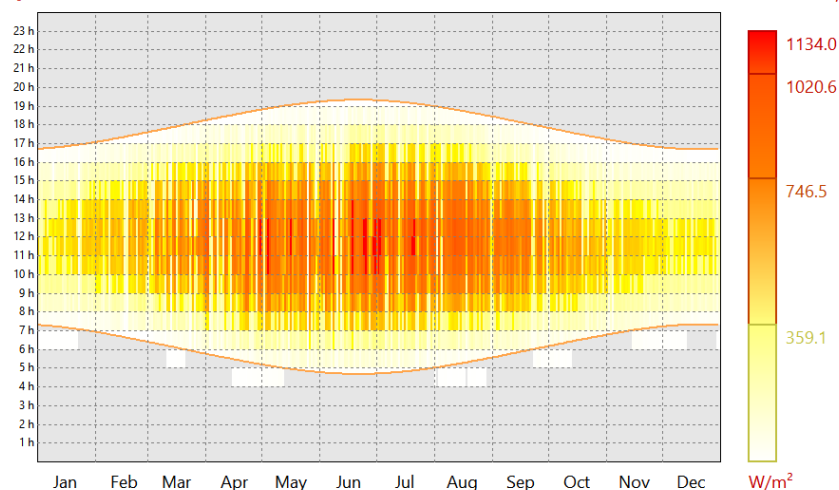
Distribución del viento:



Irradiación solar en el emplazamiento de la vivienda:

El siguiente gráfico muestra la irradiancia global sobre una superficie horizontal

$$Q = 73.8 + 88.9 + 130.5 + 156.7 + 194.2 + 204.3 + 219.7 + 197.9 + 150.2 + 113.8 + 79.0 + 66.0 = 1675.01 \text{ kWh/m}^2$$



3.4. Condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados para uso residencial privado

Para el análisis energético del edificio se han utilizado las condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados del edificio, que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 1: Condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados del edificio para uso residencial privado

		Horario (semana típica)			
		0:00-6:59	7:00-14:59	15:00-22:59	23:00-23:59
Temperatura de consigna alta (°C)	Enero a mayo	--	--	--	--
	De junio a septiembre	25	--	25	27
	Octubre a diciembre	--	--	--	--
Temperatura de consigna baja (°C)	Enero a mayo	17	20	20	17
	Junio a septiembre	--	--	--	--
	Octubre a diciembre	17	20	20	17

3.5. Modelo energético de edificios

Un modelo energético de edificios es una simulación digital detallada del consumo energético de un edificio, creada para analizar y predecir su rendimiento energético. Incluye datos como la geometría del edificio, su orientación, los materiales de construcción, los niveles de aislamiento, los sistemas de climatización, la iluminación, los patrones de ocupación y los datos climáticos locales. El modelo utiliza esta información para calcular el consumo energético para calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación y cargas enchufables a lo largo del tiempo.

Este modelo es esencial para:

- Evaluar alternativas de diseño
- Estimar el ahorro energético
- Cumplir con los códigos de construcción
- Apoyar las certificaciones de edificios ecológicos (por ejemplo, LEED, BREEAM)
- Realizar análisis de coste-beneficio de medidas de eficiencia energética

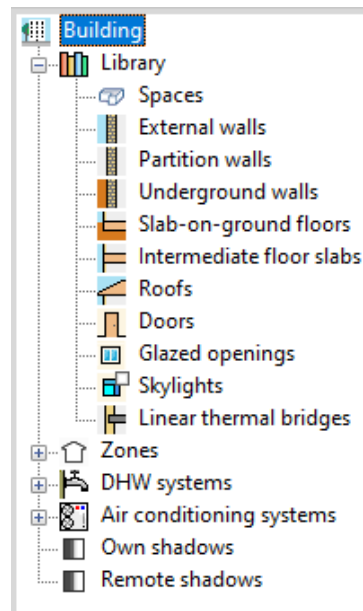


Figura 16: Algunos componentes del modelo energético de edificios

3.6. Proyecto de vivienda unifamiliar española en BIMServer.center

El modelo BIM del edificio, el modelo analítico y el modelo energético de la situación actual del edificio se comparten en la **plataforma BIM BIMServer.center**.

Este proyecto se puede visitar en el siguiente enlace:

<https://bimserver.center/es/project/604611?tab=0>

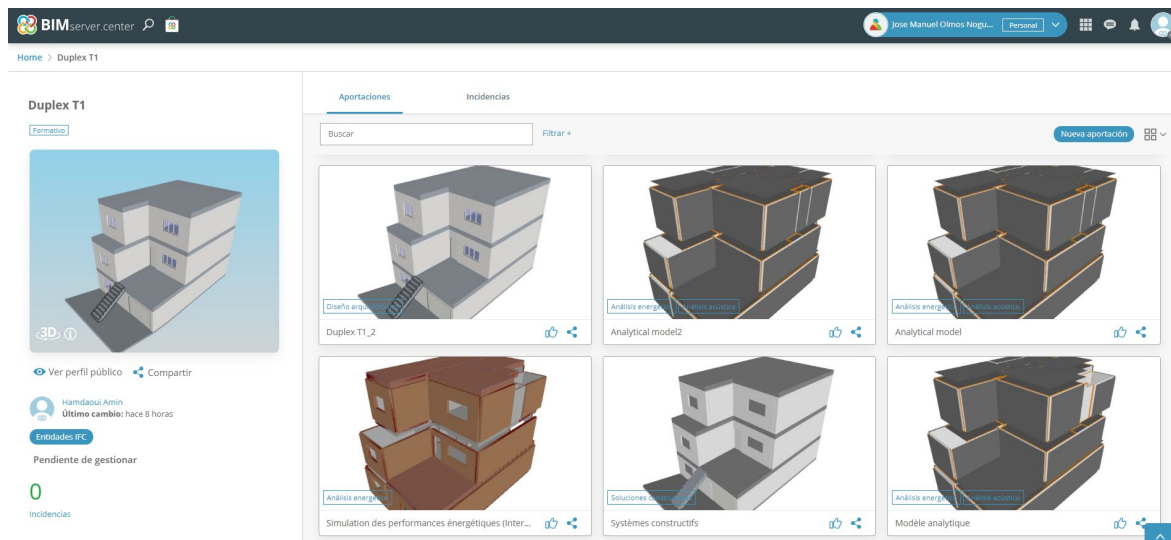
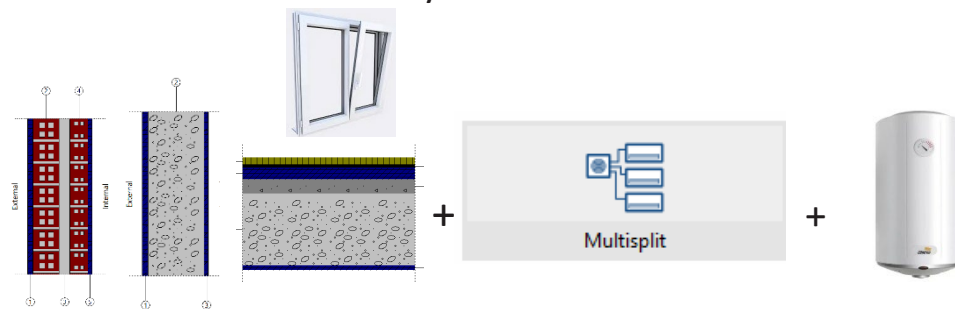


Figura 17: Vivienda unifamiliar en BIMServer.center

3.7. Casos analizados. Descripción

- **Caso 1: Situación inicial 1:** Envoltente sin aislamiento + sistema de expansión directa de calefacción y aire acondicionado + ACS con caldera eléctrica.



(Fachada muro medianero + cubierta)

(Ventanas de cristal simple con marco de aluminio. $U=5,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

Envoltente sin aislamiento + sistema de climatización por expansión directa + ACS con caldera eléctrica.

- **Caso 2: Situación inicial 2:** Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS+ Sistema de refrigeración multisplit de expansión directa.



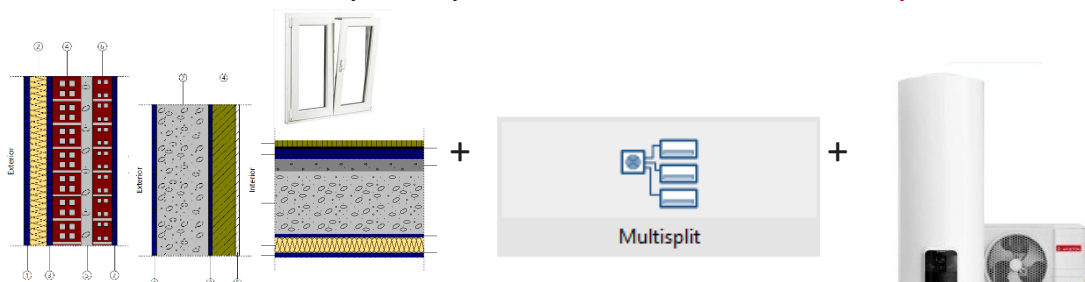
(Fachada muro medianero + cubierta)

(Ventanas de cristal simple con marco de aluminio. $U=5,7 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)

Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS+ Aire acondicionado con sistema multisplit de expansión directa.

Figura 18: Características de la caldera de gas para calefacción y ACS

- **Caso 3: Mejora 1 del caso 1 de la situación inicial. Envoltente mejorada 6 cm. Aislamiento + Ventanas de PVC de doble acristalamiento con gas argón + sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para ACS.**



(Fachada muro medianero tejado)

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Envoltente mejorada: capa aislante de 6 cm + sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para agua caliente sanitaria.

Características de la bomba de calor para agua caliente

- Potencia nominal 1500 W
- SCOP: 3,57 según la norma EN-16147
- Capacidad de acumulación: 200 litros.



