



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Mejoras y modificaciones bioclimáticas destinadas al aumento de la eficiencia de una vivienda

Autor: Albert Murcia Catalan

Tutor: Cristian Fábrega Gallego

Curs acadèmic: 2021-2022

Màster en Energies Renovables i
Sostenibilitat Energètica

Dos Campus d'Excel·lència Internacional:



ÍNDICE

1	Introducción y objetivos	5
1.1	Estado del arte	5
1.2	Objetivos	6
1.3	Metodología	6
2	Situación actual	6
2.1	Situación geográfica	6
2.2	Distribución	6
2.3	Tejado	8
2.4	Muro exterior	9
2.5	Ventanas y ventanales	10
2.6	Pérdidas térmicas actuales	10
2.7	Consumos actuales de energía	12
2.7.1	Consumos de electricidad	12
2.7.2	Consumos de calor	13
2.8	Calificación energética actual	14
3	Propuestas de mejora	15
3.1	Mejora aislamiento	15
3.1.1	Mejora de las juntas	16
3.2	Instalación placas fotovoltaicas	16
3.2.1	Placa fotovoltaica utilizada	16
3.2.2	Superficie disponible	16
3.2.3	Dimensionamiento de la instalación	16
3.2.4	Cálculos potencia – energía	18
3.2.5	Inversor	19
3.3	Instalación de Colectores Solares Térmicos	19
3.3.1	Colector solar utilizado	19
3.3.2	Aclaraciones previas a los cálculos	20
3.3.3	Resultados	21
3.3.4	Conclusiones de los cálculos	22
3.3.5	Instalación	25
3.4	Calificación energética después de las mejoras	25
4	Estudio económico de las mejoras	26
4.1	Estudio económico de la mejora del aislante y del cambio de ventanas	26
4.2	Estudio económico de la instalación de placas fotovoltaicas	27
4.3	Estudio económico de la instalación de colectores solares térmicos	28

5	Conclusiones	29
6	Bibliografía	30
7	ANEXOS	32
7.1	ANEXO 1: Cálculo de resistencias térmicas y flujos de calor	32
7.1.1	Cálculo de resistencias térmicas por unidad de superficie del muro	32
7.1.2	Cálculo de resistencias térmicas por unidad de superficie de ventanas y ventanales	32
7.1.3	Cálculo de pérdidas actuales	33
7.2	ANEXO 2: Ficha de datos panel fotovoltaico ET-M672BH410WW	36
7.3	ANEXO 3: Cálculo de la cantidad de paneles disponibles en la superficie del tejado	37
7.4	ANEXO 4: Ficha de datos Inversor Huawei SUN2000-10KTL-M1	39
7.5	ANEXO 5: Ficha de datos Colector Solar Térmico WOLF TopSon F3	40
7.6	ANEXO 6: Tablas para cálculos de eficiencias mensuales del conjunto de colectores solares térmicos	44

Tablas

Tabla 1:	Longitud real del tejado a partir de los valores de planta con una inclinación de 30°...	9
Tabla 2:	Materiales y propiedades térmicas del muro exterior	9
Tabla 3:	Materiales y conductividad de las ventanas y ventanales	10
Tabla 4:	Resumen y resultados del flujo de calor hacia el exterior por el muro orientado al sur	11
Tabla 5:	Resumen y resultados del flujo de calor hacia el exterior por el muro orientado al norte	11
Tabla 6:	Consumos mensuales de electricidad para la vivienda de referencia	12
Tabla 7:	Consumos anuales de la vivienda de referencia y del edificio	13
Tabla 8:	Consumos anuales de calor en kWh para calefacción	14
Tabla 9:	Consumos anuales de ACS en m ³	14
Tabla 10:	Resumen y resultados del flujo de calor hacia el exterior por el muro orientado al sur con aislante	15
Tabla 11:	Cálculo del PR de las placas instaladas en el tejado inclinado al este	19
Tabla 12:	Constantes Colector Solar Térmico	20
Tabla 13:	Calor y volumen de agua caliente generados para cada mes, con 35 colectores orientados al oeste	22
Tabla 14:	Calor y volumen de agua caliente generados para cada mes, con 35 colectores orientados al este	22
Tabla 15:	Generación de calor y caudal de ACS en un mes de abril medio con 35 colectores solares orientados al oeste	23
Tabla 16:	Generación de calor y caudal de ACS en un mes de abril medio con 35 colectores solares orientados al este	23
Tabla 17:	Ahorro de ACS mensual y anual con 70 colectores	24
Tabla 18:	Ahorro de ACS mensual y anual con 35 colectores	24

Figuras

Figura 1: Plano vivienda ejemplo del bloque a estudiar	7
Figura 2: Esquema de la trayectoria y aprovechamiento del Sol en las diferentes épocas del año	8
Figura 3: Representación de una vista de planta de la mitad del tejado (la otra mitad es simétrica)	8
Figura 4: Esquema eléctrico equivalente de las resistencias térmicas del muro exterior	9
Figura 5: Esquema eléctrico equivalente de las resistencias térmicas de las ventanas y ventanales	10
Figura 6: Gráfica de consumo eléctrico mensual para la vivienda de referencia 2020-2022	13
Figura 7: Gráfica de consumo de un día tipo	17
Figura 8: Energía aprovechada y excedente en función de la potencia instalada	18

Ilustraciones

Ilustración 1: Placa de características de la caldera	14
Ilustración 2: Calificación energética del edificio actualmente	15
Ilustración 3: Esquema de la instalación para el conjunto de colectores solares térmicos, depósito ACS y bomba	25
Ilustración 4: Calificación energética con las mejoras de fotovoltaica y solar térmica	26
Ilustración 5: Calificación energética de la Ilustración 4 añadiendo como mejora el aislamiento adicional	26

1 Introducción y objetivos

1.1 Estado del arte

La energía y su transformación para su uso cotidiano ha sido indispensable para el ser humano desde tiempos inmemoriales. Durante el último siglo, con el crecimiento exponencial de la población y el desarrollo de la tecnología, el uso y transformación de esta energía también se ha visto masificado. La demanda ha ido aumentando con la población, y un mal aprovechamiento de la energía ha generado varios dilemas. Entre ellos está la escasez de combustibles fósiles que se prevé en un futuro próximo y que ya está empezando a generar problemas. Esto ha causado, a su vez, la creación de planes y medidas de futuro para reducir el consumo de este tipo de energías, transformándolas gradualmente en energías renovables. Algunas de estas medidas son sanciones a centrales de carbón, impuestos por toneladas de CO₂ emitidas, incentivos a energías renovables, entre muchas otras.

Es difícil imaginarse un futuro en el que cese completamente el uso de estos combustibles fósiles. Sin embargo, este futuro no puede ser posible sin una reestructuración del sistema energético actual. Actualmente, la mayor parte de la generación de energía es llevada a cabo en centrales eléctricas, lugares destinados solamente a esta función, para que luego sea transportada a los puntos de consumo. Un mejor aprovechamiento de las energías renovables supondría una generación más distribuida, considerando las viviendas como puntos de consumo y de generación al mismo tiempo, los prosumidores. Obviamente, las centrales eléctricas seguirán existiendo durante muchos años, pero coexistirán con esta generación distribuida. De esta forma, las pérdidas en el transporte de la energía se reducirían considerablemente, además de otros impactos positivos, como por ejemplo el menor impacto en el medio ambiente por la construcción y el uso de centrales.

Con la tecnología actual, el aprovechamiento de la energía solar es la manera más intuitiva de llevar a cabo esta generación distribuida. Tanto los paneles fotovoltaicos como los solares son adaptables y se pueden incluir en los edificios sin tener un impacto visual muy grande en la ciudad. Ahora, además, las leyes en España se han adaptado para permitir y facilitar este tipo de instalaciones, a diferencia de hace pocos años.

Todo lo comentado anteriormente va ligado también con una mejora de la eficiencia, en cualquier ámbito. Una transición de los combustibles fósiles hacia energías renovables no es posible sin una reducción del consumo. Sin embargo, si no se quiere renunciar al nivel de vida actual, y que se iguale en los países subdesarrollados con el nuestro, no hay otra solución que no sea la mejora de la eficiencia. Esto, como ya se ha comentado, se aplicará en todos los ámbitos, siendo la construcción uno muy importante de entre ellos. La mejora de la eficiencia en los edificios supone una mejor eficiencia en los electrodomésticos, así como en luz y en calor, ya sea aprovechando la propia luz solar o mejorando los sistemas de calefacción y refrigeración, y en el uso de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Para aplicar las normativas emergentes, los edificios reciben una calificación en función de su eficiencia energética, pudiendo así resumir en un solo valor todos los ámbitos de una vivienda. De esta forma, es posible controlar y aplicar cambios a la normativa, realizando mejoras graduales en los edificios ya existentes, y estableciendo medidas estrictas en los de nueva construcción.

1.2 Objetivos

El objetivo de este trabajo es estudiar las medidas a tomar para conseguir que el consumo de energía del edificio estudiado sea casi nulo. Es decir, reducir el consumo y mirar de suplir el restante con energías renovables. De esta forma, se estudiará cómo mejorar la eficiencia en el uso de energía a todos los niveles, así como su viabilidad económica. Además, se comparará la calificación energética previa con la posterior a los cambios, utilizando un software facilitado por el gobierno de España (CE3X).

1.3 Metodología

Se tomará una de las viviendas del edificio como modelo y sus consumos se multiplicarán por 7 para obtener el consumo total del edificio. De esta forma, se estimarán las dos viviendas del tercer piso, que disponen de áticos (aproximadamente un 40% del consumo adicional cada uno) y la escalera, que cuenta con el consumo de electricidad por luz, el ascensor y caldera (estimado en el 20% de la vivienda modelo). De esta forma, también se estimarán y evaluarán las pérdidas de calor por transmisión y cerramientos, así como la carga térmica y la energía que será necesaria suplir con fotovoltaica y colectores solares térmicos.

2 Situación actual

2.1 Situación geográfica

El bloque de pisos a estudiar se encuentra en los Pirineos, concretamente en la Seu d'Urgell. Consta de tres plantas, con dos pisos por planta, además del garaje que se encuentra en la planta baja. La tercera planta dispone, además, de un ático, lo que se tendrá en cuenta a la hora de realizar los cálculos. Su construcción fue finalizada al año 2000.

2.2 Distribución

Cada piso de este bloque dispone de:

- Recibidor
- Lavadero
- Comedor / Sala de estar
- Biblioteca / Estudio
- Cocina
- 2 baños
- Un dormitorio grande
- 2 dormitorios más pequeños
- Terraza
- Jardín

La extensión de todas las habitaciones interiores es de 114 m². Al sumar la superficie de la terraza a éstas, la extensión pasa a ser de 136.36 m², teniendo por último el jardín una superficie de 87 m².

Los pisos son idénticos en cuanto a distribución interior, por lo que se estudiará un piso modelo y se igualará en los demás. En ambos áticos, con una superficie de 60 m², se estimarán unos

consumos aproximados del 50% de una de las viviendas estándar, tanto de electricidad como de calor.

Cada piso tiene una altura interna de 2,50 metros, y una distancia entre los suelos de cada piso de 3 metros.

La distribución de las habitaciones en las viviendas es la siguiente:

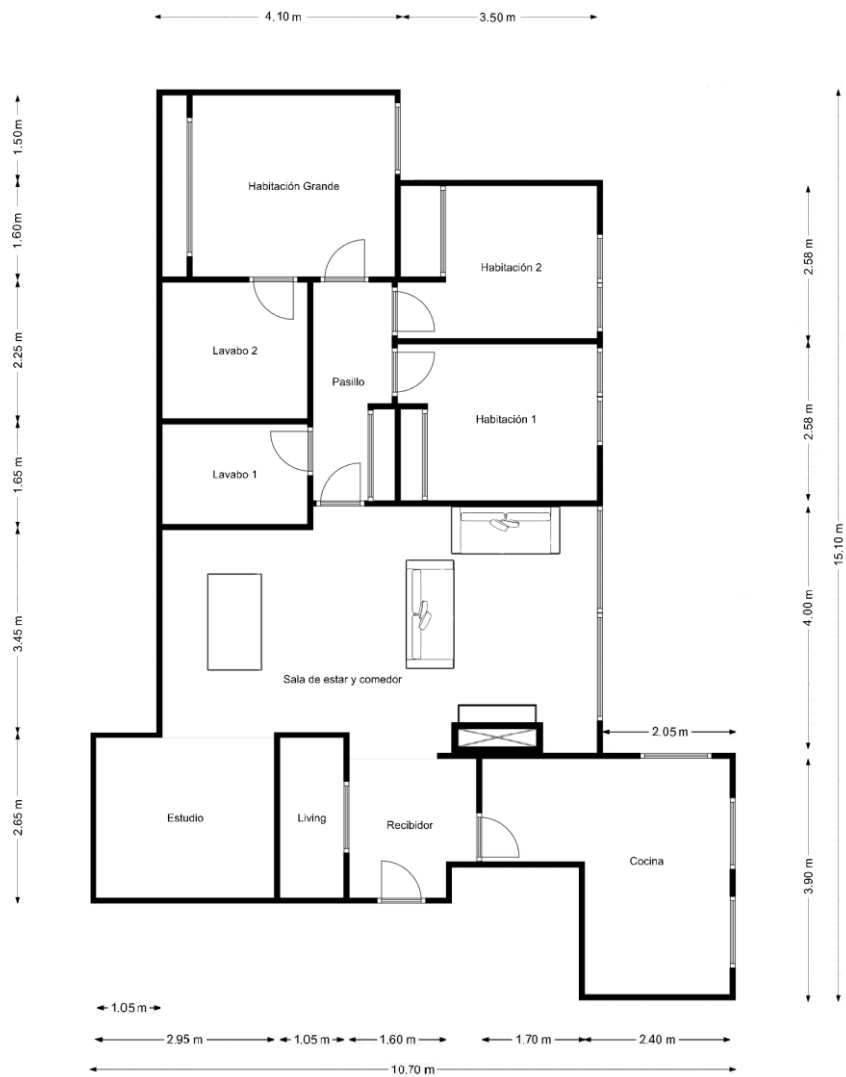


Figura 1: Plano vivienda ejemplo del bloque a estudiar

La fachada principal está orientada a Sur, maximizando de esta forma el aprovechamiento de la energía solar a través de las ventanas. Además, la cara Norte del edificio se encuentra integrada en la montaña, consiguiendo así una mayor inercia térmica.

Otro detalle a tener en cuenta es que las terrazas de los pisos superiores actúan como salientes, generando sombra durante el verano, cuando la altura del Sol es más elevada. Por otro lado, en

invierno los rayos de sol entran a través de los cristales sin problemas, debido a que la inclinación del Sol es más pronunciada (*Figura 2*).

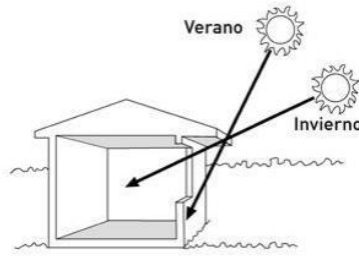


Figura 2: Esquema de la trayectoria y aprovechamiento del Sol en las diferentes épocas del año

2.3 Tejado

La *figura 3* representa una vista de planta de la mitad del tejado, ya que es simétrico. La línea del centro representa la división entre el tejado inclinado al este y el oeste. Se considerará un ángulo de inclinación de 30° respecto la horizontal.

