



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 rumano

Parte I: Caso de estudio rumano: enfoque y análisis de la situación inicial del edificio

1. Enfoque del caso de estudio

El caso de estudio rumano se centra en un edificio educativo. Implica el análisis de la demanda y el consumo de energía, así como la propuesta de alternativas para mejorar la eficiencia energética del edificio.

2. Descripción del edificio educativo

2.1. Introducción

El caso de estudio rumano es una escuela de primaria y secundaria, construida en 1962 y situada en el pueblo de Petrindu/Cuzăplac, en el condado de Sălaj, Rumanía (véanse las figuras 1 y 2).

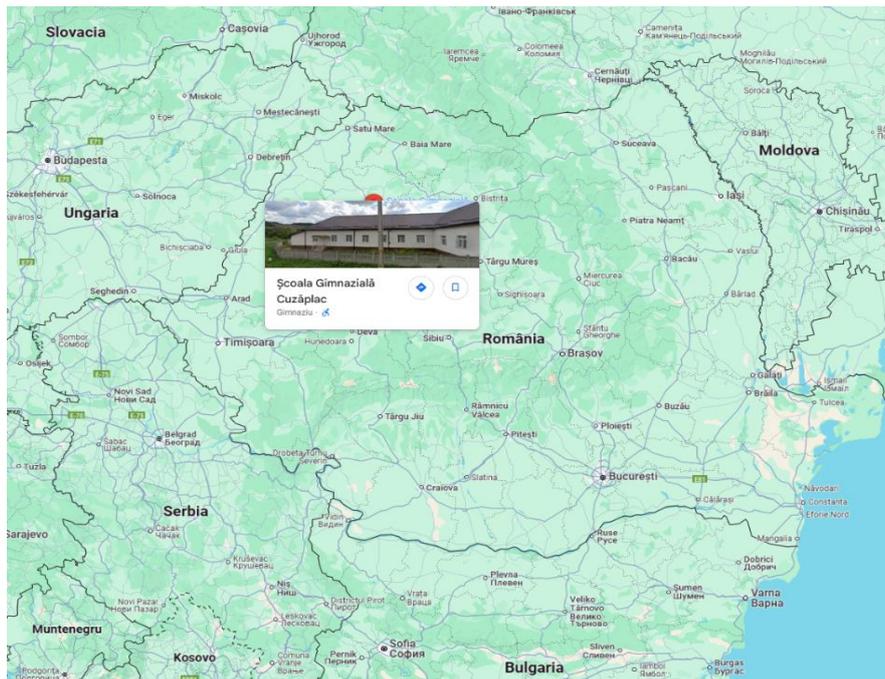


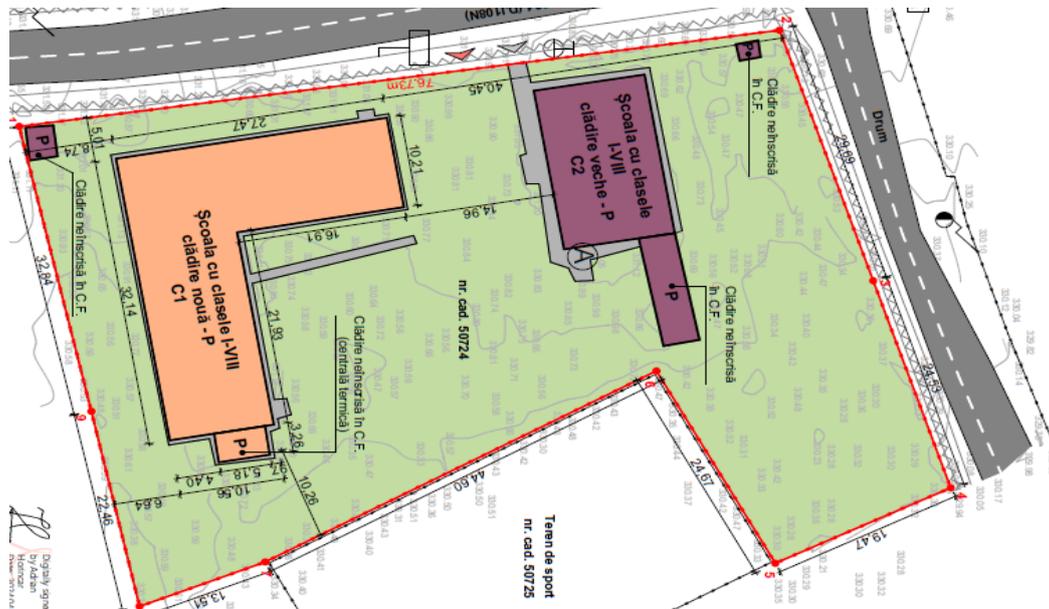
Figura 1. Escuela de Rumanía: ubicación en el mapa



Figura 2. Escuela de Rumanía: fotografías

2.2. Planos del edificio

La superficie total del terreno es de 3861 m² (véase la fig. 3).



3. Figura 3. Escuela de Rumanía: plano de situación

El edificio (C1) tiene una planta baja y una superficie construida total de 512 metros cuadrados, con una superficie útil total de 413,8 metros cuadrados (véase la fig. 4).



Norte



Oeste



Sur



Este

Figura 4. Escuela de Rumanía: fachadas

El edificio consta de tres aulas, una sala de preescolar, dos pasillos, un almacén de material didáctico, una oficina, tres trasteros, un aseo y una sala técnica (véase la figura 5).

El suministro de agua fría proviene de la red local. El edificio se calienta mediante una planta térmica de combustible sólido y una caldera, conectadas a radiadores de acero. El sistema de iluminación está

compuesto principalmente por tubos fluorescentes de neón. El edificio no dispone de sistema de ventilación ni aire acondicionado.

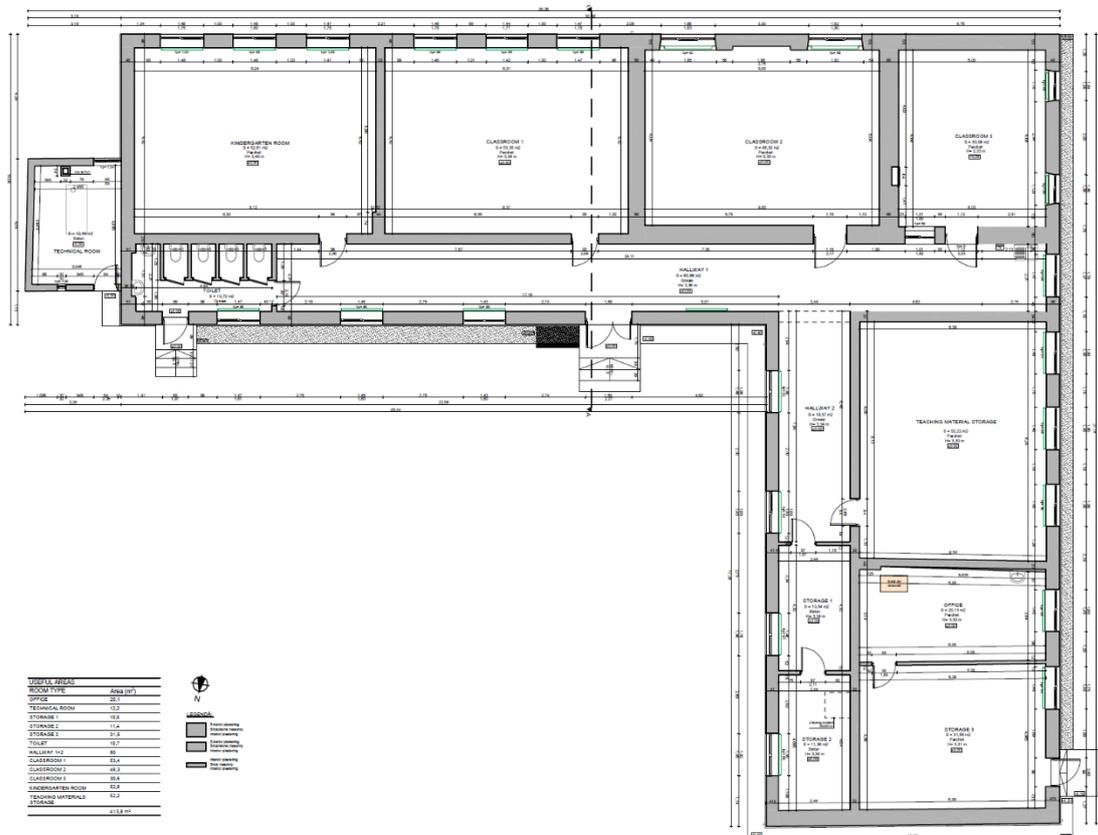


Figura 5. Escuela de Rumanía: plano de la planta baja

2.3. Ubicación

Las coordenadas geográficas de este edificio son:

- Latitud: 46°57'56"N
- Longitud: 23°11'24"E
- Altitud: 293,2 m

Location data	
City	<input type="text" value="Cuzaplac"/>
Altitude	<input type="text" value="293.200"/> m
Latitude	<input type="text" value="46.0"/> degrees
Longitude	<input type="text" value="23.0"/> degrees
Time zone	<input type="text" value="2.0"/>
SCOP climatic conditions	<input type="text" value="Cold climate"/> 

2.4. Zona climática

Según el sistema de clasificación de Koeppen-Geiger, Rumanía se caracteriza por seis tipos de clima distintos. La zona climática predominante es un clima continental húmedo con veranos cálidos (Dfb), que abarca la mayor parte del país (incluida la zona del edificio de nuestro estudio de caso). Durante el mes

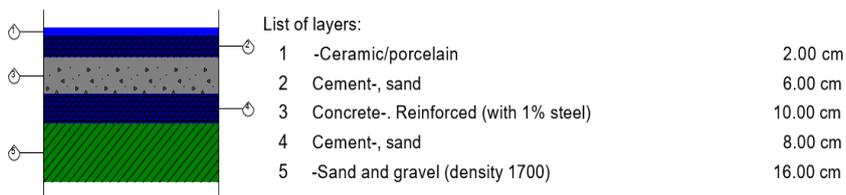
más cálido del año, la temperatura media no supera los 22 °C. Por el contrario, las temperaturas medias durante el mes más frío suelen ser mucho más bajas, a menudo muy por debajo de los -3 °C.