- **Caso 4: Mejora 2 del caso 1 de situación inicial. Envoltente mejorada 6 cm. Aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón+. Sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para ACS + Paneles fotovoltaicos.**



Caso 3+ 12 m2 de paneles fotovoltaicos de (161,6 W/m2)



Características de los paneles fotovoltaicos:

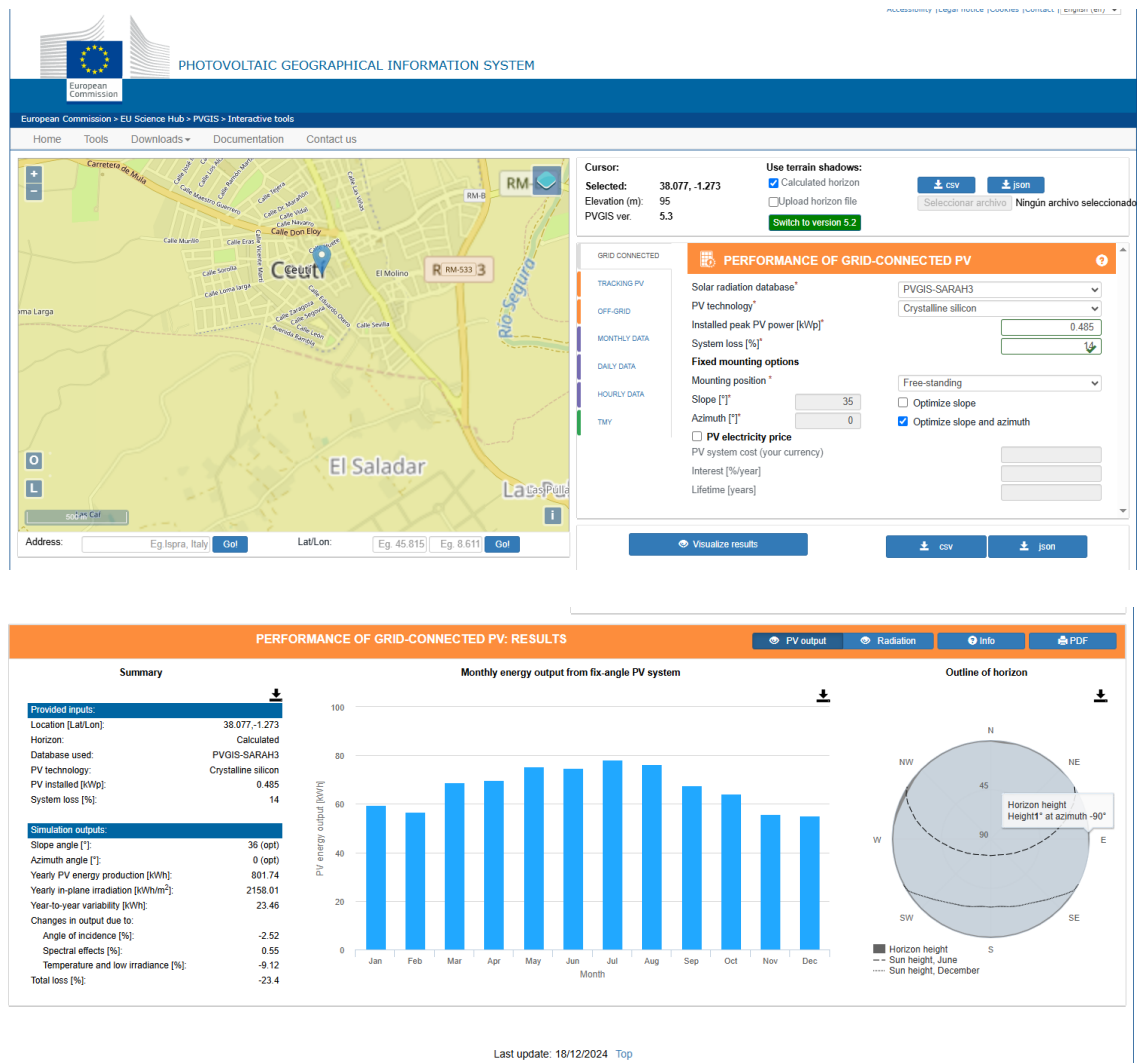
La potencia del módulo es de 485 W, con una eficiencia del 22,4 %.

Tamaño del panel (módulo): 3 m².

Orientación (ángulo acimutal): 0°

Ángulo de inclinación: 35°

Número de paneles utilizados: 4

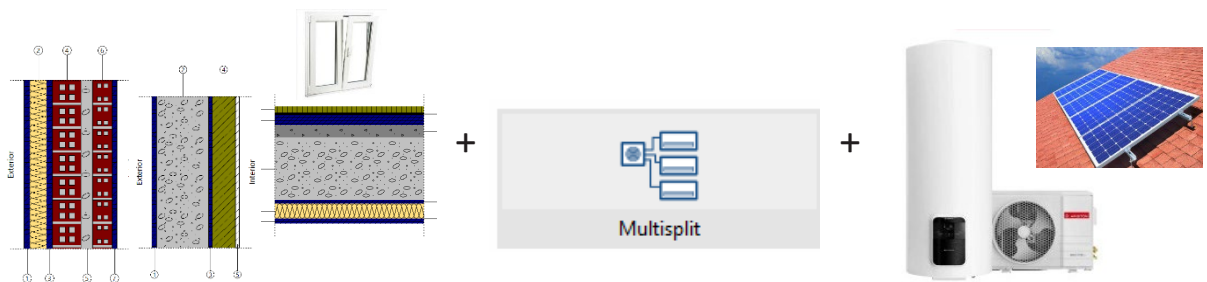


Producción energética mensual del sistema fotovoltaico en Ceutí (España):

	Producción energética por panel	Número de paneles	Producción energética
	kWh		kWh
Enero	59,6	4	238,4
Febrero	56,8	4	227,2

	Producción energética por panel kWh	Número de paneles	Producción energética kWh
marzo	68,7	4	274,8
Abr	69,7	4	278,8
mayo	75,4	4	301,6
Junio	74,9	4	299,6
Julio	78,1	4	312,4
Agosto	76,3	4	305,2
Septiembre	67,5	4	270
Octubre	64	4	256
Noviembre	55,8	4	223,2
Diciembre	55	4	220
Total	801,8		3207,2

- **Caso 5: Mejora 3 del caso 1 de la situación inicial. Envoltente mejorada 10 cm. Aislamiento+ . Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón.+ . Sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor + paneles fotovoltaicos. (Caso 4 pero con 10 cm de capa aislante en la envoltente).**

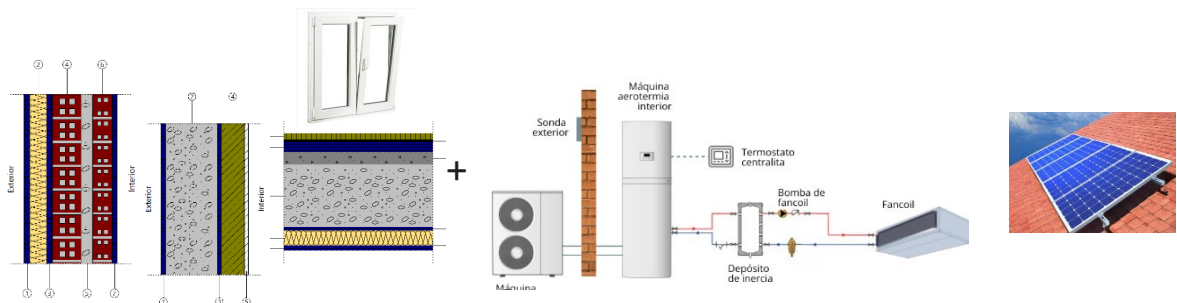


(Fachada muro medianero cubierta)

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U=1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

(Caso 4 pero con 10 cm de capa aislante en el cerramiento).

- **Caso 6: Mejora 4 de la situación inicial del caso 1. Envoltente mejorada 6 cm. Aislamiento+ . Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón+ . H&AC y ACS aerotérmico con fan coil + paneles fotovoltaicos.**



(Fachada muro medianero y tejado)

Sistema aerotérmico con fan coils

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U=1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Características del sistema aerotérmico con fan coils para calefacción y refrigeración.

☒ With domestic hot water production

Outdoor unit
Compact: 8 kW (VWL 85/6 A 230V S3)

Hydraulic tower
Equipment: VIH QW 190/6 E

Gross rated heating capacity: 7370 W
Gross rated heating COP: 4.42
Gross rated total cooling capacity: 7200 W
Gross rated cooling COP: 2.7

Heating
Design setpoint temperature: 45.0 °C Design delta temperature: 5.0 °C

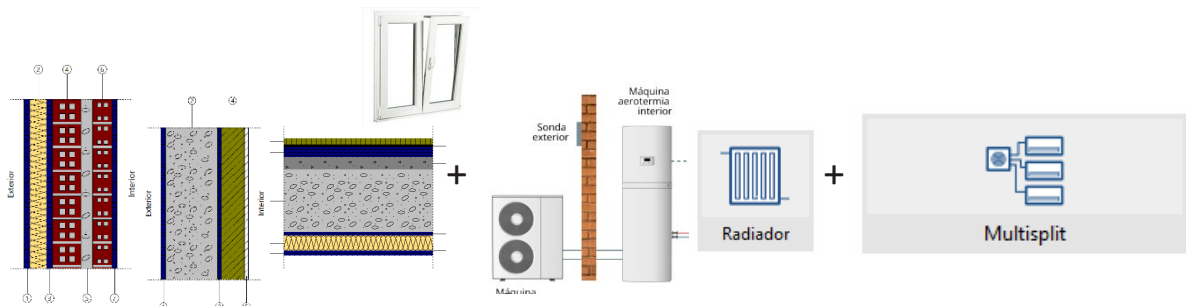
☒ **Cooling**
Design setpoint temperature: 7.0 °C Design delta temperature: 5.0 °C

Unidad fan coil:

Equipment
Wall-mounted: VA 1-025 WN

Gross rated total cooling capacity: 2700 W
Nominal cooling power: 2150 W
Gross rated heating capacity: 2940 W
Supply air flow: 136.667 l/s

- **Caso 7: Mejora 1 del caso 2 de la situación inicial.** Envolverte mejorada 6 cm. Aislamiento + **Aerotérmica** con radiadores **para calefacción y ACS+** . Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa.



(Fachada muro medianero tejado) + Sistema de calefacción aerotérmica con radiadores
+ Sistema de aire acondicionado por expansión directa.

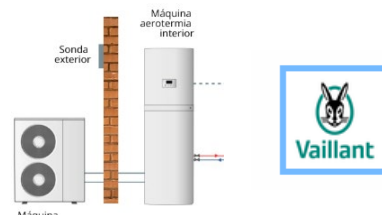
(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Características del sistema aerotérmico para calefacción y ACS:

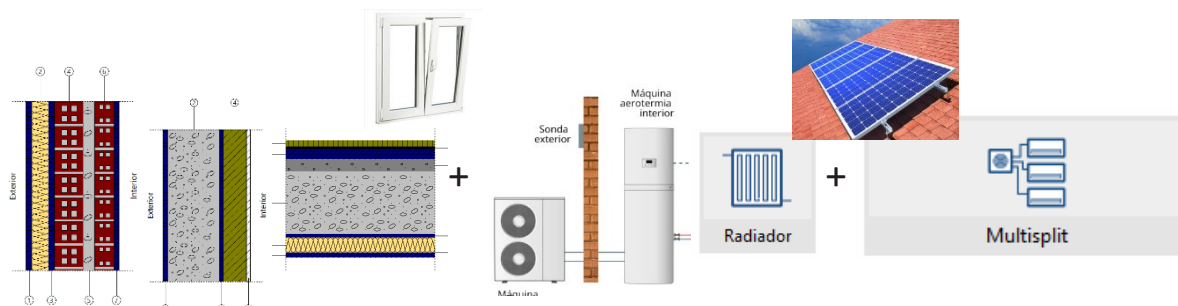
Outdoor unit
Compact: 8 kW (VWL 85/6 A 230V S3)

Gross rated heating capacity: 7370 W
Gross rated heating COP: 4.42
Gross rated total cooling capacity: 7200 W
Gross rated cooling COP: 2.7

Hydraulic tower
Equipment: VIH QW 190/6 E



- **Caso 8: Mejora 2 de la situación inicial caso 2.** Envolverte mejorada 6 cm de aislamiento + **Aerotermia** con radiadores **para calefacción y ACS**+ Refrigeración con sistema multisplit de expansión **directa** + **. Paneles fotovoltaicos.**



(Fachada muro medianero tejado) + Sistema de calefacción aerotérmica con radiadores + Refrigeración multisplit sistema de expansión directa.
 (Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Tabla 2: Resumen de los casos estudiados. Situaciones iniciales y mejoras