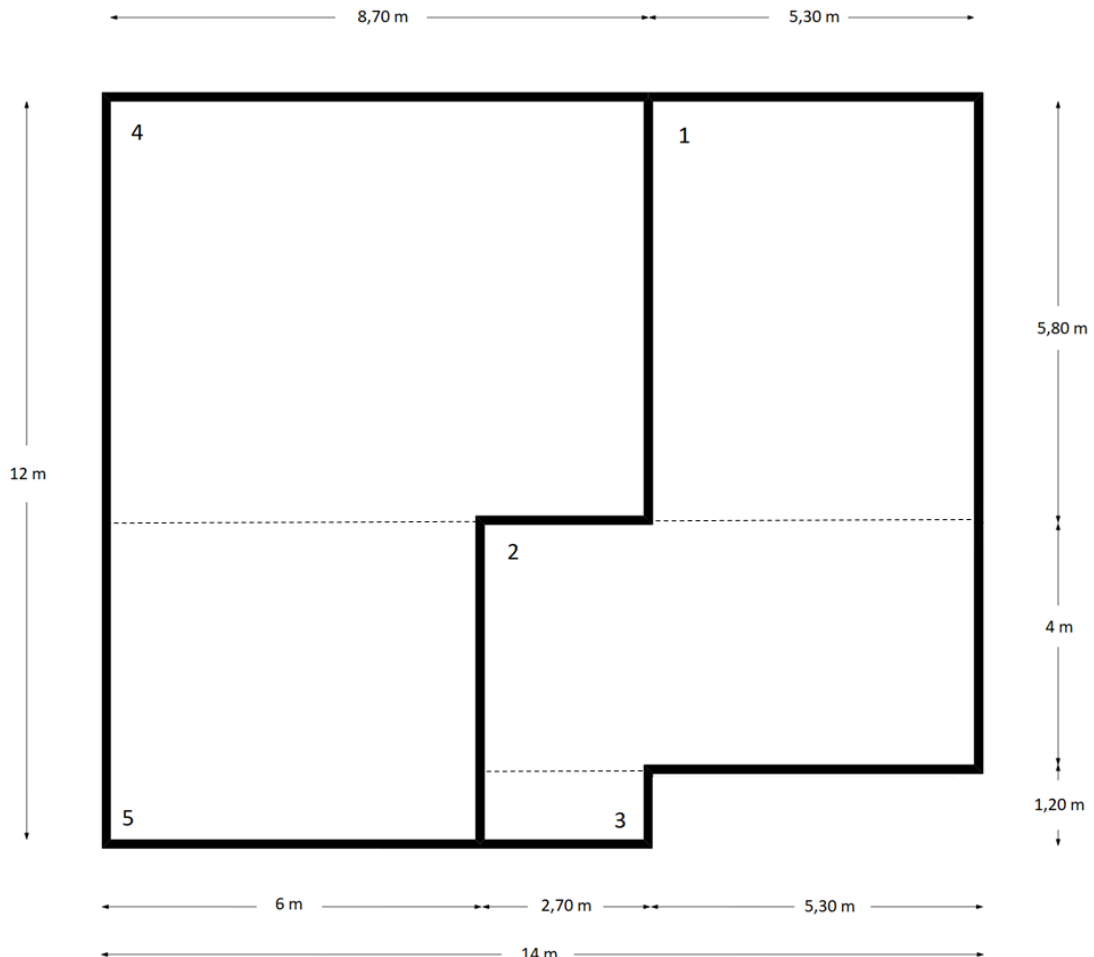


Figura 3: Representación de una vista de planta de la mitad del tejado (la otra mitad es simétrica)

Al disponer del ángulo y de la longitud, es posible calcular con trigonometría simple la longitud real del tejado (calculada en el *Anexo 3*). En la *tabla 1* se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 1: Longitud real del tejado a partir de los valores de planta con una inclinación de 30°

	Fachada izquierda			Fachada derecha	
	A1	A2	A3	A4	A5
Longitud (m)	5,30	8,00	2,70	8,70	6,00
Hipotenusa (m)	6,12	9,24	3,12	10,05	6,93
Amplitud (m)	6,80	4,00	1,20	6,80	5,20

2.4 Muro exterior

En la *tabla 2* se representan los materiales que componen el muro exterior del edificio, así como sus características térmicas [2].

Tabla 2: Materiales y propiedades térmicas del muro exterior [2]

Material		Grosor cm	Conductividad térmica W/(mK)	Resistencia térmica m ² K/ W
Mampostería caliza al 70%	Piedra caliza (70%)	35	1,4	0,25
	Mortero		0,8	0,43
Poliestireno extruido (XPS)		4	0,034	1,17
Ladrillo perforado	Ladrillo (95%)	6	0,35	0,171
	Mortero		0,8	0,075

Para obtener estos valores, se ha considerado lo siguiente: la piedra caliza es de dureza media, el poliestireno extruido ha sido expandido con CO₂ y el mortero es de una densidad media (1450-1600 Kg/m³).

La resistencia térmica total de una estructura plana, con materiales en serie y paralelo, se asimila a un esquema eléctrico. Entonces, para calcular la resistencia térmica total se ha utilizado el circuito de la *figura 4*.

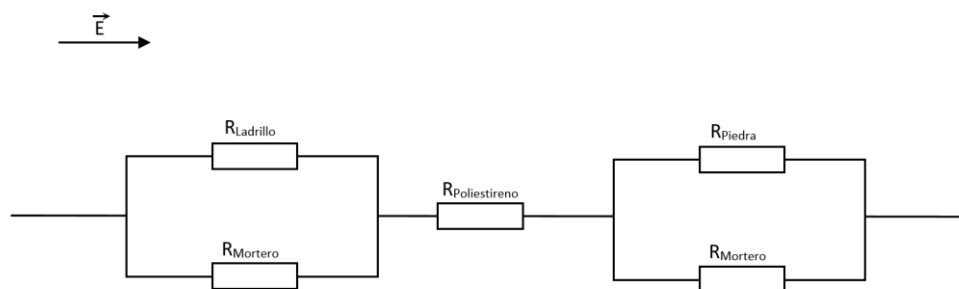


Figura 4: Esquema térmico equivalente de las resistencias térmicas del muro exterior

La resistencia térmica total equivalente por unidad de superficie del muro es de **1,6166 m²·K/W** (calculada en *Anexo 1*).

2.5 Ventanas y ventanales

En la *tabla 3* se representan los materiales que componen las ventanas y ventanales de la vivienda.

Tabla 3 Materiales y conductividad de las ventanas y ventanales [2]

Material		Grosor cm	Conductividad térmica W/(mK)
Cristal (80%)	Vidrio	0,8	6,9
	Aire	1	0,02
Madera (20%)		4,8	0,18

Las ventanas constan de dos partes. El recubrimiento es de madera, mientras que el cristal es de doble capa, de 4 mm cada una, con una cámara de aire interior de 1 cm. La madera sobresale 2 cm, tanto en exterior como en interior, por lo que tiene una amplitud de 5,8 cm.

La madera se considera como de peso medio.

A pesar de la diferencia de tamaños entre ventanas y entre ventanales, la proporción de madera – cristal se mantiene, por lo que la resistencia térmica del conjunto siempre será la misma por unidad de superficie.

La resistencia térmica total equivalente se ha calculado a partir del siguiente esquema de la *figura 5*.

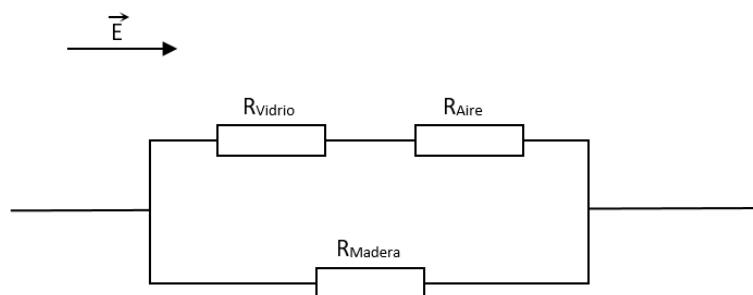


Figura 5: Esquema térmico equivalente de las resistencias térmicas de las ventanas y ventanales

La resistencia térmica total equivalente por unidad de superficie de las ventanas y ventanales es **0,4262 m²·K/W** (calculada en *Anexo 1*).

2.6 Pérdidas térmicas actuales

Para definir las pérdidas de calor es necesario saber la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. La del interior será la deseada de 21°C, mientras que la del exterior será la media de las temperaturas de los meses en los que se utilice la calefacción, que suelen ser de octubre a abril.

Por lo tanto, y a partir de los datos obtenido en PVGIS [1], la media de temperatura en estos meses es de 4,52°C. Sin embargo, sólo es necesario conocer las pérdidas cuando esté la calefacción encendida, ya que es cuando será necesario aportar la carga externa de calor que queremos reducir.

De esta forma, se define que la calefacción está encendida de 6:00 a 8:00, y de 19:00 a 23:00. La temperatura media en el exterior en estas horas es de 3,52°C [1]. Esta temperatura no será la misma en la parte exterior de la pared que da al norte, ya que esta está integrada en la montaña, favoreciendo así una gran inercia térmica. De esta manera, se considerará la temperatura exterior en esa pared de 10°C.

En las *tablas 4 y 5* se resumen los resultados obtenidos del flujo de calor hacia el exterior.

Tabla 4: Resumen y resultados del flujo de calor hacia el exterior por el muro orientado al sur

Parte	S _{ventana} (m ²)	S _{muro} (m ²)	R _{ventana} (K/W)	R _{muro} (K/W)	R _{total} (K/W)	Q (W)
Cocina	6,56	8,32	0,0650	0,1943	0,0487	317,94
Comedor	7,42	2,58	0,0574	0,6266	0,0526	294,21
Habitaciones 1-2	4,38	17,27	0,0973	0,0936	0,0477	324,46
Habitación grande	3,6	10,4	0,1184	0,1554	0,0672	230,34
Total edificio	153,72	270	0,0028	0,0060	0,0019	9223,96

Tabla 5: Resumen y resultados del flujo de calor hacia el exterior por el muro orientado al norte

Parte	S muro (m ²)	R muro (K/W)	Q (W)
Estudio	6,63	0,2438	45,11
Comedor	8,63	0,1873	58,72
Baños 1-2	9,75	0,1658	66,34
Habitación grande	7,75	0,2086	52,73
Total edificio	229,32	0,0070	1560,39

A partir de la fórmula siguiente se han calculado las pérdidas en kWh:

$$E = Q \cdot t$$

$$t = 6 \frac{h}{\text{dia}} \cdot (31 + 30 + 31 + 31 + 28 + 31 + 30) = 1272 \text{ h}$$

$$E_1 = 9223,96 \cdot 1272 = 11.732.877,8 \text{ Wh} = \mathbf{11.732,88 \text{ kWh/año}}$$

$$E_2 = Q \cdot t = 1560,39 \cdot 1272 = 1.984.816,08 \text{ Wh} = \mathbf{1.984,81 \text{ kWh/año}}$$

$$E_{t1} = E_1 + E_2 = 1.984,81 + 11.732,88 = \mathbf{13.717,69 \text{ kWh/año}}$$

Para definir la energía total necesaria a aportar, hay que tener en cuenta varios términos más.

El primero de ellos es las pérdidas a través de juntas y puentes térmicos. Estas pérdidas suelen ser importantes. En el caso de la vivienda estudiada, las ventanas, por ejemplo, no se han modificado desde la construcción del edificio. Esto supone una pérdida de hermeticidad que

aumenta el flujo de calor hacia el exterior. También se debe tener en cuenta que en los techos de los áticos también hay pérdidas que no se han calculado, pero se estiman al multiplicar por 7 las pérdidas calculadas.

El segundo término es el relacionado con la eficiencia de la generación de calor, así como de su transporte.

También debe considerarse el calor necesario para reaclimatar la vivienda después de estar apagada la calefacción durante varias horas, ya que supone una sobrecarga importante.

Por lo que se puede deducir de los valores observados, la energía perdida por los términos detallados previamente representa un porcentaje mayor que la pérdida a través de muros y ventanas.

2.7 Consumos actuales de energía

2.7.1 Consumos de electricidad

Se han estudiado los consumos de electricidad para esta vivienda, teniendo en cuenta que habitan 3 personas en la vivienda.

La comercializadora eléctrica, previamente a 2021, revisaba el contador y enviaba las facturas bimestralmente. Esto cambia en 2021, cuando ya se envían mensualmente. Por eso, para tener una idea gráfica correcta, la figura se ha representado mensualmente, asignando 50% a cada mes cuando la factura era bimestral, tal como se muestra en la *tabla 6*.

Tabla 6: Consumos mensuales de electricidad para la vivienda de referencia

AÑO	MES	Consumo (kWh)
2020	ENE/FEBR	645
	MARZO/ABR	921
	MAYO/JUN	854
	JUL/AGOSTO	933
	SEPT/OCT	835
	NOV/DIC	917
2021	ENERO	420
	FEBRERO	452
	MARZO	471
	ABRIL	447
	MAYO	365
	JUNIO	353
	JULIO	321
	AGOSTO	381
	SEPTIEMBRE	459
	OCTUBRE	384
	NOVIEMBRE	369
	DICIEMBRE	514
2022	ENERO	405
	FEBRERO	379

	MARZO	396
	ABRIL	377

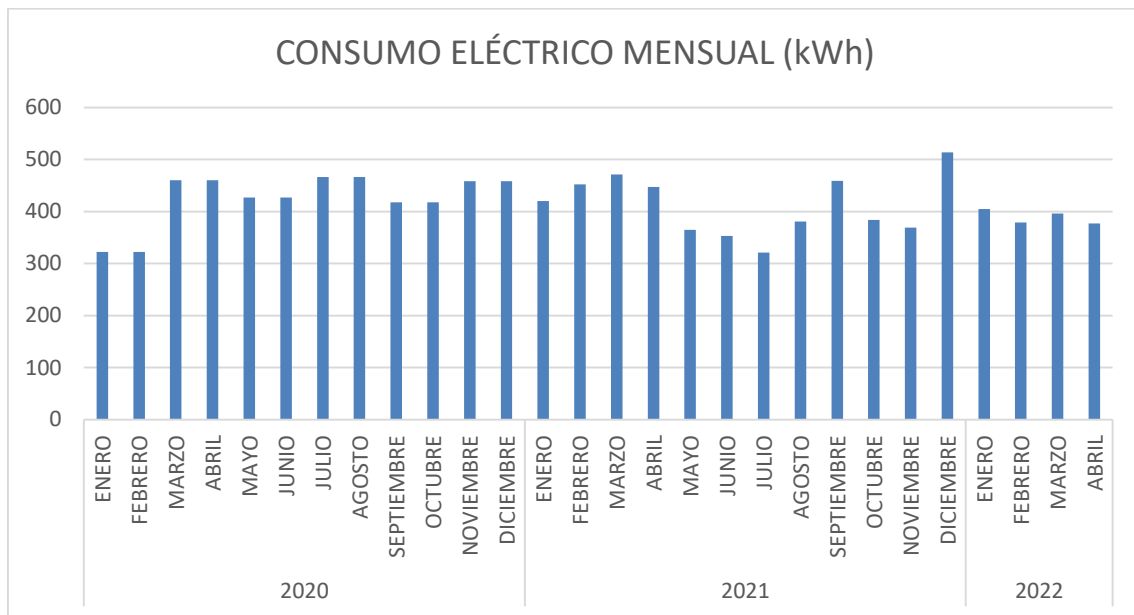


Figura 6: Gráfica de consumo eléctrico mensual para la vivienda de referencia 2020-2022

Para tener una media orientativa del consumo anual por vivienda se calculará la media entre los consumos de 2020, 2021 y una estimación del consumo de 2022. Para ello, se ha calculado que parte del consumo representa en 2020 y 2021 la fracción entre enero y abril con respecto a la anual (30,68% y 36,26%, respectivamente). Para tomar una referencia, se ha hecho la media entre estos dos valores (33,47%) y se ha considerado que el consumo entre enero y abril de 2022 será un 33.47% del consumo total de este año.

Tabla 7: Consumos anuales de la vivienda de referencia y del edificio

Año	Consumo anual (kWh)	Consumo anual edificio (kWh)
2020	5105	35735,00
2021	4936	34552,00
2022	4652	32563,49
Media	4897,64	34283,50

Por tanto, se tomará como media anual de consumo por vivienda **4897 kWh**. Esto supone un consumo medio anual para el edificio de **34.283,50 kWh**.

2.7.2 Consumos de calor

Los consumos de calor son utilizados para agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción. La energía calorífica proviene de una caldera de diésel que se rellena periódicamente. La lectura de los consumos se realiza anualmente, y se dispone de dos lecturas, una para calefacción, expresada en kWh, y otra para ACS, expresada en m³ de agua caliente a 80°C.

Los consumos anuales de calefacción son los mostrados en la *Tabla 8*.

Tabla 8: Consumos anuales de calor en kWh para calefacción

Año	Consumo anual calor (kWh)	Consumo anual calor del edificio (kWh)
2019	5.022,6	35.158,2
2020	4.451	31.157
2021	6.306	44.142
Media	5259,87	36819,07

Los consumos anuales de ACS son los mostrados en la *Tabla 9*.

Tabla 9: Consumos anuales de ACS en m³

Año	V (m ³)	V edificio (m ³)
2019	45	315
2020	61	427
2021	59	413
Media	55	385

La caldera es diésel y de uso comunitario. Su potencia nominal es de 95 kW en monofásico y 142-296 kW en trifásico, tal como se muestra en la *Ilustración 1*.



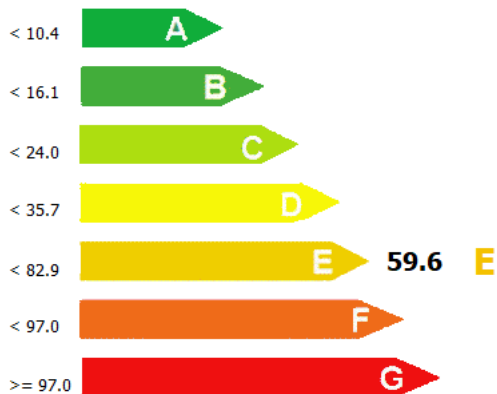
Ilustración 1: Placa de características de la caldera

2.8 Calificación energética actual

Se ha calculado la calificación energética de la vivienda utilizando el programa CE3X [20]. Para ello, se ha tenido en cuenta todas las paredes, ventanas, puentes térmicos y generadores de calor.

