



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL

Autor: Jaime San Muñoz

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Agosto de 2020

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2019/20 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.
El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Jaime Sanz Muñoz

Fecha: 29 de agosto de 2020

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha://

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

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

El autor D. Jaime Sanz Muñoz DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

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

3º. Condiciones de la cesión y acceso

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

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

4º. Derechos del autor.

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

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

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

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

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

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

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual

derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.

- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 29 de agosto de 2020

ACEPTA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'JSM', with a long horizontal stroke extending to the left.

Fdo.: Jaime Sanz Muñoz



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL

Autor: Jaime San Muñoz

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Agosto de 2020

Agradecimientos

Este proyecto ha sido realizado desde mi destino de intercambio, Berlín, en un año marcado por la pandemia del coronavirus.

Como no podía ser de otra manera, nada de esto habría sido posible sin mi familia. A mi padre por ser un referente para mí en la vida, por saber darme consejos y empujones, a mi madre por estar siempre ahí en las buenas y en las malas, porque han sido los pilares donde se basa mi esfuerzo y dedicación a esta carrera y a este proyecto. Y a mis abuelos, por confiar en mí de forma incondicional.

En segundo lugar, gracias a mi director de proyecto, Luis Javier, por ofrecerme este proyecto que tanto me ha ilusionado y que ha completado mi formación académica. A ICAI y sus profesores por toda su dedicación y flexibilidad.

Gracias a todos porque no hay ingeniero sin su equipo.

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL

Autor: Sanz Muñoz, Jaime

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño de una instalación de energía solar, tanto con placas fotovoltaicas como con captadores térmicos, en un hostel de 30 habitaciones en la provincia de Burgos. Se pretende cubrir parte del consumo de ACS y aumentar la independencia eléctrica de la red. Se incluye un estudio de viabilidad económica (calculando la TIR y el VAN) con el fin de combinar, en la medida de lo posible, la maximización de la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

Palabras clave: Fotovoltaica, Térmica, Captador, Agua caliente sanitaria (ACS)

"La emergencia climática es una carrera que estamos perdiendo, pero es una carrera que podemos ganar. Tenemos las herramientas: la tecnología está de nuestro lado".

António Guterres (Secretario General de la ONU)

1. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más comprometido con el medioambiente, surge la necesidad de apostar por estrategias que ayuden a fomentar una independencia energética de los combustibles fósiles.

La motivación del proyecto se basa en el convencimiento de que la energía solar representa una estrategia muy sólida en la producción de energía. El aumento del rendimiento y la disminución de los costes de las tecnologías solares pone de manifiesto el gran avance que la ciencia está desarrollando en este campo.

El Proyecto pretende acercar las energías renovables incluso a los edificios hosteleros más pequeños, planteando una solución, en este caso, a un hostel en la ciudad de Burgos.

Se ha elegido esta ciudad precisamente porque está en una región de España que no es de las más soleadas y, por tanto, se podría pensar que la energía solar no es una opción.

El objetivo del proyecto se basa en diseñar a grandes rasgos una instalación solar dual (fotovoltaica y térmica) consiguiendo una rentabilidad razonable. En dicho hotel, se pretende cubrir un porcentaje adecuado de electricidad, así como agua caliente sanitaria.

Sin embargo, como se demostrará en este proyecto, sin duda, se trata de una opción muy viable que traerá con ella no solo medioambientales sino también económicos.

Las instalaciones que se plantean son muy sencillas.

La instalación solar térmica contará con los siguientes componentes:

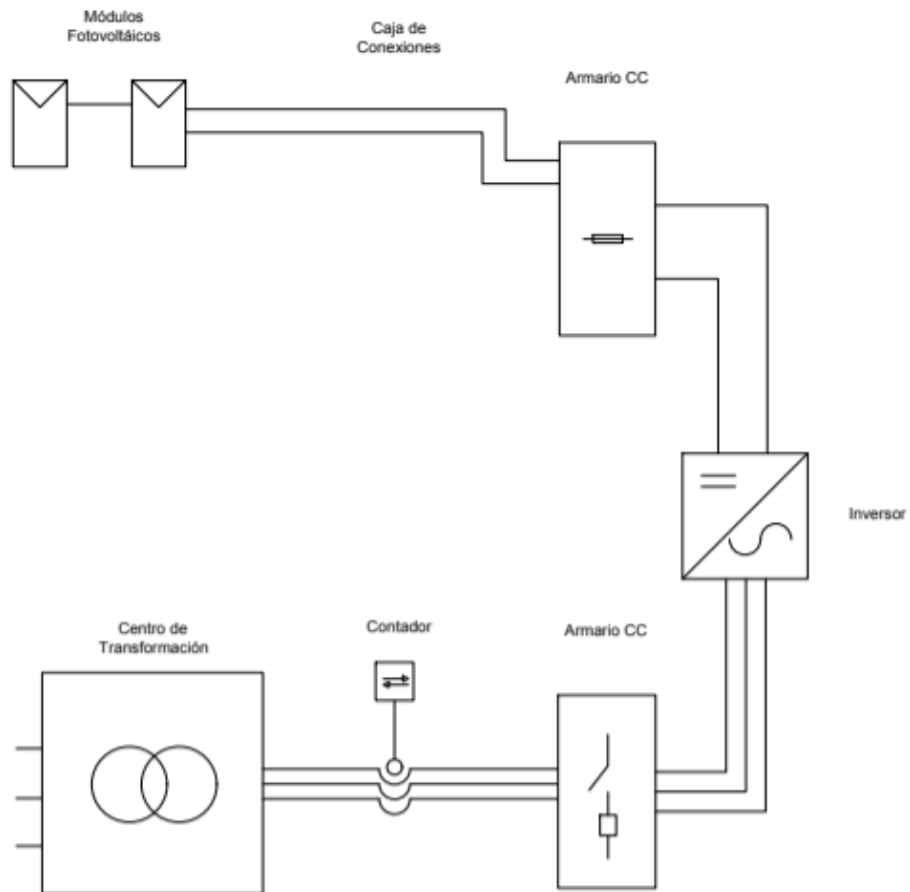
- Sistema de captación: Captadores térmicos planos
- Sistema de intercambio de calor: Intercambiador de calor de placas
- Sistema de almacenamiento: Interacumulador solar
- Sistema hidráulico: tuberías, fluido caloportador y vaso de expansión



Esquema de la instalación térmica

Por otro lado, la instalación fotovoltaica contará con los siguientes componentes:

- Módulos fotovoltaicos (310W cada uno)
- Inversor solar
- Protecciones y cableado



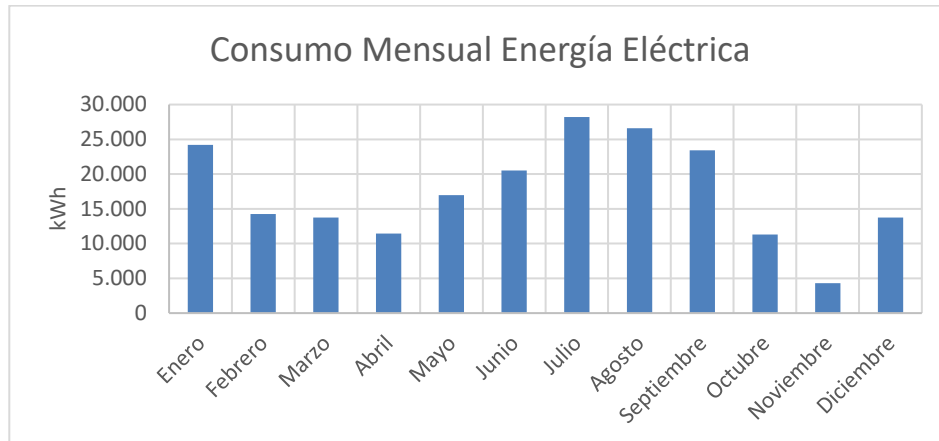
Esquema de la instalación fotovoltaica

2. METODOLOGÍA

En primer lugar, se ha recopilado información acerca de los consumos energéticos del hostel.

- Demanda eléctrica

Para el modelado de la demanda eléctrica, se ha contado con datos reales de un hotel de Benasque de 70 habitaciones, con los debidos ajustes. Se considera que el perfil de demanda es suficientemente comparable y, por tanto, se escala de manera adecuada resultando en un consumo como en el de la figura:



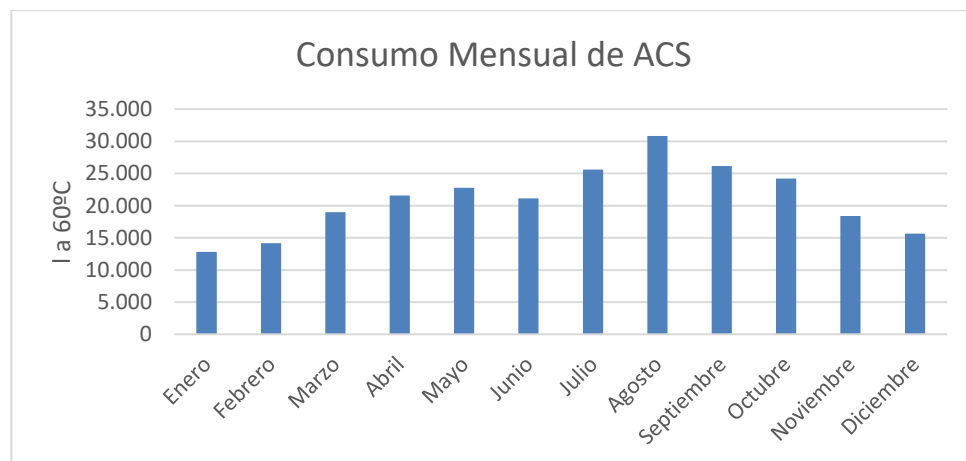
Demanda de energía eléctrica

La demanda eléctrica depende en gran medida del grado de ocupación que, al tratarse de un hostel vacacional, se concentra en verano.

- Demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

El Código Técnico de Edificación o CTE establece un consumo medio de ACS a 60°C de 34 L/día por huésped en hostales de 2 estrellas. Se modela el hostel con un número de 15 habitaciones dobles y 15 individuales, con un aforo máximo son 45 personas.

De acuerdo con los porcentajes de ocupación hotelera en Burgos considerados (Fuente: Instituto Nacional de Estadística) la demanda de ACS tiene el siguiente perfil:



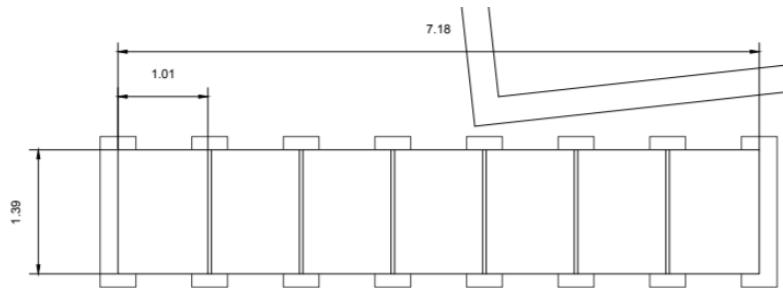
El consumo total anual de ACS es de 383.000 l (equivalente a un consumo medio de 1.050 L/día).

- Cálculo de dimensionado

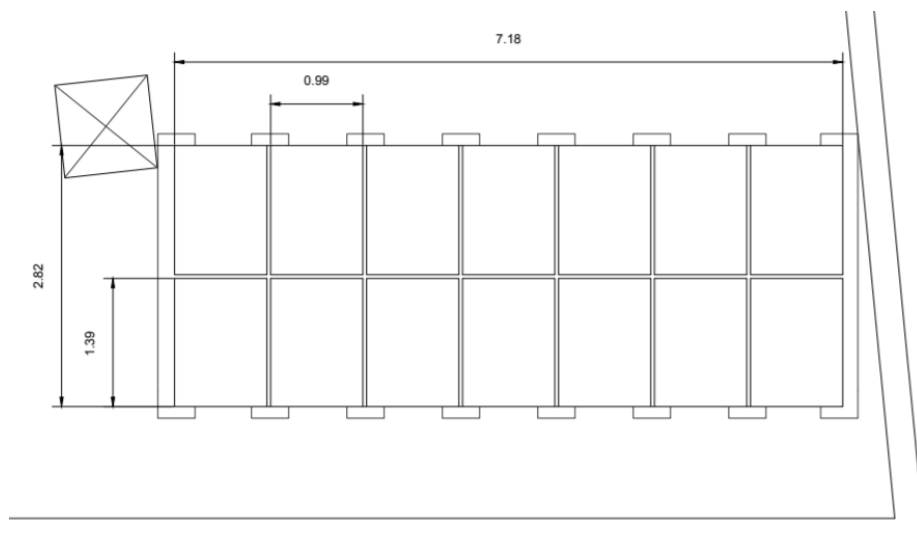
Instalación Fotovoltaica

Teniendo en cuenta el poco espacio disponible en el tejado por los obstáculos hay (salidas al tejado y múltiples salidas de ventilación, modeladas con 2,5m de altura), se decide apostar por una división de la instalación en dos subsistemas.

El primer subsistema tendrá una fila de 7 paneles solares conectados en serie.



El segundo subsistema tendrá dos filas de 7 paneles solares conectados en serie.



Este subsistema se encontrará en la parte sur del tejado, al no contar con edificios altos que puedan afectar a su producción. Ambos subsistemas se conectarán en serie.

Por tanto, la instalación fotovoltaica tendrá las siguientes características:

Número de módulos	21
Número de filas (paralelo)	1
Número de paneles por fila (serie)	21
Potencia nominal de la instalación	6,51 kWp
Tensión en circuito abierto (Voc)	823,20V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,95A
Tensión en Máxima Potencia (Vmpp)	703,50V
Corriente en Máxima Potencia (Impp)	9,25A

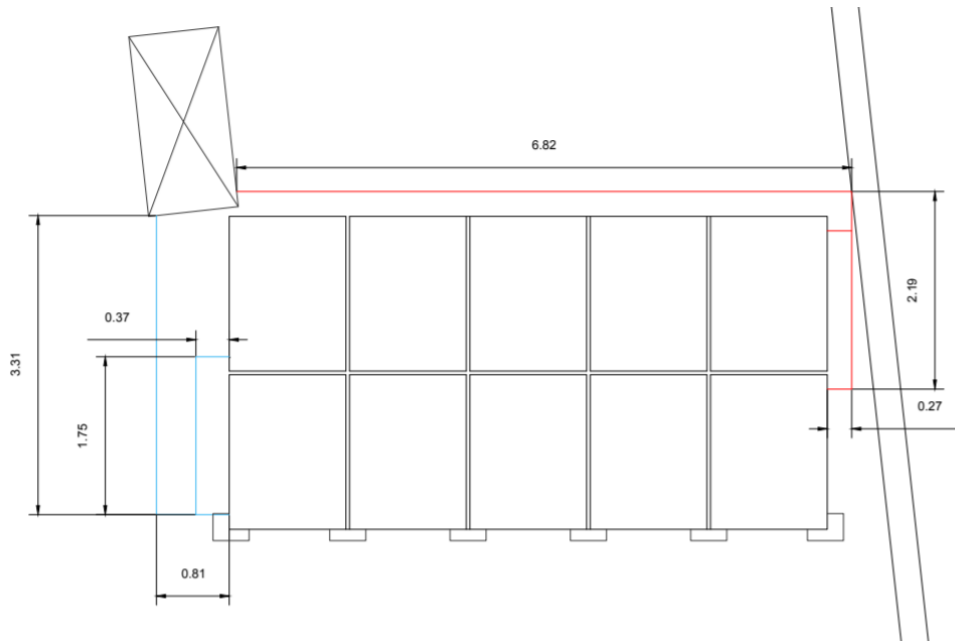
Instalación Fotovoltáica

Un criterio importante del CTE es la contribución renovable mínima, el porcentaje de la energía térmica consumida en un año que proviene de los captadores solares (denominado Fracción Solar).

En este caso, como el consumo máximo de ACS es de 1.530 L/día, la fracción solar mínima es de $f=60\%$. Este mínimo se supera pues la instalación propuesta tiene una fracción solar de 62%.

Tras varias iteraciones del programa CHEQ, utilizado para el dimensionado, se determina el número de captadores térmicos mínimo para cubrir la fracción solar: 10.

El conexionado de los captadores será en paralelo para ahorrar la mayor cantidad de pérdidas posibles en las tuberías del circuito primario. Tendrá una configuración de 2 filas de 5 captadores cada una:

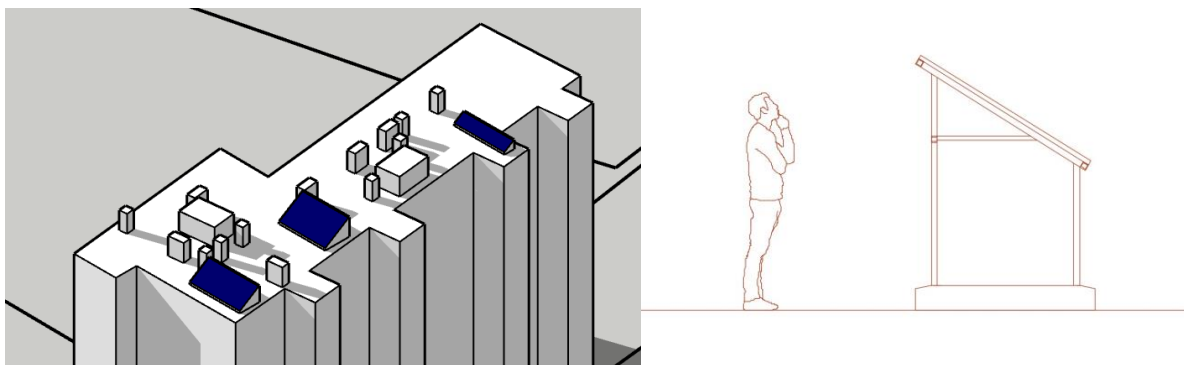


El entramado de tuberías se ha diseñado de acuerdo con el procedimiento de retorno invertido, mediante el cual se iguala la longitud de los circuitos hidráulicos (tuberías) de entrada y salida del circuito primario. Con esto se logra homogeneizar las pérdidas de carga de cada uno de ellos y que el flujo sea uniforme.

- Cálculo de pérdidas por sombreado

Se ha modelado el tejado en 2D y 3D para realizar un análisis de sombras, utilizando los programas AUTOCAD 2018 y SketchUp.

Para reducir la afectación de numerosos obstáculos, modelados con una altura de 2,5m, se elevan los módulos térmicos y paneles una altura de 1 m.



Se obtienen buenos resultados con unas pérdidas por sombreado de (de parte Norte a Sur del tejado):

	Pérdidas por sombras
Subsistema fotovoltaico 1x7	0%
Sistema térmico	0,245%
Subsistema fotovoltaico 2x7	0%

- Programa CHEQ4

Para el dimensionamiento de la instalación térmica solar se utiliza el programa CHEQ4, elaborado por IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y ASIT (la Asociación Solar de la Industria Térmica).

Una vez que se conoce la demanda y la fracción solar a cubrir, se introducen los datos y se realiza un análisis de sensibilidad para saber el número mínimo de captadores solares térmicos se van a instalar.

Si bien existen múltiples programas de subvenciones a la hora de introducir energías renovables, el hostel no cuenta con un gran presupuesto inicial y se decide que se optará por la mínima instalación que cumpla con la normativa vigente.

Por otro lado, el espacio del tejado es limitado y existen muchos obstáculos como salidas de humo que dificultan potencialmente la producción al existir la posibilidad de que puedan arrojar sombra sobre la superficie útil de los captadores térmicos y paneles solares.

De manera que se elige diseñar una instalación térmica con las características:

Emplazamiento de la instalación	Hostal Acanto (2*)
Localidad	Burgos
Altura	860+35=895 m
Sistema	Todo centralizado
Ubicación de la instalación	Tejado 300 m ²
Demanda ACS	1.530 l/día
Circuito primario	54 m
Captador	Ferroli ECOTOP VHM 2.7
Orientación (respecto sur)	0°
Inclinación	32°
Pérdidas sombras	0,245%
Porcentaje anticongelante	40%

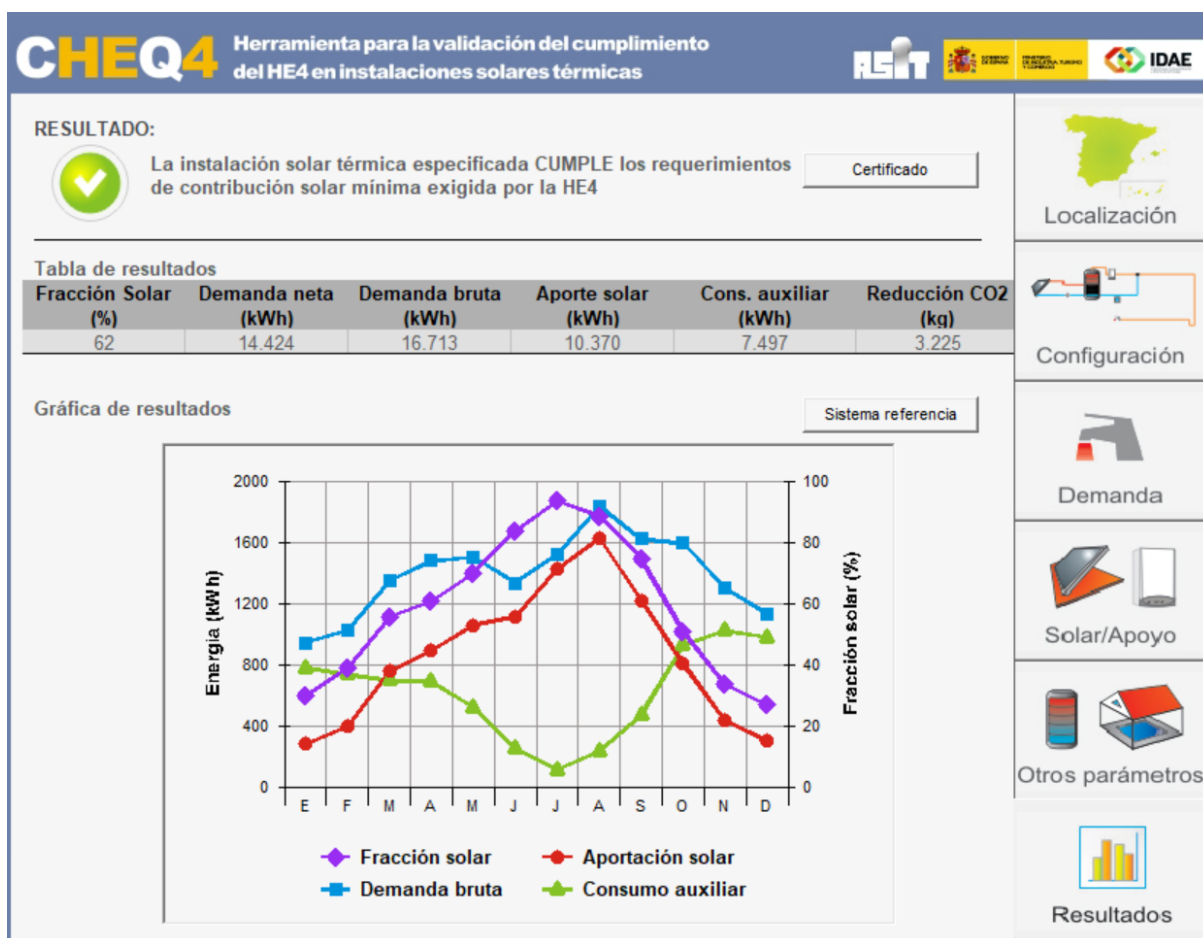
Caudal primario	2.169 l/h
Longitud circuito primario	34 m
Diámetro de las tuberías	24 mm
Espesor del aislante	40 mm
Tipo de aislante	Genérico
Circuito secundario	20 m
Diámetro de las tuberías	24 mm
Espesor del aislante	40 mm
Tipo de aislante	Genérico
Temperatura de distribución	60°C

- Cálculos económicos

Se ha analizado la rentabilidad de las inversiones utilizando el modelo de descuento de flujo de fondos y calculando indicadores como el VAN, la TIR y el periodo de retorno de la inversión.