2.5. Materiales de la envolvente térmica

El edificio tiene una estructura de piedra y hormigón, paredes de ladrillo, un ático con suelo de madera y un tejado de madera con placas onduladas bituminosas. Las paredes interiores se acabaron con pintura lavable o azulejos, mientras que el exterior se realizó con enlucido decorativo. Los suelos de hormigón están cubiertos con parquet o baldosas. El edificio no está aislado. Las ventanas tienen marcos de PVC y doble acristalamiento.

En este estudio de caso se han utilizado los siguientes datos:

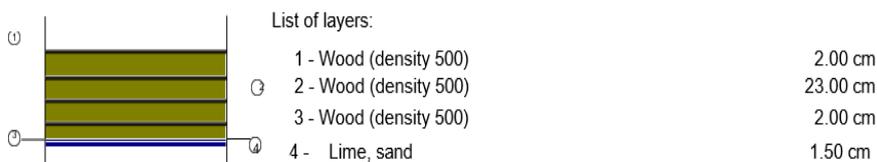
Losa del suelo



Characteristics

Thermal transmittance, U: 0.85 W/(m²-K)
 Total thickness 42.00 cm
 Characteristic length, B': 2,204 m
 Thermal resistance of the slab, Rf: 0.28 (m²-K)/W Slab
 surface, A: 82.21 m²
 Perimeter of slab, P: 74.593 m Thermal
 conductivity, λ: 2,000 W/(m-K)

Cubierta

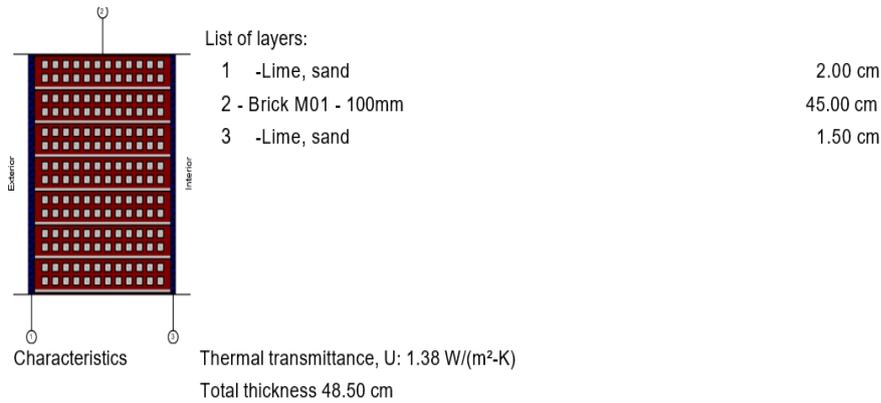


Characteristics

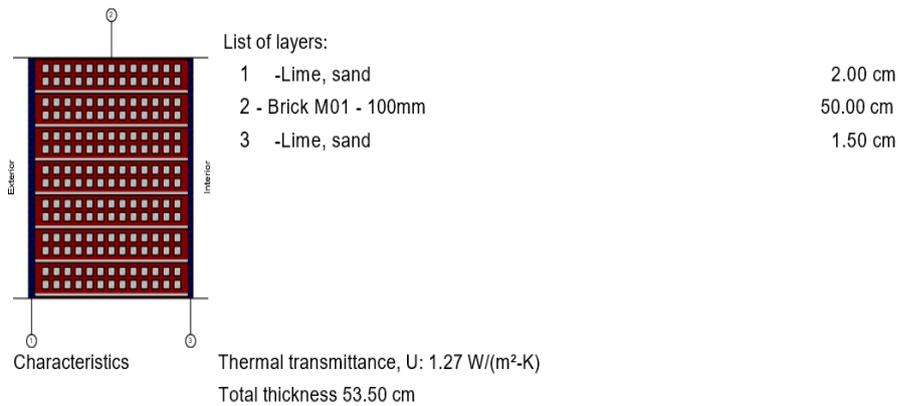
Thermal transmittance, U: 0.45 W/(m²-K)
 Total thickness 28.50 cm



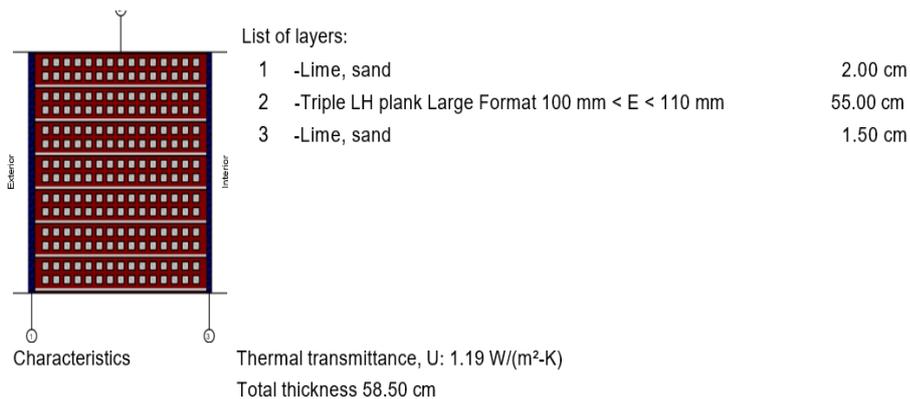
Pared exterior 45



Pared exterior 50

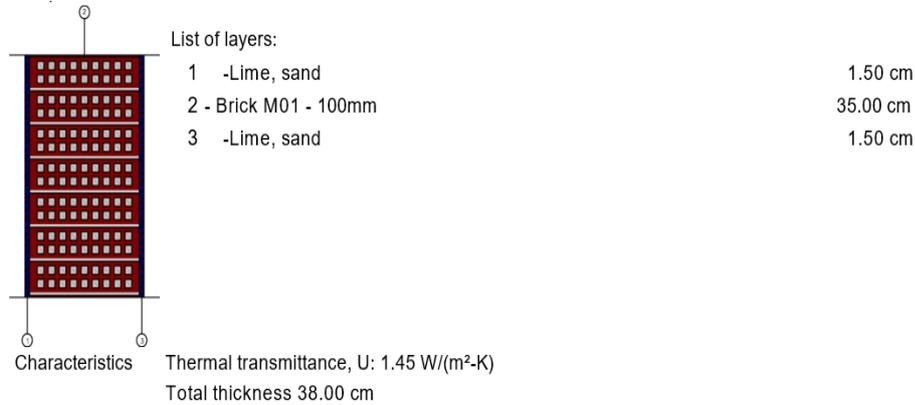


Pared exterior 55

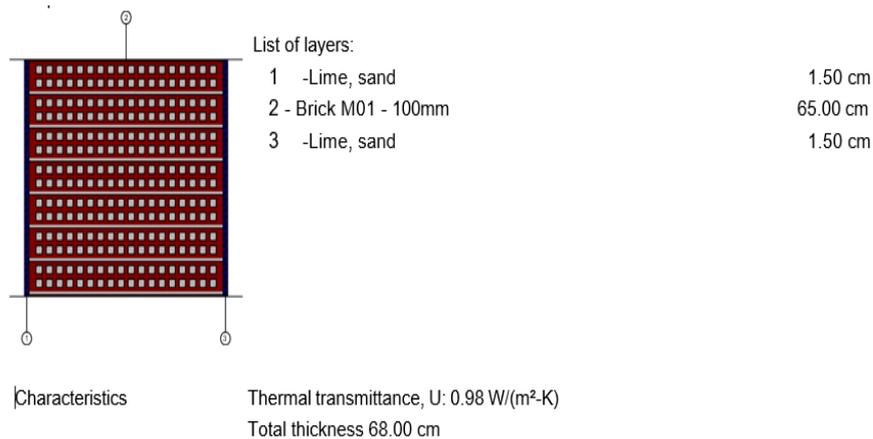




Pared divisoria 35



Pared divisoria 65



Puertas

Heat transfer coefficient (U)	2.10	W/(m ² ·K)
Absorptance	0.60	

Ventanas

Heat transfer coefficient (U)	2.10	W/(m ² ·K)
Solar heat gain coefficient	0.70	

2.6. Sistemas de agua caliente sanitaria, calefacción y aire acondicionado

El agua se calienta mediante una planta térmica que utiliza biomasa como combustible. La planta de leña no es muy eficiente.

El edificio se calienta mediante radiadores de acero que utilizan una planta de calefacción de combustible sólido (leña) y una caldera.

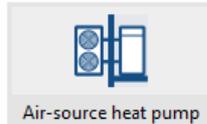
Tampoco hay sistema de ventilación ni aire acondicionado en el edificio.