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO₂/m²



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	101.7	D
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	No calificable	
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	44.4	E
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	No calificable	
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	14.8	G

Ilustración 2: Calificación energética del edificio actualmente

3 Propuestas de mejora

3.1 Mejora aislamiento

El aislamiento más eficiente suele ser exterior y que cubra toda la fachada, ya que, de esta forma, no presenta juntas ni puentes térmicos. Aun así, en este caso, para no modificar la fachada y mantener el conjunto de edificios de los alrededores con la misma apariencia (normativa municipal), se estudiará añadir un aislamiento interior.

El material utilizado para el aislamiento será un *Panel sándwich con alma de poliuretano (PPU)*, con dióxido de carbono. Este aislante tiene una conductividad de 0,025 W/(mK) [2] y se añadirán 5 cm en serie al muro previamente estudiado, y sólo al que tiene contacto directo con el exterior. Por tanto, la resistencia final de este muro será:

$$R_F = R_{mT1} + R_{PPU}$$

$$R_{PPU} = \frac{1}{0,025} \cdot 0,05 = 2 \frac{m^2K}{W}$$

El nuevo cálculo de pérdidas es el mostrado en la *tabla 10*.

Tabla 10: Resumen y resultados del flujo de calor hacia el exterior por el muro orientado al sur con aislante

Parte	S ventana	S muro	R ventanas	R muro	R total	Q
Cocina	6,56	8,32	0,0650	0,4347	0,0565	309,26
Comedor	7,42	2,58	0,0574	1,4018	0,0552	316,79
Habitaciones 1 -2	4,38	17,27	0,0973	0,2094	0,0664	263,11
Habitación grande	3,6	10,4	0,1184	0,3478	0,0883	197,91
Total edificio	153,72	269,99	0,0028	0,0134	0,0023	7609,55

Con la instalación de los 270 m² de este aislante de 5 cm de grosor (13,5 m³), se conseguiría un ahorro de:

$$\Delta E_{\text{aislante}} = 11732,88 - \frac{(7609,55 \cdot 1272)}{1000} = \mathbf{2054,23 \frac{kWh}{año}}$$

3.1.1 Mejora de las juntas

Las juntas que mayor flujo térmico tienen en la mayoría de edificios son las relacionadas con las ventanas [10]. De este modo, habría dos mejoras sustanciales que se podrían hacer: mejorar las juntas de las propias ventanas y mejorar las juntas entre ventana y muro.

La primera mejora requiere un cambio de las ventanas por unas de más modernas. La segunda requiere instalar un aislante en los márgenes de éstas.

Se estimará que estos cambios reducirán el consumo de calefacción en un 20% de la diferencia entre el consumo medio anual y las pérdidas estudiadas en los apartados anteriores.

De esta forma, se reduciría el consumo en:

$$\Delta E_{\text{juntas}} = 0,20 \cdot (36819,07 - 13.717,69) = \mathbf{4.620,28 \frac{kWh}{año}}$$

3.2 Instalación placas fotovoltaicas

Se estudiará hacer una instalación conectada a la red, que vierta los excedentes de generación a esta, acorde al RD 244/2019 [5] [6].

3.2.1 Placa fotovoltaica utilizada

Para este trabajo se ha decidido utilizar el panel fotovoltaico ET-M672BH410WW [3]. La potencia pico de esta placa es de 410 W, con unas dimensiones de 2008x1002x40 mm. Cada placa consiste de 144 células monocristalinas y tiene un rendimiento del 20,38%. Los demás valores están detallados en la placa de características del *Anexo 2*.

3.2.2 Superficie disponible

Ya que no disponemos de una superficie cuadrada, se dividirá el tejado en cinco zonas (*Figura 4*). Con los valores de longitud y profundidad se podrá calcular la posible cantidad de módulos.

En los cálculos realizados en el *Anexo 3*, se ha determinado que el número máximo de placas es de 158, colocando estas en vertical, es decir, la parte estrecha de 1002 mm del módulo en contacto con la base de profundidad del tejado, de manera que esta será la limitación por espacio.

3.2.3 Dimensionamiento de la instalación

El consumo medio anual para todo el edificio, considerado previamente, es de 34.283,50 kWh. El objetivo sería que esta demanda estuviese completamente satisfecha y se inyectaría a la red la menor energía posible. Sin embargo, esta situación es ideal y no se podrá generar toda la energía consumida, ni consumir toda la energía generada. Esto es debido a que la mayor

generación de energía se produce durante el mediodía, mientras que el mayor consumo sucede al anochecer.

Tampoco se debe sobredimensionar la instalación ya que, como se profundizará en el estudio económico, la energía inyectada a la red se vende por un precio acordado con la comercializadora, y suele ser un valor ínfimo comparado con el valor al que la venden. Por este motivo, se deberá dimensionar la instalación para que genere el mínimo excedente posible, cubriendo a su vez la mayor parte posible de la demanda.

A través de una de las herramientas de las que dispone PVGIS [1] se iterará con varios valores de potencia instalada para determinar cuál es la potencia más óptima. En la opción OFF-GRID, que se utiliza para calcular sistemas que no estén conectados a la red, con baterías, se puede calcular el excedente en función a una curva de consumo de un día tipo definida por el usuario. De esta manera, se podrá calcular el excedente en función de la hora de generación.

La curva de consumo definida, en este caso, será la indicada en la *Figura 7*, con un énfasis en el consumo durante el anochecer, ya que es el único momento en el que se suele usar la cocina:

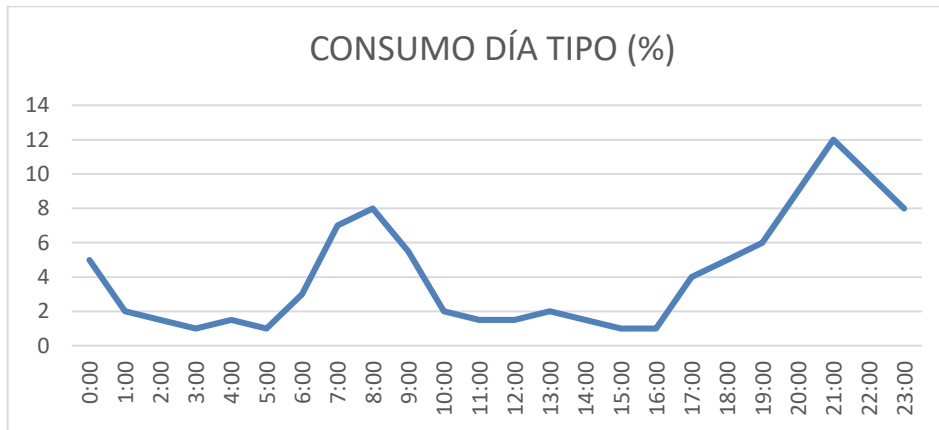


Figura 7: Gráfica de consumo de un día tipo en %

El consumo diario se estimará como la media diaria de la media anual de los consumos registrados previamente.

$$E_{\text{día tipo}} = \frac{34283,50 \text{ kWh}}{365 \text{ días}} = 93,93 \text{ kWh/día}$$

Después de varias iteraciones, se determina que una instalación de aproximadamente 6 kW será la más adecuada, ya que, a partir de este punto, incluso un aumento considerable de la potencia no aumenta de manera significativa la posibilidad de consumir más energía en el momento que es generada, mientras que el excedente se dispara, como se indica en la *Figura 8*. Como se verá más adelante, es interesante mantener el excedente bajo, ya que este se suele vender a un precio mucho más bajo que el de compra.

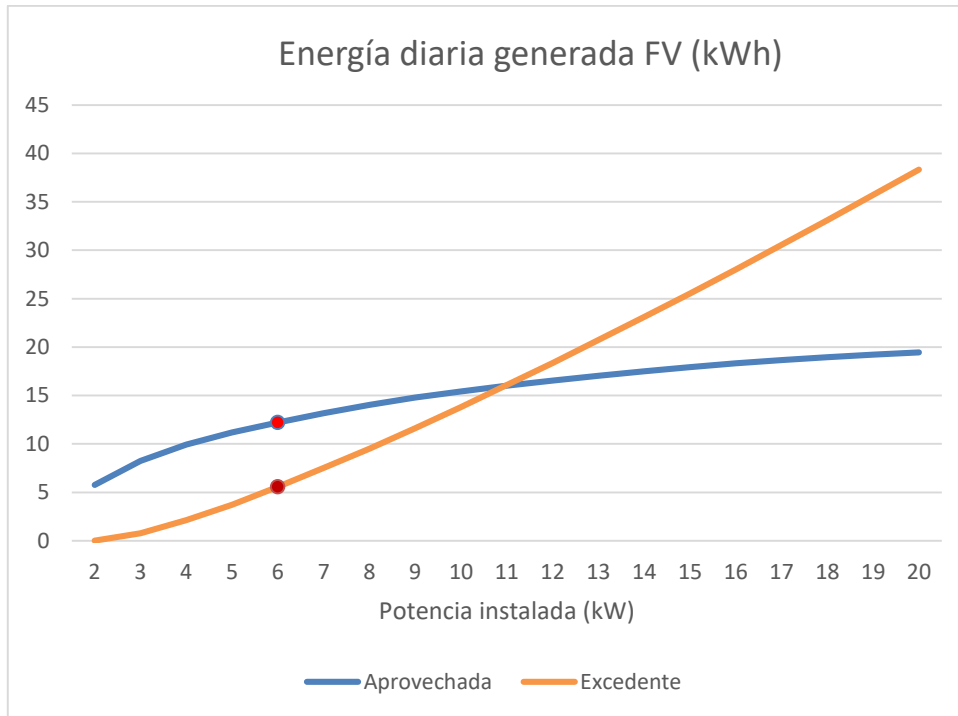


Figura 8: Energía aprovechada y excedente en función de la potencia instalada

De este modo, se calcularán cuantas placas son necesarias para suplir los 6 kW:

$$N = \frac{6kW}{410W} = 14,63 \approx 15 \text{ placas FV}$$

Entonces, la potencia pico de la instalación será:

$$P_p = 15 \cdot 410 W = 6,15 kW$$

En este caso, se tendrá que volver a utilizar PVGIS para conocer el excedente de energía para 6,15 kW de potencia.

$$E_{excedente} = 5874,97 \frac{Wh}{\text{día}} = 5,88 \frac{kWh}{\text{día}} = \mathbf{2144,36 kWh/año}$$

3.2.4 Cálculos potencia – energía

Las placas se colocarán únicamente en el tejado orientado al Este, ya que es el que presenta una mayor eficiencia y la instalación no dispondrá de una gran cantidad de ellas como para requerir ambos tejados.

De esta forma, y con la ayuda de PVGIS [1], se puede calcular el coeficiente de rendimiento o PR (Performance Ratio), indicado en la *Tabla 11*.

Tabla 11: Cálculo del PR de las placas instaladas en el tejado inclinado al este

Cálculo del Performance Ratio tejado inclinado al ESTE	
Pérdidas por efecto Joule en cableado	-2,50%
Pérdidas por polvo y suciedad	-1,00%
Pérdidas por errores en el seguimiento del MPPT	-1,00%
Pérdidas inversor	-10,00%
Pérdidas sistema:	-14,50%
PVGIS	
Pérdidas por ángulo de incidencia	-3,58%
Efectos espectrales	0,72%
Pérdidas por temperaturas y baja irradiancia	-9,90%
Pérdidas totales:	-25,19%
Performance Ratio	74,81%

Con PVGIS también se obtiene el valor de irradiación anual (H). La irradiación solar es la magnitud que mide la energía recibida de la radiación solar por una unidad de área durante un tiempo determinado y se mide con kWh/m². En este caso, para el tejado inclinado al este tiene un valor de 1547,11 kWh/m².

Con estos valores se puede calcular la energía anual generada en un año tipo con la siguiente fórmula:

$$E_A = P_{INS} \cdot \frac{H}{G} \cdot PR$$

$$E_A = 6,15 \cdot \frac{1547,11}{1} \cdot 0,7481 = 7177,97 \text{ kWh}$$

$$E_{aprovechada} = E_A - E_{excedente} = 7177,97 - 2144,36 = 5033,61 \text{ kWh}$$

3.2.5 Inversor

La propuesta de inversor a utilizar será uno trifásico con una potencia nominal de 10 kW. La marca es Huawei y el modelo SUN2000-10KTL-M1 y su ficha de datos está en el Anexo 4. [7]

Sus características principales son que tiene una eficiencia del 98,1% y MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia, mejorando así la eficiencia de manera considerable).

3.3 Instalación de Colectores Solares Térmicos

3.3.1 Colector solar utilizado

Se estudiará la instalación de un colector térmico TOPSON F3, de la marca Wolf.

Se opta por la F3, y no la F3-Q, ya que se colocarán en vertical. Su ficha de datos se encuentra en el Anexo 5.

3.3.2 Aclaraciones previas a los cálculos

De la placa de características se obtienen los siguientes valores [9] (Anexo 5):

$$\text{Altura} = 2,099 \text{ m}$$

$$\text{Amplitud} = 1,099 \text{ m}$$

Se estudiará una instalación de 70 colectores.

La temperatura del proceso será de 80°C.

El ángulo de inclinación, como en los paneles fotovoltaicos, será el del tejado (30°), y la mitad tendrán una Azimut de 90° (Oeste), y la otra mitad de -90° (Este).

Para conocer el rendimiento del conjunto de colectores solares térmicos, en cada hora tipo de un día tipo de cada mes, se utilizará la siguiente fórmula, definida en la norma UNE-EN 12975:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{T_m - T_a}{G} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{G}$$

Donde:

$$T_m = \frac{T_e + T_s}{2}$$

T_a = Temperatura ambiente

a_1 = Coeficiente de pérdida de calor de primer orden

a_2 = Coeficiente de pérdida de calor de segundo orden

η_0 = Valor inicial rendimiento

G = Irradiancia sobre la superficie del captador

En la ficha de datos del colector solar (Anexo 5) se encuentran los valores de la tabla 12.

Tabla 12: Constantes Colector Solar Térmico

η_0	a_1	a_2
0,821	3,312	0,0181

Los valores de irradiancia para cada hora, así como de temperatura ambiente, se han obtenido a través del programa PVGIS.

También se han hecho los siguientes cálculos, asunciones y aproximaciones:

- Siguiendo el documento “Metodología Simple para el cálculo de pequeños sistemas solares térmicos, se define:

$$T_a = T_{proceso} + 10^{\circ}C$$

$$T_a = 90^{\circ}C$$

- Las eficiencias negativas en el cálculo de η se han igualado a 0, ya que son esas situaciones en las que el colector no puede suministrar suficiente energía, por lo que se usarán los otros sistemas de calor.
- Para calcular el calor generada por unidad de superficie (Q/S), se ha multiplicada G de una hora por la eficiencia de esa hora en concreto.
- La irradiancia media (G media) se ha calculado sumando todos los valores de irradiancia útiles de un día (esos en los que la eficiencia no se ha igualado a 0).
- El calor generado por superficie durante cada día (Q/(S·t)) se ha obtenido sumando todos los valores de Q/S durante un día tipo.
- La eficiencia del colector para cada mes se ha obtenido a partir de la siguiente fórmula:

$$Eficiencia\ colector = \frac{\frac{Q}{S \cdot t}}{G\ media}$$

- El calor generado cada mes viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{mensual} = \frac{Q}{S \cdot t} \cdot S \cdot t \cdot k_{ms} \cdot N$$

Donde:

$$S = 2,3\ m^2$$

$$t = \text{días que tiene el mes en cuestión}$$

$$k_{ms} = 0,9$$

$$N = 35\ colectores\ (para\ cada\ orientación)$$

- El volumen de agua utilizado mensualmente viene dado por la siguiente expresión:

$$V_{mensual} = \frac{Q_{mensual}}{\rho \cdot C_{agua} \cdot (T_p - T_w)}$$

Donde:

$$\rho = 1000\ \frac{kg}{m^3}$$

$$C_{agua} = 4,1796\ \frac{KJ}{Kg \cdot K}$$

$$T_w = \text{Temperatura media del agua (ambiente) durante el día}$$

3.3.3 Resultados

A partir de los cálculos hechos a partir de las tablas del Anexo 6, se han calculado los resultados de las tablas 13 y 14.