3. RESULTADOS

La interfaz de los resultados obtenidos en el programa CHEQ4 es la siguiente:



Resultados de la instalación térmica

- Ahorros económicos

Para los cálculos económicos se ha utilizado una tasa de descuento del 3,5%, utilizada en muchas aplicaciones solares.

Instalación fotovoltaica

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Inversión inicial	4.746 €
Placas	2.592 €
Inversor	1.489 €
Cableado y protecciones	666 €
Payback Simple	6,0
VAN	9.137 €
TIR	16,48%
Tasa de descuento	3,50%

Los ingresos mensuales de la instalación son de 1028€, esto es, el ahorro en electricidad, siguiendo la tabla de precios siguiente:

Estos precios dependen de las tres fases en el consumo de electricidad: Punta, Llano y Valle, cada una con sus respectivos precios.

Como se puede observar, la inversión tiene un periodo de recuperación de 6 años. Siendo la vida útil de la instalación cercana a los 25 años y, con un VAN de 9137€ se concluye que la instalación fotovoltaica es altamente rentable.

Instalación térmica

Inversión inicial	8.716 €
Captadores	3.760 €
Interacumulador 3000L	3.500 €
Entramado de tuberías	1.456 €
Payback Simple	15,4
VAN	1.226 €
TIR	4,65%
Tasa de descuento	3,50%

Los ingresos mensuales de la instalación son de 649€, esto es, el ahorro de gasóleo de tipo C en la caldera de apoyo auxiliar.

Como se puede observar, la inversión tiene un periodo de recuperación de 15,4 años. Si bien el VAN resulta positivo, la instalación térmica es, de lejos, mucho menos rentable que la fotovoltaica.

Además, faltan elementos que no se han diseñado por su carácter auxiliar, que harían aún más dudosa la rentabilidad de la instalación.

- Análisis medioambiental

En la instalación térmica, tomando una potencia calorífica de 10,78 kWh/L, un rendimiento de la caldera del 92% se obtiene un ahorro anual en litros de gasóleo C y en kg de CO₂ de:

	L gasóleo	kg CO ₂
TOTAL	884,56	2679,32

En la instalación fotovoltaica, la energía eléctrica ahorrada al año es de 8.490 kWh. Por tanto, las emisiones de CO₂ evitadas serían:

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ evitadas al año} = 8.490 \text{ kWh} * 200 \text{ kg/kWh} = 1.700 \text{ ton de CO}_2$$

4. CONCLUSIONES

Como hemos podido observar, la introducción de energía fotovoltaica representa una opción viable y segura para prácticamente cualquier establecimiento hotelero de España.

Si bien la instalación supone un desembolso económico, la inversión se amortice en pocos años y el resto de la vida útil las instalaciones de energía renovable representan solo beneficios económicos.

Sin embargo, la rentabilidad de una instalación térmica dependerá del consumo de ACS y del espacio disponible. Si bien este tipo de opciones es muy considerable en edificios con mayor consumo y espacio, la tecnología no ha avanzado lo suficiente como para que los equipos sean suficientemente baratos para que salga rentable en pequeños hostales y sobre todo, en zonas del norte de España donde la radiación solar es menor.

5. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] O. y G. de España, “FACTORES DE EMISIÓN: REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO.” https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf (accessed Aug. 26, 2020).

[1] “CTE DB-HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.” <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/#> (accessed Jul. 13, 2020).

[1] “RITE: Versión consolidada Septiembre 2013 Artículo 12. Eficiencia energética IT 1.2 Exigencia de eficiencia energética. IT 1.2.4.2. Redes de tuberías y conductos. IT 1.2.4.2.1. Aislamiento térmico de redes de tuberías IT 1.2.4.2.1.1. Generalidades.”

[1] “Establecimientos, plazas, grados de ocupación y personal empleado por comunidades autónomas y provincias (2066).” <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2066> (accessed Aug. 25, 2020).

ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT WITH SOLAR ENERGY IN A HOTEL

Author: Sanz Muñoz, Jaime

Supervisor: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This Project presents the technical and economic analysis of the installation of both thermal and photovoltaic solar technologies for the heating needs of a medium hotel located in the North of Spain (Burgos city). It combines the economical assessment with the maximization of the renewable energy use and of the energy efficiency. With the development and falling prices of renewable energies, the increase in energy prices and the trend towards distributed generation, the electric self-consumption shows a good investment option for consumers.

Key words: Photovoltaic, Thermal, Solar collector, Domestic hot water (DHW)

“The climate emergency is a race we are losing but it is a race we can win. Technology is on our side”.

António Guterres (UN Secretary-General).

1. INTRODUCTION

We, the world, we are in a climate emergency. We need to reduce our energy consumption and our carbon emissions from fossil fuels really fast as the planet is reaching its limits day by day. But we have also the big opportunity to do it thanks to the massive development of solar and wind technologies with an incredible reduction in their costs.

The project aims to bring renewable energies closer to even the smallest hotel buildings, in this case, to a hostel in the city of Burgos. This city has been chosen precisely because it is not the sunniest region of Spain, therefore, one may think that solar energy is not an option.

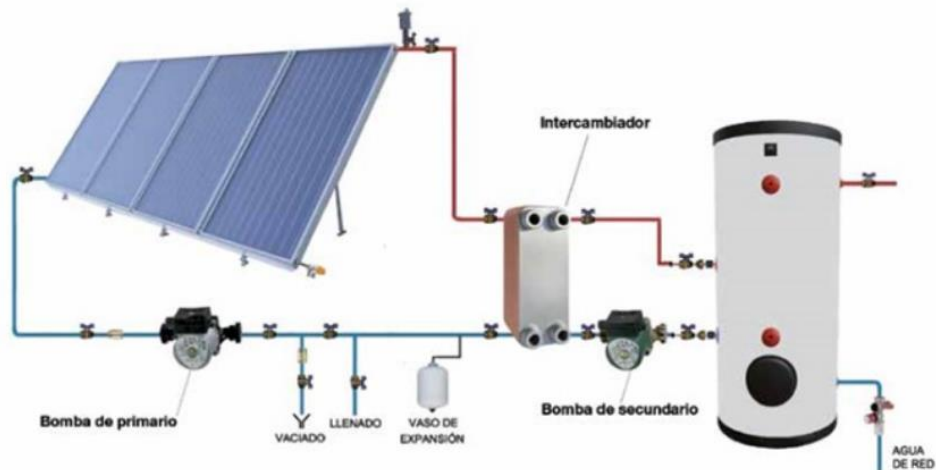
The objective of the project is to design a dual solar installation (photovoltaic and thermal) with a reasonable profitability. In this hotel, it is intended to cover an adequate percentage of electricity as well as domestic hot water.

However, as is done in this project, it is undoubtedly a viable option that will bring with it not only environmental but also economic benefits.

The installations that are proposed are very simple.

The solar thermal installation will have the following components:

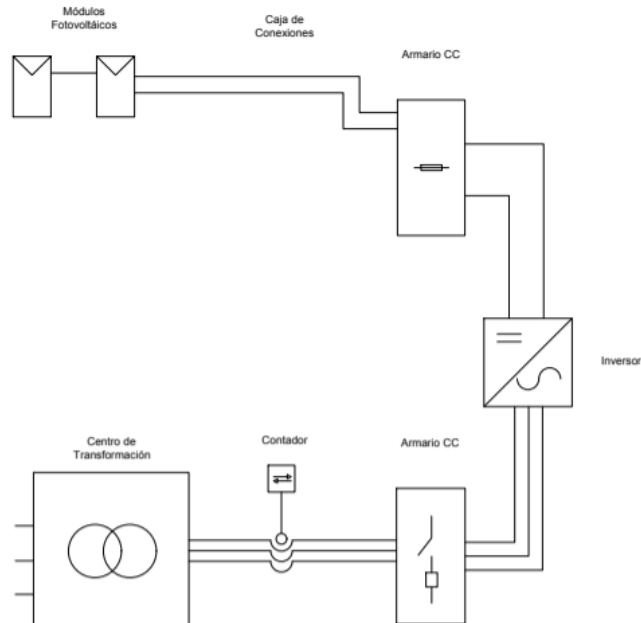
- Collection system: Flat thermal collectors
- Heat exchange system: Plate heat exchanger
- Storage System: Solar Interaccumulator
 - Hydraulic system: pipes, heat transfer fluid and expansion vessel



Scheme of the thermal installation

On the other hand, the photovoltaic system will have the following components:

- Photovoltaic modules (310W each)
- Solar inverter
- Protections and wiring



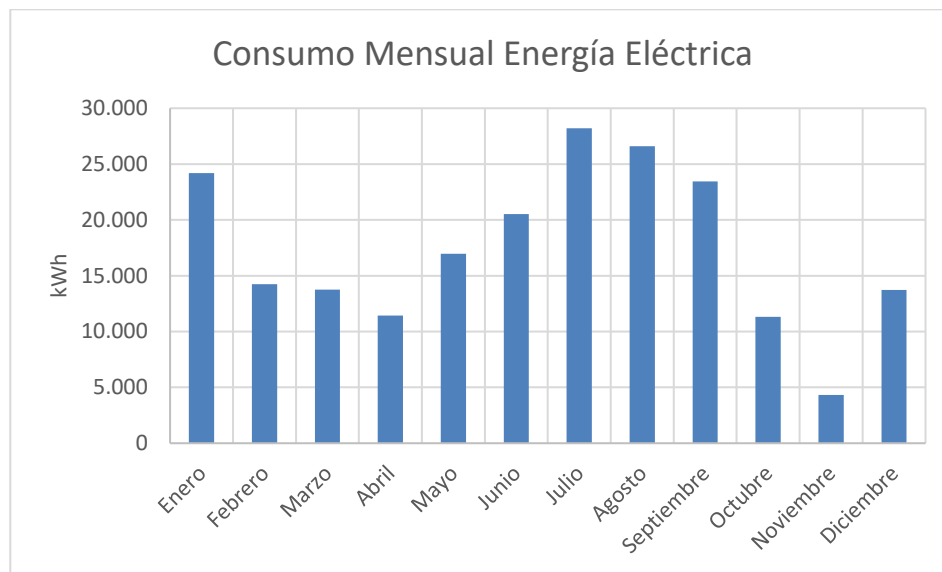
Photovoltaic system diagram

2. METHODOLOGY

Firstly, information has been collected about the energy consumption of the hostel.

- Electric demand

For the modeling of the electricity demand, real data from a hotel in Benasque with 70 rooms has been used, with the appropriate adjustments. It is considered that the demand profile is sufficiently comparable and, therefore, it is adequately scaled resulting in consumption as in the figure:



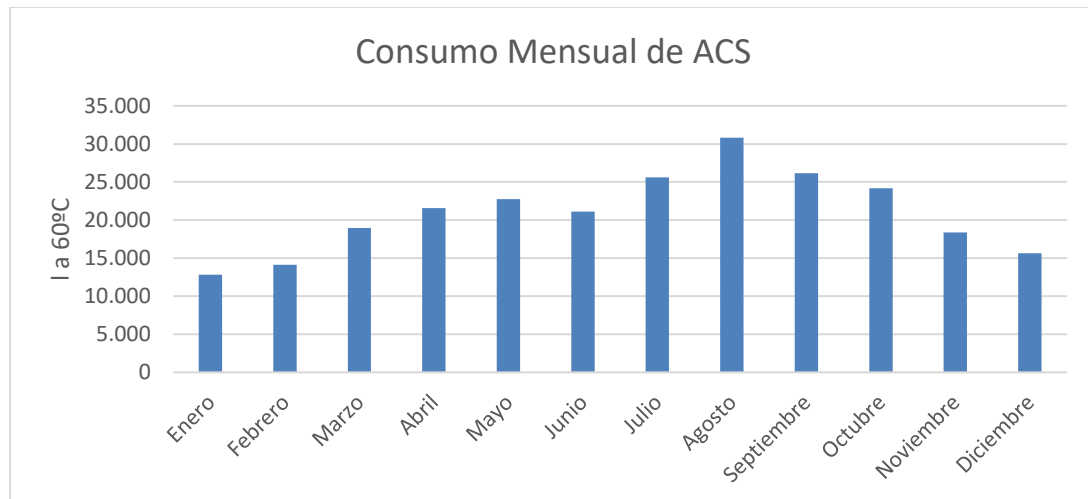
Monthly Electricity Consumption

The demand for electricity depends largely on the degree of occupation, which, being a holiday hostel, is concentrated in summer.

- Domestic Hot Water Demand (DHW)

The Technical Building Code or CTE establishes an average consumption of DHW at 60°C of 34 L/day per guest in 2-star hostels. The hostel is modeled with a number of 15 double rooms and 15 single rooms, with a maximum capacity of 45 people.

According to the percentages of hotel occupancy in Burgos considered (Source: National Institute of Statistics) the demand for DHW has the following profile:



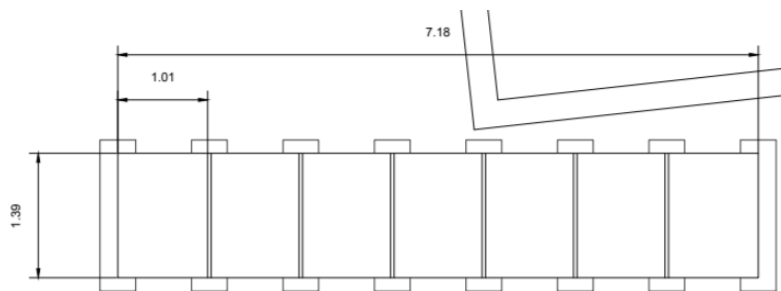
The total annual consumption of DHW is 383,000 l (equivalent to an average consumption of 1,050 l/day).

- Dimensioning calculation

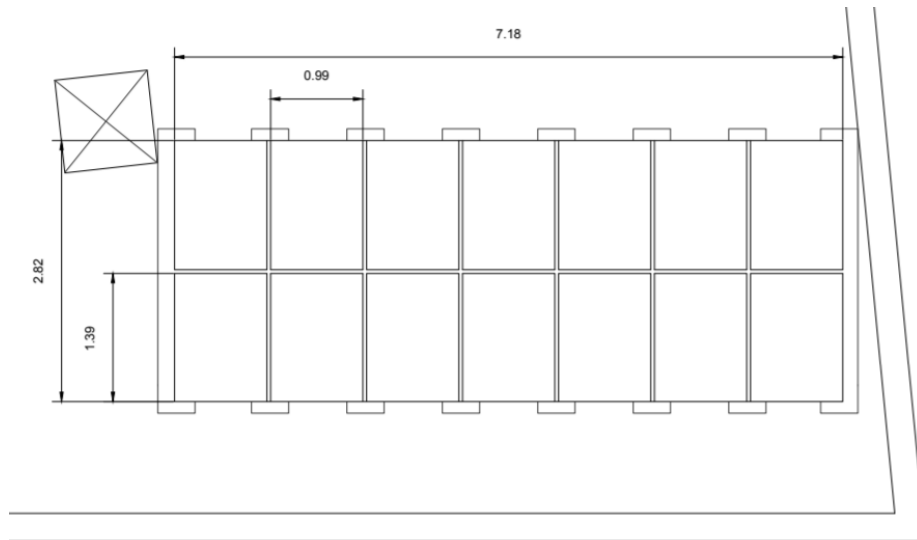
Photovoltaic Facility

Taking into account the limited space available on the roof due to the obstacles (exits to the roof and multiple ventilation outlets, modelled at 2.5m in height), it was decided to opt for a division of the system into two subsystems.

The first subsystem will have a row of 7 solar panels connected in series.



The second subsystem will have two rows of 7 solar panels connected in series.



This subsystem will be located on the south side of the roof, as there are no tall buildings that could affect its production. Both subsystems will be connected in series.

Therefore, the photovoltaic installation will have the following characteristics:

Number of modules	21
Number of rows (parallel)	1
Number of panels per row (series)	21
Nominal power of the installation	6,51 kWp
Open circuit voltage (Voc)	823,20V
Short circuit current (Isc)	9,95A
Maximum Power Voltage (Vmpp)	703,50V
Current at Maximum Power (Impp)	9,25A

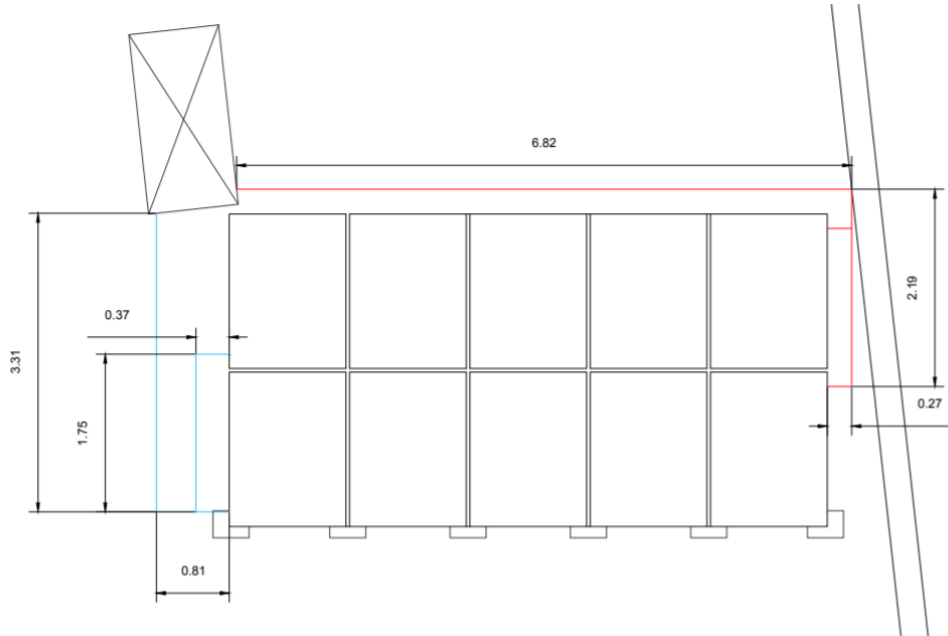
Thermal Facility

An important criterion of the CTE is the minimum renewable contribution, the percentage of thermal energy consumed in a year that comes from solar collectors (called Solar Fraction).

In this case, as the maximum consumption of DHW is 1,530 l/day, the minimum solar fraction is $f=60\%$. This minimum is exceeded because the proposed installation has a solar fraction of 62%.

After several iterations of the CHEQ program, used for sizing, the minimum number of thermal collectors to cover the solar fraction is determined: 10.

The connection of the collectors will be in parallel in order to save as many losses as possible in the primary circuit pipes. It will have a configuration of 2 rows of 5 collectors each:

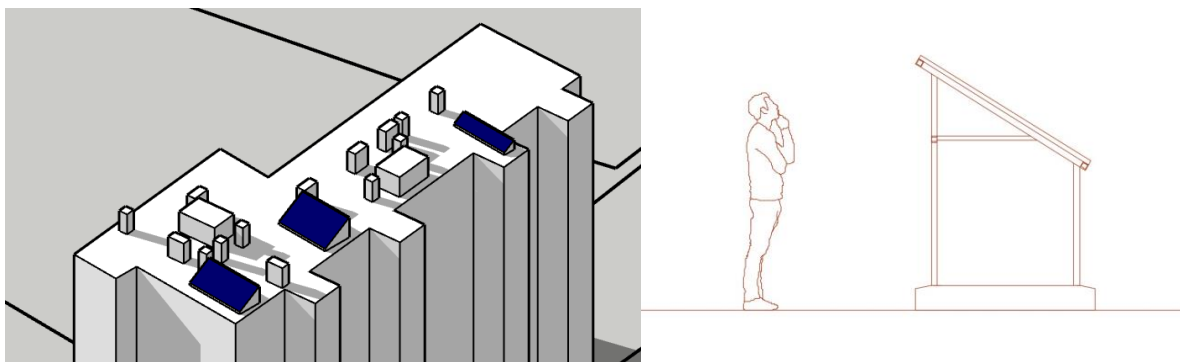


The pipe network has been designed in accordance with the reverse return procedure, by which the length of the hydraulic circuits (pipes) in and out of the primary circuit is equalized. This makes it possible to homogenize the pressure losses in each one of them and to ensure that the flow is uniform.

- Shading loss calculation

The roof has been modeled in 2D and 3D for shadow analysis, using the programs AUTOCAD 2018 and SketchUp.

To reduce the effect of numerous obstacles, modelled at a height of 2.5m, the thermal modules and panels are raised by 1m.



Good results are obtained with shading losses from (north to south side of the roof):

	Shadow losses
Photovoltaic subsystem 1x7	0%
Thermal system	0,245%
2x7 photovoltaic subsystem	0%

- Program CHEQ4

The CHEQ4 program, developed by the IDAE (Institute for Energy Diversification and Saving) and ASIT (the Solar Thermal Industry Association), is used for sizing the solar thermal installation.

Once the demand and the solar fraction to be covered is known, the data is introduced and a sensitivity analysis is carried out to know the minimum number of solar thermal collectors to be installed.

Although there are multiple subsidy programs when introducing renewable energies, the hostel does not have a large initial budget and it is decided that the minimum installation that complies with current regulations will be chosen.

On the other hand, the roof space is limited and there are many obstacles such as smoke exits that potentially hinder production as there is the possibility that they can cast a shadow over the useful surface of the thermal collectors and solar panels.