Reference

Covered DHW demand percentage %



Generic equipment



Air-source heat pump



Heat pump for hot water



Geothermal

Production set

Overview

Type of energy vector

Rated capacity W

Average seasonal efficiency

Storage tank

Reference

Global loss coefficient, UA W/K

Average storage temperature °C

Ambient temperature °C

Global loss coefficient (UA)

Capacity l

Outside diameter m

Insulation thickness m

Thermal conductivity of the insulation W/(m·K)

Global loss coefficient, UA: 1.20 W/K

Figura 6. Sistema de ACS

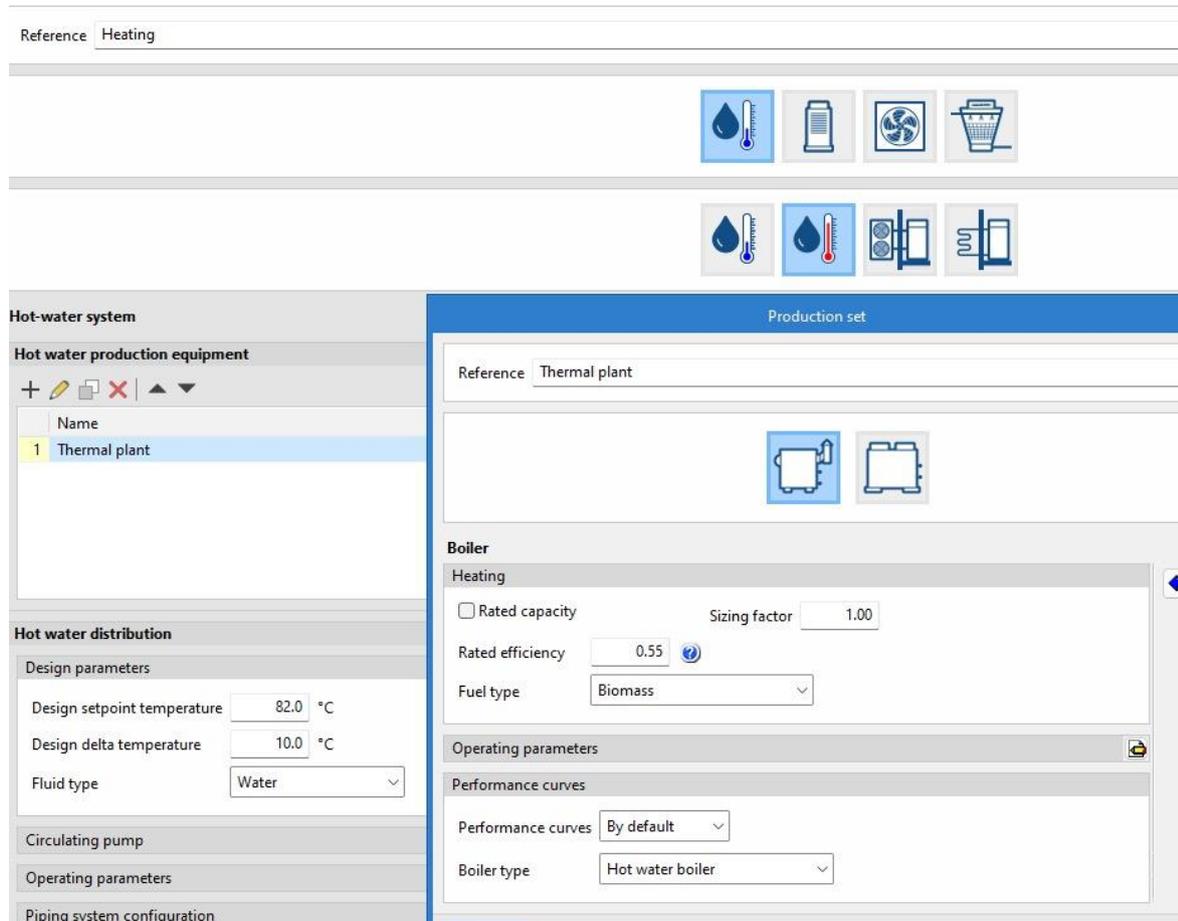


Figura 7. Sistema de calefacción

3. Desarrollo del caso de estudio del edificio educativo rumano.

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 los materiales, las propiedades térmicas, los horarios de ocupación, los sistemas de iluminación, los equipos de climatización y mucho más.

Cuando se utiliza para el análisis energético, el BIM sirve como base rica en datos que se puede exportar 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.

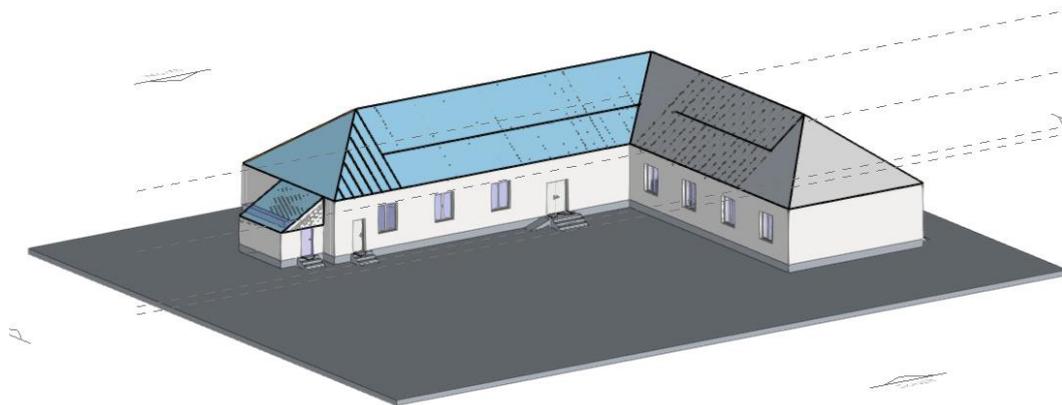


Figura 8. Modelo BIM

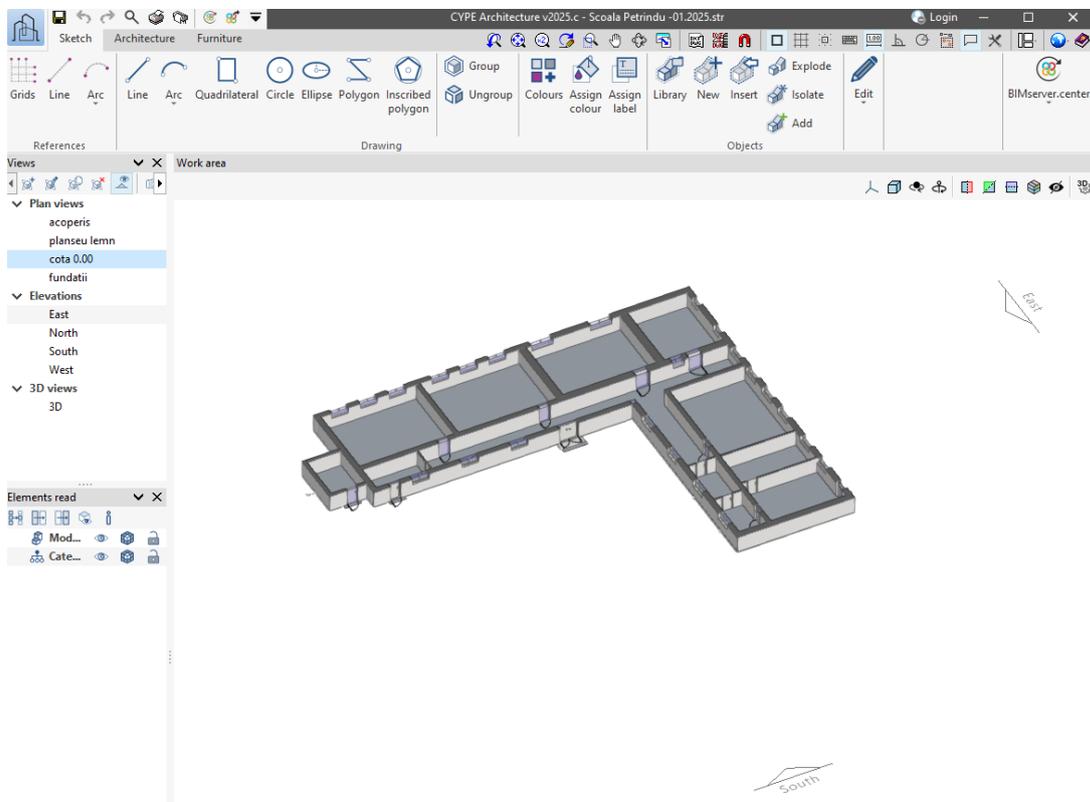


Figura 9. Plano de la escuela en el modelo BIM

3.2. Modelo BIM 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...).

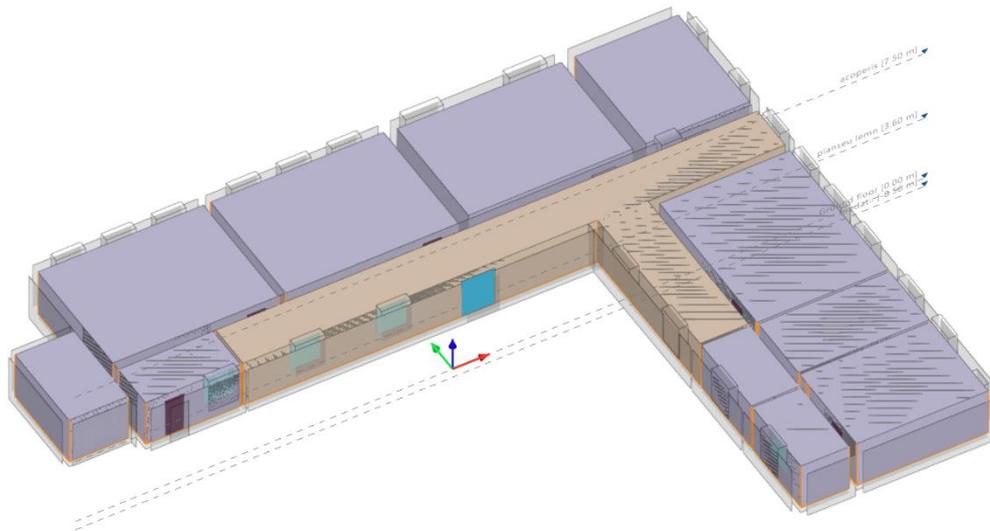


Figura 10. Modelo analítico del edificio

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

Estas zonas son:

La planta baja es la zona acondicionada del edificio.