Tabla 13: Calor y volumen de agua caliente generados para cada mes, con 35 colectores orientados al oeste

AZIMUT 90° (OESTE)						
	Tw (°C)	G media Wh/(m ² día)	Eficiencia del colector %	Q/(S·t) Wh/(m ² día)	Q generada mensualmente GJ	V agua mensual m ³
Enero	1,08	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
Febrero	1,44	1041,57	3,93%	40,93	0,30	0,91
Marzo	4,40	2321,41	15,40%	357,52	2,89	9,15
Abril	7,87	2903,45	18,71%	543,28	4,25	14,10
Mayo	11,93	4269,32	25,33%	1081,62	8,75	30,74
Junio	16,25	5153,06	32,19%	1658,72	12,98	48,71
Julio	19,08	5655,85	39,00%	2205,93	17,84	70,05
Agosto	18,44	5238,46	35,01%	1833,83	14,83	57,63
Septiembre	14,67	4002,77	24,48%	979,91	7,67	28,08
Octubre	10,56	2497,62	11,68%	291,69	2,36	8,13
Noviembre	4,58	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
Diciembre	1,69	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
TOTAL					71,85	267,49

Tabla 14: Calor y volumen de agua caliente generados para cada mes, con 35 colectores orientados al este

AZIMUT -90° (ESTE)						
	Tw (°C)	G media Wh/(m ² día)	Eficiencia del colector %	Q/(S·t) Wh/(m ² día)	Q generada mensualmente GJ	V agua mensual m ³
Enero	1,08	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
Febrero	1,44	1089,87	5,42%	59,10	0,46	1,41
Marzo	4,40	2447,20	17,09%	418,21	3,38	10,70
Abril	7,87	3705,80	21,10%	781,80	6,12	20,29
Mayo	11,93	4689,24	28,90%	1355,37	10,96	38,52
Junio	16,25	5607,18	35,16%	1971,48	15,43	57,90
Julio	19,08	5972,99	40,12%	2396,57	19,38	76,10
Agosto	18,44	5454,31	35,51%	1937,02	15,66	60,87
Septiembre	14,67	3783,86	28,66%	1084,43	8,49	31,08
Octubre	10,56	2081,49	13,02%	271,02	2,19	7,55
Noviembre	4,58	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
Diciembre	1,69	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
TOTAL					82,06	304,41

3.3.4 Conclusiones de los cálculos

Se observa una mayor generación de calor en la fachada este, como es lógico (ya que se calienta antes, al salir el Sol desde esa orientación). De todas formas, debido a la limitación de espacio, se deben utilizar ambas fachadas.

Considerando los consumos anuales de calefacción de la *Tabla 7*, se observa que la posible generación de calor es bastante superior al consumo. Esto es debido a que, los meses de verano, que es cuando mayor generación hay, es cuando no se consume en absoluto. De esta forma, se deberá dimensionar la instalación para un mes intermedio, el consumo del cual se estimará como 1/12 del consumo anual. Se considerará como ese mes intermedio a abril.

$$Q_{cons.mensual\ medio} = \frac{132,55}{12} = 11,04\ GJ$$

Los resultados de abril son los mostrados en las *tablas 15 y 16*.

Tabla 15: Generación de calor y caudal de ACS en un mes de abril medio con 35 colectores solares orientados al oeste

Tw (°C)	G media Wh/(m ² día)	Eficiencia del colector %	Q/(S·t) Wh/(m ² día)	Q generada GJ	V agua m ³
7,87	2903,45	18,71%	543,28	4,25	14,10

Tabla 16: Generación de calor y caudal de ACS en un mes de abril medio con 35 colectores solares orientados al este

Tw (°C)	G media Wh/(m ² día)	Eficiencia del colector %	Q/(S·t) Wh/(m ² día)	Q generada GJ	V agua m ³
7,87	3705,8	21,10%	781,80	6,12	20,29

$$Q_{gen\ abril} = 4,25 + 6,12 = 10,37\ GJ$$

También se tendrá en cuenta el consumo de ACS definido en la *Tabla 9*.

Por las suposiciones realizadas anteriormente, también se supondrá el consumo en abril como un doceavo de la media anual.

$$V_{abril} = \frac{385}{12} = 32,08\ m^3$$

$$V_{gen\ abril} = 20,29 + 14,10 = 34,39\ m^3$$

Como se puede observar, la instalación de 70 colectores no es suficiente para suministrar el calor necesario para calefacción, aunque las mejoras realizadas en el apartado de aislamiento hagan que se pueda cubrir un mayor porcentaje de la demanda. De todas formas, como el volumen de agua caliente generada por los colectores es ligeramente superior al consumo de ACS, se optará para utilizar este circuito exclusivamente con esa finalidad.

- Ahorros totales de energía

Ahora que ya se ha comprobado que la instalación está correctamente dimensionada, se calcularán los ahorros anuales en volumen de agua ACS utilizada. Para ello, se considerará un uso uniforme a lo largo del año del agua caliente, de 32,08 m³ al mes.

Tabla 17: Ahorro de ACS mensual y anual con 70 colectores

	V agua ahorrada m ³	V agua excedente m ³	V agua total m ³
Enero	0,00	0,00	0,00
Febrero	2,22	0,00	2,22
Marzo	19,85	0,00	19,85
Abril	32,08	2,31	34,39
Mayo	32,08	37,17	69,25
Junio	32,08	74,52	106,61
Julio	32,08	114,06	146,15
Agosto	32,08	86,42	118,50
Septiembre	32,08	27,07	59,16
Octubre	15,68	0,00	15,68
Noviembre	0,00	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00	0,00
TOTAL	230,25	341,56	571,81

El total de volumen de agua ahorrado en ACS anualmente es de **230,25 m³** y un excedente de seguridad de **341,56 m³**.

A partir de estos valores se observa que la instalación puede estar un poco sobredimensionada. Si se disminuyen los colectores instalados a la mitad, y sólo se dejan los 35 del lado este, los resultados serán los mostrados en la *tabla 18*.

Tabla 18: Ahorro de ACS mensual y anual con 35 colectores

	V agua ahorrada m ³	V agua excedente m ³	V agua total m ³
Enero	0,00	0,00	0,00
Febrero	1,31	0,00	1,31
Marzo	10,70	0,00	10,70
Abril	20,29	0,00	20,29
Mayo	32,08	6,43	38,52
Junio	32,08	25,81	57,90
Julio	32,08	44,02	76,10
Agosto	32,08	28,79	60,87
Septiembre	31,08	0,00	31,08
Octubre	7,55	0,00	7,55

Noviembre	0,00	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00	0,00
TOTAL	199,26	105,05	304,32

El total de volumen de agua ahorrado en ACS anualmente para la instalación de 35 colectores es de **199,26 m³** y un excedente de seguridad de 105,05 m³.

3.3.5 Instalación

Se ha estudiado la posibilidad de instalar un termosifón solar [11], que permitiría la circulación de agua caliente sin necesidad de una bomba. Sin embargo, el espacio requerido para instalar los acumuladores sería demasiado, ya que estos suelen ser individuales para cada colector. Por este motivo, se ha optado por la instalación de una bomba, que, aunque tenga un consumo adicional de electricidad, simplificará la instalación.

Como se indica en la imagen a continuación, la instalación tendrá la bomba, el depósito y el circuito de ACS pre existente. El depósito tendrá dos entradas y dos salidas de agua, una caliente y una fría, basándose en el principio, aplicado también en el termosifón solar, de que el agua caliente tiene menos densidad, por lo que se mantendrá en la parte superior, al contrario que el agua fría. De esta forma, la entrada de agua (fría) será en la parte inferior, donde también habrá la salida (también de agua fría, al estar en la parte inferior) hacia los paneles solares, donde se calentará el agua y volverá a entrar en el depósito en la parte superior. Arriba del depósito se dispondrá de la salida de agua caliente, la cual irá directa al circuito de ACS del edificio. Todo el circuito funcionará gracias a la bomba, situada en la entrada del panel solar térmico.

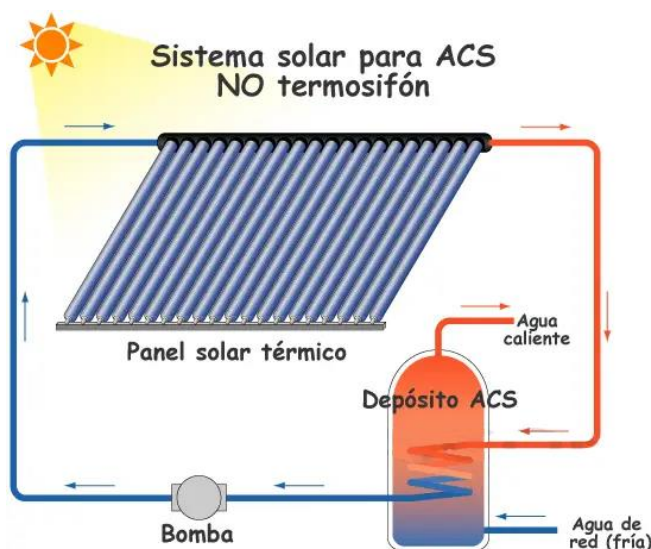


Ilustración 3: Esquema de la instalación para el conjunto de colectores solares térmicos, depósito ACS y bomba [12]

3.4 Calificación energética después de las mejoras

Después de la instalación de placas fotovoltaicas, colectores térmicos y mejora de ventanas, se obtiene la calificación energética de la *Ilustración 4*.

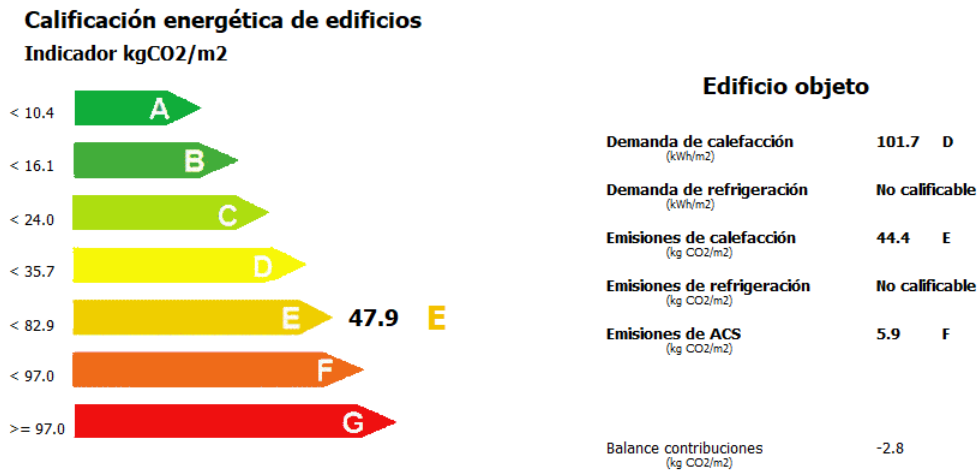


Ilustración 4: Calificación energética con las mejoras de fotovoltaica y solar térmica [20]

Si se añade el aislamiento estudiado en el apartado de mejoras, se obtienen la calificación mostrada en la Ilustración 5.

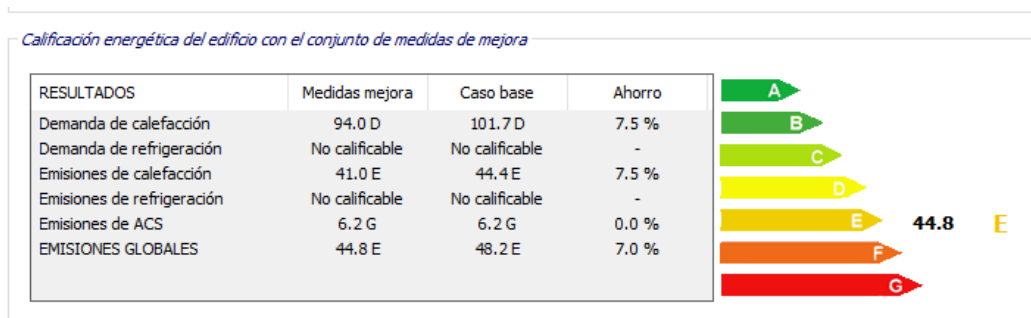


Ilustración 5: Calificación energética de la Ilustración 4 añadiendo como mejora el aislamiento adicional [20]

Se puede observar que la puntuación no varía mucho, pero se mejoran considerablemente las emisiones relacionadas con ACS, y ligeramente las emisiones de calefacción.

4 Estudio económico de las mejoras

4.1 Estudio económico de la mejora del aislante y del cambio de ventanas

Se tomará como referencia para el coste del kWh para calefacción (en el caso estudiado, proveniente de diésel) la media del año 2021: 0,1124 €/kWh.

- Aislante

El precio de la instalación del Panel Sándwich con alma de poliuretano se considerará como 46,36 €/m² [18], lo que equivale a:

$$\text{Coste aislante} = 46,36 \cdot 270 = 12.517,20 \text{ €}$$

- Ventanas y ventanales

A partir de presupuesto, se determina que el coste de instalación de las ventanas y su aislante es, aproximadamente, de 13.500 €.

El coste total de instalación de ambos es de 26.017 €.

Estas medidas contarán con ayuda del gobierno por el programa PREE 5000, a partir del cual se ofrece una subvención del 75%, es decir, de 19.512,75€ [17].

$$\text{Tiempo de retorno} = \frac{26017 \text{ €} - 19512,75 \text{ €}}{0,1124 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot \left(2054,23 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} + 4620,28 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right)} = \mathbf{8,67 \text{ años}}$$

A partir de 8 años y 8 meses esta inversión empezará a generar beneficios.

4.2 Estudio económico de la instalación de placas fotovoltaicas

El coste de la instalación total será la suma de las placas fotovoltaicas y su montaje, así como del inversor.

Se estima un coste total de entre 1,3 y 1,8 €/W [4], llaves en mano, para la instalación de las placas.

$$\text{Coste Instalación Placas}_{\text{mín}} = 6150 * 1,3 = 7.995 \text{ €}$$

$$\text{Coste Instalación Placas}_{\text{máx}} = 6150 * 1,8 = 11.070 \text{ €}$$

La inversión inicial, por lo tanto, será de 7.995 € a 11.070 €.

La Generalitat de Cataluña ofrece ayudas para subvencionar este tipo de instalaciones en el caso que la energía consumida por los habitantes sea igual o superior a un 80% de la energía generada. Esto no se cumple en el caso estudiado, por lo que no se podrá optar a esta ayuda en concreto [16].

Para calcular el tiempo de retorno, se considerará el precio del kWh como una horquilla de precios. Esto es debido a la gran variabilidad que presentan estos precios durante los últimos años, y el gran aumento que han sufrido. Por este motivo, se considerará un intervalo entre 0,0891 €/kWh (valores previos a 2021) y 0,2816 €/kWh (precio medio de la electricidad en 2021) [14].

Los excedentes se inyectarán a la red y se venderán al precio de compra restando 0,05 €/kWh [15].

Por tanto, se sumarán los ingresos anuales generados de vender los excedentes de energía y los ahorros anuales al consumir menos electricidad.

$$\text{Retorno anual}_{\text{mín}} = 0,0891 \cdot 5033,61 + 0,0391 \cdot 2144,36 = 532,33 \text{ €/año}$$

$$\text{Retorno anual}_{\text{máx}} = 0,2816 \cdot 5033,61 + 0,2316 \cdot 2144,36 = 1.914,09 \text{ €/año}$$

El tiempo de retorno, en años, será:

$$\text{Tiempo de retorno}_{\text{mín}} = \frac{7995}{1914,09} = \mathbf{4,18 \text{ años}}$$

$$Tiempo\ de\ retorno_{m\acute{a}x} = \frac{11070}{532,33} = \mathbf{20,80\ a\tilde{n}os}$$

$$Tiempo\ de\ retorno_{aprox.} = \frac{11070}{1914,09} = \mathbf{5,78\ a\tilde{n}os}$$

El cálculo del tiempo de retorno mínimo se ha realizado a partir de los valores de la horquilla que serán los más beneficiosos para la inversión (precio de la electricidad alto y coste de la instalación bajo). En el cálculo del tiempo de retorno máximo, se han utilizado los valores opuestos. Por último, en el cálculo del tiempo de retorno aproximado, se ha tenido en cuenta el máximo coste de la instalación y el valor alto de la horquilla del coste de electricidad. Se ha tomado este valor ya que los precios de la electricidad no parece que vayan a disminuir a valores de 2019, por lo menos a corto plazo.

Por tanto, se estima que la inversión sera rentable a partir de 5 años y 10 meses.