Situación inicial de la vivienda	Vivienda con mejora
Caso 1: Situación inicial 1: Envolverte sin aislamiento + sistema de expansión directa H&AC + ACS con caldera eléctrica.	Caso 3: Mejora 1 de la situación inicial del caso 1. Envolverte mejorada con 6 cm de aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema de aire acondicionado y calefacción por expansión directa multisplit + bomba de calor para ACS
	Caso 4: Mejora 2 de la situación inicial del caso 1. Envolverte mejorada con 6 cm de aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema multisplit de aire acondicionado y calefacción por expansión directa + bomba de calor para agua caliente sanitaria + paneles fotovoltaicos. (caso 3 + paneles fotovoltaicos)
	Caso 5: Mejora 3 del caso 1 de la situación inicial. Envolverte mejorada 10 cm. Aislamiento+ . Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para agua caliente sanitaria + paneles fotovoltaicos. (Caso 4, pero con 10 cm de capa aislante en la envolverte).
Caso 2: Situación inicial 2: Envolverte sin aislamiento + Sistema de calefacción y ACS: Caldera de gas y radiadores + Sistema de refrigeración: sistema multisplit de expansión directa	Caso 6: Mejora 4 de la situación inicial del caso 1. Envolverte mejorada 6 cm. Aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema de climatización y agua caliente sanitaria aerotérmica con fan coil + paneles fotovoltaicos.
	Caso 7: Mejora 1 de la situación inicial del caso 2. Envolverte mejorada 6 cm de aislamiento + Aerotermia con radiadores para calefacción y ACS + Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa.
	Caso 8: Mejora 2 de la situación inicial del caso 2. Envolverte mejorada con 6 cm de aislamiento + Aerotermia con radiadores para calefacción y ACS + Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa + Paneles fotovoltaicos. (Caso 7 + Paneles fotovoltaicos)

3.8. Resultados del caso. Consumo energético y calificación energética del edificio existente.

En esta sección y en la siguiente se muestra el consumo anual de energía final, energía primaria y energía primaria no renovable correspondiente a los diferentes servicios técnicos del edificio para las 2 situaciones iniciales del edificio y para las 5 alternativas para mejorar su rendimiento energético. El consumo de los servicios de calefacción y refrigeración incluye el consumo eléctrico de los equipos auxiliares de los sistemas de climatización.

Además, se muestra la calificación energética de los casos estudiados (las dos situaciones iniciales y las cinco alternativas de mejora). Esta calificación se ha calculado siguiendo la normativa española, teniendo en cuenta la zona climática: B3

Para aclarar conceptos, se introducen aquí algunas definiciones:

Consumo total de energía primaria.

El consumo total de energía primaria en el contexto de un análisis de eficiencia energética de un edificio se refiere a la cantidad total de energía procedente de todas las fuentes (como electricidad, gas, petróleo o energías renovables) que se necesita para hacer funcionar el edificio, incluida la energía utilizada para producir y distribuir dicha energía.

Más concretamente:

- «**Energía primaria**» es la energía en su forma original, sin transformar, antes de ser convertida en electricidad o calor. Por ejemplo, el carbón, el gas natural, el petróleo crudo o la luz solar.
- Esto incluye la energía **utilizada in situ** (como el gas para calefacción) y la **energía convertida** (como la electricidad), pero también tiene en cuenta las **pérdidas que se producen durante la generación, el transporte y la distribución**.

Por lo tanto, el consumo total de energía primaria indica la cantidad de energía bruta que se necesita en última instancia para hacer funcionar el edificio, lo que ofrece una visión completa de su impacto medioambiental.

Consumo de energía primaria de origen no renovable.

El consumo de energía primaria de origen no renovable se refiere a la **cantidad total de energía primaria no renovable** utilizada para el funcionamiento de un edificio, incluyendo:

- **Combustibles fósiles:** carbón, gas natural y petróleo
- **Energía nuclear**
- **Cualquier otra fuente de energía no renovable**

Esta medición incluye:

- La energía **utilizada directamente in situ**, como el gas natural para calefacción
- La energía **utilizada indirectamente**, como la electricidad generada a partir del carbón o el gas (incluidas las pérdidas derivadas de la generación y el transporte)

El consumo de energía en el punto de consumo (energía final).

El consumo de energía en el punto de consumo, también conocido como **consumo final de energía**, se refiere a la **cantidad de energía realmente utilizada por el edificio** para sus diversas funciones, tales como:

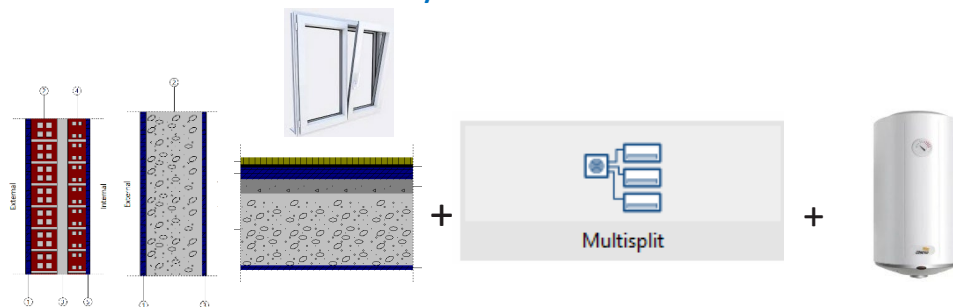
- **Calefacción**
- **Refrigeración**
- **Iluminación**
- **Agua caliente**
- **Electrodomésticos y equipos**

Se trata de la **energía suministrada al edificio y medida en el contador**, como las facturas de electricidad o el consumo de gas. **No incluye las pérdidas de energía** que se producen durante la producción, la conversión o la transmisión (que se incluyen en *la energía primaria*).

En resumen:

- **Energía final** = Energía utilizada **dentro del edificio**, tal y como la percibe el usuario.
- **Energía primaria** = Energía final **más pérdidas en las fases previas** (por ejemplo, eficiencia de la central eléctrica, pérdidas en la transmisión de la red).

- **Caso 1: Situación inicial 1: Envoltente sin aislamiento + sistema de expansión directa de calefacción y aire acondicionado + ACS con caldera eléctrica.**



(Fachada muro medianero + tejado)

 (Ventanas de cristal simple con marco de aluminio. $U=5,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

Envoltente sin aislamiento + sistema de climatización por expansión directa+ Agua caliente sanitaria con caldera eléctrica

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	6509,13	55,93	8858,99	76,12	3356,51	28,84
Refrigeración	473,72	4,07	1121,75	9,64	925,65	7,95
DHW	7469,42	64,18	17 687,61	151,99	14595,27	125,42
	14 452,27	124,19	27 668,47	237,75	18 877,44	162,21
Requisitos de la norma española			< 80,00		< 55,00	
kWh/m ² ·año			NO! kWh/m ² ·año		NO!	

donde:

 S_u : Superficie habitable incluida en la envoltente térmica, m².

EF: Energía final consumida por el servicio técnico en el punto de consumo.

 EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

 EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	1529,5	1108,3	909,5	486,1	253,7	--	--	--	--	48,1	640,7	1378,7	6354,6	54,6
	Refrigeración	--	--	--	--	--	180,7	488,1	539,1	211,4	--	--	--	1419,3	12,2
	DHW	244,3	220,7	240,1	227,6	226,8	211,2	209,8	205,6	207,2	223,1	228,2	244,3	2689,0	23,1
	TOTAL	1773,8	1329,0	1149,5	713,7	480,5	392,0	697,9	744,8	418,5	271,3	869,0	1623,0	10 462,9	89,9
Electricidad	Calefacción	409,5	298,8	246,5	132,8	69,1	0,8	2,0	2,2	0,9	13,2	172,1	369,9	1717,8	14,8
	Refrigeración	3,1	2,3	1,8	1,0	0,5	59,8	157,9	174,4	68,9	0,1	1,2	2,8	473,7	4,1
	DHW	678,6	613,0	666,9	632,3	629,9	586,8	582,9	571,2	575,5	619,9	634,0	678,6	7469,4	64,2
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Calefacción	1155,6	835,4	684,4	365,0	189,9	--	--	--	--	36,0	483,1	1042,0	4791,4	41,2
Medio ambiente	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C_{ef,tot}		2246,8	1749,4	1599,6	1131,0	889,4	647,3	742,7	747,8	645,3	669,1	1290,4	2093,3	14 452,3	124,2

donde:



S_{u} : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m^2 .

$C_{ef,total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), $kWh/m^2 \cdot año$.

Clase energética del edificio: Caso 1. Situación inicial 1.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Vivienda privada
----------------------	----	-----	------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias	
	Emisiones de calefacción [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]	A	Emisiones de ACS [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]
	4,89		21,25
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]	A	Emisiones de iluminación [$kgCO_2 / m^2 \cdot año$]
	1,35		-

2.

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

	$kgCO_2 / m^2 \cdot año$	$kgCO_2 \cdot año$
Emisiones de CO2 procedentes del consumo eléctrico	27,48	3197,76
Emisiones de CO2 procedentes de otros combustibles	0	0

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

4.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias	
	Energía primaria para calefacción [$kWh/m^2 \cdot año$]	A	ACS Energía primaria [$kWh/m^2 \cdot año$]
	28,84		125,42
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Consumo mundial de energía primaria no renovable [$kWh/m^2 \cdot año$] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [$kWh/m^2 \cdot año$]	A	Energía primaria para iluminación [$kWh/m^2 \cdot año$]
	7,95		-

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
6. Demanda de calefacción [$kWh/m^2 \cdot año$]	Demanda de refrigeración [$kWh/m^2 \cdot año$]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

- **Caso 2: Situación inicial 2: Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS + Sistema de refrigeración multisplit de expansión directa**



Envoltente sin aislamiento + Caldera de gas y radiadores para calefacción y ACS + Aire acondicionado con sistema multisplit de expansión directa.

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	7986,61	68,63	9631,15	82,76	9524,55	81,84
Refrigeración	529,43	4,55	1253,60	10,77	1034,46	8,89
DHW	2835,66	24,37	3388,63	29,12	3374,43	29,00
	11 351,69	97,54	14 273,38	122,65	13 933,44	119,73
Requisitos de la norma española kWh/m ² ·año				< 80,00 NO!	kWh/m ² ·año	< 55,00 NO!

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

EF: Energía final consumida por el servicio técnico en el punto de consumo.

EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	1529	1107,9	909,1	485,9	253,6	--	--	--	--	48,1	640,5	1378,3	6352,3	54,6
	Refrigeración	--	--	--	--	--	180,7	488,1	539,1	211,4	--	--	--	1419,3	12,2
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	1737,6	1296,3	1113,5	678,9	444,6	357,4	662,2	709,0	384,0	235,5	834,1	1586,9	10040,1	86,3
Electricidad	Calefacción	14,1	11,6	10,4	6,7	3,9	1,3	3,4	3,8	1,5	1,2	8,6	13,4	80,0	0,7
	Refrigeración	11,9	9,7	8,9	5,8	3,5	60,6	161,1	177,4	70,3	1,2	7,5	11,5	529,4	4,5
	Agua sanitaria	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Gas natural	Calefacción	1899,5	1372,9	1126,1	600,0	312,9	--	--	--	--	58,6	791,3	1711,3	7872,5	67,6
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	260,7	235,5	255,4	241,3	238,8	220,9	217,6	212,4	215,8	234,3	242,1	260,7	2835,6	24,4
Medio ambiente	Calefacción	7,5	6,4	4,8	3,1	1,4	--	--	--	--	0,1	4,1	6,9	34,1	0,3
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C_{ef,tot}		2193,7	1636,1	1405,7	856,9	560,5	282,8	382,1	393,6	287,6	295,4	1053,5	2003,8	11 351,7	97,5

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

$C_{ef,tot}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

Clasificación energética del edificio: Caso 2. Situación inicial 2.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Vivienda privada
-----------------------------	----	------------	------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES		
< 5,5 5,5 - 10,4 10,4 - 17,5 17,5 - 28,1 28,1 - 54,9 54,9 - 64,3 ≥ 64,3 A B C D E F G 24,92 D	CALEFACCIÓN		Aguas calientes sanitarias	
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]		A	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	17,28			6,14
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ⁽¹⁾		Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A
2		1,51	-	

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

	kgCO ₂ / m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	1,73	201,71
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	23,1	2698,47

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable se refiere a la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

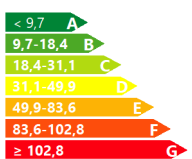
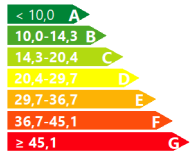
4.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
< 23,8 A 23,8-45,1 B 45,1-76,2 C 76,2-122,1 D 122,1-229,6 E 229,6-268,6 F ≥ 268,6 G 119,73 D	CALEFACCIÓN		Aguas sanitarias		
	Energía primaria para calefacción [kWh/m²·año]	A	ACS Energía primaria [kWh/m²·año]		
	81,84		29		
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m²·año] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [kWh/m²·año]	A	Energía primaria para iluminación [kWh/m²·año]		
	8,89		-		

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 54,58 E	 12,20 B
6. Demanda de calefacción [kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² ·año]

¹ El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

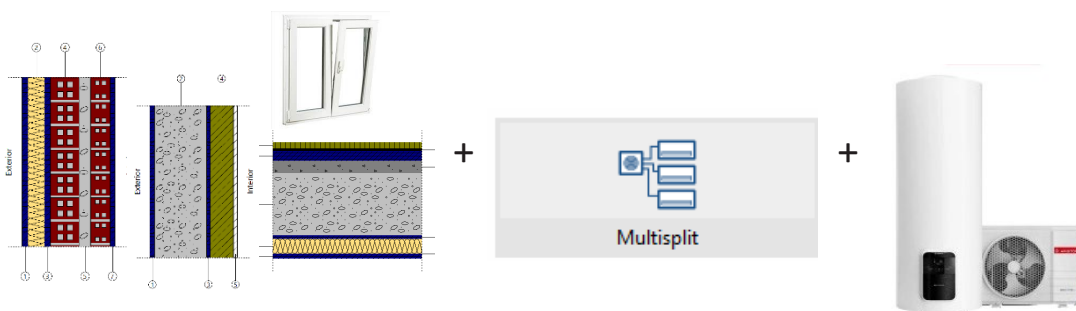
Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Caso de estudio español

Parte II: Análisis de las medidas de mejora

3.9. Resultados del caso II. Consumo energético y calificación energética de las alternativas para mejorar el edificio.

- Caso 3: Mejora 1 del caso 1 de la situación inicial. Envoltente mejorada 6 cm. Aislamiento + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón + sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para agua caliente sanitaria.**



(Fachada muro medianero cubierta)

 (Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	1092,34	9,39	1513,58	13,01	601,66	5,17
Refrigeración	380,28	3,27	900,52	7,74	743,06	6,38
DHW	2268,50	19,49	3137,72	26,96	1241,61	10,67
	3741,11	32,15	5551,83	47,71	2586,34	22,22

Requisitos de la norma española $< 80,00 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ **OK!** $< 55,00 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ **OK!**

S_u : Superficie habitable incluida en la envoltente térmica, m².

EF: Energía final consumida por los servicios técnicos en el punto de consumo.

EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	338,9	226,1	173,1	21	12,1	--	--	--	--	--	23,8	270,0	1065,0	9,2
	Refrigeración	--	--	--	--	--	136,2	361,3	445,3	204,9	--	--	--	1147,7	9,9
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	547,5	414,5	377,4	214,1	203,2	312,9	535,4	615,2	377,5	187,4	217,4	478,6	4481,1	38,5
Electricidad	Calefacción	96,1	64,3	49,4	6,2	3,5	0,6	1,6	1,9	0,9	--	6,8	76,7	307,9	2,6
	Refrigeración	0,7	0,5	0,4	0,0	0,0	45,0	119,5	145,8	67,9	--	0,0	0,6	380,3	3,3

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año) (kWh/m²·año)	
DHW	58,4	52,8	57,2	54,1	53,5	49,5	48,8	47,6	48,4	52,5	54,3	58,4	635,4	5,5
Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Calefacción	249,9	166,6	127,2	15,3	8,9	--	--	--	--	--	17,5	199,0	784,4	6,7
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medio ambiente	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DHW	150,2	135,6	147,1	139,0	137,5	127,2	125,3	122,3	124,3	134,9	139,4	150,2	1633,1	14,0
Cef _{total}	555,3	419,8	381,4	214,6	203,5	222,3	295,1	317,6	241,4	187,4	218,0	484,8	3741,1	32,1

donde:

 S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

 $C_{ef, total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

Clase energética del edificio: Caso 3. Mejora 1 del caso 1.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Residencial privado
----------------------	----	-----	---------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES	
< 5,5 5,5-10,4 10,4-17,5 17,5-28,1 28,1-54,9 54,9-64,3 ≥ 64,3 A B C D E F G 3,77 A	CALEFACCIÓN		Aguas calientes sanitarias
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0,88		1,81
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	1,08		-

2.

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

	kgCO ₂ /m²·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO2 procedentes del consumo eléctrico	3,76	438,13
Emisiones de CO2 procedentes de otros combustibles	0	0

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

4.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
< 23,8 A 23,8-45,1 B 45,1-76,2 C 76,2-122,1 D 122,1-229,6 E 229,6-268,6 F ≥ 268,6 G 22,22 A		CALEFACCIÓN		Aguas sanitarias		
	Energía primaria para calefacción [kWh/m²·año]	A	ACS Energía primaria [kWh/m²·año]			
	5,17		10,67			
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m²·año](1)	Energía primaria para refrigeración [kWh/m²·año]	A	Energía primaria para iluminación [kWh/m²·año]		
6.39		-				

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

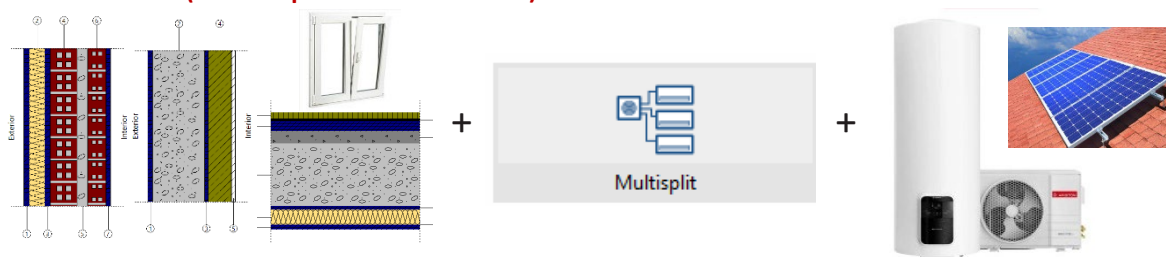
La demanda energética para calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort interior del edificio.

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
6. Demanda de calefacción [kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² ·año]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

- **Caso 4: Mejora 2 del caso 1 de la situación inicial.** Envoltente mejorada 6 cm. Insolación + ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón+ . Sistema de expansión directa multisplit H&AC + bomba de calor para agua caliente sanitaria + . Paneles fotovoltaicos.
(Caso 3 + paneles fotovoltaicos)



(Fachada muro medianero tejado)

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	1092,34	9,39	1092,30	9,39	--	--
Refrigeración	380,28	3,27	380,32	3,27	--	--
DHW	2268,50	19,49	2268,51	19,49	--	--
	3741,11	32,15	3741,13	32,15	--	--

Requisitos de la norma española

kWh/m²·año

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envoltente térmica, m².

EF: Energía final consumida por el servicio técnico en el punto de consumo.

EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	338,9	226,1	173,1	21	12,1	--	--	--	--	--	23,8	270,0	1065,0	9,2
	Refrigeración	--	--	--	--	--	136,2	361,3	445,3	204,9	--	--	--	1147,7	9,9
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	547,5	414,5	377,4	214,1	203,2	312,9	535,4	615,2	377,5	187,4	217,4	478,6	4481,1	38,5
Electricidad	Calefacción	96,1	64,3	49,4	6,2	3,5	0,6	1,6	1,9	0,9	--	6,8	76,7	307,9	2,6
	Refrigeración	0,7	0,5	0,4	0	0	45,0	119,5	145,8	67,9	--	0,0	0,6	380,3	3,3
	DHW	58,4	52,8	57,2	54,1	53,5	49,5	48,8	47,6	48,4	52,5	54,3	58,4	635,4	5,5
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medio ambiente	Calefacción	249,9	166,6	127,2	15,3	8,9	--	--	--	--	--	17,5	199,0	784,4	6,7

	Enero (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DHW	150,2	135,6	147,1	139,0	137,5	127,2	125,3	122,3	124,3	134,9	139,4	150,2	1633,1	14,0
C _{ef,total}	555,3	419,8	381,4	214,6	203,5	222,3	295,1	317,6	241,4	187,4	218,0	484,8	3741,1	32,1

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

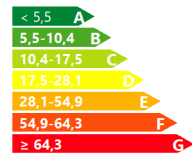
$C_{ef,total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

Clase energética del edificio: Caso 4. Mejora 2 del caso 1.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Residencial privado
----------------------	----	-----	---------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
 0,00 A	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0	0
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0	-

2.

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

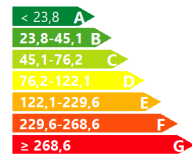
	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	0,00	0,00
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	0	0,00

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

4.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
 0,00 A	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias
	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² ·año]	Aguas sanitarias Energía primaria [kWh/m ² ·año]
	0	0
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m ² ·año] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² ·año]	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² ·año]
	0	-

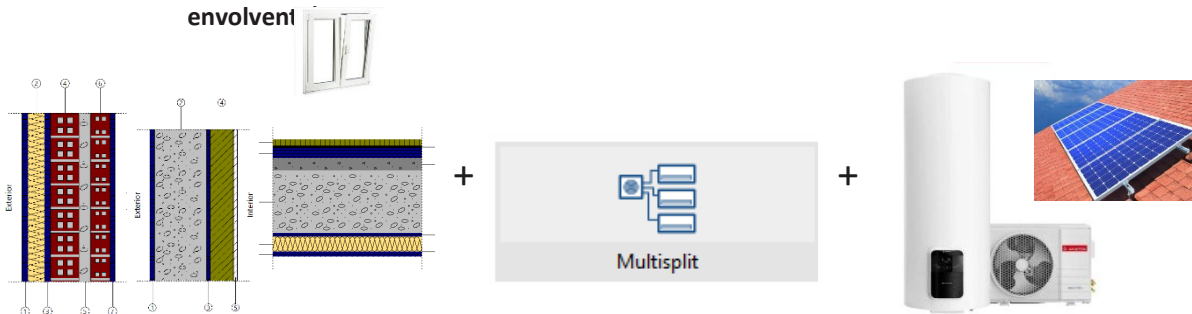
CLASIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
5. Demanda de calefacción [kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² ·año]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

- **Caso 5: Mejora 3 del caso 1 de la situación inicial. Envoltente mejorada 10 cm. Insolación+ Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón+ Sistema multisplit de expansión directa H&AC + bomba de calor para agua caliente sanitaria + paneles fotovoltaicos.** (Caso 4 pero con 10 cm de capa aislante en la envoltente)



(Fachada muro medianero cubierta)

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

(Caso 4 pero con 10 cm de capa aislante en el cerramiento).