La zona común 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.

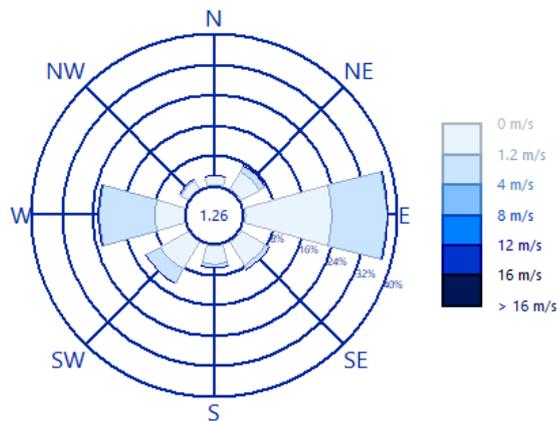
3.3. Zona climática

En este estudio de caso se han utilizado los siguientes datos:

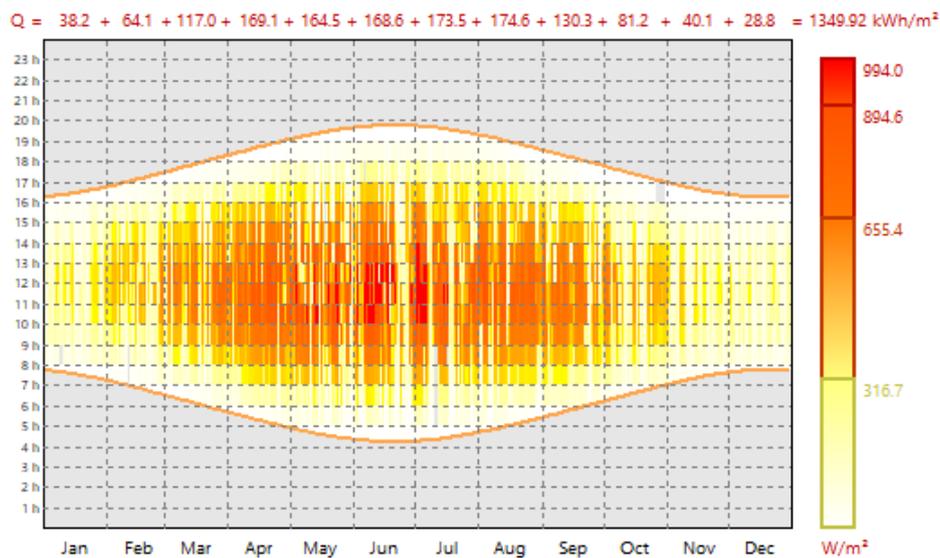
Temperaturas exteriores



Distribución del viento



Irradiación global sobre una superficie horizontal



3.4. Condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados del edificio

Para el análisis energético del edificio se han utilizado las condiciones de funcionamiento de los espacios acondicionados del edificio, teniendo en cuenta un horario escolar típico de 8 a 16 horas, de lunes a viernes.

3.5. Modelo energético del edificio

Un modelo energético de un edificio 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

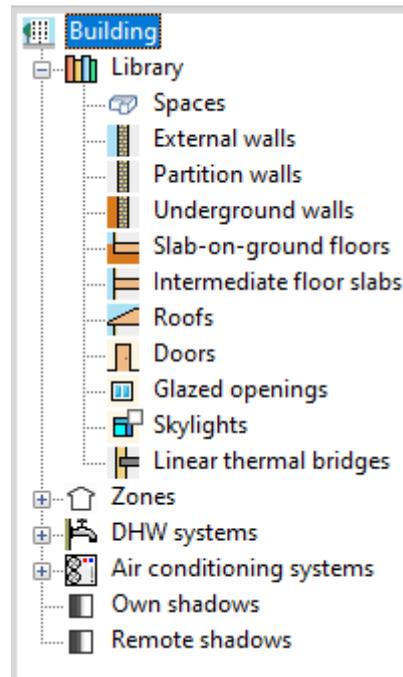
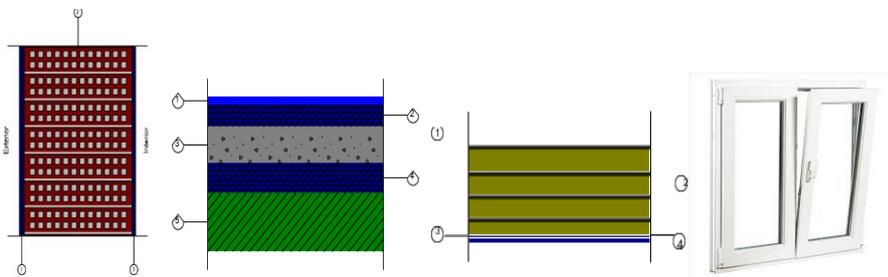


Figura 11. Algunos componentes del modelo energético de edificios

3.6. Casos analizados. Descripción

- **Caso 0: Situación actual/inicial:** envolvente sin aislamiento, ventanas de doble acristalamiento ($U=2,1$ $W/m^2 K$), planta térmica de combustible sólido (leña) de baja eficiencia, radiadores



Reference Heating











Hot-water system

Hot water production equipment

+    

Name
1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

Design setpoint temperature °C

Design delta temperature °C

Fluid type

Circulating pump

Operating parameters

Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant




Boiler

Heating

Rated capacity Sizing factor

Rated efficiency 

Fuel type

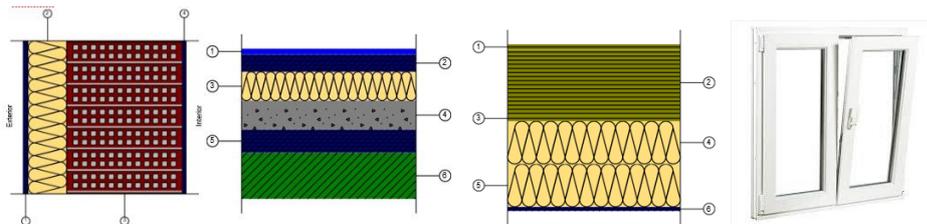
Operating parameters 

Performance curves

Performance curves

Boiler type

- Caso 1: Envoltante mejorada** (aislamiento de las paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, del piso superior con 30 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 10 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), bomba de calor aire-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante



Air-source heat pump

OBDatabase

Login







<p>Outdoor unit</p> <p>Compact: 12 kW 400V (VWL 125/6 AS3)</p>	<p>Hydraulic module</p> <p>Equipment: MEH97/6</p>
<p>Gross rated heating capacity: 11600 W</p> <p>Gross rated heating COP: 4.71</p> <p>Gross rated total cooling capacity: 7900 W</p> <p>Gross rated cooling COP: 3.5</p>	
<p>Heating <input type="checkbox"/> Cooling</p> <p>Design setpoint temperature <input type="text" value="45.0"/> °C Design delta temperature <input type="text" value="5.0"/> °C</p>	



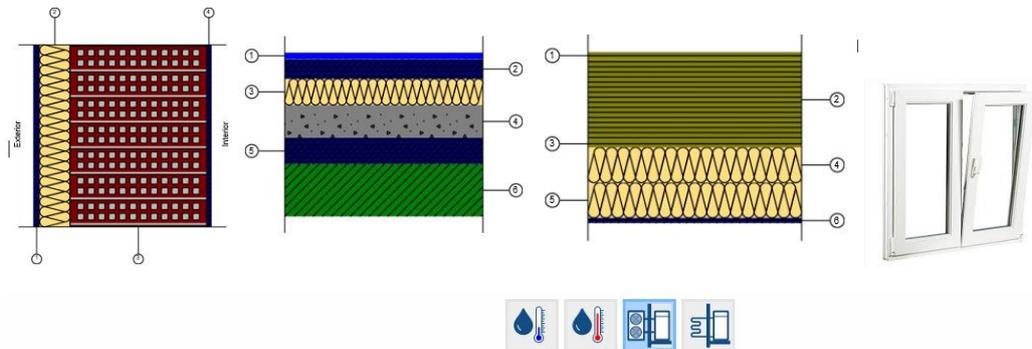
Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %
 Latent effectiveness

- Caso 2: Mejora** de la envolvente (aislamiento de las paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, del piso superior con 20 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 8 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor aire-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante



Air-source heat pump

Outdoor unit

Hydraulic module

Compact: 12 kW 400V (VWL 12S/6 AS3)

Equipment: MEH97/6

Gross rated heating capacity: 11600 W
 Gross rated heating COP: 4.71
 Gross rated total cooling capacity: 7900 W
 Gross rated cooling COP: 3.5

Heating
 Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Cooling

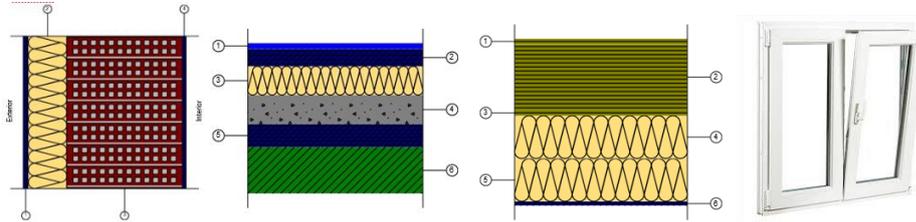
Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %
 Latent effectiveness