So the to design of the thermal installation has the characteristics:

Location of the installation	Acanto Hostel (2*)
Location	Burgos
Height	860+35=895 m
System	All centralized
Location of the installation	Roof 300 m2
DHW Demand	1.530 l/day
Primary circuit	54 m
Collector	Ferroli ECOTOP VHM 2.7
Orientation (with respect to the south)	0°
Tilt	32°
Shadow loss	0,245%
Antifreeze percentage	40%

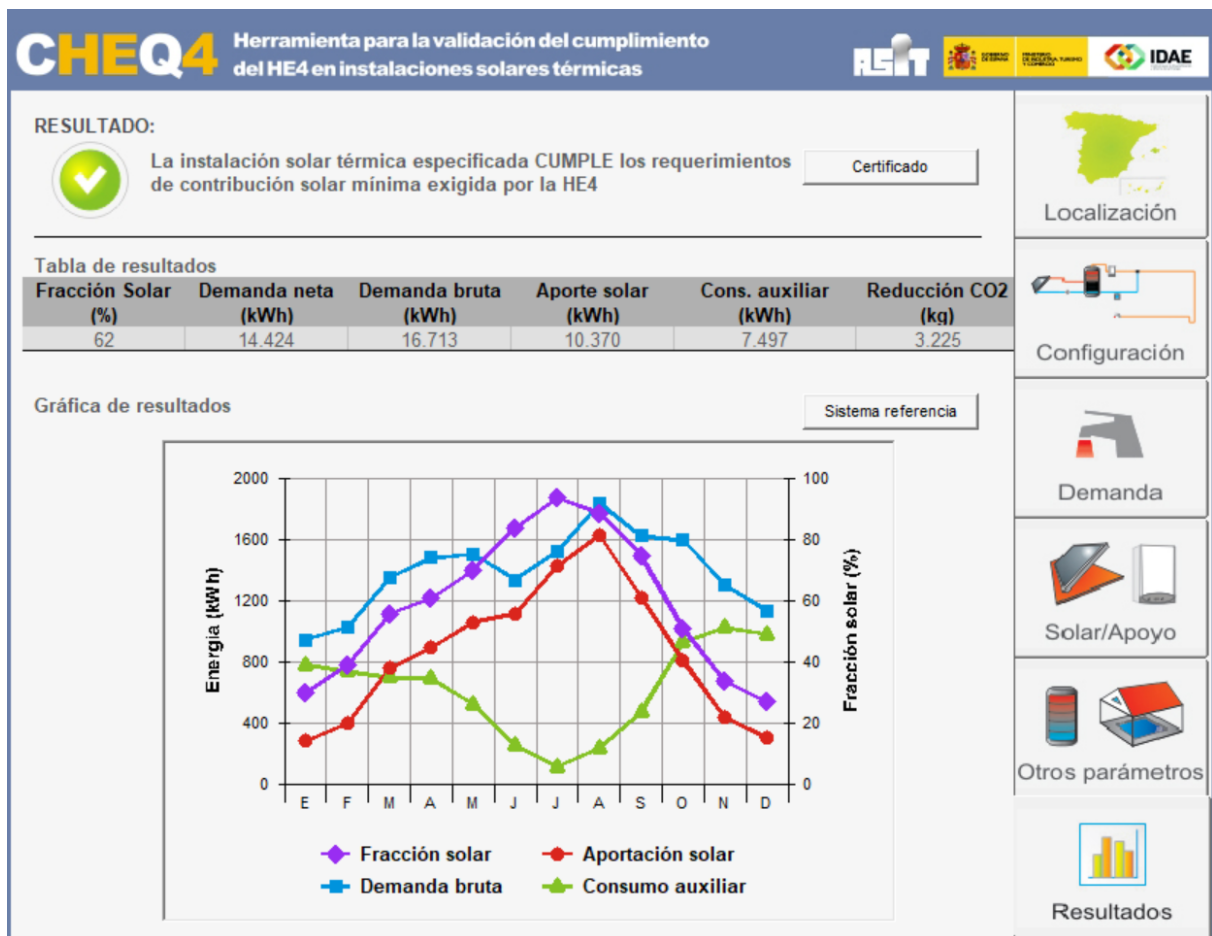
Primary flow	2.169 l/h
Primary circuit length	34 m
Diameter of pipes	24 mm
Insulator thickness	40 mm
Type of insulator	Generic
Secondary circuit	20 m
Diameter of pipes	24 mm
Insulator thickness	40 mm
Type of insulator	Generic
Distribution temperature	60°C

- Economic calculations

The profitability of the investments has been analyzed using the discounted cash flow model and calculating indicators such as NPV, IRR and return on investment period.

3. RESULTS

The interface of the results obtained in the CHEQ4 program is as follows:



- Economic Savings

A discount rate of 3.5%, used in many solar applications, has been used for the economic calculations.

Photovoltaic Facility

The results obtained are as follows:

Inversión inicial	4.746 €
Placas	2.592 €
Inversor	1.489 €
Cableado y protecciones	666 €
Payback Simple	6,0
VAN	9.137 €
TIR	16,48%
Tasa de descuento	3,50%

As you can see, the investment has a payback period of 6 years. Being the useful life of the installation close to 25 years and, with a NPV of 9137 euros, it is concluded that the photovoltaic installation is highly profitable.

Thermal Facility

Inversión inicial	8.716 €
Captadores	3.760 €
Interacumulador 3000L	3.500 €
Entramado de tuberías	1.456 €
Payback Simple	15,4
VAN	1.226 €
TIR	4,65%
Tasa de descuento	3,50%

As can be seen, the investment has a payback period of 15.4 years. Although the NPV is positive, the thermal installation is by far less profitable than the photovoltaic one.

In addition, there are some elements that have not been designed because of their auxiliary nature, which would make the profitability of the installation even more doubtful.

- Environmental analysis

In the thermal installation, taking a heating power of 10.78 kWh/l, a boiler efficiency of 92% results in annual savings in liters of diesel oil C and in kg of CO₂ of:

	l diesel oil	kg CO ₂
TOTAL	884,56	2679,32

In the photovoltaic installation, the electrical energy saved per year is 8,490 kWh. Therefore, the CO₂ emissions avoided would be:

$$\text{CO}_2 \text{ emissions avoided per year} = 8,490 \text{ kWh} * 200 \text{ kg/kWh} = 1,700 \text{ ton of CO}_2$$

4. CONCLUSIONS

As we have seen, the introduction of photovoltaic energy represents a viable and safe option for practically any hotel establishment in Spain.

Although the installation involves an economic outlay, the investment is amortized in a few years and the rest of the useful life of the renewable energy installations represents only economic benefits.

However, the profitability of a thermal installation will depend on the consumption of DHW and the available space. Although this type of option is very considerable in buildings with greater consumption and space, the technology has not advanced enough to make the equipment cheap enough to be profitable in small hostels and especially in areas of northern Spain where solar radiation is lower.

9. REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY

- [1] O. y G. de España, “FACTORES DE EMISIÓN: REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO.” https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf (accessed Aug. 26, 2020).
- [2] “CTE DB-HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.” <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/#> (accessed Jul. 13, 2020).
- [3] “RITE: Versión consolidada Septiembre 2013 Artículo 12. Eficiencia energética IT 1.2 Exigencia de eficiencia energética. IT 1.2.4.2. Redes de tuberías y conductos. IT 1.2.4.2.1. Aislamiento térmico de redes de tuberías IT 1.2.4.2.1.1. Generalidades.”
- [4] “Establecimientos, plazas, grados de ocupación y personal empleado por comunidades autónomas y provincias(2066).” <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2066> (accessed Aug. 25, 2020).

Índice del Proyecto

Capítulo 1. MEMORIA.....	9
1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	9
1.1.1 Introducción.....	9
1.1.2 Objetivos Técnicos.....	10
1.1.3 Estado de la Cuestión.....	10
1.1.4 Descripción del Hostal.....	11
1.1.5 Descripción de las Instalaciones.....	12
1.1.6 Programas Utilizados.....	24
1.2 MEMORIA DE CÁLCULO.....	37
1.2.1 Datos del Emplazamiento.....	37
1.2.2 Datos Climáticos.....	38
1.2.3 Demanda del Hostal.....	41
1.2.4 Diseño.....	45
1.2.5 Pérdidas por orientación, inclinación y sombras.....	76
1.3 ESTUDIO ECONÓMICO.....	85
1.3.1 Análisis de la Rentabilidad.....	85
1.3.2 Instalación Térmica.....	86
1.3.3 Instalación Fotovoltaica.....	86
1.3.4 Conclusión.....	87
1.4 IMPACTO AMBIENTAL.....	89
1.4.1 Instalación Fotovoltaica.....	89
1.4.2 Instalación Térmica.....	90
1.5 ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA.....	93
1.5.1 Anexo 1: Modelo económico de la Instalación Solar Térmica.....	94
1.5.2 Anexo 1: Modelo económico de la Instalación Solar Fotovoltaica.....	96
1.5.3 Anexo 3: Alineamiento del Proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	99
1.5.4 Bibliografía Y Referencias.....	103
Capítulo 2. PLANOS.....	105
2.1 LISTADO DE PLANOS.....	105
2.2 PLANOS.....	105
Capítulo 3. PLIEGO DE CONDICIONES.....	115

3.1	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS	115
3.1.1	<i>Normativa de Aplicación</i>	115
3.1.2	<i>Normativa de Consulta</i>	116
3.2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES	117
3.2.1	<i>Instalación fotovoltaica</i>	117
3.2.2	<i>Instalación térmica</i>	124
3.3	SEGURIDAD	133
Capítulo 4. PRESUPUESTO		137

Índice de Figuras

Figura 1: Previsión de la demanda según el tipo de energía	11
Figura 2: Planta del tejado.....	12
Figura 3: Esquema de nuestra instalación térmica con los diferentes subsistemas.....	13
Figura 4: Elementos de un captador solar	14
Figura 5: Maneras de conectar los módulos: paralelo.....	15
Figura 6: Interacumulador solar	17
Figura 7: Bomba.....	18
Figura 8: Vasos de expansión.....	18
Figura 9: Válvula de seguridad	19
Figura 10: Sistema de control.....	20
Figura 11: Módulos solares del fabricante Atersa.....	21
Figura 12: Curva de potencia de un panel solar	22
Figura 13: Estructura soporte de paneles fotovoltaicos	24
Figura 14: Condiciones ambientales y climatológicas de la ubicación.....	26
Figura 15: Diferentes configuraciones de nuestra instalación	26
Figura 16: Configuración para consumo múltiple con todo centralizado	27
Figura 17: Configuración para consumo múltiple con apoyo distribuido.....	28
Figura 18: Configuración para consumo múltiple con apoyo distribuido.....	29
Figura 19: Instalación para consumo múltiple con intercambio distribuido:	30
Figura 20: Demanda energética.....	31
Figura 21: Parametrización del campo de captadores	32
Figura 22: Parametrización del volumen de captación y circuitos de distribución.....	34
Figura 23: Resultados obtenidos	35
Figura 24: Ubicación del emplazamiento.....	37
Figura 25: Imagen del emplazamiento de la instalación	38
Figura 26: Tabla de radiación media, temperatura de red y ambiental	39
Figura 27: Zonas climáticas	40
Figura 28: Consumo mensual de electricidad del hostal.....	41
Figura 29: Demanda mensual de ACS	43

Figura 30: Datos introducidos en el programa CHEQ4	44
Figura 31: Número de captadores en función de la fracción solar	46
Figura 32: Datos introducidos en el programa CHEQ4	47
Figura 33: Resultados obtenidos por el programa CHEQ4.....	48
Figura 34: Captador solar FERROLI ECOTOP VHM 2.7	50
Figura 35: Características técnicas interacumuladores LAPESA	55
Figura 36: Histórico de temperaturas de Burgos.....	56
Figura 37: Temperatura de protección del FLUIDOSOL	57
Figura 38: Intercambiador de placas elegido	59
Figura 39: Ábaco de pérdidas de carga continua en tuberías de cobre	61
Figura 40: Entramado de tuberías exteriores del circuito primario.....	62
Figura 41: Boceto de la estructura soporte	64
Figura 42: Estructura soporte	65
Figura 43: Resultados obtenidos por el programa CHEQ4.....	66
Figura 44: Configuración del subsistema fotovoltaico 1x7	67
Figura 45: Configuración del subsistema fotovoltaico 2x7	68
Figura 46: Producción de la instalación fotovoltaica	69
Figura 47: Generación fotovoltaica comparada con el consumo del hostel.....	69
Figura 48: Módulo ATERSA A-310 GS.....	70
Figura 49: Inversor PIKO IQ 5.5	71
Figura 50: Gráfica de rendimiento del inversor	72
Figura 51: Porcentaje de energía respecto del máximo posible en función de la inclinación y orientación.....	77
Figura 52: Vista del tejado del hostel (Fuente: Google Earth).....	77
Figura 53: Modelado del tejado en 3D.....	78
Figura 54: Diagrama de trayectorias del Sol	79
Figura 55: Obstáculos del sistema térmico	80
Figura 56: Obstáculos del sistema térmico	80
Figura 57: Silueta de los obstáculos del sistema térmico.....	81
Figura 58: Obstáculos del subistema fotovoltaico 1x7	82
Figura 59: Obstáculos del subistema fotovoltaico 1x7	82

Figura 60: Silueta de los obstáculos del subistema fotovoltaico 1x7.....	83
Figura 61: Tabla de precios de electricidad	86
Figura 62: Emisiones y factor de emisión de CO ₂	90
Figura 63: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	99

Índice de Tablas

Tabla 1: Coeficientes de pérdidas térmicas según aislante	33
Tabla 2: Zonas climáticas por radiación media anual	40
Tabla 3: Consumo de ACS por persona según tipo de establecimiento.....	42
Tabla 4: Demanda mensual de ACS	43
Tabla 5: Datos de consumos.....	45
Tabla 6: Descripción de la instalación térmica	49
Tabla 7: Características del captador solar FERROLI, modelo ECOTOP VHM 2.7	49
Tabla 8: Consumos instantáneos de ACS por tipo de aparato	51
Tabla 9: Consumo de ACS en las habitaciones.....	52
Tabla 10: Consumo de ACS en los servicios del hotel	52
Tabla 11: Coeficientes de simultaneidad	53
Tabla 12: Tabla de tuberías exteriores del circuito primario	63
Tabla 13: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.....	63
Tabla 14: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios	63
Tabla 15: Características del módulo ATERSA A-310 GS	70
Tabla 16: Características de la instalación fotovoltaica	71
Tabla 17: Porcentaje de pérdidas límite	76
Tabla 18: Tabla de referencia para pérdidas por sombras.....	79
Tabla 19: Factores de generación de CO ₂ según el combustible	91
Tabla 20: Frecuencia de operaciones de mantenimiento en instalaciones de energía solar térmica	132

Capítulo 1. MEMORIA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

El objetivo principal de este proyecto es fomentar el uso de las energías renovables en comercios y hoteles, por pequeños que sean.

El proyecto desarrolla una instalación doble de energía solar térmica y fotovoltaica, que dará una cobertura parcial de las necesidades de agua caliente sanitaria (ACS) y electricidad, respectivamente, en un pequeño hotel de Burgos.

1.1.1 INTRODUCCIÓN

El **turismo** es una industria dinámica clave para el desarrollo de las economías. Sin ir más lejos, en términos de PIB y empleo, el turismo representa el sector que más riqueza aporta a la economía española. De hecho, en 2007, se creó el llamado Plan del Turismo Español Horizonte 2020, que indicaba las estrategias y objetivos para afrontar con éxito el reto de lograr que el sistema turístico español sea el más competitivo y sostenible, aportando el máximo bienestar social.

Cabe esperar por ello, que los negocios dedicados al sector turístico deban apostar por estrategias y medidas que, aparte de fomentar la actividad económica, ayuden a mitigar los efectos del cambio climático y la mejora del uso de la energía.

En este contexto, se presenta el **uso de energías renovables** como una alternativa óptima como fuente de energía para satisfacer la demanda de un hotel. En especial, el uso de energía solar. En este proyecto se estudia el diseño de una instalación con energía solar que incluya tanto placas fotovoltaicas como térmicas.

La inversión puede ser importante, pero hay que tener en cuenta que estamos pagando de una vez la energía que consumiremos en 20 o más años. Una vez amortizada la instalación, se pueden empezar a recoger beneficios. Además, existen programas de ayudas, desgravaciones fiscales y fórmulas de financiación que facilitan un impacto económico mínimo.

Este proyecto pretende acercar las energías renovables al consumidor pequeño y mediano. Por este motivo, se plantea la instalación en un **hostal de 2 estrellas en la provincia de Burgos**.

Dicho hostal tiene una caldera de gasóleo, contaminante e ineficiente, para la calefacción y ACS. Con la nueva instalación solar térmica se reducirá el consumo de gasóleo con el correspondiente ahorro.

Las instalaciones de energía solar fotovoltaica permiten el aprovechamiento de la radiación del sol incidente sobre los módulos para su transformación en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. La electricidad generada puede ser utilizada con dos finalidades: para consumo en el lugar de generación y para inyectarla y venderla a la red. En este caso se dedicará a cubrir las necesidades de electricidad del hostal.

1.1.2 OBJETIVOS TÉCNICOS

Los objetivos técnicos del proyecto son:

- Encontrar y evaluar posibles soluciones

Hemos fijado un espacio plano de 300 m² para la instalación completa. Dentro del rango de posibles soluciones, se priorizará el diseño de la instalación térmica para cubrir el consumo de ACS, para después completarla con los paneles fotovoltaicos.

- Instalación solar óptima

En el aspecto económico, se optimizará el ahorro y el plazo de rentabilidad de la instalación. En el aspecto medioambiental, se analizará el volumen de emisiones de efecto invernadero. Dentro de la parte de la instalación con energía fotovoltaica, se elegirán los módulos, inversor(es) y demás componentes secundarios. En el área térmica, se elegirán los captadores solares, los circuitos primario y secundario, el intercambiador y demás componentes secundarios.

1.1.3 ESTADO DE LA CUESTIÓN

La **introducción de energías renovables** no es algo que se haya llevado a cabo de la noche a la mañana. Entra en juego, además, la necesidad de sustituir las fuentes de energía contaminantes por motivos tanto económicos como ‘eco-friendly’. En la última década se ha apostado principalmente por cuatro tipos de energía renovable: geotérmica, de biomasa, eólica y solar. Vemos algunos ejemplos:

- El *Hotel Gamero* se trata de uno de los primeros proyectos geotérmicos de Castilla – La Mancha. El sistema de captación geotérmica proyectado para la climatización del hotel Gamero se compone de 3 pozos de agua de 110 m de profundidad cada uno, donde el primer pozo actúa como pozo de extracción y los dos restantes como pozos sumidero.
- En el ámbito de la energía de biomasa destaca el *Hostal The Hat*, en Madrid, por su combinación de tres sistemas ECO-G para producir y climatizar ACS con el calor residual del motor junto con una caldera ecológica de biomasa de huesos de aceituna.
- Muchos hoteles han apostado, también, por la energía eólica. *Casa Calixto*, cerca de Albacete, ha apostado por construir un aerogenerador a 21m de altura, que ha permitido maximizar la eficiencia de los equipos instalados.
- En cuanto a la energía solar, ya se han hecho numerosas instalaciones en todo el mundo. La energía del sol es inagotable y limpia, y los costos de operación de los paneles solares son extremadamente bajos debido al equipo técnico de larga vida útil. Las tecnologías basadas en energía solar fotovoltaica tienen muchas **ventajas**. Entre ellos están:
 - Mayor independencia de la red y de conexiones no fiables

- Satisfacer la demanda de sostenibilidad de muchos huéspedes ecoturistas
- Avance en el objetivo de proteger el medio ambiente, disminuyendo el consumo de energía primaria de origen fósil y las emisiones de CO₂
- Reducción de la dependencia de los costes de la energía convencional, que podrían subir en el futuro

En el siguiente gráfico se puede muestra la previsión de demanda según el tipo de energía hasta 2100.

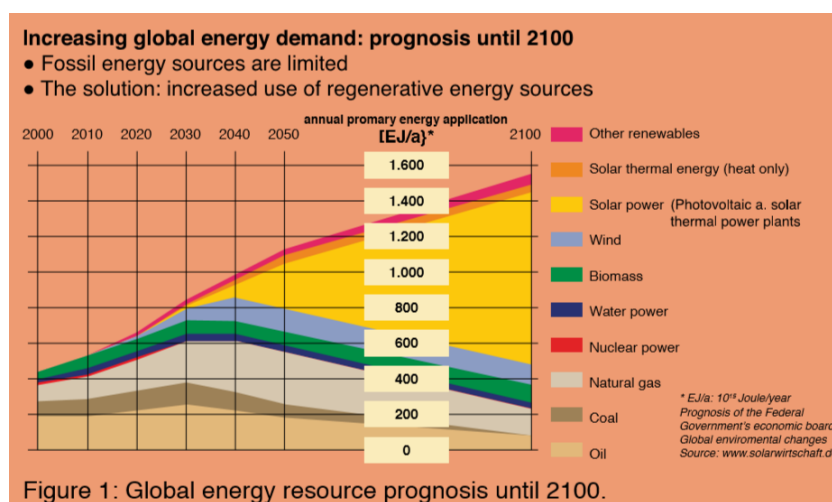


Figure 1: Global energy resource prognosis until 2100.

Fuente: International Renewable Energy Agency

Figura 1: Previsión de la demanda según el tipo de energía

Como podemos observar la energía solar (en amarillo), tanto fotovoltaica como térmica, se postulan como la energía del futuro.

1.1.4 DESCRIPCIÓN DEL HOSTAL

El edificio hostelero objeto de este proyecto es el Hostal Acanto, situado en la ciudad de Burgos, en la provincia de Burgos, en la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Comparte edificio con el hostel Arlanzón.

Se trata de un hostel pequeño, de 2 estrellas, situado en la calle Vitoria 261, Burgos.

Este establecimiento ofrece habitaciones con calefacción, baño privado, TV y conexión Wi-Fi gratuita. Se encuentra a 4 km de la catedral de Burgos y a 10 minutos en autobús del centro histórico de la ciudad.

Las instalaciones que se van a diseñar estarán ubicadas en el tejado, que tiene las siguientes características:

- Es plano
- Está a unos 35 m de altura
- Tiene unos 300 m²
- Con obstáculos como salidas al tejado y salidas de humo (de 2,5m de altura)

El tejado tiene la siguiente planta:

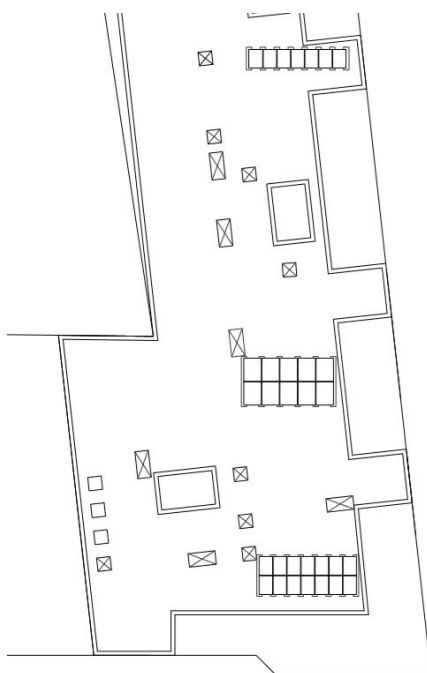


Figura 2: Planta del tejado

1.1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Para mitigar el consumo de gasóleo de la caldera que está instalada en el hotel, se diseña una instalación solar térmica con captadores planos. Esta instalación estará destinada al apoyo de abastecimiento de ACS o Agua Caliente Sanitaria a las habitaciones del hotel. En la memoria de cálculo se detallarán los detalles del diseño.