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	748,17	6,43	748,18	6,43	--	--
Refrigeración	365,77	3,14	365,77	3,14	--	--
Aguas sanitarias	2268,50	19,49	2268,51	19,49	--	--
	3382,44	29,06	3382,46	29,07	--	--
Requisitos de la norma española						
kWh/m ² ·año						
donde:						
S_u :						
EF:						
EP _{tot} :						
EP _{nren} :						

S_u : Superficie habitable incluida en la envoltente térmica, m².

EF: Energía final consumida por los servicios técnicos en el punto de consumo.

EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	245,4	162,3	123,8	6,4	3,5	--	--	--	--	--	4,8	181,4	727,7	6,3
	Refrigeración	--	--	--	--	--	130,5	343,7	427,4	202,6	--	--	--	1104,3	9,5
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	454,0	350,7	328,2	199,5	194,5	307,2	517,9	597,3	375,2	187,4	198,5	390,0	4100,5	35,2
Electricidad	Calefacción	70,1	46,4	35,7	1,9	1,0	0,6	1,5	1,8	0,9	--	1,4	51,9	213,4	1,8
	Refrigeración	0,5	0,3	0,3	0	0	42,7	114,2	140,2	67,1	--	0,0	0,4	365,8	3,1



	Enero (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	(kWh/m²·año)
DHW	78,4	70,8	76,8	72,6	71,8	66,4	65,5	63,9	64,9	70,5	72,8	78,4	852,8	7,3
Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Calefacción	180,6	119,4	90,8	4,6	2,6	--	--	--	--	--	3,5	133,4	534,8	4,6
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medio ambiente	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DHW	130,2	117,6	127,5	120,5	119,2	110,3	108,7	106,0	107,7	117,0	120,9	130,2	1415,7	12,2
Cef, total	459,8	354,6	331,0	199,6	194,6	219,9	289,9	311,9	240,7	187,4	198,6	394,3	3382,4	29,1

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

$C_{ef, total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

Clase energética del edificio: Caso 5. Mejora 3 del caso 1.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Residencial privado
----------------------	----	-----	---------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN		Aguas calientes sanitarias
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m²·año]	A	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m²·año]
	0		0
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
Emisiones globales [kgCO ₂ /m²·año] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m²·año]	A	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m²·año]
	0		-

2.

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

	kgCO ₂ / m²·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO2 procedentes del consumo eléctrico	0,00	0,00
Emisiones de CO2 procedentes de otros combustibles	0	0,00

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

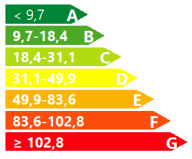
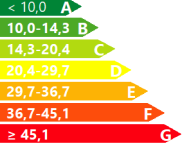
4.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN		Aguas sanitarias
	Energía primaria para calefacción [kWh/m²·año]	A	ACS Energía primaria [kWh/m²·año]
	0		0
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m²·año] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [kWh/m²·año]	A	Energía primaria para iluminación [kWh/m²·año]
	0		-

CLASIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

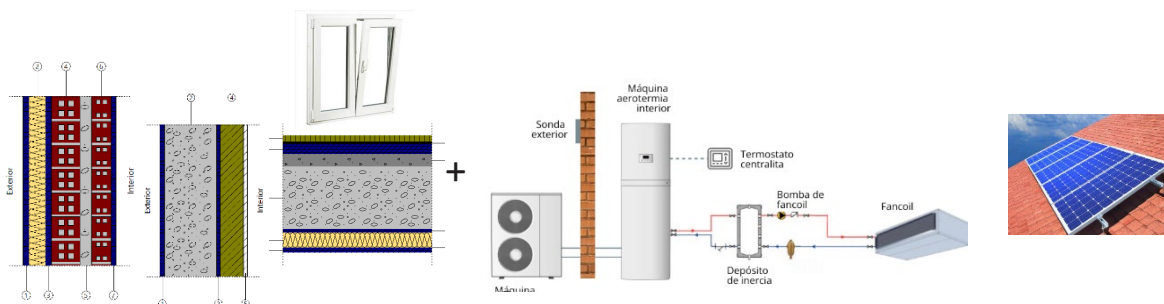
La demanda energética para calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort interior del edificio.

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 6,25 A	 9,49 A
6. Demanda de calefacción [kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² ·año]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

- Caso 6: Mejora 4 del caso 1 de la situación inicial.** Envolverte mejorada 6 cm.
 Insolación+ Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón+ **H&AC y ACS Aerotérmica con fan coils** + Paneles fotovoltaicos



(Fachada muro medianero tejado)

Sistema aerotérmico con fan coils

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	1065,16	9,15	1065,19	9,15	--	--
Refrigeración	258,28	2,22	258,24	2,22	--	--
DHW	2268,52	19,49	2268,51	19,49	--	--
	3591,95	30,87	3591,94	30,86	--	--
Requisitos de la norma española kWh/m ² ·año				< 80,00 OK!	kWh/m ² ·año	< 55,00 OK!

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

EF: Energía final consumida por los servicios técnicos en el punto de consumo.

EP_{tot} Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren} Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	338,9	226,1	173,1	21	12,1	--	--	--	--	--	23,8	270,0	1065,1	9,2
	Refrigeración	--	--	--	--	--	136,2	361,3	445,3	204,9	--	--	--	1147,6	9,9
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	547,5	414,5	377,5	214,1	203,2	312,9	535,4	615,2	377,5	187,4	217,5	478,6	4481,2	38,5
Electricidad	Calefacción	86,2	57,0	43,8	5,4	2,9	0,4	1,1	1,3	0,6	--	6,0	68,1	272,8	2,3
	Refrigeración	0,7	0,5	0,4	0,1	0	26,5	83,0	97,4	49,0	--	0,1	0,6	258,3	2,2
	DHW	47,3	42,7	46,3	43,8	43,3	40,1	39,5	38,5	39,1	42,5	43,9	47,3	514,4	4,4
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	Enero (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Calefacción	251,7	168,4	128,7	15,6	9,2	--	--	--	--	--	17,7	201,1	792,3	6,8
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DHW	161,3	145,7	158,0	149,3	147,7	136,6	134,6	131,4	133,5	144,9	149,8	161,3	1754,1	--
C_{ef,total}	547,2	414,3	377,2	214,1	203,2	203,6	258,2	268,6	222,2	187,4	217,5	478,4	3592,0	30,9

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

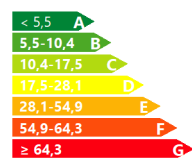
$C_{ef,total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

Clase energética del edificio: Caso 6. Mejora 4 del caso 1.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Residencial privado
-----------------------------	----	------------	---------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
 0,00 A	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias	
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0		0
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0		-

2.

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

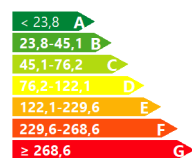
	kgCO ₂ / m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO2 procedentes del consumo eléctrico	0,00	0,00
Emisiones de CO2 procedentes de otros combustibles	0	0,00

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

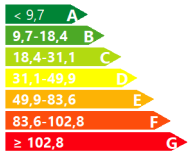
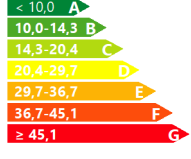
4.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
 0,00 A	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias	
	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² ·año]	A	ACS Energía primaria [kWh/m ² ·año]
	0		0
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m ² ·año] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² ·año]
	0		-

CLASIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

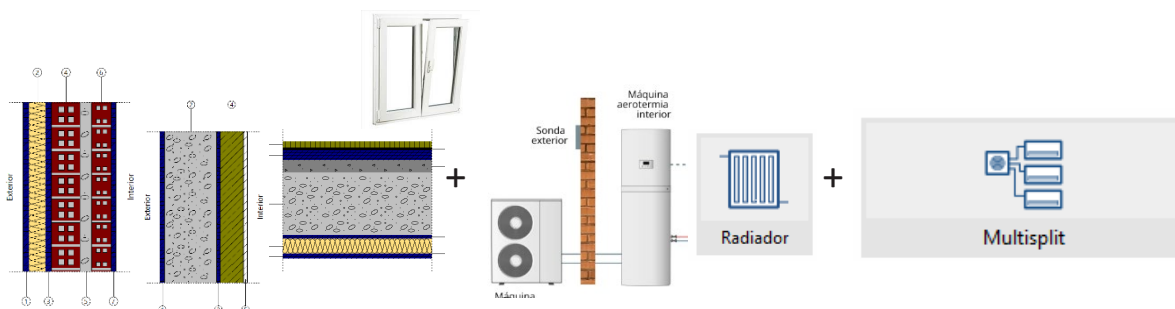
La demanda energética para calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort interior del edificio.

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 6. Demanda de calefacción [kWh/m²·año]	 Demanda de refrigeración [kWh/m²·año]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

- **Caso 7: Mejora 1 del caso 2 de la situación inicial.** Envolvente mejorada 6 cm. Insolación + **Aerotérmica** con radiadores **para calefacción y ACS+**. Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa.



(Fachada muro medianero tejado) + Sistema de calefacción aerotérmica con radiadores
 + Sistema de aire acondicionado por expansión directa.
 (Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	1074,53	9,23	1428,16	12,27	505,19	4,34
Refrigeración	308,59	2,65	730,72	6,28	602,94	5,18
DHW	2268,52	19,49	2969,10	25,51	1000,60	8,60
	3651,64	31,38	5127,98	44,06	2108,73	18,12

Requisitos de la norma española $< 80,00 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ **OK!** $< 55,00 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ **OK!**

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

EF: Energía final consumida por los servicios técnicos en el punto de consumo.

EP_{tot}: Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren}: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo final de energía del edificio. Resultados mensuales.

		Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	339	226,2	173,1	21,2	12,2	--	--	--	--	--	24,0	270,1	1065,8	9,2
	Refrigeración	--	--	--	--	--	136,5	361,7	445,6	205,1	--	--	--	1148,8	9,9
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	547,6	414,6	377,5	214,3	203,2	313,2	535,8	615,5	377,7	187,4	217,7	478,7	4483,2	38,5
Electricidad	Calefacción	79,9	52,9	40,5	5,0	2,8	1,0	2,7	3,2	1,6	--	5,6	63,2	258,5	2,2
	Refrigeración	0	0,0	0,0	0,0	--	36,7	97,3	119,0	55,6	--	0,0	0,0	308,6	2,7
	DHW	47,1	42,5	46,1	43,6	43,1	39,9	39,3	38,4	39,0	42,3	43,7	47,1	512,1	4,4

	Enero (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Calefacción	259,2	173,3	132,6	16,2	9,4	--	--	--	--	--	18,3	206,9	816,0	7
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DHW	161,5	145,9	158,2	149,5	147,9	136,8	134,8	131,6	133,7	145,1	150,0	161,5	1756,4	15,1
C _{ef,total}	547,7	414,7	377,6	214,3	203,2	214,4	274,0	292,1	229,8	187,4	217,7	478,7	3651,6	31,4

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

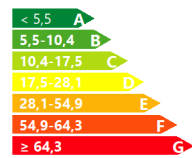
$C_{ef,total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

Clasificación energética del edificio: Caso 7. Mejora 1 del caso 2.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Residencial privado
----------------------	----	-----	---------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
 3,07 A	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias	
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0,74		1,46
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0,88		-

2.