4.3 Estudio económico de la instalación de colectores solares térmicos

Se considerará un precio aproximado de 610 [19], llaves en mano, por colector solar. Se realizará el estudio para una instalación de 70 colectores y una de 35.

$$C_{colectores\ 70} = N \cdot 610 = 70 \cdot 610 = 42.700\ \text{ó}$$

$$C_{colectores\ 35} = N \cdot 610 = 35 \cdot 610 = 21.350\ \text{ó}$$

Durante el año 2021, el m³ de ACS tuvo un coste de 2,50 de media.

$$Ahorro\ economico\ anual_{70\ colectores} = 2,50\ \frac{\text{ó}}{m^3} \cdot 230,25\ m^3 = 575,63\ \frac{\text{ó}}{a\tilde{n}o}$$

$$Ahorro\ economico\ anual_{35\ colectores} = 2,50\ \frac{\text{ó}}{m^3} \cdot 199,26\ m^3 = 498,15\ \frac{\text{ó}}{a\tilde{n}o}$$

Por el mismo programa de ayudas comentado previamente en la sección de aislamiento, PREE 5000 [17], esta instalación también sera elegible para recibir una subvención en su instalación del 60% de la inversión, es decir, 25.620 en el caso de 70 colectores, y 12.810 en el de 35.

$$Tiempo\ de\ retorno_{70\ colectores} = \frac{42700 - 25620}{575,63} = \mathbf{29,67\ a\tilde{n}os}$$

$$Tiempo\ de\ retorno_{35\ colectores} = \frac{21350 - 12810}{498,15} = \mathbf{17,14\ a\tilde{n}os}$$

La instalación de 70 colectores devolvera la inversión en 29 años y 8 meses, mientras que la de 35 colectores se rentabilizara en 17 años y 2 meses.

5 Conclusiones

El objetivo de este trabajo era estudiar la viabilidad, tanto económica como energética, de una serie de implementaciones y mejoras en un edificio residencial.

Es importante tener en cuenta que se ha presentado una complejidad adicional con la estimación de varios de los valores expuestos como datos, como, por ejemplo, la mejora relativa con el cambio de ventanas o la estimación del precio de la electricidad.

Si se toma como guía la calificación energética anterior y posterior a las mejoras, no se puede observar un cambio significativo. Esto es debido a la antigüedad del edificio, ya que se construyó con otra normativa vigente y la gran mayoría de las pérdidas son en puentes térmicos, tejados y juntas. Por otro lado, desde el punto de vista energético y teniendo en cuenta los resultados, se puede afirmar que supondría una mejora importante.

Primeramente, gracias a la mejora de la envolvente térmica con la instalación de un aislante en la fachada y el cambio de las ventanas, se ahorrarían 6.674,51 kWh cada año en el consumo de calefacción. La instalación de las 15 placas fotovoltaicas supondría un ahorro de 5.033,61 kWh anuales. Además, generaría 2.144,36 kWh de excedente cada año, inyectando de esta forma energía sostenible a la red. Por último, los 70 colectores solares térmicos generarían una reducción de 230,25 m³ de Agua Caliente Sanitaria, mientras que, si se optase por la opción de 35 colectores, el ahorro sería de 199,26 m³.

Desde el punto de vista económico, la inversión más rentable ha resultado ser la de fotovoltaica, teniendo ésta un tiempo estimado de retorno de la inversión de 5 años y 10 meses, aunque siempre dependiendo en gran medida del precio de la electricidad. El hecho de que estos dos últimos años este precio se haya disparado provoca que el ahorro anual en electricidad, aunque sea el mismo energéticamente, sea bastante más elevado económicamente. Por otro lado, la inversión en la mejora de la envolvente térmica sería amortizada en 8 años y 8 meses, aproximadamente, debido, en gran parte, a las ayudas prestadas por el gobierno con el programa PREE 5000. Estas ayudas también se han reflejado en la instalación de placas solares térmicas, cubriendo un 60% de los costes iniciales de la instalación. Aun así, esta instalación es la que ha resultado ser la menos rentable debido a la nula generación de calor durante los meses de invierno. Reduciendo a la mitad los colectores instalados en el estudio inicial, se reduce enormemente el tiempo de retorno de la inversión, siendo finalmente de 17 años y 2 meses. Esto, sin embargo, sigue siendo demasiado, poniendo en riesgo su viabilidad.

Las instalaciones de energías renovables en edificios residenciales ya son una realidad, y cada vez más factibles. Previamente se requería de ayudas del gobierno para su rentabilidad y, aunque siguen siendo necesarias para muchas de ellas, la mejora de los materiales y la eficiencia permite ya una viabilidad casi garantizada, incluso en climas fríos como el estudiado.

6 Bibliografía

1. **PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (PVGIS):** https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP [Consulta: 04/04/2022, 25/05/2022 y 30/05/2022]. Coordenadas utilizadas: 42.365, 1.470
2. **CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN WEB (CTE WEB):** <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=24> [Consulta 08/04/2022, 24/05/2022, 28/05/2022].
3. **ENERGY PAL, ET SOLAR ET-M672BH410WW, SOLAR PANEL SPEC DATASHEET:** <https://energypal.com/best-solar-panels-for-homes/et-solar/et-m672bh410ww> [Consulta: 04/04/2022]
4. **SOLARPLUS – Precios paneles fotovoltaicos:** <https://solarplus.es/precios-paneles-fotovoltaicos> [Consulta: 05/05/2022]
5. **BOE - Real Decreto 244/2019 – Autoconsumo:** https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089 [Consulta: 05/05/2022]
6. **ITC-BT 40:** <https://www.plcmadrid.es/wp-content/uploads/rebt/itc40/ITC-BT-40.pdf> [Consulta 05/05/2022]
7. **INVERTER HUAWEI SUN2000-10KTL-M1 DATA SHEET:** <https://solar.huawei.com/nl-NL/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Feu%2Fdatasheet%2FSUN2000-3-10KTL-M1.pdf> [Consulta 30/06/2022, copiar y pegar enlace para visualizar]
8. **Guía técnica de Energía solar Térmica:** https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/guiasolartermica_idae-asit_v3.0_20210111_nipo.pdf [Consulta: 15/05/2022]
9. **Metodología de cálculo para Sistemas Solares Térmicos:** <https://docplayer.es/2033752-Metodologia-de-calculo-para-sistemas-solares-termicos.html> [Consulta: 16/05/2022]
10. **Gobierno Vasco - Guía básica para el control térmico en edificación:** https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/area_termica_public/es_def/adjuntos/GB_control_termico.pdf [Consulta: 19/05/2022]
11. **HogarSense: Explicación funcionamiento termosifón:** <https://www.hogarsense.es/agua-caliente/termosifon> [Consulta: 05/05/2022]
12. **NERGIZA – Sistema Solar por termosifón:** <https://nergiza.com/sistema-solar-por-termosifon-que-es-y-como-funciona/> [06/05/2022]
13. **WOLF – Captador Solar TopSon F3, Ficha de datos:** <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/placas/konstruir.com%20-%20WOLF%20TOP%20SON%20CFK.pdf> [Consulta: 10/05/2022]
14. **SATISTA – Precio medio final de la electricidad en España:** <https://es.statista.com/estadisticas/993787/precio-medio-final-de-la-electricidad-en-espana/> [30/04/2022]
15. **ENIPLENITUDE – Compensación Excedente:** https://eniplenitude.es/energia-solar/?gclid=Cj0KCQjw-daUBhCIARIsALbkjSaKKRFnOrSxow8HYA_x_ryXM1tARvGbXSwnvpSz9DuxTGzFNYQgfjMaAmgCEALw_wcB&gclsrc=aw.ds [24/05/2022]

16. **ICAEN GENCAT – Ayudas financiamiento instalación fotovoltaica:**
https://icaen.gencat.cat/web/.content/20_Energia/26_ajuts_financament/2021_IDAE_EERR/Documentacio_programes/Documentacio-Programa-4.pdf [Consulta: 28/05/2022]
17. **ICAEN GENCAT – Calcular ayuda PREE5000:**
<https://icaen.gencat.cat/ca/energia/ajuts/edificis/pree5000-icaen-programa-dajuts-a-la-rehabilitacio-energetica-dedificis/calcula-la-teva-ajuda/> [Consulta: 28/05/2022]
18. **Generador de precios - instalación de aislantes en fachadas:**
http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Fachadas/Ligeras/Paneles_sandwich/FLM010_Fachada_de_panel_sandwich__aislante.html [Consulta: 28/05/2022]
19. **GASFRIOCALOR – Captador solar térmico Wolf TopSon F3-1:**
<https://www.gasfriocalor.com/captador-solar-termico-wolf-topson-f3-1> [Consulta 29/05/2022]
20. **EFINOVA – CE3X:** <http://www.efinova.es/CE3X> [Consulta: 15/04/2022]

7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1: Cálculo de resistencias térmicas y flujos de calor

7.1.1 Cálculo de resistencias térmicas por unidad de superficie del muro

Para calcular la resistencia térmica se ha utilizado la siguiente expresión:

$$R = \frac{\Delta x}{k}$$

Donde:

$$R = \text{resistencia térmica expresada en } \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$\Delta x = \text{Amplitud de la pared (m)}$$

$$k = \text{Conductividad térmica } \frac{W}{mK}$$

Se supondrá 1m² de muro, para posteriormente poder calcular la resistencia en función de la superficie de la pared.

De esta forma:

$$R_{Ladrillo//Mortero} = \frac{\frac{R_{Ladrillo} \cdot R_{mortero}}{0,95} \cdot \frac{R_{mortero}}{0,05}}{\frac{R_{Ladrillo}}{0,95} + \frac{R_{mortero}}{0,05}} = 0,1607 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{Piedra//Mortero} = \frac{\frac{R_{Piedra} \cdot R_{mortero}}{0,7} \cdot \frac{R_{mortero}}{0,3}}{\frac{R_{Piedra}}{0,7} + \frac{R_{mortero}}{0,3}} = 0,2859 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{XPS} = 1,17 \frac{W \cdot m^2}{K}$$

$$R_{Total\ muro} = 0,1607 + 0,2859 + 1,17 = \mathbf{1,6166} \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

7.1.2 Cálculo de resistencias térmicas por unidad de superficie de ventanas y ventanales

$$R_{vidrio+aire} = \frac{0,008}{6,9} + \frac{0,01}{0,02} = 0,5012 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{madera} = \frac{0,048}{0,18} = 0,2667 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{total\ ventana} = \frac{\frac{R_{cristal} \cdot R_{madera}}{0,8} \cdot \frac{R_{madera}}{0,2}}{\frac{R_{cristal}}{0,8} + \frac{R_{madera}}{0,2}} = \mathbf{0,4262} \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

7.1.3 Cálculo de pérdidas actuales

Se considera 3,52°C de temperatura exterior.

La altura del piso es de 2,50m

Es necesario definir las áreas de las superficies en contacto con el exterior.

- Cocina

La superficie total de la pared en contacto con el exterior es:

$$S_T = (3,90 + 2,05) \cdot 2,5 = 14,88 \text{ m}^2$$

Se dispone de 3 ventanas de las siguientes dimensiones:

$$\text{Altura} = 1,25\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 1,75\text{m}$$

$$S_{\text{ventanas}} = 3 \cdot 1,25 \cdot 1,75 = 6,56 \text{ m}^2$$

Por tanto, la superficie de muro será la restante:

$$S_{\text{muro}} = S_T - S_{\text{ventanas}} = 14,88 - 6,56 = 8,32 \text{ m}^2$$

- Sala de estar y comedor

$$S_T = 4 \cdot 2,5 = 10\text{m}^2$$

Se dispone de dos ventanales.

$$S_{\text{ventanal}} = 2 \cdot 2,32 (\text{altura}) \cdot 1,60 (\text{ancho}) = 7,42 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{muro}} = 10 - 7,42 = 2,58 \text{ m}^2$$

- Habitaciones 1 y 2

Cada habitación dispone de una ventana del mismo tamaño que las de la cocina.

$$S_T = (2 \cdot 2,58 + 3,5) \cdot 2,5 = 21,65 \text{ m}^2$$

$$S_v = 2 \cdot 1,25 \cdot 1,75 = 4,38 \text{ m}^2$$

$$S_m = 21,65 - 4,38 = 17,27 \text{ m}^2$$

- Habitación grande

$$S_T = (1,5 + 4,10) \cdot 2,5 = 14 \text{ m}^2$$

$$S_v = 2,32 \cdot 1,28 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$S_m = 10,4 \text{ m}^2$$

Para calcular el flujo de calor saliente, se utilizará la fórmula:

$$Q = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Parte	S _{ventana} (m ²)	S _{muro} (m ²)	R _{ventana} (K/W)	R _{muro} (K/W)	R _{total} (K/W)	Q (W)
Cocina	6,56	8,32	0,0650	0,1943	0,0487	317,94
Comedor	7,42	2,58	0,0574	0,6266	0,0526	294,21
Habitaciones 1-2	4,38	17,27	0,0973	0,0936	0,0477	324,46
Habitación grande	3,6	10,4	0,1184	0,1554	0,0672	230,34
Total edificio	153,72	270	0,0028	0,0060	0,0019	9223,96

Multiplicando Q por las horas totales en las que esté encendida la calefacción se obtendrá la cantidad de energía perdida, que en la situación actual es la que tendrá que suministrar la caldera.

$$E = Q \cdot t$$

$$t = 6 \frac{h}{dia} \cdot (31 + 30 + 31 + 31 + 28 + 31 + 30) = 1272h$$

$$E_1 = 9223,96 \cdot 1272 = 11.732.877,8 Wh = \mathbf{11.732,88 kWh/año}$$

Este valor indica solamente las pérdidas a través de la pared que da directamente al exterior. También se dispone de una pared, al lado opuesto (izquierdo en el plano), que es la que se encuentra integrada en la montaña. Esto, aparte de aumentar la inercia térmica de la vivienda, supone que la temperatura exterior, utilizada para calcular Q, será más alta que la del aire exterior. Se considerará una temperatura media de esta superficie de 10°C.

- Estudio

$$S_m = 2,65 \cdot 2,5 = 6,63 m^2$$

- Sala de estar y comedor

$$S_m = 3,45 \cdot 2,5 = 8,63 m^2$$

- Baños 1 y 2

$$S_m = (1,65 + 2,25) \cdot 2,5 = 9,75 m^2$$

- Habitación grande

$$S_m = 3,1 \cdot 2,5 = 7,75 m^2$$

Se obtienen los siguientes valores:

Parte	S muro (m ²)	R muro (K/W)	Q (W)
Estudio	6,63	0,2438	45,11
Comedor	8,63	0,1873	58,72
Baños 1-2	9,75	0,1658	66,34
Habitación grande	7,75	0,2086	52,73
Total edificio	229,32	0,0070	1560,39

$$E_2 = Q \cdot t = 1560,39 \cdot 1272 = 1.984.816,08 \text{ Wh} = \mathbf{1.984,81 \text{ kWh/año}}$$

$$E_{t1} = E_1 + E_2 = 1.984,81 + 11.732,88 = \mathbf{13.717,69 \text{ kWh/año}}$$

7.2 ANEXO 2: Ficha de datos panel fotovoltaico ET-M672BH410WW

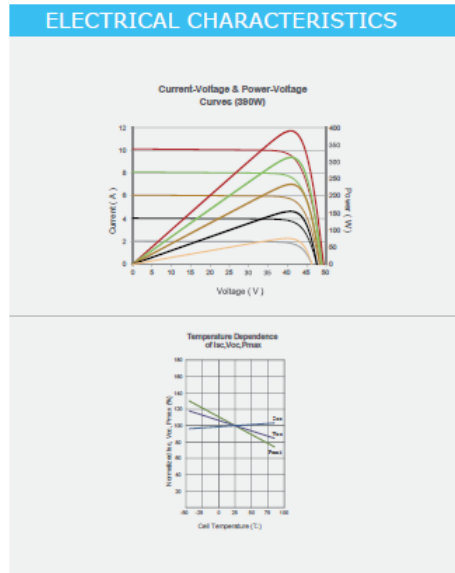
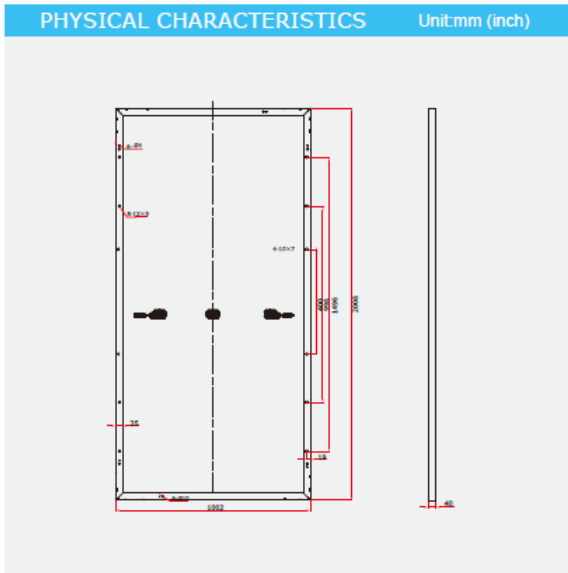
ELECTRICAL SPECIFICATIONS					
Model Type	ET-M672BH410WW	ET-M672BH405WW	ET-M672BH400WW	ET-M672BH395WW	ET-M672BH390WW
	ET-M672BH410WB	ET-M672BH405WB	ET-M672BH400WB	ET-M672BH395WB	ET-M672BH390WB
Peak Power (Pmax)	410W	405W	400W	395W	390W
Module Efficiency	20.38%	20.13%	19.88%	19.63%	19.38%
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.3V	42.0V	41.7V	41.4V	41.1V
Maximum Power Current (Imp)	9.69A	9.65A	9.60A	9.55A	9.49A
Open Circuit Voltage (Voc)	50.4V	50.1V	49.8V	49.5V	49.3V
Short Circuit Current (Isc)	10.60A	10.48A	10.36A	10.23A	10.12A
Power Tolerance	0~+3%				
Operating Temperature	-40 ~ +85 °C				
Maximum System Voltage	DC 1500V				
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C				