Asimismo, se realiza una instalación de energía solar fotovoltaica que aliviará la demanda eléctrica del hostal.

A continuación, se describen ambas instalaciones.

1.1.5.1 Instalación Solar Térmica

Una instalación de energía solar térmica concentra el calor del Sol acumulado en unas placas especiales denominadas colectores o captadores solares y la transmite a un fluido caloportador, que a su vez calienta en el intercambiador de calor, bien el agua potable que sale de los grifos

y duchas de la casa, bien el sistema hidráulico de calefacción, sin producir electricidad - al contrario que las placas fotovoltaicas, que sí generan corriente eléctrica con el efecto fotoeléctrico.

A continuación, se muestra un esquema típico de una instalación térmica:

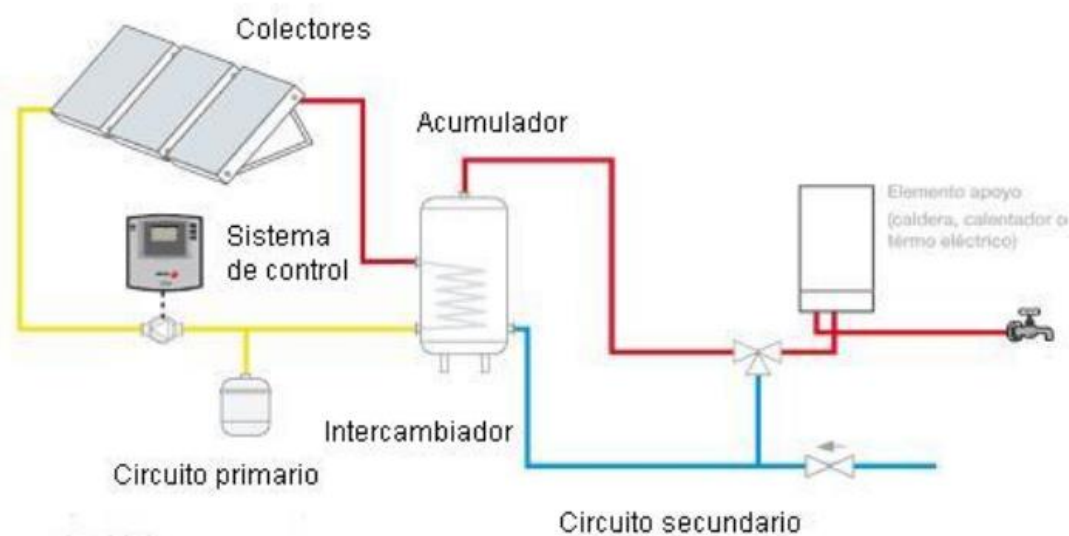


Figura 3: Esquema de nuestra instalación térmica con los diferentes subsistemas

A continuación, se muestran las características de los componentes principales de la instalación solar térmica:

- **Captadores solares planos**

Un captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma la radiación solar en energía térmica. Tiene una buena relación coste/ efectividad en climas moderados y se adapta a numerosas aplicaciones de energía solar térmica.

Son los más habituales en las instalaciones (95 % de las instalaciones montadas llevan este tipo de captador solar) y disponen de cubierta transparente, absorbedor, carcasa y aislante (además lógicamente de la parte hidráulica). Son más rígidos y duraderos que los demás tipos. Son mucho más resistentes a agresiones vandálicas o meteorológicas.

Por ello, desde el primer momento se decide apostar por este sistema de captación.

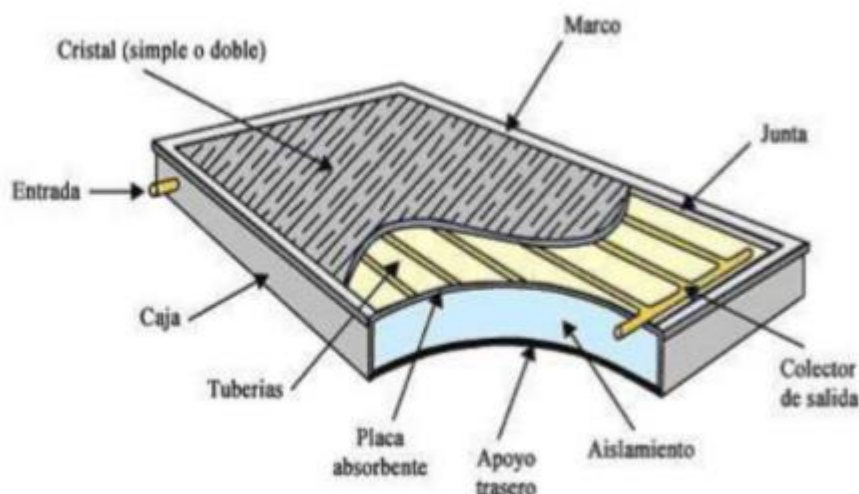


Figura 4: Elementos de un captador solar

Los colectores solares se componen de los siguientes elementos:

- Cubierta: Es transparente, puede estar presente o no. Generalmente es de vidrio, aunque también se utilizan de plástico, ya que es menos caro y manejable, pero debe ser un plástico especial. Su función es minimizar las pérdidas por convección y radiación y por ello debe tener una transmitancia solar lo más alta posible.
- Canal de aire: Es un espacio (vacío o no) que separa la cubierta de la placa absorbente. Su espesor se calculará teniendo en cuenta el fin de equilibrar las pérdidas por convección y las altas temperaturas que se pueden producir si es demasiado estrecho.
- Placa absorbente: La placa absorbente es el elemento que absorbe la energía solar y la transmite al líquido que circula por las tuberías. La principal característica de la placa es que debe tener una gran absorción solar y una emisión térmica reducida. Como los materiales comunes no cumplen con este requisito, se utilizan materiales combinados para obtener la mejor relación absorción / emisión.
- Tubos o conductos: Los tubos están tocando (a veces soldadas) la placa absorbente para que el intercambio de energía sea lo más grande posible. Para los tubos circula el líquido que se calentará e irá hacia el tanque de acumulación.
- Capa aislante: La finalidad de la capa aislante es recubrir el sistema para evitar y minimizar pérdidas. Por qué el aislamiento sea lo mejor posible, el material aislante deberá tener una baja conductividad térmica.

- Maneras de conectar los captadores solares:

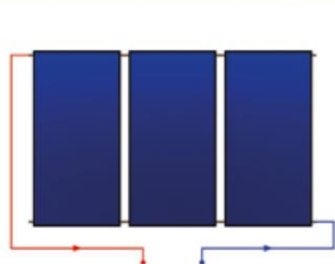
-En serie: De la salida de un captador se pasa a la entrada del captador siguiente. De esta manera el incremento de las temperaturas es bastante elevado, aunque de caudal de circulación bajo y elevadas pérdidas de carga, dificultando el trabajo de la bomba de agua.

-En paralelo: En el circuito en paralelo, el flujo circulante se divide en las ramas en paralelo. Cuando pasa el fluido por el captador, incrementa su temperatura a un valor similar en todos los paneles que forman esta batería (se le llama batería a cada una de estas unidades de no mayor de 5 paneles de captadores conectados en paralelo o en serie), siempre que el caudal que circula sea el mismo, al igual que la radiación solar a la que es expuesta.

-Serie-paralelo: En una conexión de gran tamaño es difícil tener un equilibrio total a través de una conexión solamente en paralelo, por las largas longitudes de tubos que ocuparía.

En la siguiente imagen se muestra el conexionado de la instalación:

Batería o Fila / Array or Row / Bateria ou Fila



Sistema de conexión que permite un ahorro en la tubería que alimenta cada zona del campo de captación. Está limitada a un número máximo de elementos para evitar la pérdida de rendimiento en los últimos captadores y tensiones por dilatación en los tubos colectores de éstos.

A connection system that reduces the amount of pipework that feeds each area of the collection field. It is limited to a maximum number of elements to prevent loss of performance in the final collectors and pressure due to expansion in their collecting pipes.

Sistema de ligação que permite poupar na tubagem que alimenta cada zona do campo de captação. Está limitada a um número máximo de elementos para evitar a perda de rendimento nos últimos colectores e tensões por dilatação nos tubos colectores respetivos.

Figura 5: Maneras de conectar los módulos: paralelo

- **Circuito primario**

Se trata de un circuito cerrado que transporta un fluido caloportador desde los captadores hasta el intercambiador. Una vez enfriado, vuelve al colector para volver a calentarse.

El circuito hidráulico cumplirá los requisitos contenidos en el apartado 3.3.5. de la sección HE4 del Documento Básico DB HE del CTE. Las redes de tuberías de este circuito cumplirán los requisitos establecidos en las Instrucciones Técnicas del RITE.

El fluido caloportador de este circuito es agua con líquido anticongelante considerando que las bajas temperaturas de invierno pueden causar problemas en las tuberías y en los captadores. Asimismo, realiza función de protección en las temperaturas altas de verano al aumentar su temperatura de ebullición.

El caudal del circuito primario se calcula a partir del caudal unitario por m² del captador, de su superficie y del número de ellos. El caudal del fluido portador se determina de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto su valor está comprendido entre 1,2 L/s y 2 L/s por cada 100 m² de red de captadores, lo que equivale a 43,2 L/hm² y 72 L/hm², respectivamente.

Para el cálculo se ha considerado un valor medio de 50 l/h por m² de captación solar para captadores solares conectados en paralelo, salvo otra indicación concreta del fabricante acerca del caudal recomendado para su captador.

El caudal que circula por una batería de captadores en paralelo es el resultado de la suma de caudales que circulan por cada uno de los captadores, en una conexión en serie el caudal se mantiene constante, siendo el mismo fluido el que atraviesa todos los captadores que componen la fila. [1]

Las características del fluido caloportador elegido se muestran más adelante.

- Depósito intercambiador solar

El intercambiador de calor transfiere el calor entre el fluido caloportador, que circula por el circuito primario cerrado y el agua, que circula por el secundario. Se sitúa en el circuito primario, en su extremo. Tiene forma de serpentín, ya que así, se consigue aumentar la superficie de contacto y, por tanto, la eficiencia.

Los depósitos de acumulación suelen tener una disposición vertical para favorecer la estratificación de la temperatura. Con esto se consigue que por la diferencia de densidad entre el agua caliente y la fría, en la parte alta del acumulador se tiene el agua más caliente y es donde se coloca la toma de salida para el consumo. Por otro lado, en la parte baja (donde el agua se encuentra a menor temperatura), se coloca la salida hacia el intercambiador para calentar esta agua.

El agua que entra en el acumulador, siempre que esté más fría que el serpentín, se calentará. Esta agua, calentada en horas de Sol, nos quedará disponible para el consumo posterior.

Una de las características del funcionamiento de los captadores es que la demanda y el aporte solar están desfasados. Por este motivo, surge la necesidad de disponer de un depósito que almacene el ACS cuando no se disponga de radiación solar suficiente para cubrir la demanda instantáneamente.

Tiene una entrada para el agua fría y una salida para la caliente. La fría entra por debajo del acumulador donde se encuentra con el intercambiador, a medida que se calienta se desplaza hacia arriba, que es desde donde saldrá el agua caliente para el consumo.

El intercambiador es un equipo donde se realiza la transferencia de calor desde un fluido caliente hasta a otro frío. Se usa en instalaciones solares de dos circuitos:

- Circuito primario: circula el fluido caloportador con anticongelante.
- Circuito secundario: circula el agua caliente sanitaria.

Normalmente el intercambiador está sumergido en el interior de un depósito acumulador de agua caliente sanitaria que es tipo serpentín. Puede ser tipo helicoidal si está constituido por un tubo arrollado en espiral situado en la parte inferior del acumulador o de tipo haz tubular son los que se usan para obtener agua sanitaria caliente en instalaciones convencionales. Dentro del serpentín, el fluido proveniente de los colectores se encuentra en circulación forzada, que ms adelante los explicamos o en el exterior, la renovación del fluido en contacto con el serpentín se hace por convección natural.

Internamente dispone de un sistema para evitar el efecto corrosivo del agua caliente almacenada sobre los materiales. Por fuera tiene una capa de material aislante que evita pérdidas de calor y está cubierto por un material que protege el aislamiento de posibles humedades y golpes.

El acumulador lleva válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos no intencionados al exterior del depósito en caso de daños del sistema, y sus conexiones permiten la desconexión individual de los mismos, sin interrumpir el funcionamiento de la instalación, disponiendo de válvulas de corte.



Figura 6: Interacumulador solar

- Circuito secundario

Se trata de un circuito abierto, que transporta el agua de suministro a la temperatura de red y por el otro extremo, el agua que sale del interacumulador. Las tuberías del circuito secundario deben estar suficientemente aisladas para que la instalación no pierda rendimiento.

- Bomba

Las bombas son las encargadas de mover el fluido por los captadores solares y por los acumuladores. Son accionadas por motores eléctricos y deben poder actuar a velocidad variable para que se pueda así trabajar en diferentes condiciones de operación.



Figura 7: Bomba

- Vaso de expansión

El vaso de expansión absorbe variaciones de volumen del fluido caloportador, el cual circula por los conductos del captador, manteniendo la presión adecuada y evitando pérdidas de la masa del fluido. Es un recipiente con una cámara de gas separada de la de líquidos y con una presión inicial la que va en función de la altura de la instalación.

Se encargan de absorber la variación de volumen del fluido caloportador del circuito primario debido a que el aumento de la temperatura, el volumen del fluido aumenta.

Lo que más se utiliza es con vaso de expansión cerrado con membrana, sin transferencia de masa en el exterior del circuito.

Se instalará una válvula de cierre en cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor.



Figura 8: Vasos de expansión

- Válvula de seguridad y embudo de desagüe:

Son usados como elementos de protección frente a sobrepresiones en el circuito. Son los encargados de limitar la presión y proteger los elementos de la instalación contra las subidas de presión. Resultan imprescindibles para el correcto funcionamiento de la instalación.



Figura 9: Válvula de seguridad

- Sistema de control

Colocados en estratégicas partes de la instalación hay dispositivos de medición como manómetros o termómetros, cuyas medidas se envían al sistema de control. Éste se encargará de actuar a través de bombas o válvulas ajustando el caudal para resolver los problemas locales. Resultan muy importantes en casos de paradas de emergencia y casos de heladas.

El sistema de control cumplirá los requisitos contenidos en el apartado 3.3.7. de la sección HE4 del Documento Básico DB HE del CTE y así como los establecidos en las Instrucciones Técnicas del RITE.

Debido a que el sistema solar tiene depósito acumulador, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control está ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

El sistema de control asegura que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos, y que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Además, este sistema dispondrá de:

- Control de la temperatura del agua de la red de tuberías en el punto hidráulicamente más alejado del acumulador.
- Control para efectuar el tratamiento de choque térmico.
- Control de seguridad para los usuarios.



Figura 10: Sistema de control

- Sistema de medida

El sistema de medida cumplirá los requisitos contenidos en el apartado 3.3.8. de la sección HE4 del Documento Básico DB HE del CTE.

La instalación dispone de los suficientes aparatos de medida de presión y temperatura que permiten su correcto funcionamiento.

Al tratarse de una instalación superior a 20 m² (26,2 m²) se dispone de un sistema analógico de medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:

- temperatura de entrada agua fría de red
- temperatura de salida acumulador solar
- caudal de agua fría de red

- Sistema de apoyo convencional

El sistema de energía auxiliar es un elemento imprescindible en toda instalación de energía solar para poder afrontar aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación.

En este caso, la instalación cuenta con la caldera convencional de gasóleo que tiene ya el hostal. Se trata de una caldera atmosférica con un rendimiento del 92%.

1.1.5.2 Instalación Solar Fotovoltaica

Nuestra instalación fotovoltaica estará compuesta por:

- Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos convierten la luz solar en energía eléctrica. Las células solares integradas son las responsables de realizar el efecto fotoeléctrico.

Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas. El panel fotovoltaico es el encargado de transformar de una manera directa la energía de la radiación solar en electricidad, en forma de corriente continua. La célula solar sólo es capaz de generar una tensión de unas décimas de voltio ($\pm 0,5$ V) y una potencia máxima de 1 o 2 W. Por tanto, es necesario conectar en serie varias células (que se comportan como pequeños generadores de corriente). Las placas fotovoltaicas producen electricidad en forma de corriente continua y suelen tener entre 20 y 40 células solares. De todos modos, es habitual que los módulos estén formados por 36 células para alcanzar los voltios necesarios para la carga de las baterías (12V).

En el mercado y laboratorios de investigación existen células y módulos solares de muy diversos tipos. Los más comunes son las de silicio monocristalino, silicio policristalino y los módulos de capa fina.



Figura 11: Módulos solares del fabricante Atersa

- Inversor

El inversor es un elemento esencial en una instalación conectada a red, ya que es el enlace que existe entre la instalación solar y la red eléctrica. Tiene como función convertir la energía eléctrica que le proporcionan los módulos fotovoltaicos en forma de corriente continua, en energía eléctrica de corriente alterna, es decir, es el encargado de transformar la corriente continua en una función de tipo senoidal. Además, es el encargado de sincronizar la onda generada con la onda que circula por la red.

El inversor incorpora una serie de componentes:

- Etapa de potencia: Esta parte es la encargada de dar la potencia deseada utilizando filtros a la salida para conseguir una baja distorsión armónica y evitar el rizado para obtener una calidad de onda dentro de los valores exigibles por la

red. Las últimas tecnologías permiten utilizar los semiconductores para trabajar con altas frecuencias y así conseguir un mejor rendimiento.

- Etapa de control: Se encarga de la propia generación de la onda habitualmente basada en modulación por ancho de pulso (PWM) y de la sincronización a la red eléctrica. Ajustando la tensión, el sincronismo y la fase de la onda inyectada.

Dentro del inversor se encuentra un elemento fundamental en nuestra instalación. Se trata de un sistema avanzado de seguimiento de la máxima potencia (MPPT o Maximum Power Point Tracker). Este dispositivo incorpora una función en la que busca la tensión adecuada en función a la intensidad CC que suministran los paneles solares (que a su vez depende de la radiación solar).

Cada panel incorpora en su hoja de técnica del fabricante una función como la de la Figura 12:

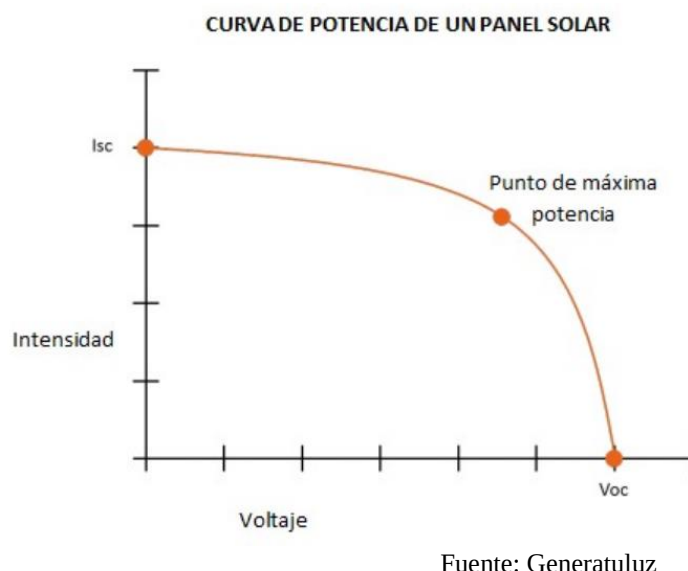


Figura 12: Curva de potencia de un panel solar

Los reguladores MPPT utilizan una conexión indirecta entre panel solar y batería.

Esta conexión indirecta, está formada por un convertidor de voltaje (CC/CC), que transforma el voltaje del panel al mejor voltaje para la batería, en función de la carga que tenga y sin perder potencia por el camino.

La mayoría de los reguladores solares MPPT modernos tienen una eficiencia del 93-97% en la conversión. Por lo general, se obtiene una ganancia de potencia de 20 a 45% en invierno y 10-15% en verano. La ganancia real puede variar ampliamente según el clima, la temperatura, el estado de carga de la batería y otros factores.

- Cableado

El cableado de la instalación conducirá la energía que generan los módulos fotovoltaicos.

Se utiliza cable de cobre flexible, con doble aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y PVC, de distintas secciones tanto para la parte de corriente continua como para la parte de corriente alterna. Los cables pueden ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 KV.

La sección de los cables se determina en la memoria de cálculo.

Además, deben cumplir con las condiciones del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica conectadas a red del IDAE:

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.
- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.
- El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de la parte de corriente continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Estos cables deben estar diseñados para que tengan resistencia a la intemperie. Esto es:

Resistencia a temperaturas extremas, a los rayos ultravioleta, a la abrasión, al impacto y hasta a la acción de los roedores.

Cabe mencionar que debemos escoger los cables de área mínima, para abaratar costes y que sufran menores caídas de tensión.

- Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por el Código Técnico de la Edificación (CTE) y demás normas aplicables. La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el CTE.

El diseño de la estructura se realizará teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales



Figura 13: Estructura soporte de paneles fotovoltaicos

1.1.6 PROGRAMAS UTILIZADOS

Los programas con los que se ha trabajado durante el proyecto han sido:

1.1.6.1 CHEQ4

El IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y ASIT (la Asociación Solar de la Industria Térmica) han elaborado el CHEQ4, un programa informático con el fin de facilitar a todos los agentes participantes en el sector de la energía solar térmica de baja temperatura la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE). Este programa permite diseñar nuestra instalación solar térmica de acuerdo con la normativa vigente y actualizada. Se trata de la nueva herramienta para validar el cumplimiento de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en instalaciones solares térmicas, determinado conforme a la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación. No obstante, no se trata de una herramienta de diseño.

Su correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4. El no cumplimiento de la contribución solar mínima mediante este procedimiento no invalida la posibilidad de demostrar su cumplimiento mediante otros procedimientos.

Utiliza la tecnología de MetaSol:

MetaSol es una metodología de cálculo basada en curvas obtenidas a partir de los resultados de más de 69.000 simulaciones dinámicas realizadas con TRNSYS. Todas las configuraciones de CHEQ4 han sido modelizadas en detalle con TRNSYS y simuladas posteriormente para una gran variedad de escenarios. Finalmente, mediante un complejo tratamiento estadístico, se han determinado cuáles eran las variables más significativas y se ha podido obtener un total de 14

curvas, dos por configuración, que permiten predecir las ganancias y pérdidas de cada uno de los sistemas.