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

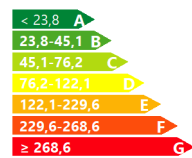
	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	3,07	357,21
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	0	0

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

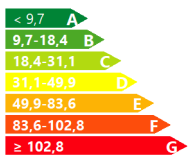
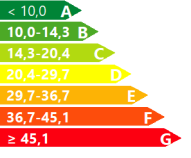
4.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
 18,12 A	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias	
	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² ·año]	A	ACS Energía primaria [kWh/m ² ·año]
	4,34		8,6
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m ² ·año] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² ·año]
	5,18		-

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

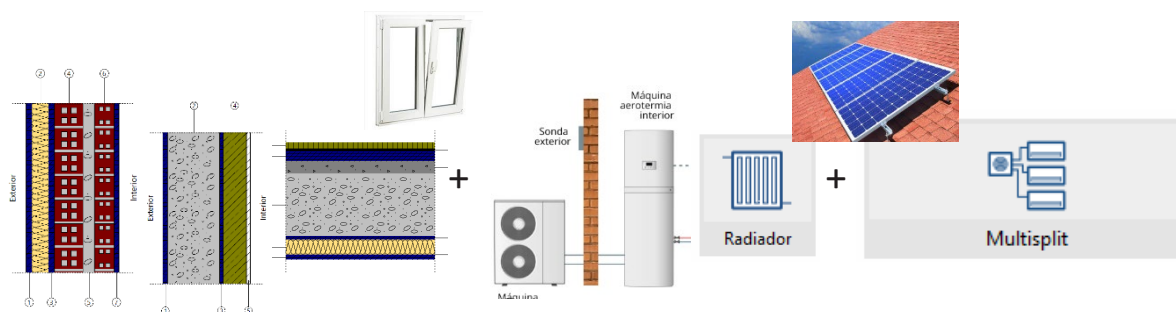
La demanda energética para calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort interior del edificio.

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 9,16 A	 9,87 A
6. Demanda de calefacción [kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² ·año]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

- **Caso 8: Mejora 2 del caso 2 de la situación inicial.** Envolverte mejorada 6 cm. Aislamiento + Aerotermia con radiadores para calefacción y ACS+ . Refrigeración con sistema multisplit de expansión directa + . Paneles fotovoltaicos.



(Fachada muro medianero tejado) + Sistema de calefacción aerotérmica con radiadores + Sistema de refrigeración multisplit de expansión directa.

(Ventanas de PVC con doble acristalamiento y gas argón. $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

(Caja 7+ paneles fotovoltaicos)

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	1074,53	9,23	1074,50	9,23	--	--
Refrigeración	308,59	2,65	308,63	2,65	--	--
DHW	2268,52	19,49	2268,51	19,49	--	--
	3651,64	31,38	3651,64	31,38	--	--
Requisitos de la norma española				< 80,00 OK!	kWh/m ² ·año	<55,00 OK!

donde:

S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

EF: Energía final consumida por los servicios técnicos en el punto de consumo.

EP_{tot}: Consumo total de energía primaria.

:

EP_{nren}: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

:

Consumo energético final del edificio. Resultados mensuales.

		Enero (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
EDIFICIO ($S_u = 116,38 \text{ m}^2$)															
Demanda energética	Calefacción	339	226,2	173,1	21,2	12,2	--	--	--	--	--	24,0	270,1	1065,8	9,2
	Refrigeración	--	--	--	--	--	136,5	361,7	445,6	205,1	--	--	--	1148,8	9,9
	DHW	208,6	188,4	204,4	193,1	191,0	176,7	174,1	169,9	172,6	187,4	193,7	208,6	2268,5	19,5
	TOTAL	547,6	414,6	377,5	214,3	203,2	313,2	535,8	615,5	377,7	187,4	217,7	478,7	4483,2	38,5
Electricidad	Calefacción	79,9	52,9	40,5	5,0	2,8	1,0	2,7	3,2	1,6	--	5,6	63,2	258,5	2,2
	Refrigeración	0	0,0	0,0	0,0	--	36,7	97,3	119,0	55,6	--	0,0	0,0	308,6	2,7
	DHW	47,1	42,5	46,1	43,6	43,1	39,9	39,3	38,4	39,0	42,3	43,7	47,1	512,1	4,4
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Iluminación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medio ambiente	Calefacción	259,2	173,3	132,6	16,2	9,4	--	--	--	--	--	18,3	206,9	816,0	7
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	161,5	145,9	158,2	149,5	147,9	136,8	134,8	131,6	133,7	145,1	150,0	161,5	1756,4	15,1
	C_{ef,total}	547,7	414,7	377,6	214,3	203,2	214,4	274,0	292,1	229,8	187,4	217,7	478,7	3651,6	31,4

donde:

 S_u : Superficie habitable incluida en la envolvente térmica, m².

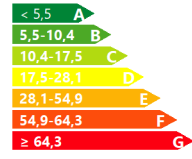
 $C_{ef,total}$: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

Clase energética del edificio: Caso 8. Mejora 2 del caso 2.

Zona climática (eq.)	B3	Uso	Residencial privado
-----------------------------	----	------------	---------------------

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

1.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
 0,00 A	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias	
	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0		0
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ⁽¹⁾	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0		-

2.

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

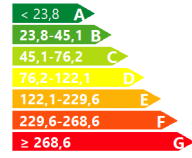
	kgCO ₂ / m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones de CO2 procedentes del consumo eléctrico	0,00	0,00
Emisiones de CO2 procedentes de otros combustibles	0	0,00

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

3.

La energía primaria no renovable es la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión o transformación.

4.

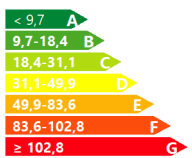
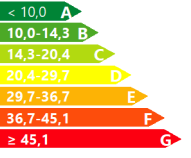
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
 0,00 A	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias	
	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² ·año]	A	Aguas sanitarias Energía primaria [kWh/m ² ·año]
	0		0
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Consumo mundial de energía primaria no renovable [kWh/m ² ·año] ⁽¹⁾	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² ·año]
			-

	0	-	
--	---	---	--

CLASIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

5.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 9,16 A	 9,87 A
6. Demanda de calefacción [kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² ·año]

1 El indicador global es el resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador de consumo auxiliar, si lo hay (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

3.10. Análisis de los resultados. Emisiones, consumo energético y calificación energética de los casos

Comparación de resultados

Consumo final de energía (kWh/m²·año). Parte I

Servicios técnicos	Caso 1 Situación inicial 1	Caso 3 Imp 1+Imp 2	Caso 4 Imp 1+Imp 2+Imp 3	Caso 5 Imp 6+Imp 2+ Imp 3	Caso 6 Imp 1+ Imp 3+ Imp 4
Calefacción	55,93	9,39	9,39	6,43	9,15
Refrigeración	4,07	3,27	3,27	3,14	2,22
DHW	64,18	19,49	19,49	19,49	19,49
	124,19	32,15	32,15	29,06	30,87

Leyenda

BIS: situación inicial del edificio

Imp 1 - Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (capa aislante de 6 cm) Ventanas de doble acristalamiento con +

Imp 2 - Mejora 2: Bomba de calor para agua caliente sanitaria

Imp 3 - Mejora 3: Paneles fotovoltaicos

Imp 4 - Mejora 4: Sistema de calefacción y refrigeración aerotérmica con fancoils

Imp 5 - Mejora 5: Sistema de calefacción aerotérmica y agua caliente sanitaria (para radiadores)

Imp 6 - Mejora 6: Envolvente térmica mejorada con 10 cm de capa aislante y ventanas de doble acristalamiento + .

Consumo energético final (kWh/m²·año). Parte II

Servicios técnicos	Caso 2 Situación inicial 2	Caso 7 Imp 1+Imp 5	Caso 8 Imp 1+Imp 3+Imp 5
Calefacción	68,63	9,2	9,23
Refrigeración	4,55	2,65	2,65
Aguas sanitarias	24,37	19,49	19,49
	97,54	31,38	31,38

Consumo total de energía primaria (kWh/m²·año) Parte I

Servicios técnicos	Caso 1 Situación inicial 1	Caso 3 Imp 1+Imp 2	Caso 4 Imp 1+Imp 2+Imp 3	Caso 5 Imp 6+Imp 2+ Imp 3	Caso 6 Imp 1+ Imp 3+ Imp 4
Calefacción	76,12	13,01	9,39	6,43	9,15
Refrigeración	9,64	7,74	3,27	3,14	2,22
DHW	151,99	26,96	19,49	19,49	19,49
	237,75	47,71	32,15	29,07	30,86

Leyenda

BIS: situación inicial del edificio

Imp 1 - Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (capa aislante de 6 cm) Ventanas de doble acristalamiento con +

Imp 2 - Mejora 2: Bomba de calor para agua caliente sanitaria

Imp 3 - Mejora 3: Paneles fotovoltaicos

Imp 4 - Mejora 4: Sistema de calefacción y refrigeración aerotérmica con fancoils

Imp 5 - Mejora 5: Sistema de calefacción aerotérmica y agua caliente sanitaria (para radiadores)

Imp 6 - Mejora 6: Envoltente térmica mejorada con 10 cm de capa aislante y ventanas de doble acristalamiento + .

Consumo total de energía primaria (kWh/m²·año) Parte II

Servicios técnicos	Caso 2	Caso 7	Caso 8
	Situación inicial 2	Imp 1+Imp 5	Imp 1+Imp 3+Imp 5
Calefacción	82,76	12,27	9,2
Refrigeración	10,77	6,28	2,65
DHW	29,12	25,51	19,49
	122,65	44,06	31,38

Consumo de energía primaria de origen no renovable (kWh/m²·año) Parte I

Servicios técnicos	Caso 1	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
	Situación inicial 1	Imp 1+Imp 2	Imp 1+Imp 2+Imp 3	Imp 6+Imp 2+ Imp 3	Imp 1+ Imp 3+ Imp 4
Calefacción	28,84	5,17	0	0	0
Refrigeración	7,95	6,38	0,00	0,00	0
DHW	125,42	10,67	0,00	0,00	0,00
	162,21	22,22	0,00	0,00	0,00
Clasificación energética	E	A	A	A	A

Leyenda

BIS - Situación inicial del edificio

Imp 1 - Mejora 1: Mejora de la envoltente térmica (capa aislante de 6 cm) Ventanas de doble acristalamiento +

Imp 2- Mejora 2: Bomba de calor para agua caliente sanitaria

Imp 3- Mejora 3: Paneles fotovoltaicos

Imp 4 - Mejora 4: Sistema de calefacción y refrigeración aerotérmica con fancoils

Imp 5 - Mejora 5: Sistema de calefacción aerotérmica y agua caliente sanitaria (para radiadores)

Imp 6 - Mejora 6: Envoltente térmica mejorada con 10 cm de capa aislante y ventanas de doble acristalamiento +

Consumo de energía primaria de origen no renovable (kWh/m²·año) Parte II

Servicios técnicos	Caso 2	Caso 7	Caso 8
	Situación inicial 2	Imp 1+Imp 5	Imp 1+Imp 3+Imp 5
Calefacción	81,84	4,34	0
Refrigeración	8,89	5,18	0,00
Aguas sanitarias	29,00	8,60	0,00
	119,73	18,12	0,00
Clase energética	D	A	A