- **Caso 3:** Envoltente **mejorada** (aislamiento de las paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, el piso superior con 30 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 10 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor agua/agua subterránea, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante








Geothermal

Login



Water to water heat pump
 Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W
 Gross rated heating COP: 4.4

Heating
 Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C







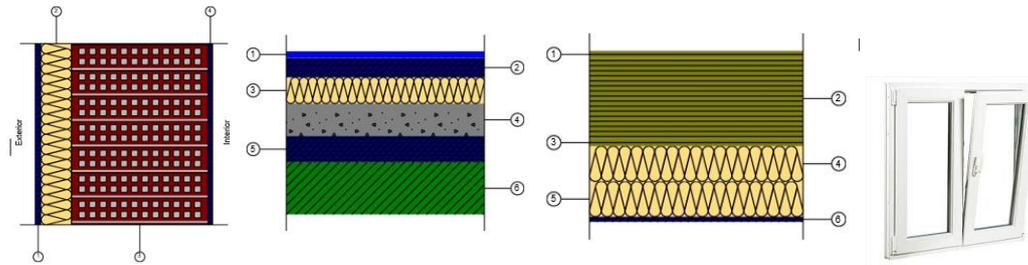
Central ventilation system




Heat recovery unit

Heat exchanger
 Sensible effectiveness %
 Latent effectiveness

- **Caso 4: Mejora** de la envoltente (aislamiento de las paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, el piso superior con 20 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 8 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor agua/agua subterránea, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante



Geothermal

Login

Water to water heat pump

Heat pump: WWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W
Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C

Central ventilation system

Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

Latent effectiveness

3.7. Resultados del caso. Consumo energético y calificación energética de los edificios existentes

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 la situación inicial del edificio y para las 4 alternativas de mejora de 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 (situación inicial y las 4 alternativas de mejora). Esta calificación se ha calculado siguiendo la normativa española teniendo en cuenta su zona climática equivalente: E1

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 la 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 esa 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)

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:

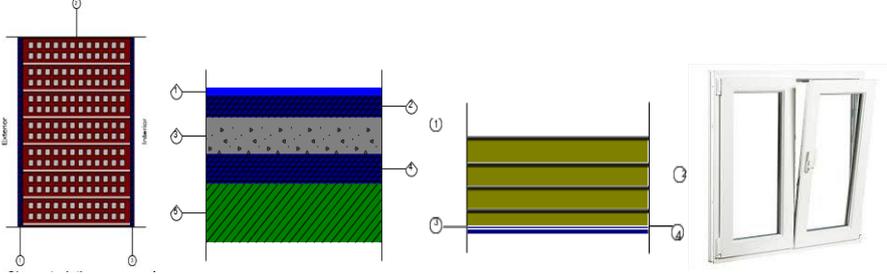
- **Calefacción**
- **Refrigeración**
- **Iluminación**
- **Agua caliente**
- **Electrodomésticos y equipos**

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 las pérdidas en las fases previas** (por ejemplo, la eficiencia de las centrales eléctricas, las pérdidas en la red de transmisión)
- **Caso 0: Escenario existente/inicial:** envolvente sin aislamiento, ventanas de doble acristalamiento ($U=2,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), planta térmica de combustible sólido (leña) de baja eficiencia, radiadores



Reference Heating



Hot-water system

Hot water production equipment

+ ✎ 🗑️ ⬆️ ⬇️ ⬆️

Name
1 Thermal plant

Hot water distribution

Design parameters

Design setpoint temperature °C

Design delta temperature °C

Fluid type

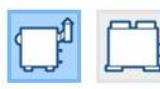
Circulating pump

Operating parameters

Piping system configuration

Production set

Reference Thermal plant



Boiler

Heating

Rated capacity Sizing factor

Rated efficiency ⓘ

Fuel type

Operating parameters ⓘ

Performance curves

Performance curves

Boiler type

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

 EDIFICIO (Su= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{tot}		EP _{prim}	
	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	103602.76	311.69	113279.19	340.81	11951.31	35.96
DHW	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	128858.49	387.68	173084.94	520.73	61301.16	184.43

donde:



Su: Superficie útil incluida en el cerramiento térmico, m².

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

EPtot: Consumo total de energía primaria.

EPnren: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

Consumo energético final del edificio. Resultados mensuales.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/year) kWh/m ² -year)	
BUILDING (S = 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	9963.9	8723.8	6980.1	3377.9	1389.0	571.1	816.3	530.6	2432.6	4407.4	7810.9	10240.2	57243.9	172.2
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	11664.7	10260.0	8680.9	5023.9	3089.8	2217.0	2517.1	2231.4	4078.5	6108.2	9456.8	11941.0	77269.3	232.5
Biomass	Heating	17775.8	15547.7	12259.6	5646.4	2047.6	771.2	1113.3	566.5	3827.8	7549.0	13821.7	18286.0	99212.7	298.5
	Cooling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DHW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Electricity	Heating	443.5	400.6	443.5	395.2	328.7	177.6	248.0	253.6	428.3	398.5	429.2	443.5	4390.1	13.2
	Cooling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Humidity control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	-	-	-	503.0	481.2	459.3	4206.7	12.9
Cef_{total}		20503.3	17994.2	14965.2	8224.3	4660.3	3131.6	3142.2	2601.1	6979.6	10231.5	16456.5	20969.7	128858.6	387.7

donde:

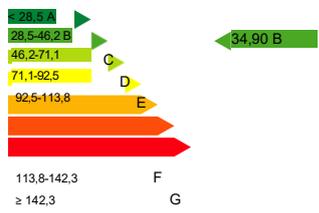
Su: Superficie útil incluida en la envolvente térmica, m².

Cef_{total}: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²-año.

Clasificación energética del edificio: Situación inicial/edificio existente.

Zona climática	E1	Uso	Otros usos
-----------------------	----	------------	------------

1. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE EMISIONES

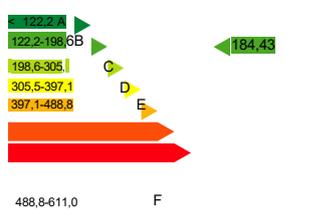
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias
 Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² -año]	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² -año].	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² -año].
	9,74	20,88
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² -año].	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² -año].
	0	4,2

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

	kgCO ₂ /m ² -año	kgCO ₂ -año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	29,52	9812,76
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	5,37	1785,83

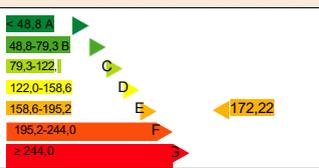
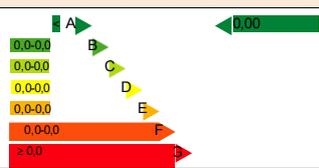
2. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

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.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
 Consumo total de energía primaria no renovable [kWh/m ² -año] ⁽¹⁾	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² -año]	Energía primaria DHW [kWh/m ² -año]
	35,96	123,27
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² -año].	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² -año].
	0	25,2

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 Demanda de calefacción [kWh/m ² -año].	 Demanda de refrigeración [kWh/m ² -año].
172,22	0,00

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

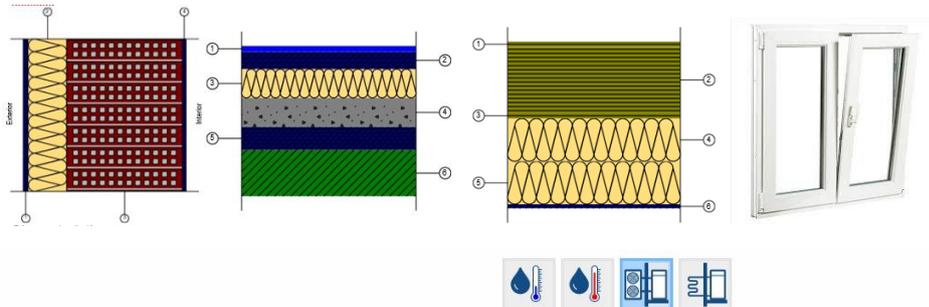
Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Caso de estudio rumano

Parte II: Análisis de las medidas de mejora

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

- Caso 1: Mejora de la envolvente (aislamiento de las paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, del piso superior con 30 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 10 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), bomba de calor aire-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante



Air-source heat pump	
 <input type="button" value="Login"/>	  
Outdoor unit	Hydraulic module
Compact: 12 kW 400V (VWL 12S/6 AS3)	Equipment: MEH97/6
Gross rated heating capacity: 11600 W Gross rated heating COP: 4.71 Gross rated total cooling capacity: 7900 W Gross rated cooling COP: 3.5	
<input checked="" type="checkbox"/> Heating <input type="checkbox"/> Cooling	
Design setpoint temperature <input type="text" value="45.0"/> °C Design delta temperature <input type="text" value="5.0"/> °C	
	
Central ventilation system	
	
Heat recovery unit	
Heat exchanger	
Sensible effectiveness <input type="text" value="85.00"/> %	
<input type="checkbox"/> Latent effectiveness	



Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

 EDIFICIO (= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{tot}		EP _{pren}	
	(kWh/year) (kWh/m ² -year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	31695.16	95.36	37463.68	112.71	37368.62	112.43
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	57518.67	173.05	98613.60	296.68	87827.64	264.23

donde:

 Su: Superficie útil 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_{pren}: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

Consumo energético final del edificio. Resultados mensuales.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
		(kWh)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)											
BUILDING (= 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	4609.7	3952.9	2696.4	838.6	54.1	--	8.9	--	672.2	1478.1	3287.2	4919.0	22517.0	67.7
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	6310.5	5489.1	4397.2	2484.5	1754.9	1645.9	1709.7	1700.8	2318.1	3178.9	4933.1	6619.8	42542.5	128.0
Diesel C (Substitution system)	Heating	6459.3	5544.9	3824.0	1198.0	77.2	--	10.2	--	957.4	2100.1	4620.9	6894.2	31895.1	95.4
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricity	Heating	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	66.6	57.9	63.7	60.8	66.6	60.8	--	--	--	66.6	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	--	--	--	503.0	481.2	459.3	4286.7	12.9
	Cef_{tot}	8809.9	7648.8	6149.8	3441.6	2427.8	2243.6	1791.1	1780.9	2680.9	4450.7	6898.3	9195.3	57518.7	173.0

donde:

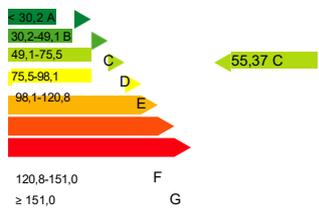
 Su: Superficie útil incluida en la envolvente térmica, m².