ELECTRICAL SPECIFICATIONS (NOCT)					
Model Type	ET-M672BH410WW	ET-M672BH405WW	ET-M672BH400WW	ET-M672BH395WW	ET-M672BH390WW
	ET-M672BH410WB	ET-M672BH405WB	ET-M672BH400WB	ET-M672BH395WB	ET-M672BH390WB
Peak Power (Pmax)	310W	306W	302W	298W	294W
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.0V	39.8V	39.6V	39.3V	39.1V
Maximum Power Current (Imp)	7.76A	7.72A	7.66A	7.60A	7.54A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.9V	48.7V	48.5V	48.2V	48.0V
Short Circuit Current (Isc)	8.26A	8.22A	8.16A	8.09A	8.02A

MECHANICAL SPECIFICATIONS	
Cell Type	158.75mm x 79.38mm
Number of Cells	144 half-cells (6×24)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Dimension	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.58 inch)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Junction Box	IP67 rated
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Output cables	12AWG-PV Wire Portrait:255mm(+)/355mm(-); Landscape:1200mm

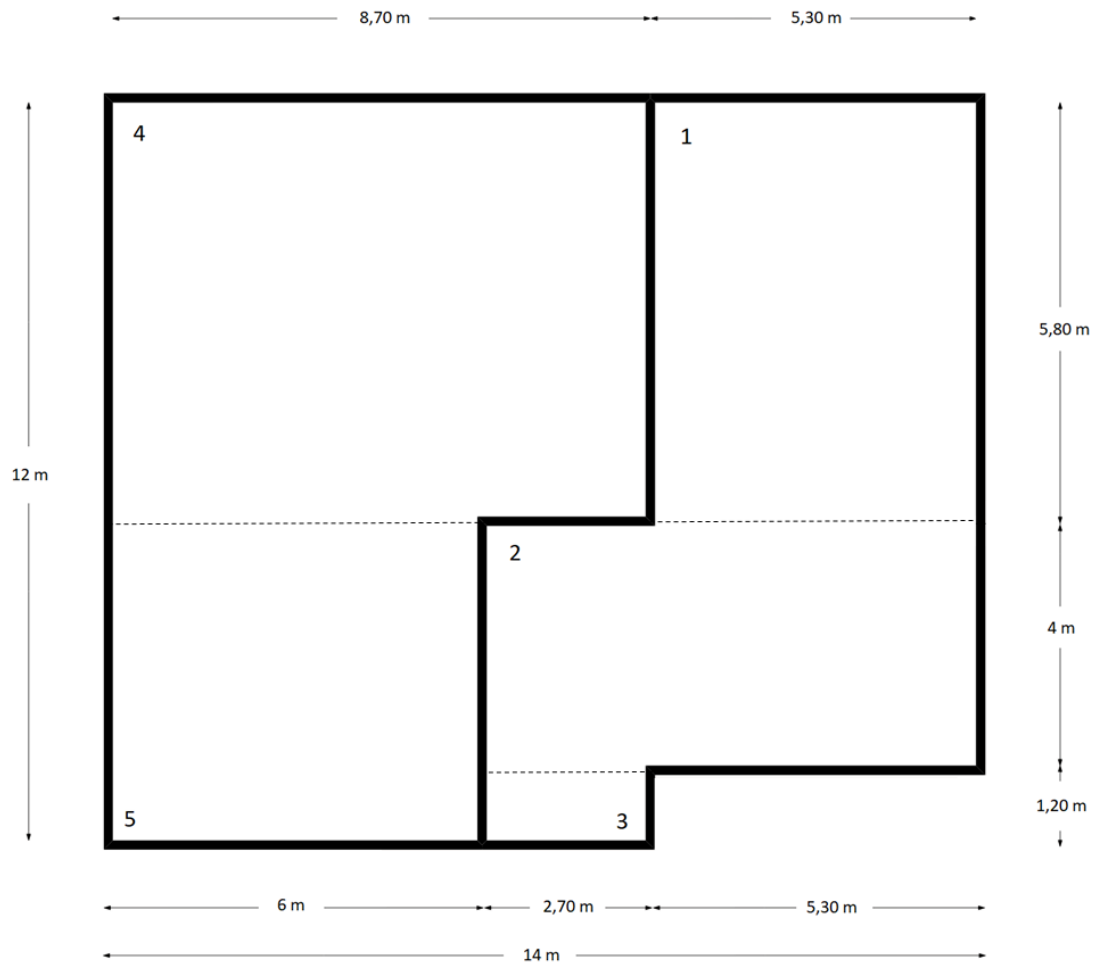
TEMPERATURE COEFFICIENT	
Temp. Coeff. of Isc (TK Isc)	0.048% /°C
Temp. Coeff. of Voc (TK Voc)	-0.28% /°C
Temp. Coeff. of Pmax (TK Pmax)	-0.36% /°C

PACKING MANNER	
Container	40' HQ
Pieces per Pallet	27
Pieces per Container	708



Note: the specifications are obtained under the Standard Test Conditions (STCs): 1000 W/m² solar irradiance, 1.5 Air Mass, and cell temperature of 25°C. The NOCT is obtained under the Test Conditions: 800 W/m², 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed, AM 1.5 spectrum. Please contact support@etsolar.hk for technical support. The actual transactions will be subject to the contracts. This parameters is for reference only and it is not a part of the contracts. The specifications are subject to change without prior notice.

7.3 ANEXO 3: Cálculo de la cantidad de paneles disponibles en la superficie del tejado



El tejado está dividido en dos secciones, una orientada al oeste y la otra orientada al este. Hay que tener en cuenta que, en este edificio, el tejado está duplicado simétricamente. Es decir, la parte orientada al este, está orientada al oeste en la otra mitad.

Ambas tienen una inclinación de 30° respecto a la horizontal.

Primero es necesario calcular la longitud real de los lados horizontales.

	Fachada izquierda			Fachada derecha	
	A1	A2	A3	A4	A5
Longitud (m)	5,30	8,00	2,70	8,70	6,00
Hipotenusa (m)	6,12	9,24	3,12	10,05	6,93
Amplitud (m)	6,80	4,00	1,20	6,80	5,20

Después, es necesario estudiar la cantidad de placas en función de su disposición (diferente si se colocan en horizontal o en vertical).

- Placas máximas disponibles si se colocan en horizontal

	A1	A2	A3	A4	A5	
Placas por fila	3,39	1,99	0,60	3,39	2,59	
Truncamiento	3	1	0	3	2	
Placas por fila (zonas juntas)	5,38		0,60	5,98		
Truncamiento	5		0	5		
Placas adicionales si consideramos zonas juntas*	1		0	0		
Placas totales fila	4	1	0	3	2	
Placas por columna	6,11	9,22	3,11	10,03	6,91	
Truncamiento	6	9	3	10	6	
Placas totales por área	24	9	0	30	12	75
el tejado está duplicado, por lo cual el número total de placas será el doble						150

**las zonas juntas A1 y A2 pueden albergar una placa más por fila que si se contaran por separado, por lo que se añadirá a A1, que es la que limita*

- Placas máximas disponibles si se colocan en vertical

	A1	A2	A3	A4	A5	
Placas por fila	6,79	3,99	1,20	6,79	5,19	
Truncamiento	6	3	1	6	5	
Placas por fila (zonas juntas)	10,78		1,20	11,98		
Truncamiento	10		1	11		
Placas adicionales si consideramos zonas juntas	1		0	0		
Placas totales fila	7	3	1	6	5	
Placas por columna	3,05	4,60	1,55	5,00	3,45	
Truncamiento	3	4	1	5	3	
Placas totales por área	21	12	1	30	15	79
el tejado está duplicado, por lo cual el número total de placas será el doble						158

De esta forma, concluimos que es más eficiente colocar las placas en vertical.

7.4 ANEXO 4: Ficha de datos Inversor Huawei SUN2000-10KTL-M1

SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -3KTL-M1	SUN2000 -4KTL-M1	SUN2000 -5KTL-M1	SUN2000 -6KTL-M1	SUN2000 -8KTL-M1	SUN2000 -10KTL-M1
Efficiency						
Max. efficiency	98.2%	98.3%	98.4%	98.6%	98.6%	98.6%
European weighted efficiency	96.7%	97.1%	97.5%	97.7%	98.0%	98.1%
Input (PV)						
Recommended max. PV power ¹	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp	12,000 Wp	15,000 Wp
Max. input voltage ²	1,100 V					
Operating voltage range ³	140 V ~ 980 V					
Start-up voltage	200 V					
Rated input voltage	600 V					
Max. input current per MPPT	11 A					
Max. short-circuit current	15 A					
Number of MPP trackers	2					
Max. input number per MPP tracker	1					
Input (DC Battery)						
Compatible Battery	HUAWEI Smart String ESS 5kWh ~ 30kWh					
Operating voltage range	600 V ~ 980 V					
Max operating current	16.7 A					
Max charge Power	10,000 W					
Max discharge Power	3,300 W	4,400 W	5,500 W	6,600 W	8,800 W	10,000 W
Output (On Grid)						
Grid connection	Three-phase					
Rated output power	3,000 W	4,000 W	5,000 W	6,000 W	8,000 W	10,000 W
Max. apparent power	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA	8,800 VA	11,000 VA ⁴
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	5.1 A	6.8 A	8.5 A	10.1 A	13.5 A	16.9 A
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					
Output (Off Grid)						
Backup Box	Backup Box - B1					
Maximum apparent power	3,000 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA
Rated output voltage	220 V / 230 V					
Maximum output current	13.6 A	15 A	15 A	15 A	15 A	15 A
Power factor range	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Features & Protections						
Input-side disconnection device	Yes					
Anti-islanding protection	Yes					
DC reverse polarity protection	Yes					
Insulation monitoring	Yes					
DC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
Residual current monitoring	Yes					
AC overcurrent protection	Yes					
AC short-circuit protection	Yes					
AC overvoltage protection	Yes					
Arc fault protection	Yes					
Ripple receiver control	Yes					
Integrated PID recovery ⁵	Yes					
Battery reverse charging from grid	Yes					
General Data						
Operating temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)					
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH					
Max. operating altitude	4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)					
Cooling	Natural convection					
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App					
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE; 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)					
Weight (incl. mounting bracket)	17 kg (37.5 lb)					
Dimension (incl. mounting bracket)	525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)					
Degree of protection	IP65					
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W ⁶					
Optimizer Compatibility						
DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P					
Standard Compliance (more available upon request)						
Certificate	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116					
Grid connection standards	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA					
¹ Inverter max input PV power is 20,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers. ² The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter. ³ Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating. ⁴ C10 / 11: 10,000 VA ⁵ SUN2000-3-10KTL-M1 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly). ⁶ <10 W when PID recovery function is activated. Version No.:04-(20201006)						
SOLAR.HUAWEI.COM/EU/						

7.5 ANEXO 5: Ficha de datos Colector Solar Térmico WOLF TopSon F3

Captador solar de alto rendimiento TopSon F3 y F3-Q

Para instalaciones de A.C.S.

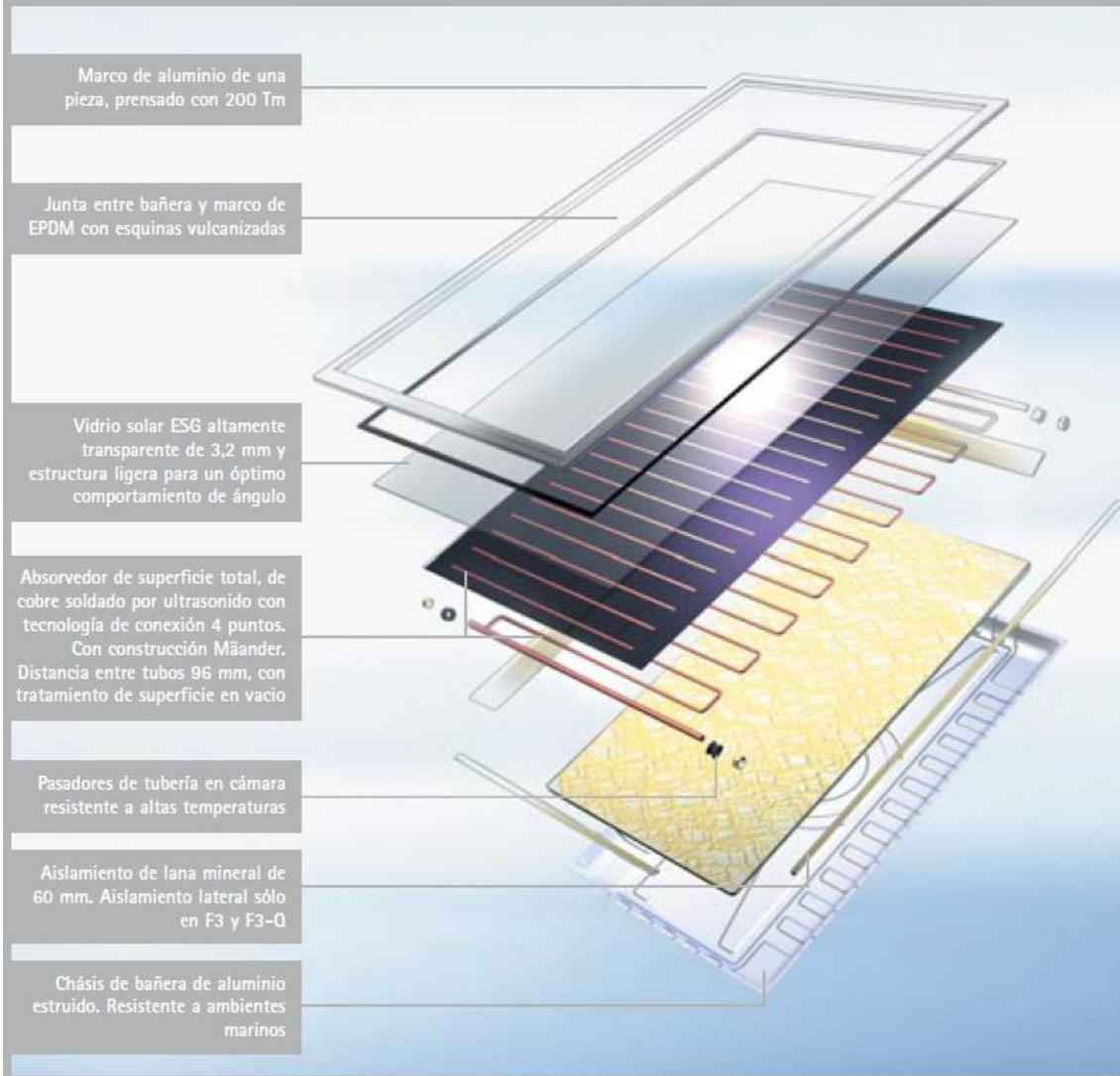
Para instalaciones con apoyo a calefacción

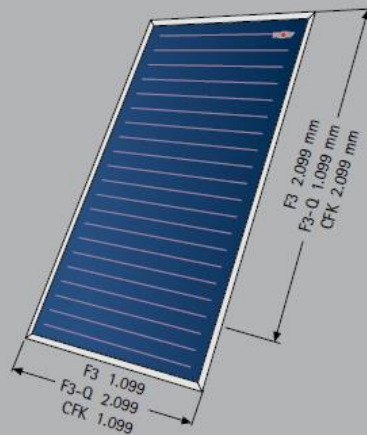


Características de TopSon F3 y F3-Q:

- Panel de alto rendimiento según DIN 4757
- Captador solar homologado según EN12975-2
- Captador resistente al ambiente, a altas temperaturas, incluso vacío.
- Carcasa en aluminio, forma de bañera autoportante. Resistente en ambientes máximos.
- Vidrio de 3,2 mm de espesor con mayor coeficiente de transmisión, a prueba de granizo según la EN12975.
- Aislamiento inferior a 60 mm. Aislamiento lateral.
- Superficie total 2,3 m².
- Unión entre carcasa de aluminio para reducir peso y vidrio con compensador de temperatura.
- Filtros de aire permanentes para asegurar ventilación.
- Distintivo Angel Azul de medioambiente por el alto rendimiento y alta calidad de los materiales totalmente reciclables.
- Los conjuntos de montaje (en tejado, sobre tejado, sobre cubierta plana) permite instalar los paneles de forma fácil y cómoda tanto en vertical como horizontal.
- La cantidad de líquido que contiene el panel se ha reducido al mínimo, de forma que el medio puede absorber rápidamente el calor y transmitirlo al interacumulador.
- Sistema de construcción Määndes, circulación homogénea, con posibilidad de variar el caudal.
- Conexión variable unilateral o en diagonal.
- 5 años de garantía.