Gracias a este proceso, es posible obtener la gran precisión, que solo se puede alcanzar mediante la simulación dinámica, con una metodología de cálculo estática cuasi instantánea. A diferencia de otros métodos de cálculo basados en curvas, CHEQ4 está especialmente diseñado para las tipologías de instalaciones más habituales y la climatología de nuestro país.

- **Método de cálculo de CHEQ4**

CHEQ4 utiliza como motor de dinámica de programas como TRANSOL y métodos estáticos como f en todo momento las características del mercado español y la normativa aplicable.

El procedimiento de cálculo h partiendo de modelos detallados, obtenidos del programa Transol, se realizan más de 69.000 simulaciones, en base mensual más de 800.000 datos, que conforman la información utilizada para generar las correlaciones.

Metasol define 12 variables de entrada que caracterizan las condiciones de operación y propiedades del sistema, y tres factores de (radiación, temperatura agua de red y temperatura ambiente tienen sentido en todos los esquemas, por lo que cada función está caracterizada por entre 6 y 10 variables y 2 o 3 factores climáticos.

El primer paso es ubicar la instalación, no solo la provincia sino también el municipio. El propio programa calcula la altura absoluta de la instalación con respecto al nivel del mar y ofrece una tabla con diferentes datos en función al mes. El programa también mostrará una tabla con los siguientes datos: irradiación global media mensual sobre la horizontal (según Atlas de Radiación Solar en España de la AEMET), temperatura diaria media mensual del agua de red (según UNE 94002) y temperatura ambiente diaria media mensual (según UNE 94003).

Si la altura del emplazamiento de la instalación especificada no coincide con la altura de referencia de dicho emplazamiento, el programa corregirá de forma automática las temperaturas de agua de red y ambiente (según la metodología especificada en la UNE 94002 y en la UNE 94003).

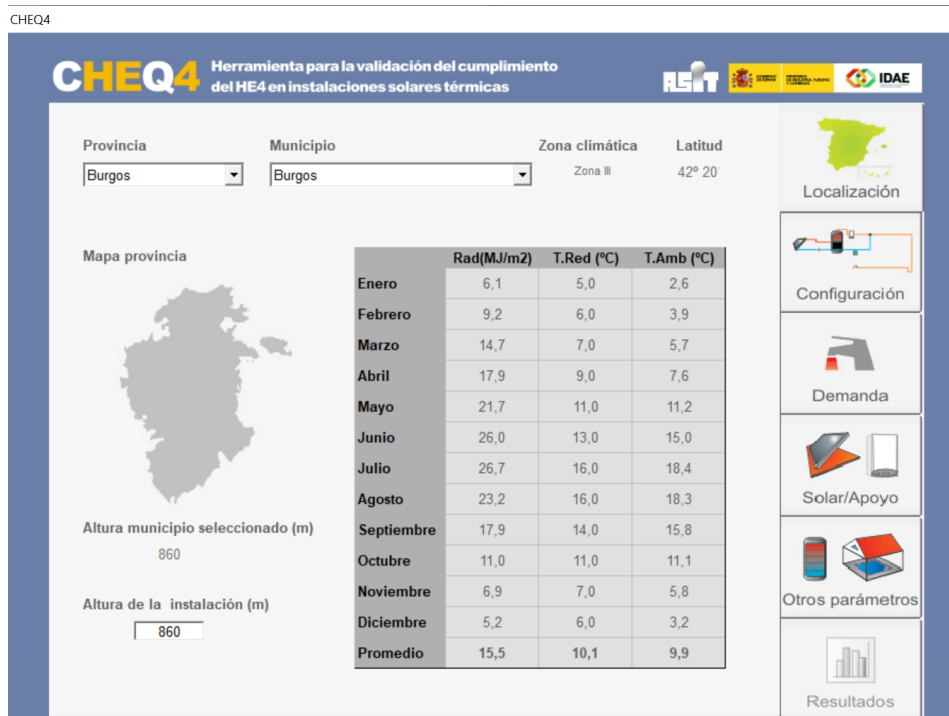


Figura 14: Condiciones ambientales y climatológicas de la ubicación

Las diferentes configuraciones disponibles se encuentran agrupadas según sean para “Consumo único” o “Consumo múltiple”.

En este caso, solo se describirán las configuraciones de consumo múltiple.



Figura 15: Diferentes configuraciones de nuestra instalación

- Instalación para consumo múltiple con todo centralizado

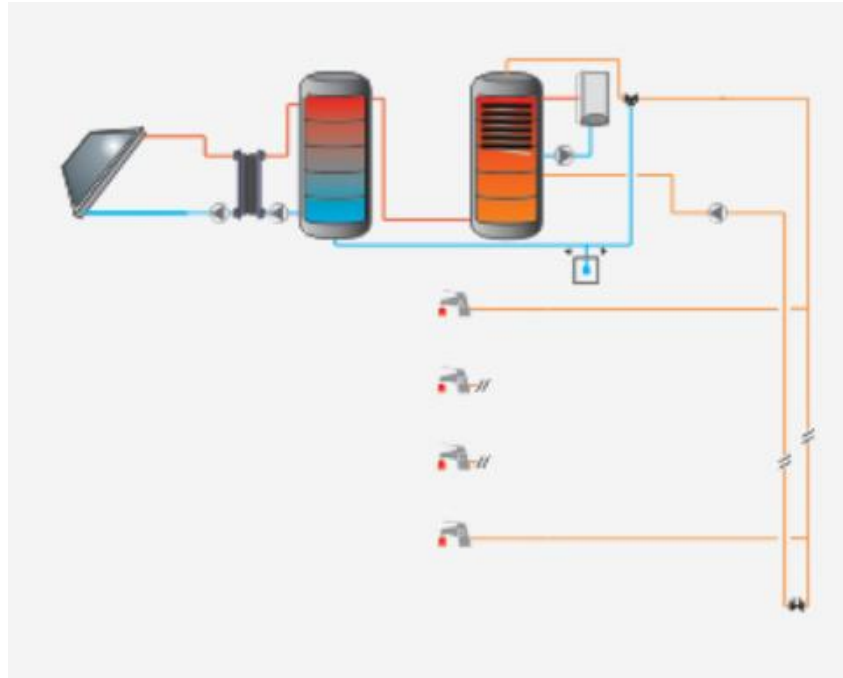


Figura 16: Configuración para consumo múltiple con todo centralizado

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada, intercambiador de calor externo, acumulación de apoyo centralizada, sistema de apoyo conectado con intercambiador interno o resistencia eléctrica y conexión directa del circuito de distribución.

Esta tipología de instalación también es válida para el cálculo de sistemas con interacumulador.

- Instalación para consumo múltiple con acumulación centralizada y apoyo distribuido:

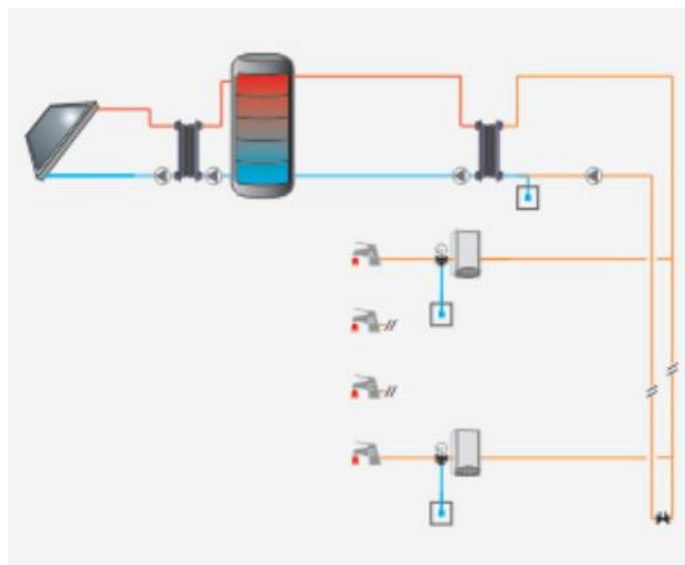


Figura 17: Configuración para consumo múltiple con apoyo distribuido

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada e intercambiador de calor externo, intercambiador de calor centralizado para la preparación de ACS, sistemas de apoyo instantáneos en serie y válvulas termostáticas.

Esta tipología de instalación también es válida para el cálculo de sistemas con circuito de distribución abierto. No obstante, se deberá prestar especial atención en el correcto diseño y dimensionado del circuito de distribución.

- Instalación para consumo múltiple con acumulación distribuida:

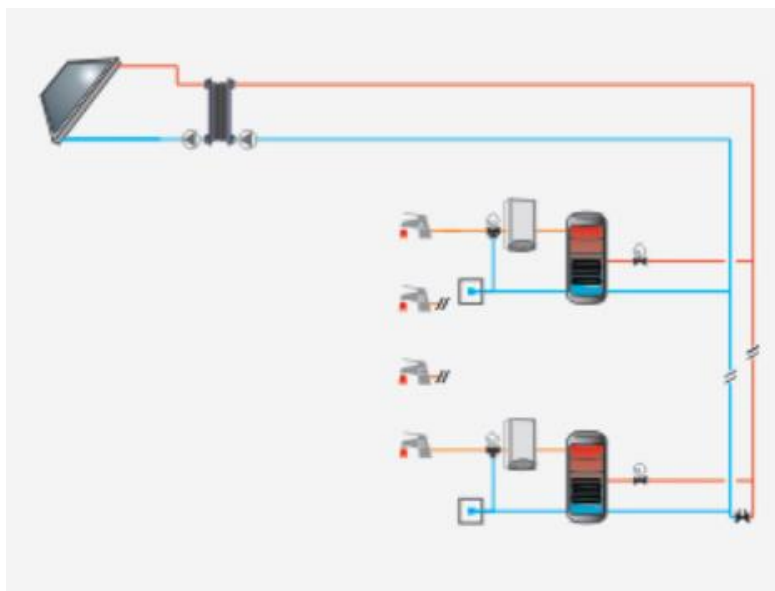


Figura 18: Configuración para consumo múltiple con apoyo distribuido

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumuladores individuales, intercambiador de calor interno, sistemas de apoyo instantáneos en serie y válvulas termostáticas. En este tipo de instalaciones, es posible definir un sistema apoyo tipo “Termo eléctrico”, que consiste en un acumulador conectado en serie con una resistencia eléctrica en su interior. La selección de un sistemas de apoyo de este tipo se debe realizar en el apartado “Sistema de apoyo” de la pestaña “Solar/Apoyo”.

- Instalación para consumo múltiple con intercambio distribuido:

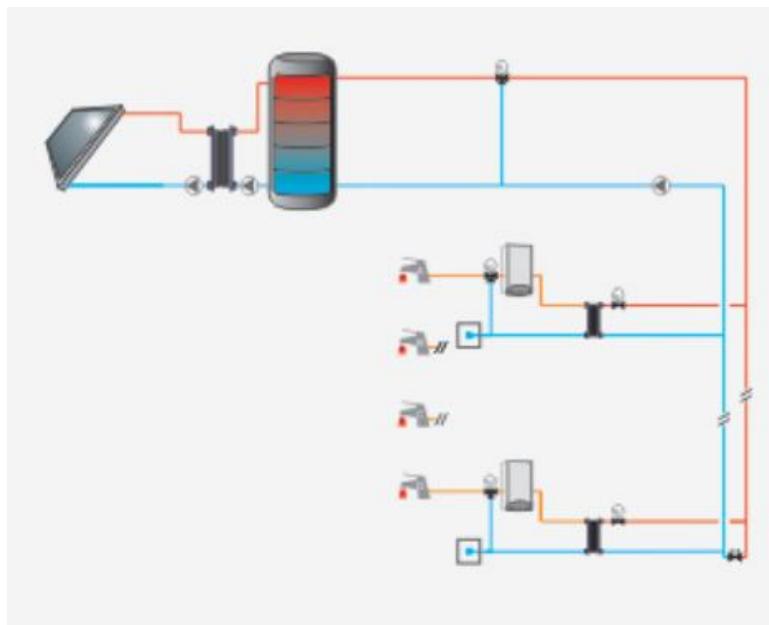


Figura 19: Instalación para consumo múltiple con intercambio distribuido:

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada e intercambiador de calor externo, con intercambiadores de consumo distribuido, sistemas de apoyo instantáneos en serie y válvulas termostáticas.

En este tipo de instalaciones, es posible definir un sistema apoyo tipo “Termo eléctrico”, que consiste en un acumulador conectado en serie con una resistencia eléctrica en su interior. La selección de un sistemas de apoyo de este tipo se debe realizar en el apartado “Sistema de apoyo” de la pestaña “Solar/Apoyo”.

- Demanda energética del sistema

En la pestaña "Demanda" el usuario debe especificar la demanda total de agua caliente sanitaria del edificio. Los parámetros necesarios variarán en función de si se trata de una instalación de Consumo único o de Consumo múltiple.

En el caso de nuestra instalación, introduciremos un número de 36 viviendas de tipo ‘A’ de un dormitorio, configuración que más se asemeja a las condiciones de habitación de hotel.

No se incluirán demandas de otro tipo al depender en gran medida del aforo. Estamos hablando de los consumos de cafetería, lavandería, etc.

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CONSUMO ÚNICO

Aplicación:

Número de...:

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	36	1	54,0	1.285
Tipo B	0	0	0,0	0
Tipo C	0	0	0,0	0
Tipo D	0	0	0,0	0

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 1.285

CONSUMO TOTAL

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 1.285

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

Caso general FS 60% ☐ Caso piscina FS 70% ☐

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
27	33	40	47	48	46	
Jul	54	65	57	51	40	33

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 20: Demanda energética

Llegados a este punto, podemos determinar con el CHEQ4 cuál ha de ser el requerimiento de contribución solar mínima exigida por el HE4. En el apartado “Contribución solar mínima exigida”, se muestra cual debe ser esa contribución solar mínima en función del sistema de apoyo que finalmente seleccione el usuario (según HE4-2.2.1.2 y HE4-2.2.1.3).

- Parámetros del sistema

- Campo de Captadores

Para una correcta parametrización del campo de captadores será necesario especificar los siguientes parámetros:

- Número de captadores (n): número de unidades de captador que se han proyectado para la instalación solar térmica. Si la configuración seleccionada es una “instalación con sistema prefabricado”, en lugar del número de captadores, se deberá especificar el “número de elementos” o de sistemas prefabricados.
- Número de captadores en serie (n): número total de captadores en serie por los que tiene que circular el fluido caloportador, ya sea en la misma o en diferentes baterías. En tanto que el caudal de campo depende directamente del caudal del primario, la elección del número de captadores en serie comportará que el programa, en base a la premisa de conservar el caudal de test del captador especifica por defecto un determinado caudal de campo.
- Pérdidas por sombreadamiento (%): porcentaje de pérdidas anuales por sombreadamiento.

- Orientación (°): orientación del campo de captadores respecto al eje norte-sur (considerando el este como negativo y el oeste como positivo).
- Inclinación (°): inclinación del campo de captadores respecto de la horizontal.
- Área total captadores (m²): área total de captación del campo de captadores.

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

Ecotop VHM 2.7 N

Datos de ensayo

Área (m ²)	2,62
n0 (-)	0,776
a1 (W/m ² K)	3,02
a2 (W/m ² K ²)	0,019
Qtest(l/hm ²)	82,8
k50	0,95
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-3819

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores: 10 Captadores en serie: 1 Pérdidas sombras (%): 1

Orientación (°): 0 Inclinación (°): 32 Área total captadores (m²): 26,20

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h): 2.169 Anticongelante (%): 45 Long. circuito (m): 54

Diám. tubería (mm): 24 Esp. aislante (mm): 40 Aislante: genérico

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema: Caldera convencional

Tipo de combustible: Gasóleo

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 21: Parametrización del campo de captadores

- Circuito primario/secundario

El circuito solar, que comprende el primario y secundario (cuando éste existe), está definido por los siguientes parámetros:

- Caudal del circuito primario o caudal de campo (L/h). El programa especifica, por defecto, un valor para este parámetro en función del caudal de test, el número de captadores y el número de captadores conectados en serie. No obstante, dicho valor también puede ser directamente definido por el usuario, dentro de un rango establecido respecto al valor original predefinido.
- Anticongelante (%): porcentaje de anticongelante en el fluido caloportador.
- Longitud equivalente del circuito primario (m): longitud total del circuito primario incluyendo impulsión y retorno. Para simplificar el cálculo de este parámetro se ha incorporado una sencilla herramienta (véase “Cálculo de la longitud del circuito equivalente”).
- Espesor (mm) y tipo de aislante utilizado.

- Base de datos de materiales aislantes

El programa dispone de una base de datos con las conductividades térmicas de los principales materiales aislantes. Estos valores se utilizan para el cálculo de los coeficientes de pérdidas térmicas, tanto en tuberías, como en acumuladores.

Lambda (W/mK)	Tipo Aislante
0,043	Genérico
0,036	Lana de vidrio
0,037	Poliestireno
0,038	Lana mineral
0,024	Espuma de poliuretano
0,042	Espuma elastomérica
0,054	Silicato de calcio
0,038	Espuma de polietileno

Tabla 1: Coeficientes de pérdidas térmicas según aislante

- Sistema de apoyo

El uso de la energía solar térmica supone una importante reducción de las emisiones de CO₂ a la atmosfera. Dicha reducción de emisiones dependerá del tipo de sistema de apoyo seleccionado y del combustible que utilice.

En CHEQ4 el usuario puede seleccionar los siguientes tipos de sistema de apoyo y combustibles:

- Caldera convencional (gas natural, gasóleo o GLP)
- Caldera de condensación (gas natural, gasóleo o GLP)
- Caldera de baja temperatura (gas natural, gasóleo o GLP)
- Caldera de biomasa (biomasa)
- Caldera eléctrica (electricidad)

En algunas configuraciones (Instalación con sistema prefabricado, Instalación con acumulación distribuida o Instalación con intercambio distribuido) también es posible utilizar un sistema de apoyo tipo “Termo eléctrico”. Este tipo de sistema consiste básicamente en un acumulador conectado en serie con una resistencia eléctrica en su interior.

- Volumen de acumulación

En CHEQ4 es necesario editar un único parámetro para definir el volumen total en litros de la instalación solar compuesta por uno o varios acumuladores solares centralizados.

Este apartado es válido, tanto para acumuladores solares en instalaciones de consumo único, como para acumuladores centralizados en instalaciones de consumo múltiple.

The screenshot shows the CHEQ4 software interface, titled 'Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas'. The interface is divided into several sections for parameter input:

- VOLUMEN DE ACUMULACIÓN:** Includes 'Volumen total (l)' set to 2000 and 'Vol/Área (l/m2)' calculated as 76,34.
- DISTRIBUCIÓN:** Includes 'Long. circuito (m)' set to 54, 'Diám. tubería (mm)' set to 32, 'Esp. aislante (mm)' set to 40, 'T. imp.(°C)' set to 60, and an 'Aislante' dropdown menu set to 'genérico'.
- VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES:** Includes fields for 'Tipo A (l)', 'Tipo B (l)', 'Tipo C (l)', and 'Tipo D (l)', all currently empty.
- DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES:** Includes 'Long. total (m)' set to 10, 'Diám. tubería (mm)' set to 32, 'Esp. aislante (mm)' set to 35, and an 'Aislante' dropdown menu set to 'genérico'.
- PISCINA CUBIERTA:** Includes fields for 'Altura (m)', 'Apertura diaria (h)', 'Superficie lámina (m2)', 'Humedad relativa (%)', 'Temp. ambiente (°C)', 'Temp. piscina (°C)', 'Renov. volumen día (%)', and 'Ocupación (pers/m2)', all currently empty.

On the right side, there is a vertical menu with icons for 'Localización', 'Configuración', 'Demanda', 'Solar/Apoyo', 'Otros parámetros', and 'Resultados'. The 'Resultados' option is highlighted at the bottom.

Figura 22: Parametrización del volumen de captación y circuitos de distribución

- Resultados

La última pestaña de CHEQ4 corresponde al cálculo y visualización de los resultados. Al acceder a esta pestaña, el programa calcula las ganancias y pérdidas de la instalación especificada siguiendo la metodología de cálculo MetaSol.

Un indicador situado en la parte superior izquierda de la ventana permite al usuario conocer rápidamente si el sistema especificado cumple o no cumple mediante este procedimiento los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el HE4 (según HE4-2.2.1.1 y HE4-2.2.1.2).

Los resultados incluyen:

- La fracción solar cubierta por la instalación
- La demanda neta y bruta del emplazamiento
- El aporte solar
- El consumo del equipo auxiliar
- La reducción de CO₂

CHEQ4

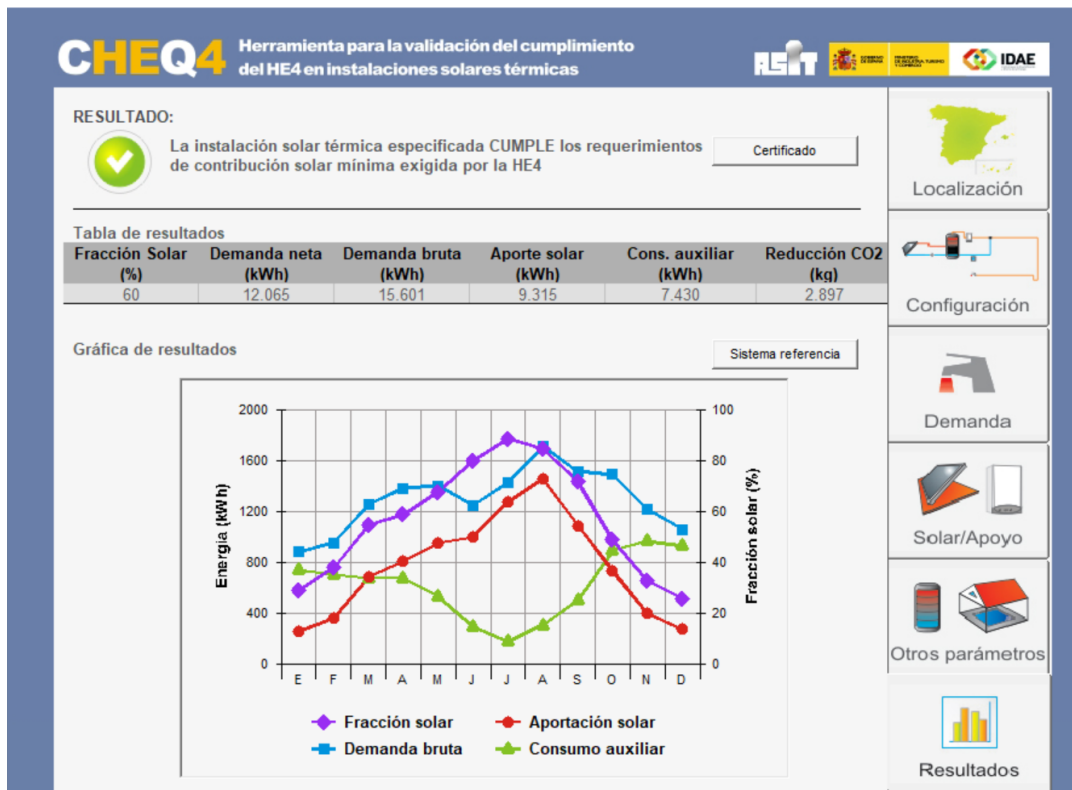


Figura 23: Resultados obtenidos

1.1.6.2 AUTOCAD2018 y SketchUp

Se han utilizado estos programas para el modelado del tejado, el cálculo del sombreado y disposición de los paneles solares.