 Cef_{tot}: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²-año.

Clase energética del edificio: Caso 1 Mejora.

Zona climática	E	Uso	Otros usos
-----------------------	---	------------	------------

1. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE EMISIONES

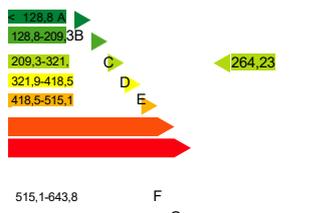
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
 Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² -año] ¹	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² -año]. 29,66	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² -año]. 20,88
	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² -año]. 0	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² -año]. 4,2

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

	kgCO ₂ /m ² -año	kgCO ₂ -año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	25,72	8547,58
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	29,6	9857,19

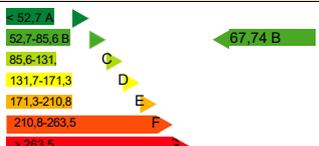
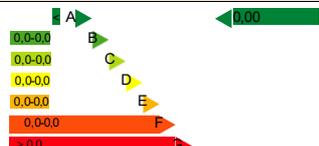
2. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

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.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias
 Consumo total de energía primaria no renovable [kWh/m ² -año] ⁽¹⁾	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² -año] 112,43	Energía primaria DHW [kWh/m ² -año] 123,27
	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² -año] 0	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² -año]. 25,2

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

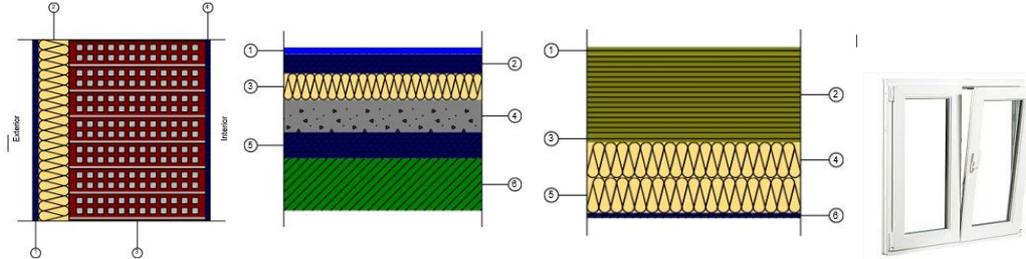
La demanda de energía para calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort interior del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 67,74 B	 0,00 A

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 2: Envolvente mejorada (aislamiento de las paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, el piso superior con 20 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 8 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor aire-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante



Air-source heat pump

OBDatabase
Login

DAIKIN, Saunier Duval, Vaillant

Outdoor unit: Compact: 12 kW 400V (VWL 125/6 AS3)
Hydraulic module: Equipment: MEH97/6

Gross rated heating capacity: 11600 W
Gross rated heating COP: 4.71
Gross rated total cooling capacity: 7900 W
Gross rated cooling COP: 3.5

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

Central ventilation system

Heat recovery unit
Heat exchanger
Sensible effectiveness: 85.00 %
 Latent effectiveness

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO (= 332,39 m²)

Technical Services	EF		EP _{tot}		EP _{max}	
	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	31041.55	93.39	36691.22	110.39	36598.15	110.11
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	56865.06	171.08	97841.14	294.36	87057.17	261.92



donde:

Su: Superficie útil 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.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
		(kWh)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)											
BUILDING (L>= 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	4424.2	3328.3	2863.1	871.9	95.8	0.6	22.8	--	743.7	1486.6	2323.8	4741.8	22056.2	66.4
	DHW	1700.3	1638.2	1700.3	1846.8	1700.3	1846.8	1700.3	1700.3	1846.9	1700.3	1846.9	1700.3	20026.6	60.2
	TOTAL	6125.0	6384.6	4563.8	2517.8	1768.4	1848.4	1723.8	1700.8	2389.8	3188.3	4878.8	6442.4	42080.8	128.8
Diesel C (Substitution system)	Heating	6195.1	5389.0	3771.8	1245.6	93.2	--	29.5	--	1060.9	2092.9	4553.0	6648.6	31041.5	93.4
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricity	Heating	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	1760.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1760.9	1760.9	1723.5	1780.9	1723.5	1760.9	20969.1	63.1
	Ventilation	66.6	67.9	63.7	60.8	66.6	60.8	--	--	--	66.6	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Lighting	893.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	--	--	--	503.0	481.2	459.3	4266.7	12.9
	Def	8646.7	7473.0	6087.8	3488.2	2443.8	2245.8	1810.4	1780.8	2784.4	4433.6	8821.4	8841.8	66886.1	171.1

donde:

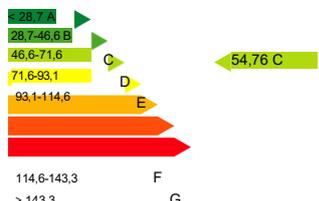
Su: Superficie útil incluida en la envolvente térmica, m².

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

Clase energética del edificio: Caso 2 Mejora.

Zona climática	E	Uso	Otros usos
-----------------------	---	------------	------------

1. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE EMISIONES

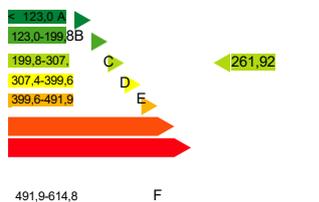
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas calientes
 Emissiones globales [kgCO ₂ /m ² -año] ¹	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² -año]. 29,04	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² -año]. 20,88
	B	E
Emissiones globales [kgCO ₂ /m ² -año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² -año]. 0	Emisiones de iluminación [kgCO ₂ /m ² -año]. 4,2
	A	E

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

	kgCO ₂ /m ² -año	kgCO ₂ -año
Emissiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	25,72	8547,58
Emissiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	29,0	9653,92

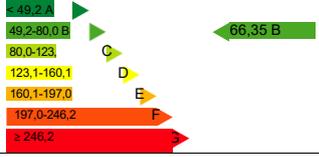
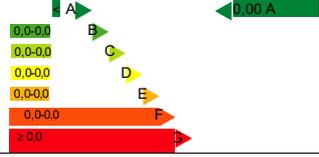
2. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

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.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias
 Consumo total de energía primaria no renovable [kWh/m ² -año] ⁽¹⁾	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² -año] 110,11	Energía primaria DHW [kWh/m ² -año] 123,27
	B	E
Consumo total de energía primaria no renovable [kWh/m ² -año] ⁽¹⁾	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² -año]. 0	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² -año]. 25,2
	A	E

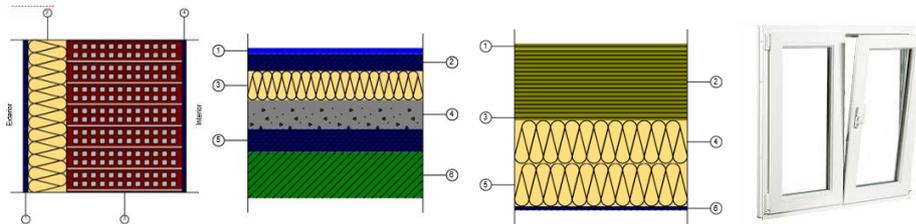
3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 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 3: Envolvente mejorada** (aislamiento de las paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, del piso superior con 30 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 10 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor agua/agua subterránea, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante








Geothermal

Login 

Water to water heat pump
 Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W
 Gross rated heating COP: 4.4

Heating
 Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C







Central ventilation system




Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %
 Latent effectiveness

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO (= 332,39 m²)

Technical services	EF		EP _{tot}		EP _{net}	
	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	27893.02	83.92	32969.48	99.19	32885.72	98.94
DHW	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	53716.53	161.61	94119.73	283.16	83345.07	250.75



donde:

Su: Superficie útil 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.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
		(kWh)	(kWh/year)	kWh/m ² -year											
BUILDING (S_U = 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	4049.6	3494.1	2366.2	697.8	37.6	–	2.2	–	594.1	1272.1	2921.5	4362.1	19797.4	59.6
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	5750.4	5030.3	4067.0	2343.8	1738.4	1645.9	1703.0	1700.8	2240.1	2972.9	4567.4	6062.9	39822.8	119.8
Diesel C (Substitution system)	Heating	5679.6	4605.5	3363.0	996.9	53.7	–	1.1	–	846.8	1810.3	4124.0	6113.1	27893.0	83.9
	Cooling	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	DHW	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Electricity	Heating	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Cooling	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20996.1	63.1
	Ventilation	66.8	57.9	63.7	60.8	66.8	60.8	–	–	–	66.8	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	–	–	–	503.0	481.2	459.3	4288.7	12.9
Cef_{tot}		8030.2	7009.5	5688.9	3240.5	2404.3	2243.6	1782.0	1780.9	2569.3	4160.9	6392.3	8414.2	53716.6	161.6

donde:

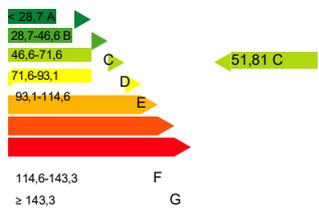
Su: Superficie útil incluida en la envolvente térmica, m².