Emisiones del edificio (kgCO₂/m²·año) Parte I

Servicios técnicos	Caso 1	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
	Situación inicial 1	Imp 1+Imp 2	Imp 1+Imp 2+Imp 3	Imp 6+Imp 2+ Imp 3	Imp 1+ Imp 3+ Imp 4
CO ₂ procedente de la electricidad	27,48	3,7	0	0	0
CO ₂ procedente de otros combustibles	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27,48	3,76	0,00	0,00	0,00
Clase energética	D	A	A	A	A

Leyenda

BIS - Situación inicial del edificio

Imp 1 - Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (capa aislante de 6 cm) Ventanas de doble acristalamiento +

Imp 2- Mejora 2: Bomba de calor para agua caliente sanitaria

Imp 3- Mejora 3: Paneles fotovoltaicos

Imp 4 - Mejora 4: Sistema de calefacción y refrigeración aerotérmica con fancoils

Imp 5 - Mejora 5: Sistema de calefacción aerotérmica y agua caliente sanitaria (para radiadores)

Imp 6 - Mejora 6: Envolvente térmica mejorada con 10 cm de capa aislante y ventanas de doble acristalamiento +

Emisiones del edificio (kgCO₂/m²·año) Parte II

Servicios técnicos	Caso 2	Caso 7	Caso 8
	Situación inicial 2	Imp 1+Imp 5	Imp 1+Imp 3+Imp 5
CO ₂ procedente de la electricidad	1,7	3,0	0
CO ₂ procedente de otros combustibles	23,19	0,00	0,00
	24,92	3,07	0,00
Clase energética	D	A	A

Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Caso de estudio español

Parte III: Estudio de coste-beneficio de las medidas de eficiencia energética

3.11. Presupuesto de las alternativas de mejora

Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (lana mineral de 6 cm) Ventanas de doble acristalamiento c + e

- Descripción del precio del **sistema de aislamiento de 6 cm de las fachadas del edificio para el exterior:**

Elemento	Coste (€ / m ²)
Aislamiento de lana de roca (6 cm)	20
Adhesivo, anclajes, malla, perfiles	€18
Acabado de yeso (multicapa)	€1
Mano de obra (instalación)	€25
Andamios y seguridad (vivienda unifamiliar)	€9
Gestión de residuos y limpieza final	€2
Coste total estimado (instalación)	86€ / m²

- Presupuesto: **aislamiento interior en tabiques, techo o losa de la planta baja con sistema de paneles de yeso**

N.	Artículo	Descripción	Unidad	Precio máximo €/m ²
1	Preparación de la superficie	Limpieza y preparación de la superficie existente de la pared o el techo	m	4,0
2	Aislamiento de lana de roca (6 cm)	Suministro e instalación de paneles de lana de roca de 60 mm entre montantes metálicos	m	10,00
	Estructura de montantes metálicos	Instalación de montantes y rieles de acero galvanizado	m ²	8,00
4	Revestimiento de paneles de yeso (placas de yeso)	Instalación de placas de yeso estándar de 12,5 mm sobre estructura	m	9,00
	Acabado de juntas y preparación de la superficie	Encintado, masilla para juntas, lijado	m ²	5,00
6	Mano de obra (si no está incluida anteriormente)	Mano de obra cualificada general para tareas de instalación	m	12,00
7	Eliminación de residuos y limpieza del lugar	Retirada de escombros y limpieza final de la obra	m	2,00
Total (€/m²)				50,00

- Descripción de las **nuevas ventanas** que se instalarán en el edificio.
 - Acristalamiento: Doble acristalamiento (2 paneles)
 - Revestimiento: Baja emisividad (Low-E) en al menos uno de los cristales

- Relleno de gas: Argón entre los cristales (para aislamiento térmico)
- Marco: PVC con rotura de puente térmico
- Instalación: Reforma en la abertura existente en la pared (incluido el sellado, los marcos y la retirada de la ventana antigua)

Presupuesto de la mejora 1:

Mejora 1: Aislamiento térmico de la envolvente (6 cm de lana mineral) y ventanas nuevas

Unidad	Descripción	n.	medida	Precio €	cantidad €
m2	Capa aislante de lana mineral de 6 cm en fachadas con acabado en yeso instalada.	1	93,88	86,00	8.073,68
m	Capa aislante de lana mineral de 6 cm en tabique, cubierta y forjados (sistema de paneles de yeso en seco)	1	161,49	50,00	8.074,50
m	Ventanas de PVC de doble acristalamiento con gas argón y baja emisividad (U= 1,7 W/m²·K)	1	11,32	270,00	3.056,40
ud	Sustitución de una puerta exterior en un dúplex en Ceutí (España), con una transmitancia térmica (valor U) de 1,7 W/m²·K, incluyendo la retirada de la puerta antigua y la instalación completa.	1	1	1.200,00	1.200,00
Total					20.404,58

Mejora 2: Sustitución del calentador eléctrico de agua por una bomba de calor para agua caliente sanitaria (1,5 kW, 200 l)

No.	Artículo	Descripción	Unidad	Precio (€)
1	Suministro de unidad de bomba de calor para agua caliente sanitaria	Bomba de calor aerotérmica para agua caliente sanitaria, 1,5 kW, depósito de 200 l (COP ~3,0)	unidad	2.050,00
2	Retirada del calentador eléctrico existente	Desconexión y eliminación segura del antiguo calentador eléctrico de agua	unidad	80,00 €
3	Instalación de bomba de calor	Fontanería, montaje, conexión eléctrica e integración	unidad	500,00
4	Accesorios y materiales de instalación	Tuberías, accesorios, válvulas, aislamiento, soportes, fijaciones	unidad	150,00
5	Adaptación del circuito eléctrico	Actualización del disyuntor y adaptación de seguridad (si es necesario)	unidad	100,00
6	Puesta en marcha y pruebas del sistema	Puesta en servicio, pruebas funcionales, instrucciones de uso	unidad	70,00
Total				2.950,00

Mejora 3: Instalación fotovoltaica de 4 paneles (1,94 kWp, tejado plano, Ceutí)

Especificaciones técnicas del sistema de paneles fotovoltaicos:

Ubicación: Ceutí (España)
 Edificio: Vivienda unifamiliar
 Especificaciones del sistema:

- Número de paneles de silicio de vidrio: 4 (3 m2 cada panel)
- Capacidad de los paneles: 480 W cada uno
- Capacidad total: 1,94 kWp

N.	Artículo	Descripción	Unidad	Precio unitario (€)	Cantidad	Subtotal (€)
1	Paneles fotovoltaicos (485 Wp)	Paneles monocristalinos de alta eficiencia con encapsulado de vidrio-silicio	panel	280	4	1.120,00 €
2	Estructura de montaje (techo plano)	Estructura de soporte de aluminio (con lastre o fija)	panel	75	4	300,00 €
3	Inversor (2-3 kW)	Inversor conectado a red dimensionado para un sistema de 2 kWp, con monitorización básica.	Unidad	700	1	700,00
4	Instalación eléctrica	Cableado (CC/CA), protecciones, caja combinadora, contador de generación	Sistema	500	1	500,00 €
5	Mano de obra y puesta en marcha	Montaje, cableado, configuración del inversor, pruebas de puesta en marcha	sistema	600	1	600,00 €
6	Legalización y trámites (opcional)	Documentación, conexión a la red, CIE, BOE, etc.	servicio	300	1	300,00 €
Total						3.520,00

Mejora 4: Sistema aerotérmico Vaillant (calefacción + refrigeración + ACS con fan coils)

Resumen técnico:

- **Capacidad del sistema:**
 - Calefacción: 7,37 kW (COP 4,42)
 - Refrigeración: 7,2 kW (EER ~2,7)
 - Aguas calientes: depósito de 200 l con serpentín integrado (uniSTOR)
- **Agua caliente** generada directamente desde el sistema aerotérmico
- **Ahorro** frente a un calentador eléctrico tradicional: hasta un 65 %
- **Espacio necesario:** depósito de ACS + acumulador en cuarto de servicio o lavadero

Presupuesto:

N.º	Artículo	Descripción	Unidad	Unidad Precio (€)	Cantidad	Subtotal (€)
1	Vaillant aroTHERM Plus Unidad exterior	Bomba de calor aire-agua, 7,37 kW de calefacción / 7,2 kW de refrigeración (COP 4,42), monobloque	unidad	3.740,00	1	3.740,00
2	Depósito de agua caliente sanitaria Vaillant uniSTOR (200 l)	Depósito de agua caliente con serpentín para sistemas aerotérmicos	unidad	1.375,00 €	1	1.375,00
3	Unidades de ventiloconvector (Vaillant o compatibles)	Fan coils hidráulicos, ultra silenciosos, controlados por termostato	unidad	638,00 €	4	2.552,00
4	Circuito hidráulico + integración de ACS	Tuberías, válvulas, bomba de circulación, para calefacción, refrigeración y agua caliente	sistema	935,00 €	1	935,00
5	Adaptación del cuadro eléctrico	Interruptores de seguridad, cableado de control, configuración compatible con ACS	unidad	440,00	1	440,00
6	Retirada de aire acondicionado antiguo y calentador de agua	Desinstalación de aire acondicionado multisplit + calentador de agua eléctrico, con eliminación legal	servicio	220,00	1	220,00

7	Instalación y puesta en marcha	Instalación completa del sistema, configuración hidráulica, pruebas, llenado, configuración	sistema	1.320,00	1	1.320,00
8	Termostatos / Controles de zonificación	Termostatos con cable o inalámbricos o interfaces digitales	unidad	110,00	4	440,00
					Total	11.022,00 €

- Mejora 5: Sistema de calefacción aerotérmica y agua caliente sanitaria (para radiadores)

Características técnicas:

- Aplicación: Calefacción + ACS únicamente
- Radiadores y tuberías de distribución no incluidos
- Ideal para viviendas que desean renovar sus sistemas de gas o electricidad
- Unidad exterior: monobloque (sin manipulación de refrigerante in situ)
- COP de alta eficiencia > 4: hasta un 70 % de ahorro energético en comparación con el gas

No.	Artículo	Descripción	Unidad	Precio unitario (€)	Cantidad	Subtotal (€)
1	Vaillant aroTHERM Plus	Unidad monobloque exterior, 7,37 kW de calefacción (COP 4,42)	unidad	3.400,00	1	3.400,00
2	Vaillant uniTOWER 200 L	Torre hidráulica interior (módulo hidráulico + depósito de agua caliente sanitaria de 200 l + válvula de 3 vías, bomba, sensores)	unidad	2.750,00	1	2.750,00
3	Cuadro eléctrico y protecciones	Adaptación del cuadro eléctrico y cableado de control	unidad	400,00 €	1	400,00
4	Desinstalación de caldera de gas	Desconexión y eliminación segura	unidad	180,00 €	1	180,00
5	Desmontaje de calentador eléctrico de agua	Desconexión y eliminación seguras	unidad	120,00	1	120,00
6	Instalación y puesta en marcha	Conexiones hidráulicas y eléctricas, puesta en marcha del sistema, pruebas	unidad	950,00 €	1	950,00 €
					Total	7.800,00

Mejora 6: Mejora de la envolvente térmica con 10 cm de capa aislante + ventanas de doble acristalamiento

Mejora 6: Aislamiento de la envolvente térmica (10 cm de lana mineral) y ventanas nuevas

Unidad	Descripción	n.	medida	Precio €	cantidad €
m2	Capa aislante de lana mineral de 10 cm en fachadas con acabado en yeso instalada.	1	93,88	114,00	10.702,32
m	Capa aislante de lana mineral de 10 cm en tabique, cubierta y forjados (sistema de paneles de yeso en interiores)	1	161,49	66 400	10.722,94
m	Ventanas de PVC de doble acristalamiento de baja emisividad con gas argón (U= 1,7 W/m²·K)	1	11,32	270,00	3.056,40
ud	Sustitución de una puerta exterior en un dúplex en Ceutí (España), con una transmitancia térmica (valor U) de 1,7 W/m²·K, incluyendo la retirada de la puerta antigua y la instalación completa.	1	1	1.200,00	1.200,00
				Total	25.681,66 €

3.12. Estudio de coste-beneficio de medidas de eficiencia energética

Un análisis coste-beneficio (ACB) en el contexto de la renovación energética de edificios es una evaluación estructurada que se utiliza para determinar si la inversión en la mejora del rendimiento energético de un edificio está justificada desde el punto de vista económico. Compara todos los costes previstos de la renovación con los beneficios financieros y no financieros que generará a lo largo del ciclo de vida del edificio.