1.2 MEMORIA DE CÁLCULO

1.2.1 DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

El proyecto toma como emplazamiento teórico el edificio en el que se encuentra el hostel, cerca del centro de Burgos. Este hostel cuenta con 30 habitaciones y, como se puede ver en la figura, cuenta con un tejado plano de unos 300 m². El tejado cuenta con varias salidas de humo que perjudican la generación eléctrica.

Las instalaciones fotovoltaica y térmica se ubicarán en dicho emplazamiento, con los siguientes datos geográficos:

- Coordenadas N 42, 355° W 3, 395°
- Altitud de 895m. (incluidos 35m de altura del edificio)



Figura 24: Ubicación del emplazamiento



Figura 25: Imagen del emplazamiento de la instalación

1.2.2 DATOS CLIMÁTICOS

Acorde con la Norma UNE 94003 “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas”, el edificio en cuestión se sitúa en la zona climática III.

Con la ayuda del programa CHEQ4, se elabora la siguiente tabla con la radiación sobre superficie horizontal, la temperatura del agua de red y la temperatura ambiente:

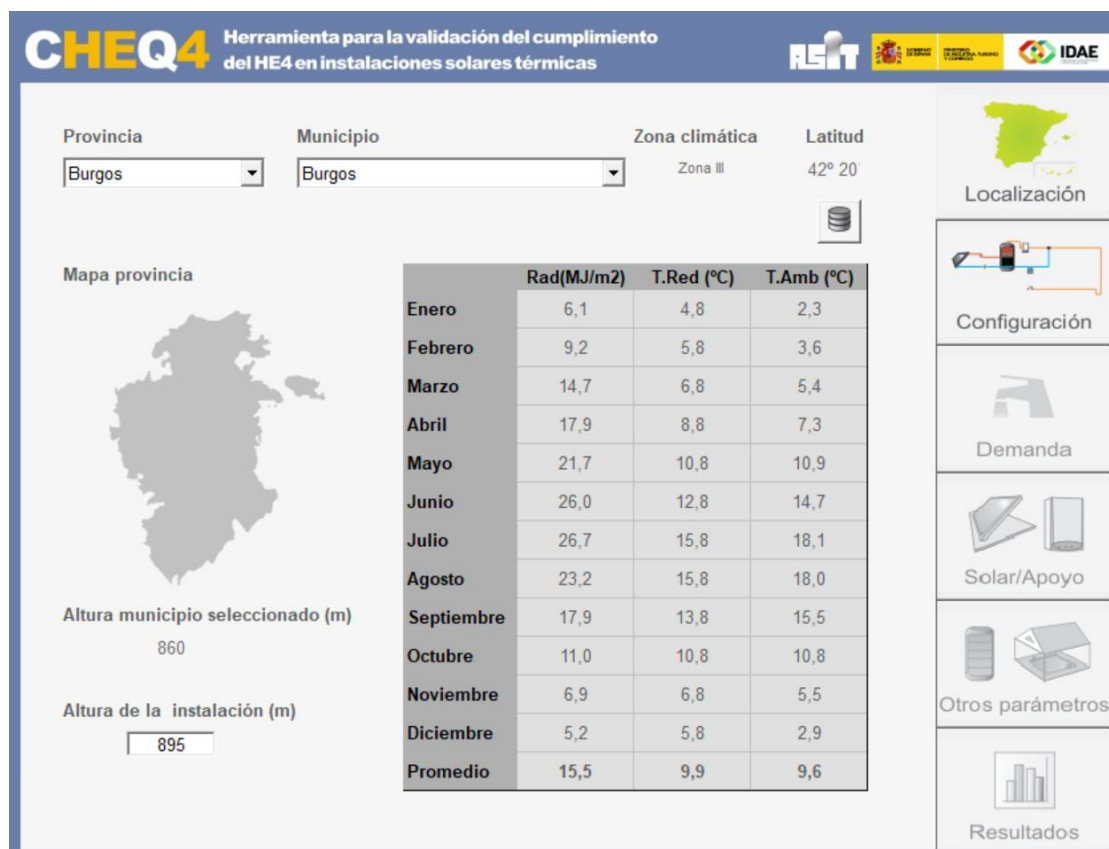


Figura 26: Tabla de radiación media, temperatura de red y ambiental



Figura 27: Zonas climáticas

Si bien, el mapa de zonas climáticas sitúa a Burgos en la zona II, las actualizaciones de la normativa hacen que por el hecho de que la radiación anual media sea de $15,5 \text{ MJ/m}^2$, Burgos esté en zona III, con lo que ello conlleva.

Zona climática	MJ/m^2	kWh/m^2
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 2: Zonas climáticas por radiación media anual

Con la ayuda del programa CHEQ4.2 podemos seleccionar la mejor combinación que cumpla estas condiciones.

1.2.3 DEMANDA DEL HOSTAL

1.2.3.1 Análisis de la Demanda Eléctrica

El modelado de la demanda de electricidad de un hostel en Burgos ha sido posible con la ayuda de un caso real de un hotel en Benasque de 70 habitaciones.

Si bien, el consumo en un hotel de esquí no es exactamente el de un hostel vacacional de Burgos, se ha decidido utilizarlo ya que se considera suficientemente comparable. Ahora bien, los valores de consumo se han calculado reduciéndolos a la mitad, pues el hostel objeto del proyecto tiene la mitad de habitaciones que el hotel.

A continuación, se muestra el consumo total de electricidad por meses que se toma del hostel.

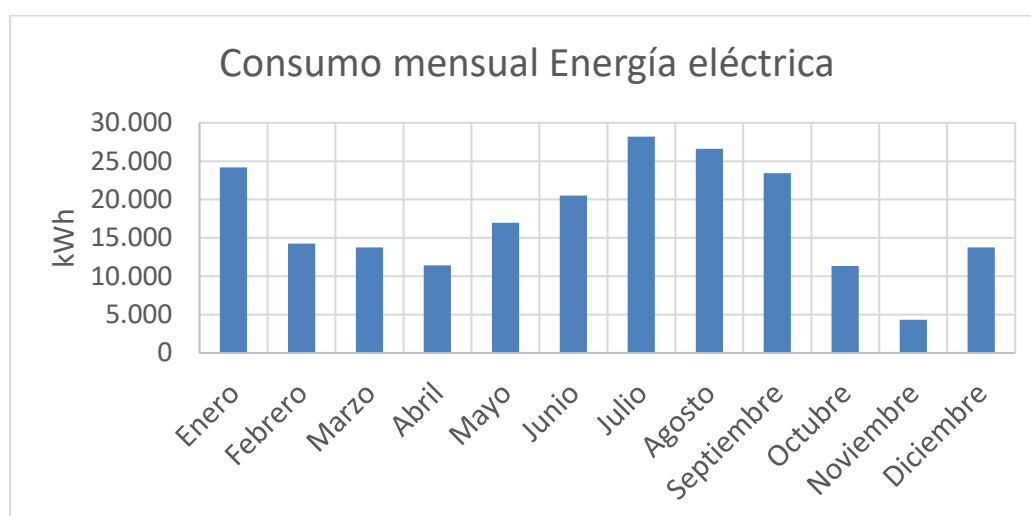


Figura 28: Consumo mensual de electricidad del hostel

1.2.3.2 Análisis de la Demanda Térmica

Para el diseño de la instalación solar térmica es fundamental conocer la demanda de ACS. Se situará la temperatura de referencia a 60°C.

En la siguiente tabla se muestran los consumos de cálculo, según el CTE:

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 3: Consumo de ACS por persona según tipo de establecimiento

Si nos fijamos en la tabla de demanda de referencia a 60°C, del Código Técnico de Edificación (UNE 94002), se puede observar que para un hostel de 2 estrellas son 34 litros/día por persona.

Dado que se trata de un estudio teórico, se han tenido en cuenta los siguientes supuestos:

- Se trata de un hostel de 30 habitaciones, de las cuales 15 son dobles y 15 individuales con un aforo máximo de 45 personas.
- Cada cliente del hotel consume una media de 34 litros al día.

La instalación se ha diseñado para que cubra la demanda del hostel. De manera que, el consumo por persona será de:

$$QTOT_ACS = 45 \text{ personas} * 34 \text{ l/día} * \text{persona} = 1.530 \text{ l/día}$$

Para el cálculo de la demanda energética para ACS, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$D_ACS = QTOT_ACS(Tac) * \rho(H2O) * Cp * (Tac - Tar) * \Delta t$$

Donde:

D_{ACS} : Demanda energética de ACS (kJ/día)

$Q_{ACS}^{TOT}(T_{ac})$: Caudal total de ACS (l/día)

$\rho(H_2O)$: Densidad del agua (1 kg/l)

C_p : Calor específico del agua (4,186 kJ/kg*K)

T_{ac} : Temperatura del agua caliente (60°C)

T_{ar} : Temperatura del agua de red (°C)

Se obtiene la siguiente demanda de ACS en función del mes:

Mes	N.º Días	Ocupación	Tª red (°C)	Q tot ACS l	Q diario ACS l
Enero	31	27%	5	12.806	413
Febrero	28	33%	6	14.137	505
Marzo	31	40%	7	18.972	612
Abril	30	47%	9	21.573	719
Mayo	31	48%	11	22.766	734
Junio	30	46%	13	21.114	704
Julio	31	54%	16	25.612	826
Agosto	31	65%	16	30.830	995
Septiembre	30	57%	14	26.163	872
Octubre	31	51%	11	24.189	780
Noviembre	30	40%	7	18.360	612
Diciembre	31	33%	6	15.652	505

Tabla 4: Demanda mensual de ACS

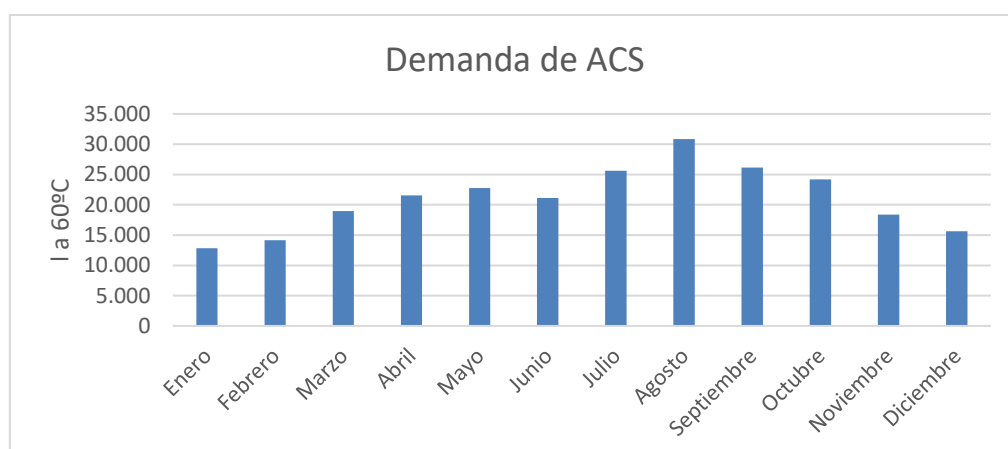


Figura 29: Demanda mensual de ACS

Introducimos los datos en el programa CHE4.2 (sistema con todo centralizado, ubicado en Burgos):

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CONSUMO ÚNICO
 Aplicación:
 Número de...:
 Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	30	1	45,0	1.071
Tipo B	0	0	0,0	0
Tipo C	0	0	0,0	0
Tipo D	0	0	0,0	0
Demanda calculada (l/día a 60 °C)		1.071		

CONSUMO TOTAL
 Otras demandas (l/día a 60°C):
 Demanda total (l/día a 60°C): 1.530

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
27	33	40	47	48	46
Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
54	65	57	51	40	33

Localización
 Configuración
 Demanda
 Solar/Apoyo
 Otros parámetros
 Resultados

Figura 30: Datos introducidos en el programa CHEQ4

Como se puede observar, se ha tenido que introducir un consumo adicional en el apartado de OTRAS DEMANDAS para llegar al consumo total de 1.530 l /día, para un aforo del 100%.

Una vez obtenida la demanda energética de ACS en nuestro hostel, se procede a calcular el volumen de gasóleo que se necesita para cubrirla y el que se va a ahorrar gracias a la instalación.

Como ya se ha comentado previamente, se ha supuesto una caldera de gasóleo, muy común en los hoteles españoles, especialmente los rurales. Se ha tenido en cuenta un rendimiento del 92%, una relación de 10,96 kWh/l de gasóleo y un precio de 0,758 €/l.

De esta manera, obtenemos la siguiente tabla:

Mes	Q tot ACS (l)	D ACS (MJ)	Gasóleo (MJ)	Gasóleo (kWh)	Gasóleo (l)	CO ₂ (kg)
Enero	12806,1	2948,35	3204,73	551,93	50,36	152,53
Febrero	14137,2	3195,63	3473,51	598,22	54,58	165,33
Marzo	18972	4209,09	4575,10	787,93	71,89	217,76
Abril	21573	4605,53	5006,01	862,15	78,66	238,27
Mayo	22766,4	4669,71	5075,77	874,16	79,76	241,59
Junio	21114	4154,01	4515,23	777,62	70,95	214,91
Julio	25612,2	4717,36	5127,56	883,08	80,57	244,06
Agosto	30829,5	5678,30	6172,07	1062,97	96,99	293,77
Septiembre	26163	5037,84	5475,92	943,07	86,05	260,64
Octubre	24189,3	4961,56	5393,00	928,80	84,74	256,69
Noviembre	18360	4073,31	4427,51	762,52	69,57	210,74
Diciembre	15651,9	3538,02	3845,67	662,31	60,43	183,04

Tabla 5: Datos de consumos

1.2.4 DISEÑO

1.2.4.1 Instalación Térmica

- **Fracción Solar**

Como ya se ha comentado previamente, el hotel objeto se encuentra en Burgos, en zona climática III.

Una especificación muy importante del CTE es el cumplimiento de que se cubra la *fracción solar*. Esto es, que nuestra instalación solar cubra un mínimo porcentaje de la demanda de ACS anual. Es el tanto por ciento de la energía térmica consumida en un año que proviene de los captadores solares. Se entiende que el resto de la energía consumida se ha producido con un equipo auxiliar, en este caso la caldera de gasóleo.

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{tot}}$$

Siendo:

Q_{solar} : Potencia anual procedente del área de captación solar

Q_{tot} : Potencia térmica anual total consumida

De acuerdo con la normativa HE4, la contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5.000 l/d.

Como en nuestro caso la demanda es de 1.530 l/d se diseña la instalación para que tenga una fracción solar mínima de **f=60%**

Se procede a realizar un análisis de sensibilidad para calcular el número de captadores necesarios.

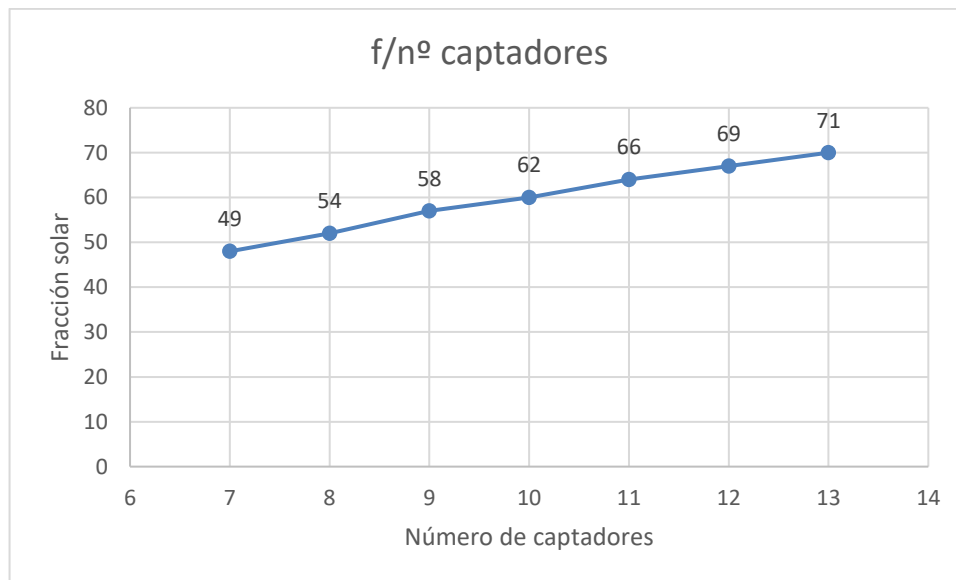


Figura 31: Número de captadores en función de la fracción solar

Por tanto, se decide instalar 10 captadores térmicos en paralelo, pues tendrán mejor rendimiento global.

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

Datos de ensayo

Área (m ²)	2,62
n0 (-)	0,776
a1 (W/m ² K)	3,02
a2 (W/m ² K ²)	0,019
Qtest(l/hm ²)	82,8
k50	0,95
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-3819

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores: Captadores en serie: Pérdidas sombras (%):

Orientación (°): Inclinación (°): Área total captadores (m²): 26,20

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h): Anticongelante (%): Long. circuito (m):

Diám. tubería (mm): Esp. aislante (mm): Aislante:

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 32: Datos introducidos en el programa CHEQ4

Se tiene una longitud del circuito primario de 34 m y una longitud de la subestación (circuito secundario de 20 m)

Los diámetros vienen fijados por el programa, en este caso, de 24mm.

El caudal primario se ha ajustado de acuerdo con el rango de caudales recomendados por la casa FERROLI, entre 30 y 180 L/ h*m².

Se utiliza el caudal de diseño impuesto por el programa: $Q_{\text{prim}}=2.169$ l/h, que entra en el rango de operación

Más adelante se explica el cálculo del volumen de acumulación, el porcentaje de pérdidas por sombreado, el porcentaje de anticongelante del fluido del circuito primario y el espesor de aislamiento.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

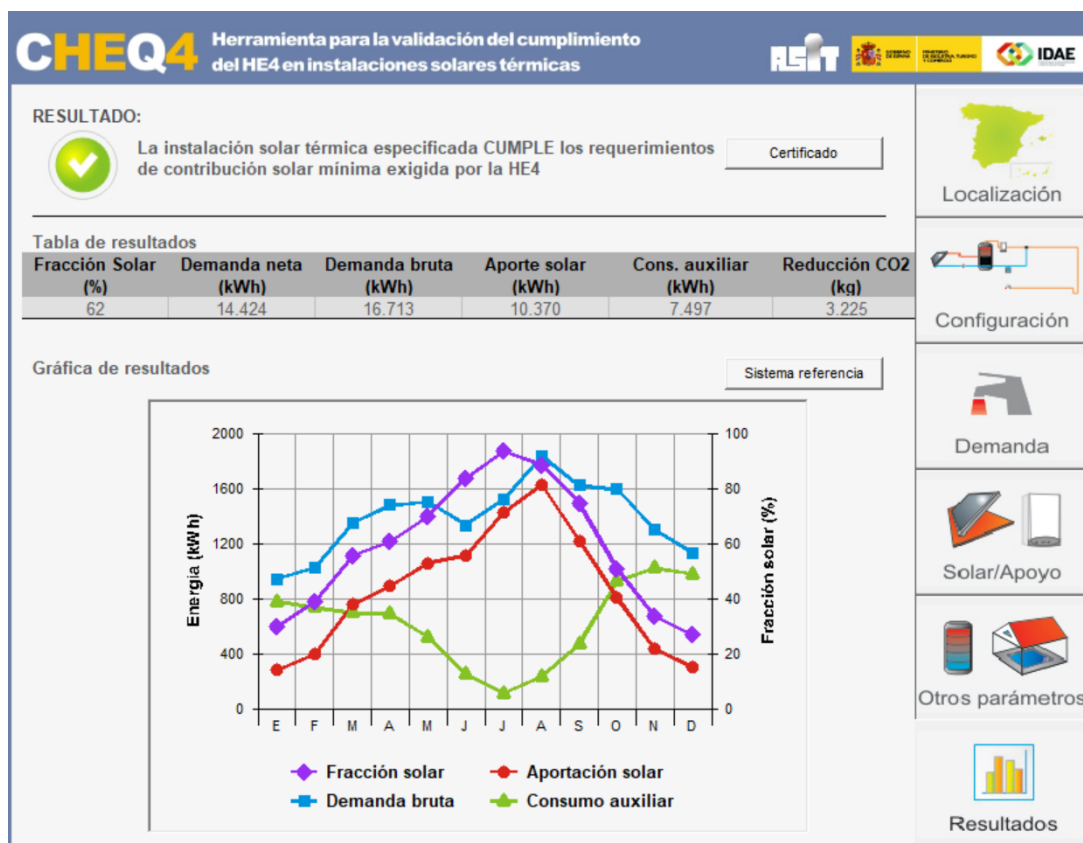


Figura 33: Resultados obtenidos por el programa CHEQ4

Por tanto, la instalación térmica tendrá las siguientes características:

Emplazamiento de la instalación	Hostal Acanto (2*)
Localidad	Burgos
Altura	860+35=895m
Sistema	Todo centralizado
Ubicación de la instalación	Tejado 300m ²
Demanda ACS	1.530 l/ día
Fracción solar	62%
Circuito primario	54m
Captador	Ferroli ECOTOP VHM 2.7
Orientación (respecto sur)	0°
Inclinación	32°
Pérdidas sombras	0,245%

Porcentaje anticongelante	40%
Caudal primario	2.169 l/h
Circuito primario	54 m
Diámetro de las tuberías	24 mm
Espesor del aislante	40 mm
Tipo de aislante	Genérico
Circuito de distribución	20 m
Diámetro de las tuberías	24 mm
Espesor del aislante	40 mm
Tipo de aislante	Genérico
Temperatura de distribución	60°C

Tabla 6: Descripción de la instalación térmica

- Sistema de Captación Solar**

Los captadores solares elegidos son los ofrecidos por la marca FERROLI, modelo ECOTOP VHM 2.7 y tienen las siguientes características:

VHM 2.7 N		
Superficie total	m ²	2,62
Superficie de apertura	m²	2,47
Altura	mm	2.022
Ancho	mm	1.294
Fondo	mm	90
Número de conexiones		4
Diámetro conexiones (roscadas macho)	"	3/4
Peso en vacío	Kg	41,8
Contenido fluido	l	1,1
Caudal de trabajo recomendado	l/h	75-150
Presión máx. de trabajo	bar	10
Temperatura de estancamiento	°C	201,2
Aislamiento en lana de roca de espesor	mm	40
Grado de absorción	%	95
Emisividad	%	5
Máximo número de colectores en paralelo		8
CÓDIGO		0XDP2KXA

Tabla 7: Características del captador solar FERROLI, modelo ECOTOP VHM 2.7



Figura 34: Captador solar FERROLI ECOTOP VHM 2.7

- **Acumulador solar**

El interacumulador está constituido por un tubo que está sumergido en un depósito donde se acumula el fluido secundario. Por el interior del tubo circula el fluido primario o caloportador cediendo el calor al fluido secundario.