Cef_{total}: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²-año.

Clase energética del edificio: Caso 3 Mejora.

Zona climática	E	Uso	Otros usos
-----------------------	---	------------	------------

1. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE EMISIONES

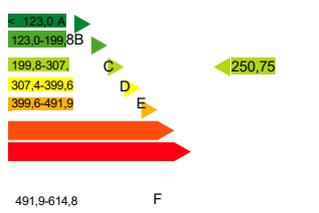
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas calientes
 Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² -año]	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² -año].	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² -año].
	26,1	20,88
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² -año].	Iluminación emisiones [kgCO ₂ /m ² -año].
	0	4,27

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

	kgCO ₂ /m ² -año	kgCO ₂ -año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	25,72	8547,58
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	26,1	8674,73

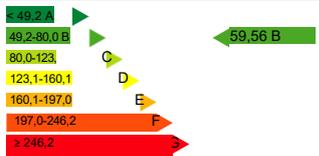
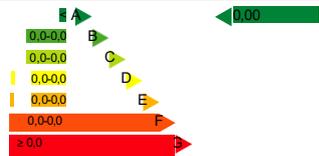
2. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

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.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias
 Consumo total de energía primaria no renovable [kWh/m ² -año] ⁽¹⁾	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² -año]	Energía primaria Aguas sanitarias [kWh/m ² -año]
	98,94	123,27
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² -año].	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² -año].
	0	25,2

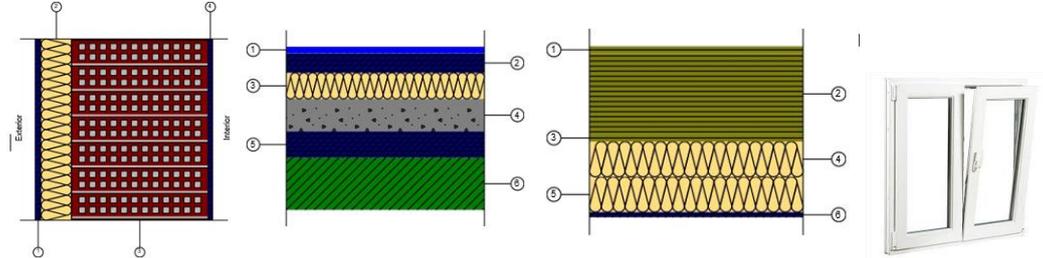
3. ÍNDICE DE DEMANDA DE ENERGÍA PARCIAL PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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
 Demanda de calefacción [kWh/m ² -año].	 Demanda de refrigeración [kWh/m ² -año].
59,56 B	0,00

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: Envoltante mejorada (aislamiento de las paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, del piso superior con 20 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 8 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor agua/agua subterránea, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante**








Geothermal

Login 

Water to water heat pump

Heat pump: VWS 260/3 S1

Gross rated heating capacity: 24500 W
 Gross rated heating COP: 4.4

Heating

Design setpoint temperature °C Design delta temperature °C







Central ventilation system




Heat recovery unit

Heat exchanger

Sensible effectiveness %

Latent effectiveness

Consumo energético de los servicios técnicos del edificio

EDIFICIO (= 332,39 m²)

Technical services	EF		EP _{int}		EP _{net}	
	(kWh/year) (kWh/m ² -year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)
Heating	31041.55	93.39	36691.22	110.39	36598.15	110.11
ACS	20969.03	63.09	49654.65	149.39	40973.36	123.27
Ventilation	567.78	1.71	1344.51	4.04	1109.51	3.34
Lighting	4286.70	12.90	10150.77	30.54	8376.16	25.20
	56865.06	171.08	97841.14	294.36	87057.17	261.92

donde:



Su: Superficie útil incluida en la envolvente térmica, m².

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

EPtot: Consumo total de energía primaria.

EPnren: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

Consumo energético final del edificio. Resultados mensuales.

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
		(kWh)	(kWh/year)	(kWh/m ² -year)											
BUILDING (S_u = 332.39 m²)															
Energy demand	Heating	4424.2	3828.3	2658.1	871.9	65.6	0.5	22.8	--	743.7	1465.5	3232.8	4741.6	22055.2	66.4
	DHW	1700.8	1536.2	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	1700.8	1645.9	1700.8	1645.9	1700.8	20025.5	60.2
	TOTAL	6125.0	5364.5	4358.9	2517.8	1766.4	1646.4	1723.6	1700.8	2389.6	3166.3	4878.6	6442.4	42080.6	126.6
Diesel C (Substitution system)	Heating	6195.1	5369.0	3771.8	1245.6	93.2	--	29.5	--	1060.9	2082.9	4553.0	8640.6	31041.5	93.4
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricity	Heating	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Cooling	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	DHW	1780.9	1608.6	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	1780.9	1723.5	1780.9	1723.5	1780.9	20969.1	63.1
	Ventilation	66.6	57.9	63.7	60.8	66.6	60.8	--	--	--	66.6	63.7	60.8	567.8	1.7
	Humidity control	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Lighting	503.0	437.4	481.2	459.3	503.0	459.3	--	--	--	503.0	481.2	459.3	4286.7	12.9
	Cef _{total}	8545.7	7473.0	6097.6	3489.2	2443.8	2243.6	1810.4	1780.9	2784.4	4433.5	6821.4	8941.6	56865.1	171.1

donde:

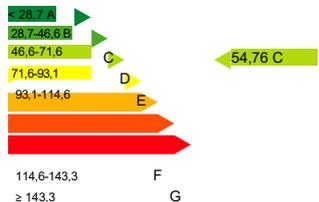
Su: Superficie útil incluida en la envolvente térmica, m².

Cef_{total}: Consumo de energía en el punto de consumo (energía final), kWh/m²-año.

Clasificación energética del edificio: Caso 4 Mejora.

Zona climática	E1	Uso	Otros usos
-----------------------	----	------------	------------

1. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE EMISIONES

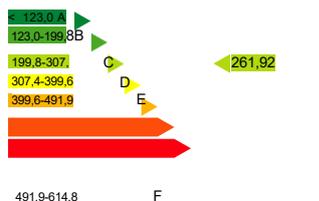
INDICADOR GENERAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas calientes sanitarias
 Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² -año] ¹	Emisiones de calefacción [kgCO ₂ /m ² -año].	Emisiones de ACS [kgCO ₂ /m ² -año].
	29,04	20,88
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones de refrigeración [kgCO ₂ /m ² -año]	Iluminación Emisiones [kgCO ₂ /m ² -año]
	0	4,27

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

	kgCO ₂ /m ² -año	kgCO ₂ -año
Emisiones de CO ₂ procedentes del consumo eléctrico	25,72	8547,58
Emisiones de CO ₂ procedentes de otros combustibles	29,0	9653,92

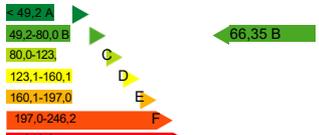
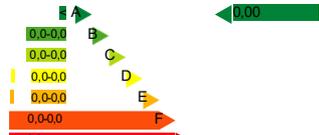
2. CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN TÉRMINOS DE CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

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.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	Aguas sanitarias
 Consumo total de energía primaria no renovable [kWh/m ² -año] ⁽¹⁾	Energía primaria para calefacción [kWh/m ² -año]	Energía primaria ACS [kWh/m ² -año]
	110,11	123,27
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria para refrigeración [kWh/m ² -año].	Energía primaria para iluminación [kWh/m ² -año].
	0	25,2

3. ÍNDICE DE DEMANDA DE ENERGÍA PARCIAL 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
 66,35 B	 0,00



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 hubiera (solo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La electricidad autoconsumida solo se deduce del indicador global, no de los valores parciales.

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

Comparación de resultados

Consumo energético final (kWh/m²-año)

Servicios técnicos	Caso 0	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Situación inicial	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
Calefacción	311,69	95,36	93,39	83,92	93,39
DHW	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09
Iluminación	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
Ventilación	-	1,71	1,71	1,71	1,71
TOTAL	387,68	173,05	171,08	161,61	171,08

Leyenda

Imp 1- Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ a bomba de calor aire-agua

Imp 2- Mejora 2: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento con bomba de calor aire-agua+ .

Imp 3- Mejora 3: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua

Imp 4- Mejora 4: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua

Consumo total de energía primaria (kWh/m²-año)



Servicios técnicos	Caso 0	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Situación inicial	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
Calefacción	340,81	112,71	110,39	99,19	110,39
DHW	149,39	149,39	149,39	149,39	149,39
Iluminación	30,54	30,54	30,54	30,54	30,54
Ventilación	-	4,04	4,04	4,04	4,04
TOTAL	340,81	112,71	110,39	99,19	110,39

Leyenda

Imp 1- Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ a bomba de calor aire-agua

Imp 2- Mejora 2: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento con bomba de calor aire-agua+ .

Imp 3- Mejora 3: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua

Imp 4- Mejora 4: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua

Consumo total de energía primaria de origen no renovable (kWh/m²-año)

Servicios técnicos	Caso 0	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Situación inicial	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
Calefacción	35,96	112,43	110,11	98,94	110,11
DHW	123,27	123,27	123,27	123,27	123,27
Iluminación	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Ventilación	-	3,34	3,34	3,34	3,34
TOTAL	184,43	264,24	261,92	250,75	261,92

Leyenda

Imp 1- Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm



de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ a bomba de calor aire-agua

Imp 2- Mejora 2: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento con bomba de calor aire-agua+ .