Despiece de los captadores solares TopSon F3, F3-Q y CFK





Datos Técnicos

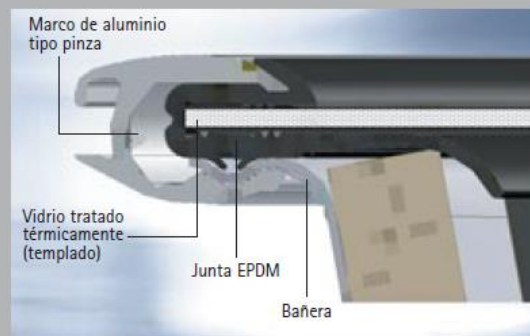
Captador solar		TopSon F3	TopSon F3-Q	TopSon CFK
Medidas de captador				
Longitud	mm	2.099	1.099	2.099
Ancho	mm	1.099	2.099	1.099
Profundidad	mm	110	110	110
Superficie del captador	m ²	2,3	2,3	2,3
Superficie útil	m ²	2,0	2,0	2,0
Absorción (de energía)	%	97	97	97
Emisión (pérdidas por radiación)	%	5	5	5
Punto de ebullición del fluido térmico ¹⁾	°C	178	178	178
Temperatura de estancamiento	°C	198	198	199
Capacidad	l	1,7	1,9	1,7
Caudal recomendado	l/h	90	90	90
Caudal admisible	l/h	30/90	30/90	30/90
Pérdida de carga				
Presión de régimen admisible	bar	10	10	10
Peso	kg	40	41	40

1) con ANRO y 6 bar de presión de la instalación



Cada unión entre colectores necesita dos compensadores de temperatura:

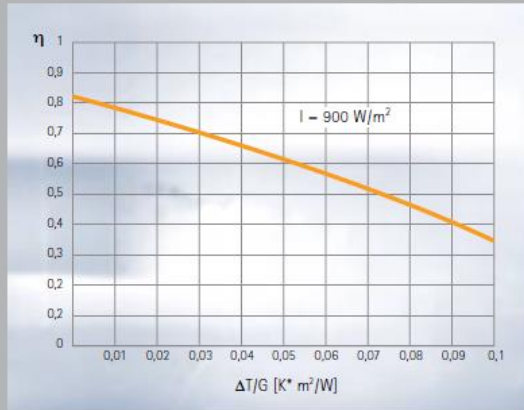
- Con 2 captadores Topson F3: 2 compensadores
- Con 4 captadores Topson F3: 6 compensadores



Montaje del vidrio

Captador Wolf TopSon F3

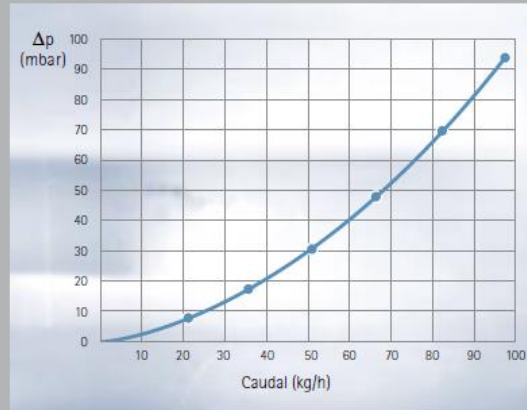
Curva de rendimiento según la EN 12975-2



$$\eta = \eta_0 - K_1 \cdot \frac{\Delta T}{I} - K_2 \cdot \frac{(\Delta T)^2}{I}$$

$\eta_0 = 0,821$
 K_1 [$W/(m^2K)$] = 3,312
 K_2 [$W/(m^2K^2)$] = 0,0181

Pérdida de carga



$$\Delta p = 0,223 \cdot C + 0,00784 \cdot C^2$$

7.6 ANEXO 6: Tablas para cálculos de eficiencias mensuales del conjunto de colectores solares térmicos

Tablas de datos para cada mes con Azimut = 90° (fachada oeste)

ENERO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	-0,63	0	0,00%	0
1:00	-0,94	0	0,00%	0
2:00	-1,23	0	0,00%	0
3:00	-1,46	0	0,00%	0
4:00	-1,65	0	0,00%	0
5:00	-1,81	0	0,00%	0
6:00	-1,95	0	0,00%	0
7:00	-2,05	0	0,00%	0
8:00	-1,9	0	0,00%	0
9:00	-1,67	32,82	0,00%	0
10:00	0,18	68,84	0,00%	0
11:00	2,81	138,12	0,00%	0
12:00	4,44	263,51	0,00%	0
13:00	5,27	367,44	0,00%	0
14:00	5,57	411,08	0,00%	0
15:00	5,55	419,95	0,00%	0
16:00	5,1	350,77	0,00%	0
17:00	4,27	23,45	0,00%	0
18:00	3,27	0	0,00%	0
19:00	2,35	0	0,00%	0
20:00	1,56	0	0,00%	0
21:00	0,84	0	0,00%	0
22:00	0,25	0	0,00%	0
23:00	-0,23	0	0,00%	0

FEBRERO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	-0,23	0	0,00%	0
1:00	-0,77	0	0,00%	0
2:00	-1,15	0	0,00%	0
3:00	-1,46	0	0,00%	0
4:00	-1,72	0	0,00%	0
5:00	-1,94	0	0,00%	0
6:00	-2,12	0	0,00%	0
7:00	-2,26	0	0,00%	0
8:00	-2,1	8,85	0,00%	0
9:00	-1,09	58,81	0,00%	0
10:00	1,39	89,01	0,00%	0

11:00	3,49	212,5	0,00%	0
12:00	4,78	360,65	0,00%	0
13:00	5,5	458,65	0,00%	0
14:00	5,81	519,35	3,71%	19,2570646
15:00	5,82	522,22	4,15%	21,6769296
16:00	5,55	468,68	0,00%	0
17:00	4,9	360,71	0,00%	0
18:00	3,92	7,58	0,00%	0
19:00	3,05	0	0,00%	0
20:00	2,3	0	0,00%	0
21:00	1,61	0	0,00%	0
22:00	0,96	0	0,00%	0
23:00	0,34	0	0,00%	0

MARZO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	2,73	0	0,00%	0
1:00	1,92	0	0,00%	0
2:00	1,31	0	0,00%	0
3:00	0,75	0	0,00%	0
4:00	0,29	0	0,00%	0
5:00	-0,07	0	0,00%	0
6:00	-0,35	0	0,00%	0
7:00	-0,53	4,17	0,00%	0
8:00	0,21	55,16	0,00%	0
9:00	2,88	102,87	0,00%	0
10:00	5,46	171,98	0,00%	0
11:00	6,99	332,09	0,00%	0
12:00	8,03	474,38	0,00%	0
13:00	8,71	553,07	11,79%	65,2320298
14:00	9,11	617,06	19,49%	120,266803
15:00	9,19	609,65	18,81%	114,682295
16:00	8,95	541,63	10,59%	57,3398748
17:00	8,38	432,87	0,00%	0
18:00	7,51	165	0,00%	0
19:00	6,37	0,03	0,00%	0
20:00	5,44	0	0,00%	0
21:00	4,78	0	0,00%	0
22:00	4,12	0	0,00%	0
23:00	3,44	0	0,00%	0

ABRIL				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	6,17	0	0,00%	0
1:00	5,4	0	0,00%	0
2:00	4,7	0	0,00%	0
3:00	4,07	0	0,00%	0
4:00	3,51	0	0,00%	0
5:00	3,07	0	0,00%	0
6:00	2,68	0,31	0,00%	0
7:00	2,78	45,96	0,00%	0
8:00	5,09	99,89	0,00%	0
9:00	7,85	137,2	0,00%	0
10:00	9,48	287,03	0,00%	0
11:00	10,66	434,85	0,00%	0
12:00	11,52	546,4	14,13%	77,1887418
13:00	12,08	602,34	21,01%	126,555472
14:00	12,35	629,62	23,92%	150,606863
15:00	12,3	589,38	19,90%	117,263631
16:00	12,05	535,71	13,38%	71,6682448
17:00	11,55	442,93	0,00%	0
18:00	10,78	298,83	0,00%	0
19:00	9,8	15,23	0,00%	0
20:00	8,62	0	0,00%	0
21:00	7,99	0	0,00%	0
22:00	7,44	0	0,00%	0
23:00	6,84	0	0,00%	0

MAYO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	10,05	0	0,00%	0
1:00	9,34	0	0,00%	0
2:00	8,72	0	0,00%	0
3:00	8,16	0	0,00%	0
4:00	7,65	0	0,00%	0
5:00	7,2	0	0,00%	0
6:00	6,86	24,24	0,00%	0
7:00	7,7	77,5	0,00%	0
8:00	10,2	123,27	0,00%	0
9:00	12,18	207,92	0,00%	0
10:00	13,55	369,03	0,00%	0
11:00	14,62	510,03	12,99%	66,2292564
12:00	15,37	623,2	26,26%	163,662212
13:00	15,9	683,48	31,65%	216,334219
14:00	16,15	701,11	33,13%	232,305923

15:00	16,18	665,59	30,55%	203,323548
16:00	15,95	598,66	24,55%	146,996675
17:00	15,49	487,25	10,83%	52,7686342
18:00	14,81	344,8	0,00%	0
19:00	13,9	44,38	0,00%	0
20:00	12,64	0,29	0,00%	0
21:00	11,79	0	0,00%	0
22:00	11,2	0	0,00%	0
23:00	10,64	0	0,00%	0

JUNIO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	14,53	0	0,00%	0
1:00	13,72	0	0,00%	0
2:00	13,06	0	0,00%	0
3:00	12,35	0	0,00%	0
4:00	11,71	0	0,00%	0
5:00	11,2	0	0,00%	0
6:00	10,91	38,45	0,00%	0
7:00	12,08	90,17	0,00%	0
8:00	14,71	127,38	0,00%	0
9:00	16,54	231,99	0,00%	0
10:00	17,85	396,43	0,00%	0
11:00	18,9	549,54	22,60%	124,189839
12:00	19,65	667,76	33,79%	225,652643
13:00	20,12	740,97	38,94%	288,507629
14:00	20,37	765,99	40,54%	310,508332
15:00	20,41	744,41	39,36%	293,024427
16:00	20,21	680,19	35,16%	239,132852
17:00	19,82	579,1	26,57%	153,858234
18:00	19,21	425,1	5,61%	23,8474638
19:00	18,42	201,53	0,00%	0
20:00	17,23	7,92	0,00%	0
21:00	16,23	0	0,00%	0
22:00	15,68	0	0,00%	0
23:00	15,11	0	0,00%	0

JULIO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	17,34	0	0,00%	0
1:00	16,66	0	0,00%	0
2:00	15,96	0	0,00%	0
3:00	15,32	0	0,00%	0

4:00	14,7	0	0,00%	0
5:00	14,18	0	0,00%	0
6:00	13,72	26,82	0,00%	0
7:00	14,4	77,73	0,00%	0
8:00	16,94	113,13	0,00%	0
9:00	19,03	198,71	0,00%	0
10:00	20,42	371,42	0,00%	0
11:00	21,53	547,43	25,17%	137,81204
12:00	22,37	703,37	38,48%	270,690124
13:00	22,96	805,39	44,43%	357,840765
14:00	23,28	856,14	46,88%	401,341093
15:00	23,37	832,32	45,93%	382,30018
16:00	23,25	761,41	42,47%	323,395929
17:00	22,84	653,04	35,54%	232,072493
18:00	22,27	496,75	20,23%	100,478903
19:00	21,46	296,99	0,00%	0
20:00	20,2	6,42	0,00%	0
21:00	19,18	0	0,00%	0
22:00	18,54	0	0,00%	0
23:00	17,96	0	0,00%	0

AGOSTO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	16,74	0	0,00%	0
1:00	16,26	0	0,00%	0
2:00	15,63	0	0,00%	0
3:00	15,03	0	0,00%	0
4:00	14,47	0	0,00%	0
5:00	13,92	0	0,00%	0
6:00	13,44	2,32	0,00%	0
7:00	13,49	56,02	0,00%	0
8:00	15,56	98,97	0,00%	0
9:00	18,14	140,22	0,00%	0
10:00	19,74	316,42	0,00%	0
11:00	20,95	489,75	17,78%	87,0921148
12:00	21,83	644,62	34,03%	219,340585
13:00	22,42	753,35	41,42%	312,011669
14:00	22,72	802,92	44,14%	354,434529
15:00	22,77	793,01	43,71%	346,585751
16:00	22,55	724,71	39,91%	289,246515
17:00	22,09	605,99	31,21%	189,126867
18:00	21,43	424,11	8,49%	35,9870773
19:00	20,5	89,49	0,00%	0
20:00	19,28	0	0,00%	0

21:00	18,48	0	0,00%	0
22:00	17,89	0	0,00%	0
23:00	17,32	0	0,00%	0

SEPTIEMBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	13,18	0	0,00%	0
1:00	12,65	0	0,00%	0
2:00	12,02	0	0,00%	0
3:00	11,38	0	0,00%	0
4:00	10,83	0	0,00%	0
5:00	10,33	0	0,00%	0
6:00	9,89	0	0,00%	0
7:00	9,6	28,93	0,00%	0
8:00	10,79	83,23	0,00%	0
9:00	13,92	111,24	0,00%	0
10:00	15,98	251,19	0,00%	0
11:00	17,3	420,78	2,14%	9,014231
12:00	18,22	561,69	23,17%	130,154262
13:00	18,81	655	32,10%	210,242629
14:00	19,05	682,92	34,35%	234,577285
15:00	19,01	653,09	32,13%	209,85161
16:00	18,75	585,66	26,12%	152,961079
17:00	18,2	443,63	7,46%	33,108786
18:00	17,36	181,85	0,00%	0
19:00	16,24	1,02	0,00%	0
20:00	15,45	0	0,00%	0
21:00	14,94	0	0,00%	0
22:00	14,39	0	0,00%	0
23:00	13,78	0	0,00%	0

OCTUBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	8,92	0	0,00%	0
1:00	8,54	0	0,00%	0
2:00	7,99	0	0,00%	0
3:00	7,48	0	0,00%	0
4:00	7,03	0	0,00%	0
5:00	6,63	0	0,00%	0
6:00	6,32	0	0,00%	0
7:00	6,07	1,27	0,00%	0
8:00	6,48	50,9	0,00%	0
9:00	8,89	94,26	0,00%	0

10:00	11,67	164,86	0,00%	0
11:00	13,22	315,93	0,00%	0
12:00	14,2	444,32	2,19%	9,741036
13:00	14,81	516,93	14,13%	73,0412466
14:00	15,07	556	19,19%	106,685301
15:00	15,02	530,05	16,05%	85,0790828
16:00	14,61	450,32	3,81%	17,146937
17:00	13,86	237,8	0,00%	0
18:00	12,85	3,46	0,00%	0
19:00	11,88	0	0,00%	0
20:00	11,35	0	0,00%	0
21:00	10,76	0	0,00%	0
22:00	10,15	0	0,00%	0
23:00	9,56	0	0,00%	0

NOVIEMBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	2,69	0	0,00%	0
1:00	2,45	0	0,00%	0
2:00	2,09	0	0,00%	0
3:00	1,77	0	0,00%	0
4:00	1,52	0	0,00%	0
5:00	1,32	0	0,00%	0
6:00	1,2	0	0,00%	0
7:00	1,1	0	0,00%	0
8:00	1,14	12,59	0,00%	0
9:00	2,2	59,06	0,00%	0
10:00	4,91	89,22	0,00%	0
11:00	7,08	212,4	0,00%	0
12:00	8,21	329,51	0,00%	0
13:00	8,82	402,68	0,00%	0
14:00	9,05	436,38	0,00%	0
15:00	8,94	410,51	0,00%	0
16:00	8,45	336,66	0,00%	0
17:00	7,59	13,37	0,00%	0
18:00	6,65	0	0,00%	0
19:00	5,92	0	0,00%	0
20:00	5,18	0	0,00%	0
21:00	4,53	0	0,00%	0
22:00	3,88	0	0,00%	0
23:00	3,25	0	0,00%	0

DICIEMBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	-0,07	0	0,00%	0
1:00	-0,36	0	0,00%	0
2:00	-0,6	0	0,00%	0
3:00	-0,82	0	0,00%	0
4:00	-1	0	0,00%	0
5:00	-1,15	0	0,00%	0
6:00	-1,27	0	0,00%	0
7:00	-1,37	0	0,00%	0
8:00	-1,3	0	0,00%	0
9:00	-1,03	34,07	0,00%	0
10:00	0,92	68,71	0,00%	0
11:00	3,67	142,54	0,00%	0
12:00	5,35	267,47	0,00%	0
13:00	6,14	361,01	0,00%	0
14:00	6,4	406,08	0,00%	0
15:00	6,25	392,46	0,00%	0
16:00	5,65	318,22	0,00%	0
17:00	4,71	1,24	0,00%	0
18:00	3,66	0	0,00%	0
19:00	2,68	0	0,00%	0
20:00	1,93	0	0,00%	0
21:00	1,27	0	0,00%	0
22:00	0,72	0	0,00%	0
23:00	0,28	0	0,00%	0

Tablas de datos para cada mes con Azimut = -90° (fachada este)

ENERO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	-0,63	0	0,00%	0
1:00	-0,94	0	0,00%	0
2:00	-1,23	0	0,00%	0
3:00	-1,46	0	0,00%	0
4:00	-1,65	0	0,00%	0
5:00	-1,81	0	0,00%	0
6:00	-1,95	0	0,00%	0
7:00	-2,05	0	0,00%	0
8:00	-1,9	0	0,00%	0
9:00	-1,67	32,82	0,00%	0
10:00	0,18	193,22	0,00%	0
11:00	2,81	429,66	0,00%	0
12:00	4,44	409,93	0,00%	0

13:00	5,27	346,56	0,00%	0
14:00	5,57	231,01	0,00%	0
15:00	5,55	105,22	0,00%	0
16:00	5,1	62,53	0,00%	0
17:00	4,27	23,45	0,00%	0
18:00	3,27	0	0,00%	0
19:00	2,35	0	0,00%	0
20:00	1,56	0	0,00%	0
21:00	0,84	0	0,00%	0
22:00	0,25	0	0,00%	0
23:00	-0,23	0	0,00%	0

FEBRERO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	-0,23	0	0,00%	0
1:00	-0,77	0	0,00%	0
2:00	-1,15	0	0,00%	0
3:00	-1,46	0	0,00%	0
4:00	-1,72	0	0,00%	0
5:00	-1,94	0	0,00%	0
6:00	-2,12	0	0,00%	0
7:00	-2,26	0	0,00%	0
8:00	-2,1	8,85	0,00%	0
9:00	-1,09	102,98	0,00%	0
10:00	1,39	505,21	0,00%	0
11:00	3,49	550,88	5,50%	30,2913202
12:00	4,78	538,99	5,35%	28,811834
13:00	5,5	452,08	0,00%	0
14:00	5,81	339,52	0,00%	0
15:00	5,82	199,42	0,00%	0
16:00	5,55	93,48	0,00%	0
17:00	4,9	57,79	0,00%	0
18:00	3,92	7,58	0,00%	0
19:00	3,05	0	0,00%	0
20:00	2,3	0	0,00%	0
21:00	1,61	0	0,00%	0
22:00	0,96	0	0,00%	0
23:00	0,34	0	0,00%	0

MARZO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	2,73	0	0,00%	0
1:00	1,92	0	0,00%	0

2:00	1,31	0	0,00%	0
3:00	0,75	0	0,00%	0
4:00	0,29	0	0,00%	0
5:00	-0,07	0	0,00%	0
6:00	-0,35	0	0,00%	0
7:00	-0,53	4,17	0,00%	0
8:00	0,21	63,97	0,00%	0
9:00	2,88	499,76	0,00%	0
10:00	5,46	621,2	16,20%	100,64781
11:00	6,99	658,31	21,39%	140,822442
12:00	8,03	634,83	20,18%	128,095426
13:00	8,71	532,86	9,13%	48,6396198
14:00	9,11	430,99	0,00%	0
15:00	9,19	289,11	0,00%	0
16:00	8,95	139,88	0,00%	0
17:00	8,38	96,66	0,00%	0
18:00	7,51	44,75	0,00%	0
19:00	6,37	0,03	0,00%	0
20:00	5,44	0	0,00%	0
21:00	4,78	0	0,00%	0
22:00	4,12	0	0,00%	0
23:00	3,44	0	0,00%	0

ABRIL				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	6,17	0	0,00%	0
1:00	5,4	0	0,00%	0
2:00	4,7	0	0,00%	0
3:00	4,07	0	0,00%	0
4:00	3,51	0	0,00%	0
5:00	3,07	0	0,00%	0
6:00	2,68	0,31	0,00%	0
7:00	2,78	45,96	0,00%	0
8:00	5,09	455,52	0,00%	0
9:00	7,85	604,41	16,87%	101,989743
10:00	9,48	702,68	27,45%	192,867226
11:00	10,66	713,35	29,29%	208,949746
12:00	11,52	659,44	25,78%	169,994582
13:00	12,08	565,24	17,00%	96,0963722
14:00	12,35	460,68	2,58%	11,9071228
15:00	12,3	331,61	0,00%	0
16:00	12,05	205,57	0,00%	0
17:00	11,55	124,44	0,00%	0
18:00	10,78	77,46	0,00%	0

19:00	9,8	15,23	0,00%	0
20:00	8,62	0	0,00%	0
21:00	7,99	0	0,00%	0
22:00	7,44	0	0,00%	0
23:00	6,84	0	0,00%	0

MAYO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	10,05	0	0,00%	0
1:00	9,34	0	0,00%	0
2:00	8,72	0	0,00%	0
3:00	8,16	0	0,00%	0
4:00	7,65	0	0,00%	0
5:00	7,2	0	0,00%	0
6:00	6,86	24,24	0,00%	0
7:00	7,7	270,24	0,00%	0
8:00	10,2	540,41	11,86%	64,117486
9:00	12,18	707,22	30,16%	213,275042
10:00	13,55	782,76	36,24%	283,656255
11:00	14,62	774,83	36,61%	283,630056
12:00	15,37	726,89	34,23%	248,791702
13:00	15,9	635,98	27,88%	177,336719
14:00	16,15	521,15	16,23%	84,5587628
15:00	16,18	386,69	0,00%	0
16:00	15,95	257,47	0,00%	0
17:00	15,49	136,44	0,00%	0
18:00	14,81	95,87	0,00%	0
19:00	13,9	44,38	0,00%	0
20:00	12,64	0,29	0,00%	0
21:00	11,79	0	0,00%	0
22:00	11,2	0	0,00%	0
23:00	10,64	0	0,00%	0

JUNIO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	14,53	0	0,00%	0
1:00	13,72	0	0,00%	0
2:00	13,06	0	0,00%	0
3:00	12,35	0	0,00%	0
4:00	11,71	0	0,00%	0
5:00	11,2	0	0,00%	0
6:00	10,91	38,45	0,00%	0
7:00	12,08	421,05	0,00%	0

8:00	14,71	625,24	25,81%	161,360188
9:00	16,54	777,52	38,25%	297,370074
10:00	17,85	848,79	42,85%	363,674023
11:00	18,9	849,88	43,63%	370,768979
12:00	19,65	792,67	41,40%	328,203753
13:00	20,12	698,72	36,33%	253,820379
14:00	20,37	576,88	26,91%	155,249022
15:00	20,41	437,48	9,38%	41,0348974
16:00	20,21	294,86	0,00%	0
17:00	19,82	159,12	0,00%	0
18:00	19,21	112,1	0,00%	0
19:00	18,42	64,83	0,00%	0
20:00	17,23	7,92	0,00%	0
21:00	16,23	0	0,00%	0
22:00	15,68	0	0,00%	0
23:00	15,11	0	0,00%	0
JULIO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	17,34	0	0,00%	0
1:00	16,66	0	0,00%	0
2:00	15,96	0	0,00%	0
3:00	15,32	0	0,00%	0
4:00	14,7	0	0,00%	0
5:00	14,18	0	0,00%	0
6:00	13,72	26,82	0,00%	0
7:00	14,4	298,05	0,00%	0
8:00	16,94	643,5	29,48%	189,725259
9:00	19,03	800,87	41,37%	331,29662
10:00	20,42	882,96	46,08%	406,832287
11:00	21,53	904,73	47,66%	431,15534
12:00	22,37	872,18	46,93%	409,283134
13:00	22,96	769,38	42,67%	328,276555
14:00	23,28	633,58	34,51%	218,619333
15:00	23,37	465,79	17,47%	81,3790501
16:00	23,25	301,69	0,00%	0
17:00	22,84	148,6	0,00%	0
18:00	22,27	102,2	0,00%	0
19:00	21,46	60	0,00%	0
20:00	20,2	6,42	0,00%	0
21:00	19,18	0	0,00%	0
22:00	18,54	0	0,00%	0
23:00	17,96	0	0,00%	0

AGOSTO				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	16,74	0	0,00%	0
1:00	16,26	0	0,00%	0
2:00	15,63	0	0,00%	0
3:00	15,03	0	0,00%	0
4:00	14,47	0	0,00%	0
5:00	13,92	0	0,00%	0
6:00	13,44	2,32	0,00%	0
7:00	13,49	56,02	0,00%	0
8:00	15,56	560,03	20,17%	112,941574
9:00	18,14	728,27	36,59%	266,443491
10:00	19,74	821,57	42,90%	352,457786
11:00	20,95	843,19	44,74%	377,266355
12:00	21,83	808,41	43,77%	353,812175
13:00	22,42	711,64	39,03%	277,767759
14:00	22,72	571,27	28,75%	164,249879
15:00	22,77	409,93	7,83%	32,0770705
16:00	22,55	241,84	0,00%	0
17:00	22,09	118,52	0,00%	0
18:00	21,43	85,36	0,00%	0
19:00	20,5	35,28	0,00%	0
20:00	19,28	0	0,00%	0
21:00	18,48	0	0,00%	0
22:00	17,89	0	0,00%	0
23:00	17,32	0	0,00%	0

SEPTIEMBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	13,18	0	0,00%	0
1:00	12,65	0	0,00%	0
2:00	12,02	0	0,00%	0
3:00	11,38	0	0,00%	0
4:00	10,83	0	0,00%	0
5:00	10,33	0	0,00%	0
6:00	9,89	0	0,00%	0
7:00	9,6	28,93	0,00%	0
8:00	10,79	347,53	0,00%	0
9:00	13,92	614,43	24,04%	147,704258
10:00	15,98	711,6	33,71%	239,900177
11:00	17,3	736,31	36,41%	268,064361
12:00	18,22	688,37	34,02%	234,158542
13:00	18,81	587,02	26,31%	154,431049
14:00	19,05	446,13	9,00%	40,1726947

15:00	19,01	288,29	0,00%	0
16:00	18,75	144,85	0,00%	0
17:00	18,2	100,59	0,00%	0
18:00	17,36	48,81	0,00%	0
19:00	16,24	1,02	0,00%	0
20:00	15,45	0	0,00%	0
21:00	14,94	0	0,00%	0
22:00	14,39	0	0,00%	0
23:00	13,78	0	0,00%	0

OCTUBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	8,92	0	0,00%	0
1:00	8,54	0	0,00%	0
2:00	7,99	0	0,00%	0
3:00	7,48	0	0,00%	0
4:00	7,03	0	0,00%	0
5:00	6,63	0	0,00%	0
6:00	6,32	0	0,00%	0
7:00	6,07	1,27	0,00%	0
8:00	6,48	50,9	0,00%	0
9:00	8,89	453,9	0,00%	0
10:00	11,67	545,77	14,22%	77,5940509
11:00	13,22	574,45	19,26%	110,625542
12:00	14,2	533,03	15,49%	82,571946
13:00	14,81	428,24	0,05%	0,22675659
14:00	15,07	306,88	0,00%	0
15:00	15,02	165,26	0,00%	0
16:00	14,61	95,68	0,00%	0
17:00	13,86	52,96	0,00%	0
18:00	12,85	3,46	0,00%	0
19:00	11,88	0	0,00%	0
20:00	11,35	0	0,00%	0
21:00	10,76	0	0,00%	0
22:00	10,15	0	0,00%	0
23:00	9,56	0	0,00%	0

NOVIEMBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	2,69	0	0,00%	0
1:00	2,45	0	0,00%	0
2:00	2,09	0	0,00%	0
3:00	1,77	0	0,00%	0

4:00	1,52	0	0,00%	0
5:00	1,32	0	0,00%	0
6:00	1,2	0	0,00%	0
7:00	1,1	0	0,00%	0
8:00	1,14	12,59	0,00%	0
9:00	2,2	80,06	0,00%	0
10:00	4,91	407,76	0,00%	0
11:00	7,08	439,93	0,00%	0
12:00	8,21	410,22	0,00%	0
13:00	8,82	319,44	0,00%	0
14:00	9,05	205,18	0,00%	0
15:00	8,94	84,83	0,00%	0
16:00	8,45	61,63	0,00%	0
17:00	7,59	13,37	0,00%	0
18:00	6,65	0	0,00%	0
19:00	5,92	0	0,00%	0
20:00	5,18	0	0,00%	0
21:00	4,53	0	0,00%	0
22:00	3,88	0	0,00%	0
23:00	3,25	0	0,00%	0

DICIEMBRE				
time(UTC+1)	Td	G(i)	EFF	Q/S
0:00	-0,07	0	0,00%	0
1:00	-0,36	0	0,00%	0
2:00	-0,6	0	0,00%	0
3:00	-0,82	0	0,00%	0
4:00	-1	0	0,00%	0
5:00	-1,15	0	0,00%	0
6:00	-1,27	0	0,00%	0
7:00	-1,37	0	0,00%	0
8:00	-1,3	0	0,00%	0
9:00	-1,03	34,07	0,00%	0
10:00	0,92	163,24	0,00%	0
11:00	3,67	405,17	0,00%	0
12:00	5,35	382,08	0,00%	0
13:00	6,14	302,37	0,00%	0
14:00	6,4	185,99	0,00%	0
15:00	6,25	75,29	0,00%	0
16:00	5,65	47,73	0,00%	0
17:00	4,71	1,24	0,00%	0
18:00	3,66	0	0,00%	0
19:00	2,68	0	0,00%	0
20:00	1,93	0	0,00%	0

21:00	1,27	0	0,00%	0
22:00	0,72	0	0,00%	0
23:00	0,28	0	0,00%	0

ABSTRACT

A big part of the energy consumption is done in the residential sector, and lowering plays a big role on reducing the impact of climate change. This is why, apart from reducing the new buildings consumptions using the latest technologies, it's also important to improve the efficiency of the older ones. Also, centralised electric generation, on power plants, is outdated and needs to be renewed. This can be possible through renewable energies, using a distributed generation on the consumption points.

In this project, the improvement of a building built on year 2000, located in the Pyrenees, was studied. First of all, the current situation had to be analysed so we would know which improvements had to be done. This way, we studied its yearly consumption in electricity and heat. The measures that were studied were the improvement of the thermal envelope and the installation of photovoltaic panels and solar thermal collectors. Its implementation was studied separately to know which measures were viable and which weren't.

The photovoltaic installations would suppose a total saving in energy of 5033 kWh each year, also producing 2144 kWh of surplus energy that would be injected into the grid. It would also be the most profitable of the 3 measures studied, with an initial investment of 11.070 €, producing 1914 € yearly, and with a short time return of 5 years and 10 months, due to the current high prices of the electricity.

The improvement on the thermal envelope would suppose a yearly saving of 6.674 kWh in heating. The initial investment would be 26.000 €, but the government would cover a really high percentage of that, thanks to the program PREE 5000. This way, the initial investment would be returned in 8 years and 8 months, thanks to the economical savings in heating.

The solar thermal collector installation would be the less impactful one. We designed it to only cover the demand for domestic hot water (DHW), since its generation wasn't enough to cover the heating demand. First of all, we considered an installation of 70 collectors (designed to cover an average month, April in this case), but the surplus in hot water generated during summer made us realise it was oversized. This way, we studied the installation of half the collectors, 35, which would generate savings for 199 m³ of domestic hot water, which, considering current prices, we valued this as a yearly saving of 498 €. With an installation cost of 21.350 €, the return in time would be of 17 years and 2 months, even with the government covering 60% of it, also due to the PREE 5000 program.

As a conclusion, the photovoltaic panels installation is profitable, even more nowadays due to the rising of electricity prices, while the improvement on the thermal envelope is profitable due to the government economic aid. The installation of solar thermal collectors is not recommended, since it has a really low profit compared to the expensive initial investment.