Según el material con el que está fabricada la cuba, el acumulador o interacumulador será más o menos resistente a la corrosión. A mayor espesor o densidad del aislante, menor pérdida de calor y más ahorro de energía y tiempo de producción, luego mayor nivel de confort.

- **Acero inoxidable.** Los interacumuladores de acero inoxidable de calidad y máxima garantía se construyen en inoxidable AISI 316L, lo que garantiza una gran resistencia a la corrosión general y a la corrosión por grietas o picaduras. Esta opción en acumuladores e interacumuladores es duradera y recomendable para depósitos destinados a uso alimentario.
- **Vitrificado.** El acero vitrificado es el material que se considera más resistente y que otorga mayor durabilidad y tiempo de vida útil al aparato. Los interacumuladores vitrificados son interacumuladores de acero a los que, dentro de la cuba, sobre la superficie de acero, se les ha aplicado una capa de esmalte vítreo. Este tipo tratamiento tiene como grandes ventajas el impedir el desarrollo de hongos y bacterias (se considera como una de las mejores soluciones garantizar la calidad del agua de uso alimentario) y el ejercer una protección anticorrosiva de larga duración. Aunque es complicado fabricarlos por encima de 2.000 litros.
- **Acero revestido.** Los interacumuladores de acero revestido se utilizan sobre todo por encima de los 2.000 litros, son interacumuladores contruidos en acero al

carbono con un revestimiento interior de resina sintética. Para garantizar la prevención ante la corrosión, todos los modelos de calidad siempre cuentan con un sistema de protección catódica incorporada.

Para este proyecto, se elige un interacumulador de acero vitrificado por sus prestaciones y su económico precio, respecto al resto.

Para el cálculo del volumen de acumulación hay que tener en cuenta varios aspectos.

En primer lugar, el CTE (apartado 2.2.5) nos obliga a dimensionar en función de la energía a aportar a lo largo del día, no así en función de la potencia de los captadores planos. Se debe prever una acumulación acorde con la demanda, pues la generación y la demanda no son simultáneas.

Para calcular el volumen de acumulación debemos prestar atención a los consumos instantáneos del hotel. Este cálculo está plasmado en la Tabla 9, teniendo como datos los de la Tabla 8 proporcionada por el CTE para conocer el caudal instantáneo mínimo de ACS de los diferentes aparatos instalados en edificios hosteleros:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 8: Consumos instantáneos de ACS por tipo de aparato

La siguiente tabla muestra el consumo de los clientes del hotel, suponiendo un aforo del 100%, es decir, de las 30 habitaciones:

	Lavabo	Ducha	Bidé
Caudal ACS l/s	0,065	0,15	0,065
Habitaciones	30		
Subtotal	1,95	4,50	1,95
TOTAL	8,4 l/s		

Tabla 9: Consumo de ACS en las habitaciones

La siguiente tabla muestra el consumo de ACS en las cocinas y lavandería del hotel:

	Lavavajillas industrial	Fregadero no doméstico
Caudal ACS l/s	0,2	0,2
Número	1	2
Subtotal	0,2	0,4
TOTAL	0,6 l/s	

Tabla 10: Consumo de ACS en los servicios del hotel

Por tanto, el caudal instantáneo total de ACS será de $Q_t=9,0$ L/s.

Una vez hemos calculado la suma de los caudales instantáneos mínimos (Q_t), procedemos a calcular el coeficiente de simultaneidad para obtener el caudal simultáneo.

Estos coeficientes, según la norma UNE 149201:2017 *Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios*, son:

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
		Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	
			$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Edificios de viviendas	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$	$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0,4 \times (Q_t)^{0,54} + 0,48$			
Edificios de hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 1,08 \times (Q_t)^{0,5} - 1,83$	$Q_c = 0,698 \times (Q_t)^{0,5} - 0,12$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = (Q_t)^{0,366}$
Edificios de centros comerciales	$Q_c = 4,3 \times (Q_t)^{0,27} - 6,65$			
Edificios de hospitales	$Q_c = 0,25 \times (Q_t)^{0,65} + 1,25$			

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	
		$Q_t \leq 1,5 \text{ l/s}$	$Q_t > 1,5 \text{ l/s}$
Edificios de escuelas, polideportivos	$Q_c = -22,5 \times (Q_t)^{-0,5} + 11,5$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 4,4 \times (Q_t)^{0,27} - 3,41$

Tabla 11: Coeficientes de simultaneidad

El volumen de acumulación se calcula en función del tiempo de punta, estimado en 15 minutos.

Al ser el Q_t inferior a 20 l/s y ya que contamos con que el caudal mínimo que se puede dar es inferior a 0,5 l/s, utilizamos la siguiente fórmula para calcular Q_c :

$$Q_c = 0,698 \times Q_t^{0,5} - 0,12 = 1,974 \text{ l/s}$$

De esta manera, nuestro volumen de acumulación debe ser no menor de:

$$V_{\text{acum}} = 1,974 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{\text{min}} \times 15 \text{ min} = 1777 \text{ l}$$

En segundo lugar, el mismo apartado especifica que debe cumplirse la siguiente relación:

$$50 < V/A_{\text{capt}} < 180$$

Siendo:

V : Volumen del depósito de acumulación (l)

A_{capt} : Área total de captación (m^2)

Según recomienda la normativa, el volumen de acumulación debería ser parecido al consumo diario medio.

Realizando un análisis de sensibilidad, resulta mejor instalar un acumulador de un volumen un poco mayor al obtenido en los cálculos.

Por tanto, elegimos un volumen de acumulación de 3.000 L. De este modo, la relación V/A será 76,34.

El interacumulador solar elegido es el ofrecido por la marca LAPESA MVV3000.

Se trata de un intercambiador fabricado en acero vitrificado con serpentín para aprovechar mejor la energía procedente del área de captación, con las siguientes características:

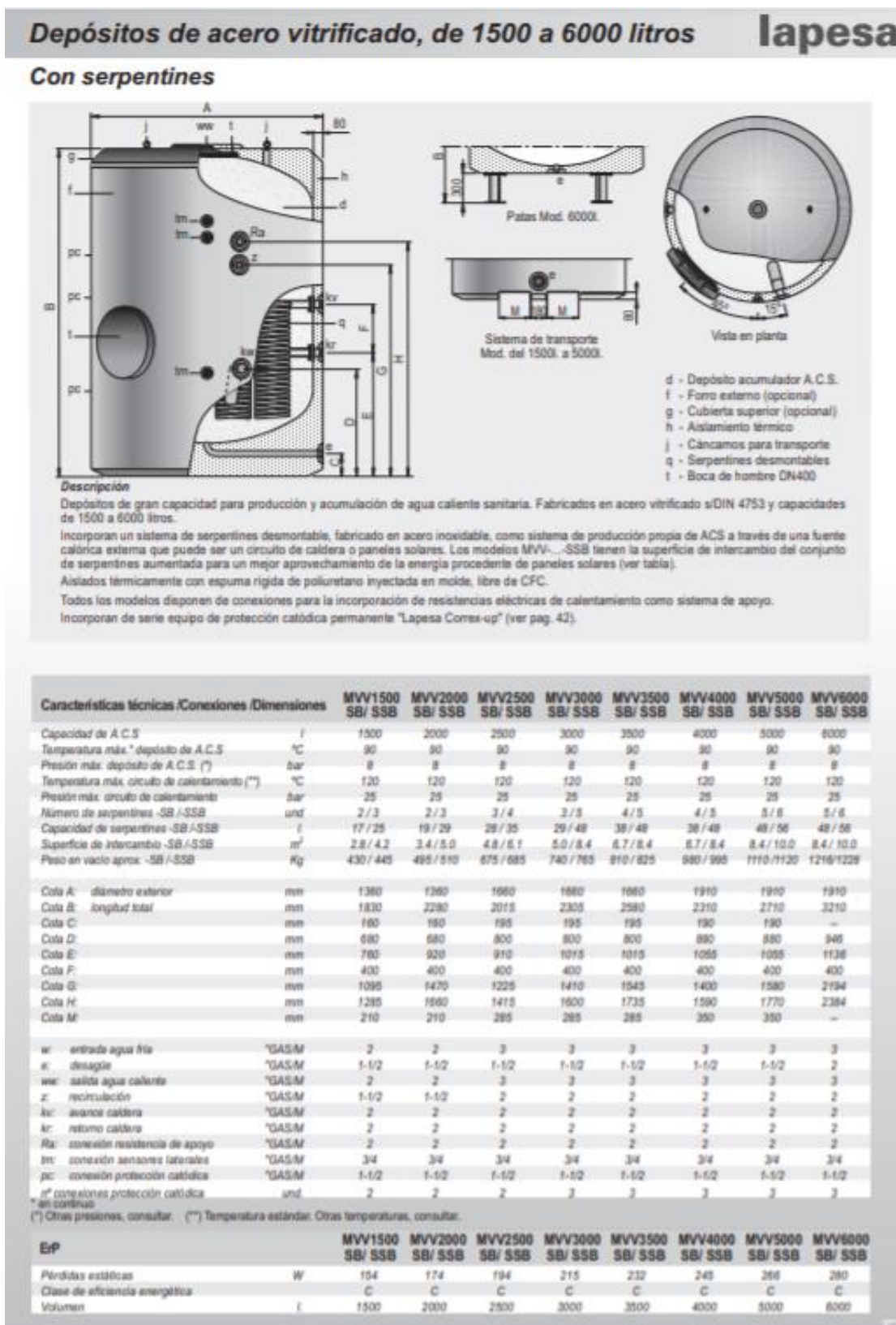


Figura 35: Características técnicas interacumuladores LAPESA

- **Fluido Caloportador**

Para evitar riesgos de congelación en el circuito primario, el fluido caloportador incorporará anticongelantes.

Para evaluar el porcentaje de anticongelante en el fluido caloportador se requiere revisar el histórico de temperaturas de Burgos. Si bien la temperatura mínima desde que existen registros es de -20°C , en 1970, el pico en 2009 de -17°C evita tratarlo como un *outlier*.

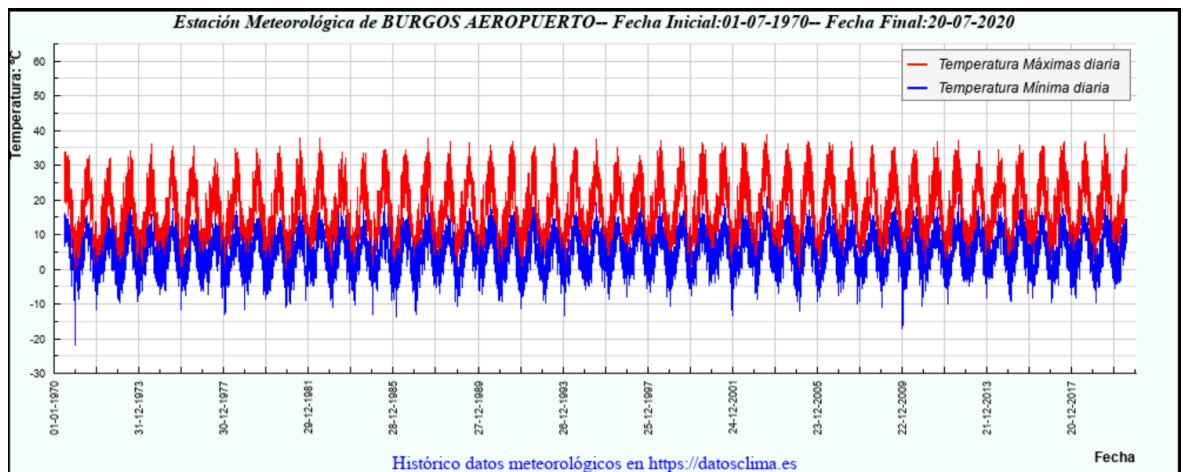


Figura 36: Histórico de temperaturas de Burgos

Como anticongelante podrán utilizarse productos ya preparados o mezclados con agua. En ambos casos, deben cumplir con la reglamentación vigente. Además, su punto de congelación debe ser inferior a la temperatura mínima histórica (-20°C), con un margen de seguridad mínimo de 5°C .

En cualquier caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K .

Se deberán tomar las precauciones necesarias para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante cuando se alcancen temperaturas muy altas. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar su llenado de y asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente disponer de un depósito auxiliar para reponer las posibles pérdidas de fluido caloportador en el circuito y no debe utilizarse para reposición un fluido cuyas características sean incompatibles con el existente en el circuito.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas mediante reposición con agua de la red.

Para este caso, se ha elegido como fluido caloportador una mezcla comercial de agua y propilenglicol al 40 %, con lo que se garantiza la protección de los captadores contra rotura por congelación hasta una temperatura de unos -25°C , así como contra corrosiones e incrustaciones, ya que dicha mezcla no se degrada a altas temperaturas. En caso de fuga en el circuito primario, cuenta con una composición no tóxica y aditivos estabilizantes.

El anticongelante que usaremos es FLUIDOSOL, de la casa TERMICOL. Las principales características de este fluido caloportador a 60°C son las siguientes:

- Densidad: 1000 kg/m^3
- Calor específico: 3820 kJ/kg K
- Conductividad Térmica: $0,430 \text{ W/m K}$
- Viscosidad dinámica: 1 mPa-segundo
- Viscosidad cinemática: $2 \text{ mm}^2/\text{s}$
- Número de Prandtl: 10

En la siguiente figura se muestran la temperatura de protección del fluido:

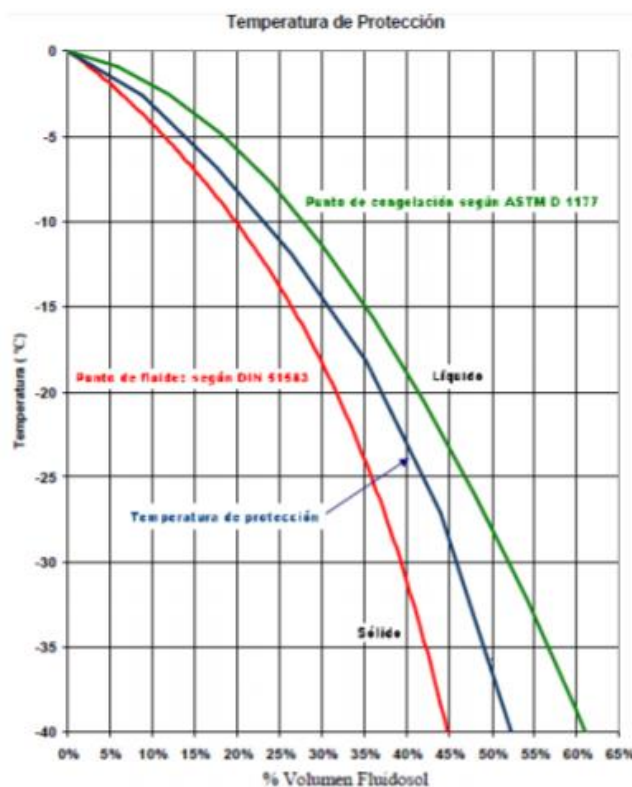


Figura 37: Temperatura de protección del FLUIDOSOL

Para saber cuánto volumen de Fluidosol, es necesario calcular el volumen del circuito primario:

Considerando el diámetro de las tuberías del circuito primario (24 mm) y la longitud del mismo (34 m) obtenemos un volumen del circuito primario de 15,4 l.

En este punto, surge la duda de qué sistema de acumulación utilizar. Se recuerda al lector que existen varias opciones de diseño (explicadas en las instrucciones del programa CHEQ4):

- Sistema con acumulación centralizada
- Sistema con acumulación distribuida
- Sistema con intercambio distribuido

Tras consultarlo con varias fuentes, se decide que la mejor opción es la de diseñar un **sistema con todo centralizado**.

Se trata de la instalación adecuada para consumo colectivo de agua caliente en hoteles, hospitales, centros deportivos, etc. La centralización de la producción mejora la eficiencia del sistema y reduce el consumo energético global.

• **Intercambiador de Calor**

Este aparato es el encargado de transmitir la energía calorífica del circuito primario al secundario. Para el proyecto se ha elegido un intercambiador de placas externo.

El intercambiador de calor debe garantizar que, en ningún caso, se mezcle el fluido caloportador con el agua sanitaria.

Los intercambiadores tienen el inconveniente de que suponen una ligera pérdida de rendimiento del sistema. Debido a las diferencias entre los fluidos, los captadores solares deben funcionar a una temperatura superior a la del fluido del circuito secundario. Esto eleva el coste de la instalación y además deberá cumplir la normativa correspondiente.

Los dos parámetros que definen a un intercambiador son el rendimiento y la efectividad del mismo. El rendimiento puede definirse como el cociente entre la energía que entra en el intercambiador y la que transferimos al circuito secundario, esta pérdida nunca debe ser superior al 5%. La efectividad se define como la relación entre la energía calorífica intercambiada en la unidad de tiempo y la máxima que teóricamente podría intercambiarse. Si el diseño es correcto la efectividad del intercambiador no debería ser inferior a 0,7. Cuanto menor sea esta efectividad, mayor deberá ser la temperatura de entrada en los captadores, haciendo disminuir el rendimiento de éstos y por lo tanto de la instalación.

La potencia del intercambiador, tal y como muestra el Pliego de Condiciones, se elige de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_{min} \geq 500 * A_{capt}$$

Siendo:

P_{min} : Potencia mínima del intercambiador [W]

A_{capt} : Área de captación solar [m²]

En el caso de nuestro proyecto:

$$P_{min} \geq 500 * 26,2 = 13,1 \text{ kW}$$

El caudal máximo que circulará por el circuito primario será:

$$Q_{max} = 2169 \text{ l/h}$$

El intercambiador elegido es el ofrecido por la casa TERMICOL, con las siguientes características:

- Hasta un área de captación de 28,8 m² (apto dado la nuestra es de 26,2 m²)
- Con un rango de potencia entre 6 y 15 kW (apto dado que la nuestra es de 13,1 kW)



Figura 38: Intercambiador de placas elegido

- **Vaso de Expansión**

Para el dimensionado del vaso de expansión se recurre a una aproximación para sistemas pequeños con circuitos primario y secundario, según la cual se calcula gracias a la siguiente fórmula:

$$V_{vaso} = V_t * (0,2 + 0,1 * h)$$

Siendo:

V_T, el volumen total en el circuito primario (colectores, tuberías, intercambiador, etc.).

h, la diferencia entre las alturas en metros desde el punto más alto de los colectores hasta el vaso de expansión.

La altura del vaso de expansión suele estar entre 2 y 3m sobre el área de captación. En este caso, se supondrá a 2 m. [2]

De esta manera, siendo el volumen del circuito primario $V_t = 15,4L$:

$$V_{\text{vaso}} = V_t * (0,2 + 0,1 * h) = 15,4 * (0,2 + 0,1 * 2) = 6,16 L$$

- **Tuberías Exteriores**

Para este proyecto, se ha decidido diseñar únicamente el entramado de tuberías de la parte del circuito primario situadas en el exterior.

El resto no resulta objeto de estudio y dependen de la configuración de la sala de calderas del hostel, de la cual no se tiene información alguna.

Las tuberías del circuito primario irán desde la sala de calderas, donde se encuentra el intercambiador de calor de placas elegido, junto con el resto de aparatos de la instalación.

Se decide optar por la solución que más se ajusta a la arquitectura del edificio: las tuberías irán desde el área de captación hasta la sala de máquinas a través de la salida de ventilación más próxima.

Para evitar pérdidas térmicas, se ha tenido en cuenta que la longitud de la tubería del sistema sea tan corta como sea posible, y se ha evitado al máximo los codos y las pérdidas de carga en general.

El aislamiento de las tuberías de intemperie llevará una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

El material de las tuberías será cobre.

Para el dimensionado de las tuberías se utiliza la siguiente tablas:

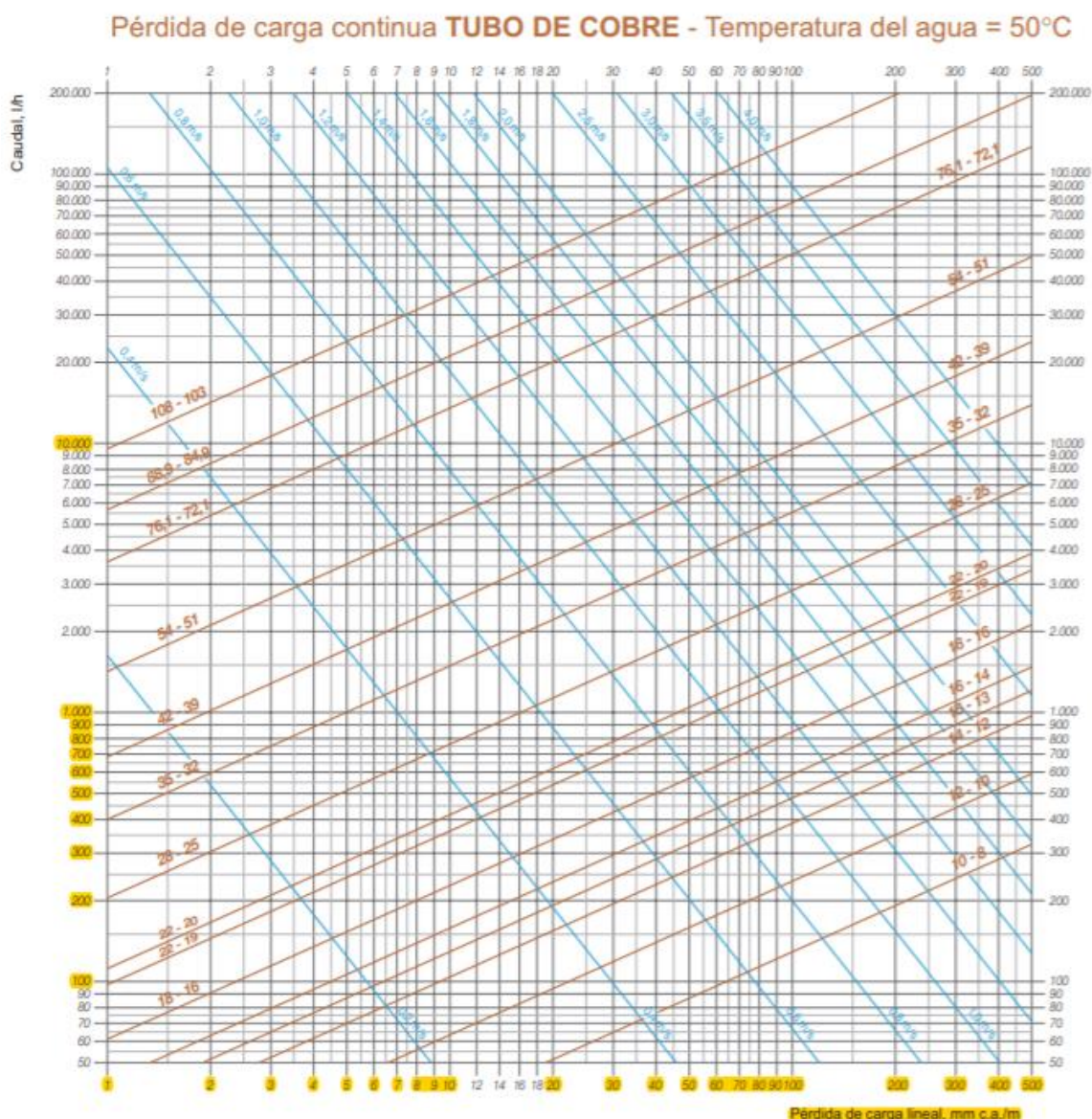


Figura 39: Ábaco de pérdidas de carga continua en tuberías de cobre

Las pérdidas no pueden superar los 40 mm c.a./m. Además, la velocidad en las tuberías debe ser < 2 m/s en tuberías que van por el interior del edificio y < 3 m/s para las tuberías situadas en el exterior.