En este caso práctico, se ha utilizado el software *CypeTherm Impromevent plus* para realizar este análisis. En este estudio se han utilizado dos métodos para llevar a cabo este análisis:

- Período de recuperación simple (SPP)
- Valor actual neto (VAN)

Método 1: El **periodo de amortización simple** es uno de los métodos más sencillos para evaluar el rendimiento financiero de una inversión en eficiencia energética, como la renovación energética de un edificio.

El periodo de recuperación simple (PPS) es el tiempo (normalmente expresado en años) que tarda el ahorro energético acumulado generado por una inversión en igualar el coste inicial de dicha inversión.

$$SPP = \frac{\text{Initial Investment Cost}}{\text{Annual Energy Savings}}$$

Método 2: El método **del valor actual neto** es una de las herramientas financieras más utilizadas y sólidas para evaluar la rentabilidad de una inversión a lo largo del tiempo. En el contexto de la renovación energética de edificios, el VAN ayuda a determinar si el ahorro energético a largo plazo y otros beneficios compensan los costes iniciales de la rehabilitación.

El VAN es la suma de todos los flujos de caja futuros (como el ahorro energético, el ahorro en mantenimiento o las subvenciones), descontados a su valor actual, menos el coste de la inversión inicial.

Tiene en cuenta el valor temporal del dinero, reconociendo que el dinero recibido (o ahorrado) en el futuro vale menos que el dinero actual.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} - I$$

Donde:

- B_t = Beneficios (por ejemplo, ahorro energético) en el año t
- C_t = Costes operativos o de mantenimiento en el año t
- r = Tasa de descuento (tasa de interés o coste del capital)
- t = Año (1 a n)
- I = Coste de la inversión inicial
- n = Periodo de análisis (en años)

Si $NPV > 0 \rightarrow$ La inversión es rentable

Si $NPV = 0 \rightarrow$ La inversión alcanza el punto de equilibrio

Si $NPV < 0 \rightarrow$ La inversión no es viable financieramente

Coste energético considerado:

Energy cost		
Energy vector		
Electrical grid energy	0.30	EUR/kWh
Natural gas	0.11	EUR/kWh
Diesel	0.10	EUR/kWh
LPG	0.15	EUR/kWh
Carbon	0.05	EUR/kWh
Solid biomass	0.11	EUR/kWh
Biomass	0.11	EUR/kWh
Thermal solar energy	0.00	EUR/kWh
Electrical energy produced by photovoltaic panels, small wind turbines and small hydro turbines	0.00	EUR/kWh

Parámetros para el método del valor actual neto:

Net Present Value	
☒ NCV calculation method	
The program uses the static analysis method to calculate the investment recovery period. By activating this option, the dynamic analysis will be included in the calculation process.	
Annual energy cost increase	3.00 %
☒ Discount fee	4.50 %
Foreseen inflation	1.20 %
Nominal interest type	0.00 %
Analysis period	45 Years

Resumen de los resultados del estudio de coste-beneficio de las medidas de eficiencia energética:

	Coste neto de la inversión (EUR)	Coste energético anual (EUR)	Ahorro neto anual (EUR)	Amortización (años)	NCV (años)	Consumo anual de energía primaria no renovable (kWh/m²)	Emisiones (kg CO2/m²)
Situación inicial 1 (Caso 1)	0,00	1642,32	0	0	0	162,20	27,48
Caso 3: Aislamiento de 6 cm y bomba de calor para agua caliente sanitaria	23354,58	225,15	1417,17	16,48	18,09	22,23	3,77
Caso 4: Aislamiento de 6 cm + bomba de calor DHW + paneles fotovoltaicos	26874,58	0	1642,32	16,36	17,9	0,00	0
Caso 5: Aislamiento de 10 cm + bomba de calor para agua caliente sanitaria + paneles fotovoltaicos	32151,66	0,00	1642,32	19,58	21,62	0,00	0,00
Caso 6: 6 cm de aislamiento + H&AC y ACS aerotérmico con fan coil + paneles fotovoltaicos	34946,58	0,00	1642,32	21,28	23,5	0,00	0,00

	Coste neto de la inversión (EUR)	Coste energético anual (EUR)	Ahorro neto anual (EUR)	Amortización (años)	NCV (años)	Consumo anual de energía primaria no renovable (kWh/m ²)	Emisiones (kg CO ₂ /m ²)
Situación inicial 2 (Caso 2)	0,00	1067,51	0	0	0	119,73	24,93
Caso 7: 6 cm de aislamiento + aerotérmica con radiadores para calefacción y agua caliente sanitaria	28204,58	183,40	884,10	31,9	42,3	18,12	3,08
Caso 8: 6 cm de insolación Aerotérmica para calefacción central y agua caliente sanitaria y paneles fotovoltaicos	31724,58	0,0	1067,51	29,72	38,47	0,00	0

En las tablas anteriores, la columna «NCV» responde a la siguiente pregunta: ¿Cuántos años se tardará en recuperar la inversión, teniendo en cuenta el valor temporal del dinero?

	Coste neto de la inversión				Ahorro neto anual				Período de recuperación de la inversión (año)
	Coste (EUR)	Subvenciones (EUR)	Coste neto resultante (EUR)	Diferencia (EUR)	Coste energético (EUR/año)	Ahorro energético (EUR/año)	Mantenimiento (EUR/año)	Ahorro neto (EUR/año)	
Situación inicial 1 (Caso 1)	0	0	0	0	1642,32	0,00	0,00	0,00	0,00
Caso 3: Aislamiento de 6 cm y bomba de calor para agua caliente sanitaria	23354,58	0	23354,58	23354,58	225,15	1417,17	0,00	1417,17	16,48
Caso 4: Aislamiento de 6 cm + bomba de calor DHW + paneles fotovoltaicos	26874,58	0,00	26874,58	26874,58	0	1642,32	0,00	1642,32	16,36
Caso 5: 10 cm de aislamiento + bomba de calor para agua caliente sanitaria + paneles fotovoltaicos	32151,66	0,00	32151,66	32151,66	0	1642,32	0,00	1642,32	19,58
Caso 6: 6 cm de aislamiento + H&AC y ACS aerotérmico con fan coil + paneles fotovoltaicos	34946,58	0,00	34946,58	34946,58	0	1642,32	0,00	1642,32	21,28

	Coste neto de la inversión				Ahorro neto anual				Período de recuperación de la inversión (años)
	Coste (EUR)	Subvenciones (EUR)	Coste neto resultante (EUR)	Diferencia (EUR)	Coste energético (EUR/año)	Ahorro energético (EUR/año)	Mantenimiento (EUR/año)	Ahorro neto (EUR/año)	
Situación inicial 2. (Caso 2)	0	0	0	0	1067,51	0,00	0,00	0,00	0,00
Caso 7: 6 cm de aislamiento + aerotérmica con radiadores para calefacción y agua caliente sanitaria	28204,58	0,00	28204,58	28204,58	183,4	884,10	0,00	884,10	31,90

	Coste neto de la inversión				Ahorro neto anual				Periodo de recuperación de la inversión (años)
	Coste (EUR)	Subvenciones (EUR)	Coste neto resultante (EUR)	Diferencia (EUR)	Coste energético (EUR/año)	Ahorro energético (EUR/año)	Mantenimiento (EUR/año)	Ahorro neto (EUR/año)	
Caso 8: 6 cm de insolación Aerotérmica para HS y ACS y paneles fotovoltaicos	31724,58	0,00	31724,58	31724,58	0,00	1067,51	0,00	1067,51	29,72

4. Conclusiones

De este estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- **Evaluación integral del edificio completada.** El estudio de caso evaluó exhaustivamente el rendimiento energético actual de una vivienda unifamiliar independiente en Ceutí (España), utilizando tecnologías BIM, e identificó las principales ineficiencias en el aislamiento de la envolvente, el rendimiento de las ventanas, los sistemas de agua caliente sanitaria y el sistema de calefacción. El edificio se caracterizaba por un alto consumo energético y un confort térmico deficiente, especialmente durante la temporada de calefacción.
- **Medidas de eficiencia energética identificadas y modelizadas.** Se propusieron y simularon una amplia gama de medidas de renovación energética, entre las que se incluyen:
 - Aislamiento de las paredes exteriores y del tejado.
 - Sustitución de ventanas.
 - Modernización del sistema de agua caliente sanitaria (mediante un sistema de bomba de calor).
 - Modernización del sistema de calefacción y refrigeración (mediante sistemas aerotérmicos).
 - Integración de paneles fotovoltaicos (PV) en el tejado.
- **Potencial sustancial de ahorro de energía y CO₂.** El análisis mostró que la implementación de una combinación de medidas pasivas y activas podría reducir el consumo de energía primaria no renovable en un 100 % y las emisiones de CO₂ también en un 100 %.
- **Los resultados de la relación coste-beneficio varían según la medida.** La evaluación financiera reveló que:
 - Las estrategias de renovación profunda (aislamiento, sustitución de ventanas) requieren una mayor inversión, pero ofrecen beneficios a largo plazo.
 - La modernización de los sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria reduce considerablemente el consumo de energía y las emisiones de gases.
 - Los paneles fotovoltaicos contribuyen de manera significativa a los objetivos de descarbonización.
 - Si se aplican todas las medidas consideradas en el estudio, el periodo de amortización se reduce considerablemente (18 años), ya que se consigue un ahorro energético.
- **La combinación de medidas ofrece los mejores resultados.** El resultado más equilibrado y sostenible se consigue combinando mejoras pasivas (aislamiento, hermeticidad) con sistemas activos (sistema moderno de bomba de calor para agua caliente sanitaria y paneles fotovoltaicos). Esta sinergia maximiza el ahorro energético manteniendo el confort interior y aumenta el valor global del edificio.
- **Viabilidad técnica y económica confirmada.** A pesar de las barreras iniciales de inversión, el estudio confirma que la renovación energética es técnicamente viable y económicamente beneficiosa para la



vivienda unifamiliar. Utilizando métricas como el VAN y el SPP, todas las medidas muestran un rendimiento económico aceptable, especialmente si se aplican al mismo tiempo.

- **Apoya los objetivos nacionales y de la UE en materia de renovación.** El caso se ajusta al Pacto Verde Europeo y a la estrategia «Ola de Renovación» de la UE, contribuyendo a los objetivos de neutralidad en carbono, eficiencia energética y entornos interiores más saludables en los edificios públicos y residenciales.