Imp 3- Mejora 3: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua

Imp 4 - Mejora 4: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua

Emisiones del edificio (kgCO₂/m²-año)

Servicios técnicos	Caso 0	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
	Situación inicial	Imp 1	Imp 2	Imp 3	Imp 4
CO ₂ procedente de la electricidad	29,52	25,72	25,72	25,72	25,72
CO ₂ procedente de otros combustibles	5,37	29,66	29,04	26,1	29,04
TOTAL	34,9	55,37	54,76	51,81	54,76
Clasificación energética	B	C	C	C	C

Leyenda

Imp 1- Mejora 1: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ a bomba de calor aire-agua

Imp 2- Mejora 2: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor aire-agua

Imp 3- Mejora 3: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y los forjados con 10 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua



Imp 4- Mejora 4: Mejora de la envolvente térmica (paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y los forjados con 8 cm de poliestireno extruido) + ventanas de triple acristalamiento+ bomba de calor agua-agua



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.

Estudio de caso de Rumanía

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

6. Presupuesto de las alternativas de mejora

Mejora 1: Mejora de la envolvente (aislamiento de las paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, del piso superior con 30 cm de lana mineral y de los forjados con 10 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), bomba de calor aire-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante

- Descripción del precio

Partida	Coste (€ / m ²)
Aislamiento de poliestireno extruido de 10 cm	12,4
Aislamiento de lana mineral de 30 cm	7,5
Aislamiento de lana mineral de 15 cm para paredes	20,4
Ventanas con triple acristalamiento	290
Coste total estimado (instalación incluida)	330 €/m²

Presupuesto de mejora 1:

Unidad	Descripción	n.	medida	Precio €	cantidad €
m ²	Aislamiento de poliestireno extruido de 10 cm para los suelos de losas.	1	407	12.4	5050
m	30 cm de lana mineral para el piso superior	1	460	7.5	3450
m	15 cm de lana mineral para aislar las paredes exteriores	1	260	20.4	5300
m	Ventanas de PVC con triple acristalamiento ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	1	63	290	18400
m	Puertas de aluminio	1	12	350	4200
	Bomba de calor aire-agua 23 kW	1	1	11000	11000



Caldera 100 l	1	1	300	300
Sistema de calefacción completo (sistema de suelo radiante)	1	1	28000	28000
Sistema de ventilación (3 unidades de ventilación)	1	3	3200	9600
			Total	85300 €

Mejora 2: Mejora de la envolvente (aislamiento de las paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, la planta superior con 20 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 8 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor aire-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante

- Descripción del precio

Partida	Coste (€ / m ²)
Aislamiento de poliestireno extruido de 8 cm	9,92
Aislamiento de lana mineral de 20 cm	5
Aislamiento de lana mineral de 10 cm	13,5
Ventanas de triple acristalamiento	290
Coste total estimado (instalación incluida)	319 €/m²

Presupuesto para la mejora 1:

Unidad	Descripción	n.	medida	Precio €	cantidad €
m ²	Aislamiento de poliestireno extruido de 8 cm para los suelos de losas.	1	407	9,92	4040
m	20 cm de lana mineral para el piso superior	1	460	5	2300
m	10 cm de lana mineral para aislar las paredes exteriores	1	260	13.5	3550
m	Ventanas de PVC con triple acristalamiento (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Puertas de aluminio	1	12	350	4200
	Bomba de calor aire-agua 23 kW	1	1	11000	11000
	Caldera 100 l	1	1	300	300
	Sistema de calefacción completo (sistema de suelo radiante)	1	1	28000	28000



Sistema de ventilación (3 unidades de ventilación)	1	3	3200	9600
			Total	81390 €

Mejora 3: Mejora de la envolvente (aislamiento de las paredes exteriores con 15 cm de lana mineral, la planta superior con 30 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 10 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), bomba de calor agua-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante

- Descripción del precio

Partida	Coste (€ / m ²)
Aislamiento de poliestireno extruido de 10 cm	12,4
Aislamiento de lana mineral de 30 cm	7,5
Aislamiento de lana mineral de 15 cm para paredes	20,4
Ventanas de triple acristalamiento	290
Coste total estimado (instalación incluida)	330 €/m²

Presupuesto de mejora 1:

Unidad	Descripción	n.	medida	Precio €	cantidad €
m2	Aislamiento de poliestireno extruido de 10 cm para los suelos de losas.	1	407	12.4 €	5050 €
m	30 cm de lana mineral para el piso superior	1	460	7.5	3450
m	15 cm de lana mineral para aislar las paredes exteriores	1	260	20.4	5300
m2	Ventanas de PVC con triple acristalamiento ($U=0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)	1	63	290	18400
m	Puertas de aluminio	1	12	350	4200
	Bomba de calor agua-agua 24 kW	1	1	13900	13900
	Caldera 100 l	1	1	300	300
	Sistema de calefacción completo (sistema de suelo radiante)	1	1	28000	28000
	Sistema de ventilación (3 unidades de ventilación)	1	3	3200	9600
				Total	88200 €



Mejora 4: Mejora de la envolvente (aislamiento de las paredes exteriores con 10 cm de lana mineral, el piso superior con 20 cm de lana mineral y aislamiento de los forjados con 8 cm de poliestireno extruido, ventanas de triple acristalamiento), bomba de calor agua-agua, ventilación mecánica, calefacción por suelo radiante

- Descripción del precio

Partida	Coste (€ / m ²)
Aislamiento de poliestireno extruido de 8 cm	9,92
Aislamiento de lana mineral de 20 cm	5
Aislamiento de lana mineral de 10 cm	13,5
Ventanas de triple acristalamiento	290
Coste total estimado (instalación incluida)	319 €/m²

Presupuesto para la mejora 1:

Unidad	Descripción	n.	medida	Precio €	cantidad €
m ²	Aislamiento de poliestireno extruido de 8 cm para los suelos de losas.	1	407	9,92	4040
m	20 cm de lana mineral para el piso superior	1	460	5	2300
m	10 cm de lana mineral para aislar las paredes exteriores	1	260	13.5	3550
m	Ventanas de PVC con triple acristalamiento (U= 0,8 W/m ² ·K)	1	63	290	18400
m	Puertas de aluminio	1	12	350	4200
	Bomba de calor agua-agua 24 kW	1	1	13900	13900
	Caldera 100 l	1	1	300	300
	Sistema de calefacción completo (sistema de suelo radiante)	1	1	28000	28000
	Sistema de ventilación (3 unidades de ventilación)	1	3	3200	9600
				Total	84290 €



7. 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:

- Periodo de amortización simple (PAS)
- 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 (tipo 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 $VAN = 0 \rightarrow$ La inversión alcanza el punto de equilibrio

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

Coste energético considerado:



Energy cost		
Energy vector		
Electrical network energy	0.26	EUR/kWh
Natural gas	0.06	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

Accept

Parámetros para el método del valor actual neto:

Net Present Value	
<input checked="" type="checkbox"/> 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 %
<input checked="" type="checkbox"/> Discount fee	4.50 %
Foreseen inflation	1.20 %
Nominal interest type	0.00 %
Analysis period	22 Years

Accept

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/m ²)	Emisiones (kg CO ₂ /m ²)
Caso 0 (situación inicial)	0	16504,43	0	0	0	187,96	34,70
Caso 1	85300,00	9757,83	6746,60	12,64	13,72	264,23	55,38
Caso 2	81390,00	9694,97	6809,46	11,95	12,93	261,92	54,76
Caja 3	88 200,00	9392,78	7111,64	12,40	13,44	250,75	51,82
Caso 4	84290,00	9694,97	6809,46	12,38	13,42	261,92	54,76

En la tabla anterior, 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 (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 0 (situación inicial)	0	0	0	0	16504,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Caso 1	85300,00	0,00	85300,00	85300,00	9757,83	6746,60	0,00	6746,60	12,64
Caso 2	81390,00	0,00	81390,00	81390,00	9694,97	6809,46	0,00	6809,46	11,95
Caso 3	88200,00	0,00	88200,00	88200,00	9392,78	7111,64	0,00	7111,64	12,40
Caso 4	84290,00	0,00	84290,00	84290,00	9694,97	6809,46	0,00	6809,46	12,38

8. 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 un edificio educativo en Rumanía, utilizando tecnologías BIM, e identificó las principales ineficiencias en el aislamiento de la envolvente, el rendimiento de las ventanas, los sistemas de calefacción y la ventilación. 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 paredes exteriores, tejados y forjados.
 - Sustitución de ventanas por otras de triple acristalamiento.
 - Modernización del sistema de calefacción (mediante un sistema de bomba de calor de aire o agua y un sistema de calefacción por suelo radiante).
 - Ventilación mecánica con recuperación de calor.
- **Potencial de ahorro energético sustancial.** El análisis mostró que la implementación de una combinación de medidas pasivas y activas podría reducir el consumo de energía primaria para calefacción en un 70 %. Estos ahorros son especialmente significativos dado el clima frío de Rumanía y la larga temporada de calefacción.
- **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 del sistema de calefacción y la nueva ventilación mecánica reducen el consumo de energía.
 - Si se aplican todas las medidas consideradas en el estudio, el periodo de amortización se reduce considerablemente (12 años), ya que se consigue un mayor 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 de calefacción moderno y sistema de ventilación). 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 el edificio. Utilizando métricas como el VAN y el SPP, todas las medidas muestran un rendimiento económico aceptable, especialmente si se implementan 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.