El diámetro impuesto por el programa CHEQ4 es de 24 mm, por tanto, teniendo un caudal $Q=2.169$ L/h, las pérdidas lineales se estiman en 30 mm c.a./m, entrando dentro del rango admisible.

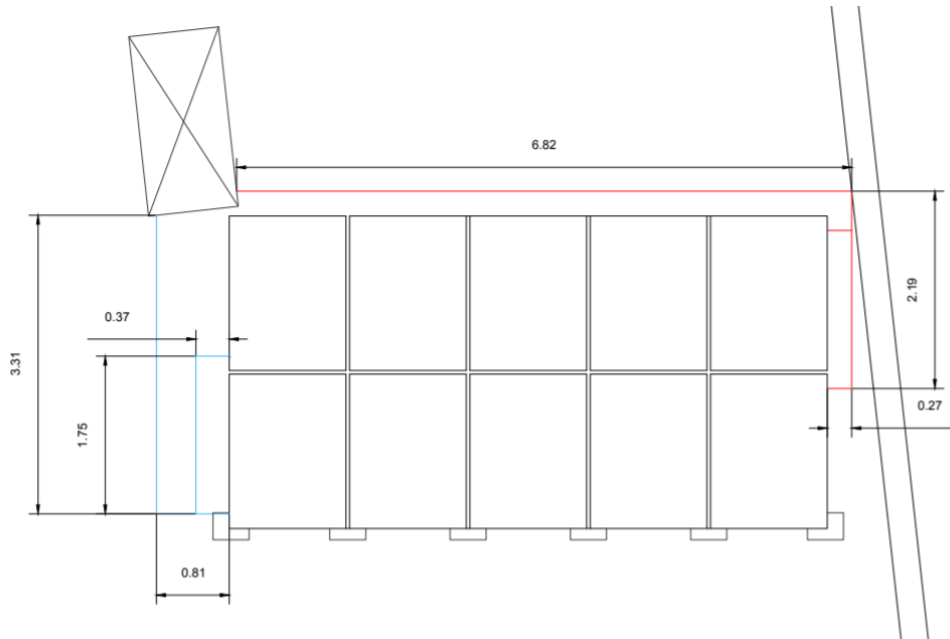


Figura 40: Entramado de tuberías exteriores del circuito primario

Para un correcto equilibrado (caudales homogéneos) en instalación con colectores en paralelo es necesario conseguir iguales pérdidas de carga en cada uno de ellos.

Esto se puede conseguir de 2 modos:

- Equilibrado mediante válvulas
- Retorno invertido

Para este proyecto, se ha seguido la recomendación de seguir la técnica de retorno invertido

Este procedimiento consiste en igualar la longitud de los circuitos hidráulicos (tuberías) de entrada y salida del circuito primario. Con esto se logra homogeneizar las pérdidas de carga de cada uno de ellos y que el flujo sea uniforme.

La longitud del circuito primario será de 20 m más las longitudes mostradas en la imagen.

La siguiente tabla muestra los tramos de tubería exterior de la instalación:

Tramo	Colectores	Ai (m ²)	Qi (l/m ² /h)	Q tot (l/h)	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Aislante (mm)
0-1	10	26,2	82,78	2169	3,31	24	40
1-2	5	13,1	82,78	1084,5	1,18	24	40
1-3	5	13,1	82,78	1084,5	0,81	24	40
4-6	5	13,1	82,78	1084,5	2,02	24	40
5-6	5	13,1	82,78	1084,5	0,27	24	40
6-7	10	26,2	82,78	2169	9,28	24	40

Tabla 12: Tabla de tuberías exteriores del circuito primario

Por lo tanto, la longitud total será de $20+3,31+1,18+0,81+2,02+0,27+9,28=34$ m.

Para aquellas redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como es el caso de redes de agua caliente sanitaria en hoteles y hospitales se incrementarán los espesores de aislamiento térmico 5 mm a los indicados en las tablas.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 13: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

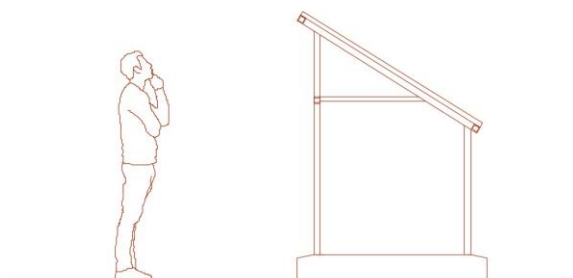
Tabla 14: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Por tanto, las tuberías contarán con un espesor de aislamiento de 40 mm.

- **Estructura Soporte**

A menudo, a solicitud del cliente o por recomendación técnica los módulos se pueden instalar de forma que hagan las veces de pérgola o similar con una estructura realizada a medida. En ocasiones las estructuras a medida son requeridas por cuestiones de espacio o por la propia forma de distribución de la cubierta, resultando una colocación más orientada a la funcionalidad que a la utilidad como espacio útil, resultando en la mayoría de casos de una buena integración estética o en su defecto reduciendo el impacto arquitectónico.

Gracias a la ayuda del programa SketchUp, se ha podido diseñar un boceto de la estructura soporte en la que se instalarán los captadores solares planos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Boceto de la estructura soporte

La estructura soporte cumple las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permiten las dilataciones térmicas necesarias, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador son suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojan sombra sobre los captadores.

Como se puede observar, se ha tomado la decisión de elevar 1m tanto los paneles fotovoltaicos como los captadores térmicos.

La estructura que se comprará para la sujeción de los paneles será la siguiente:



Fuente: Ecofener

Figura 42: Estructura soporte

- **Resultados del programa CHEQ4**

Los resultados obtenidos por el programa CHEQ4 han sido los siguientes:

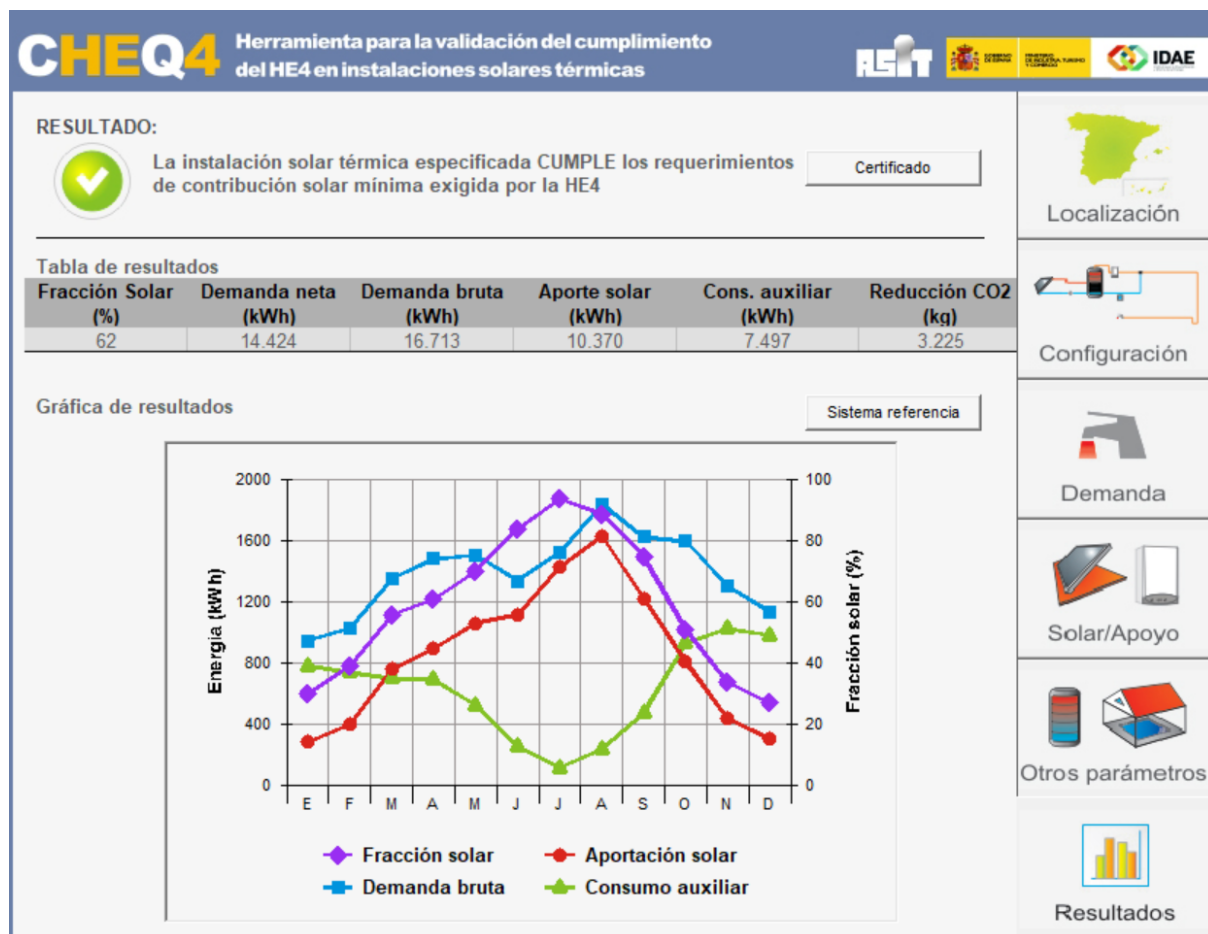


Figura 43: Resultados obtenidos por el programa CHEQ4

1.2.4.2 Instalación Fotovoltaica

No se ha encontrado normativa que marque una mínima fracción solar cubierta por el sistema FV para hoteles de menos de 100 habitaciones. Es por ello que, para el diseño de la instalación fotovoltaica, se ha determinado únicamente con el límite de espacio del tejado y la integración en su arquitectura. De manera que, tras varios intentos se ha llegado al resultado de instalar 21 paneles en serie.

Sin embargo, por razones de espacio y por el ahorro de las pérdidas por sombreado de los obstáculos circundantes (salidas de ventilación y salidas al tejado), se ha decidido dividir la instalación en 2 subsistemas.

El primer subsistema, ubicado en la parte norte del tejado, cuenta con una fila de 7 paneles solares conectados en serie. Estos paneles se instalan con el mismo soporte que para los captadores solares térmicos, es decir, misma estructura metálica y mismos bloques de hormigón.

La decisión de conectar los paneles en serie, viene de evitar pérdidas en el cableado.

En la siguiente figura se muestra la configuración diseñada:

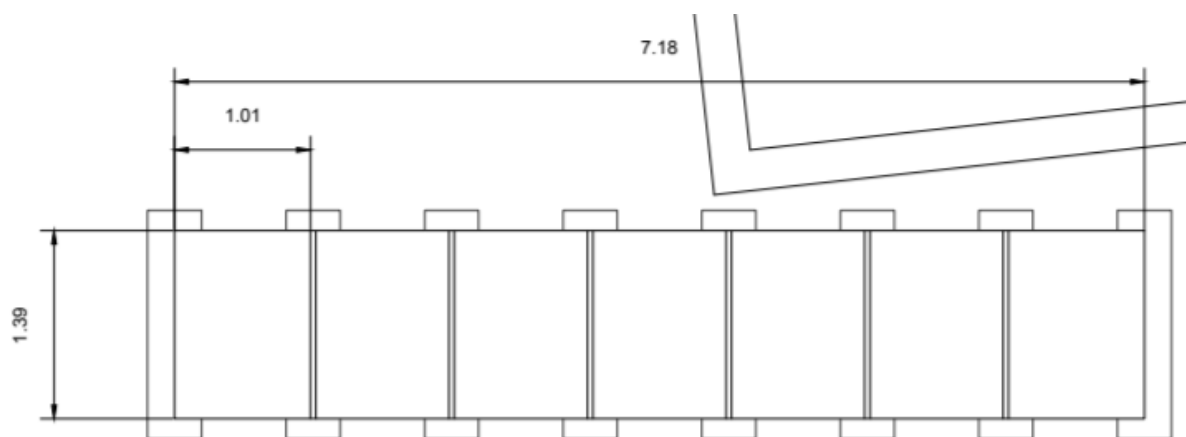


Figura 44: Configuración del subsistema fotovoltaico 1x7

El segundo subsistema, ubicado en la parte sur del tejado, cuenta con dos filas de 7 paneles solares cada una.

En la siguiente figura se muestra la configuración diseñada:

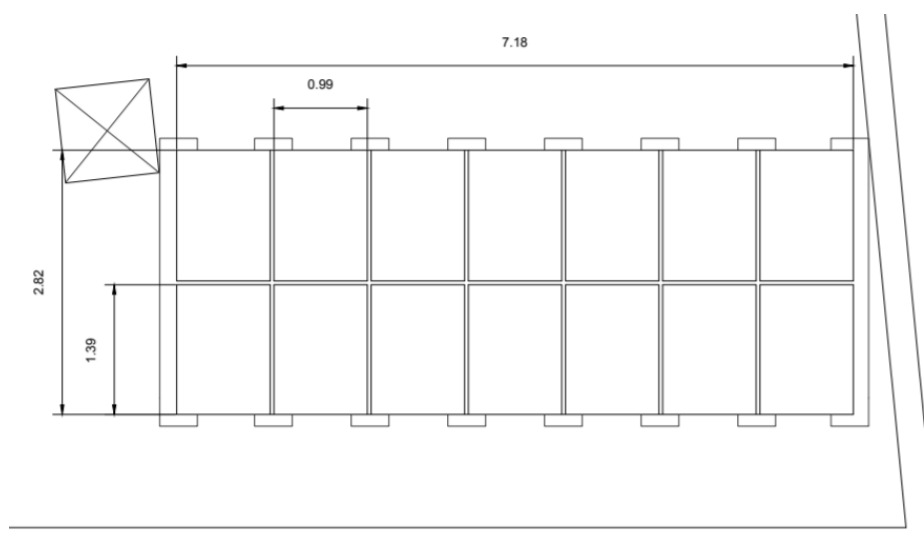


Figura 45: Configuración del subsistema fotovoltaico 2x7

- Generación Fotovoltaica

La generación del sistema se ha modelado en función de los kWp de la instalación y de las Horas Solares Pico. Las Horas Solares Pico o HSP son el número de horas de hipotética irradiación solar equivalentes de 1000W/m² durante ese día.

$$1HSP = \frac{1000 \text{ W} * 1 \text{ h}}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{\frac{1J}{s}}{1W} = 3,6 \text{ MJ}/m^2$$

Para este proyecto se ha utilizado una plantilla EXCEL que modela estas horas solares pico como una distribución horaria según los niveles de irradiación incidente.

La producción de los paneles solares se muestra en la siguiente figura:

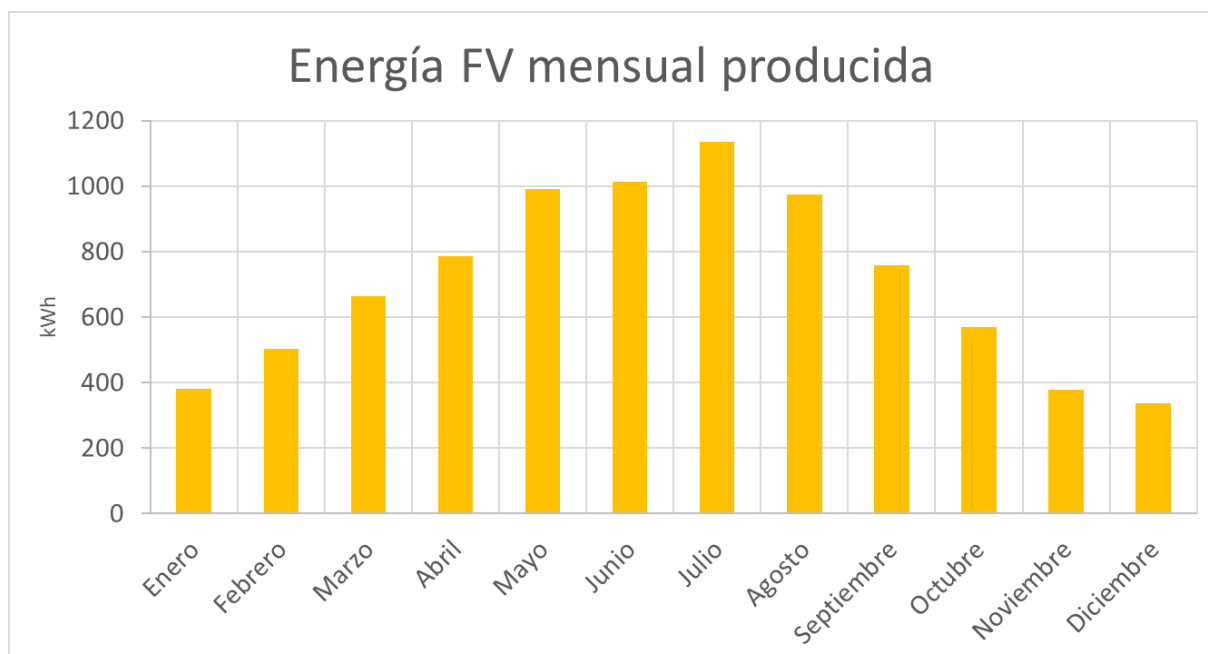


Figura 46: Producción de la instalación fotovoltaica

Lejos del 60% de la fracción solar que cubre la instalación térmica, la fracción solar cubierta por la instalación fotovoltaica es mucho menor.

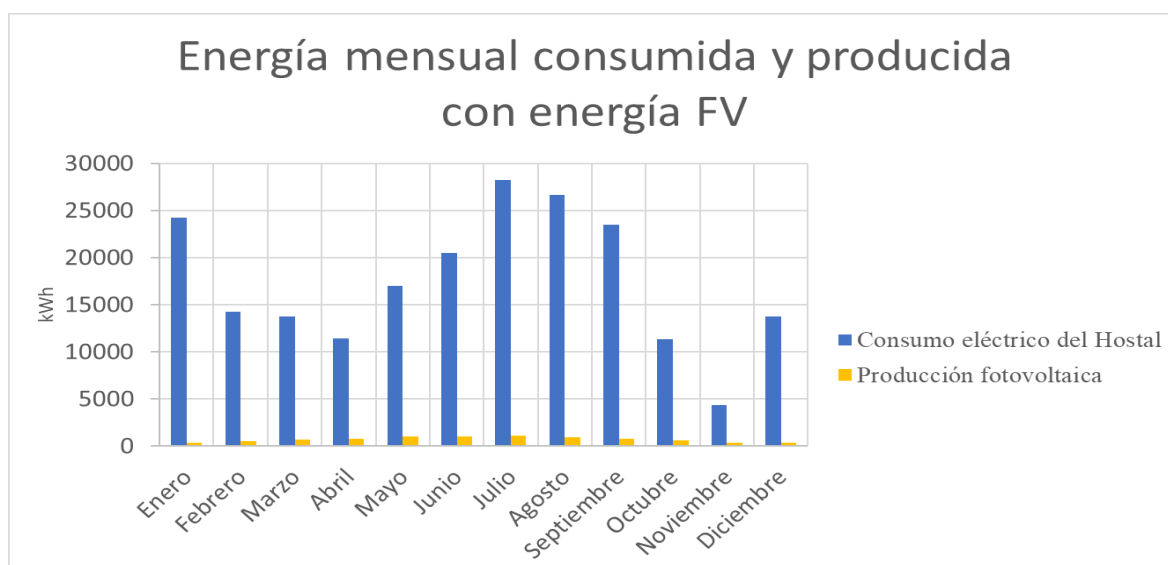


Figura 47: Generación fotovoltaica comparada con el consumo del hostel

- **Paneles Solares**

Los módulos elegidos para la instalación son de la marca ATERSA y tienen las siguientes características:



Figura 48: Módulo ATERSA A-310 GS

Datos eléctricos (STC)	Notación	Valor	Unidad
Potencia nominal	$P_{\max}$	310	W
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	39,2	V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	9,95	A
Tensión en Máxima Potencia	V_{mpp}	33,50	V
Corriente en Máxima Potencia	I_{mpp}	9,25	A
Eficiencia		15,2	%
Coeficiente de temperatura	$P_{\max}$	-0,38001	%/°C
Coeficiente de temperatura	V_{oc}	-0,29506	%/°C
Coeficiente de temperatura	I_{sc}	0,08558	%/°C

Tabla 15: Características del módulo ATERSA A-310 GS

- **Inversor**

Para elegir el inversor adecuado debemos conocer la potencia de nuestra instalación.

La potencia de la instalación fotovoltaica será de:

$$P = 21 \text{ paneles} * 310W = 6,51 \text{ kWp}$$

Estando en paralelo, las características de la instalación serán las siguientes:

Número de módulos	21
Número de filas (paralelo)	1
Número de paneles por fila (serie)	21
Potencia nominal de la instalación	6,51 kWp
Tensión en circuito abierto (V_{oc})	823,20V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	9,95A
Tensión en Máxima Potencia (V_{mpp})	703,50V
Corriente en Máxima Potencia (I_{mpp})	9,25A

Tabla 16: Características de la instalación fotovoltaica

El inversor que mejor más adecuado para la instalación es el KOSTAL PIKO IQ 5.5.

El factor determinante a la hora de elegirlo ha sido su adecuado ratio Wp/W
 $= \frac{6510-5500}{5500} = 18,36\%$, que en el resto de los candidatos no lo era. Este ratio es adecuado siempre y cuando esté entre un 10 y 20%.



Figura 49: Inversor PIKO IQ 5.5

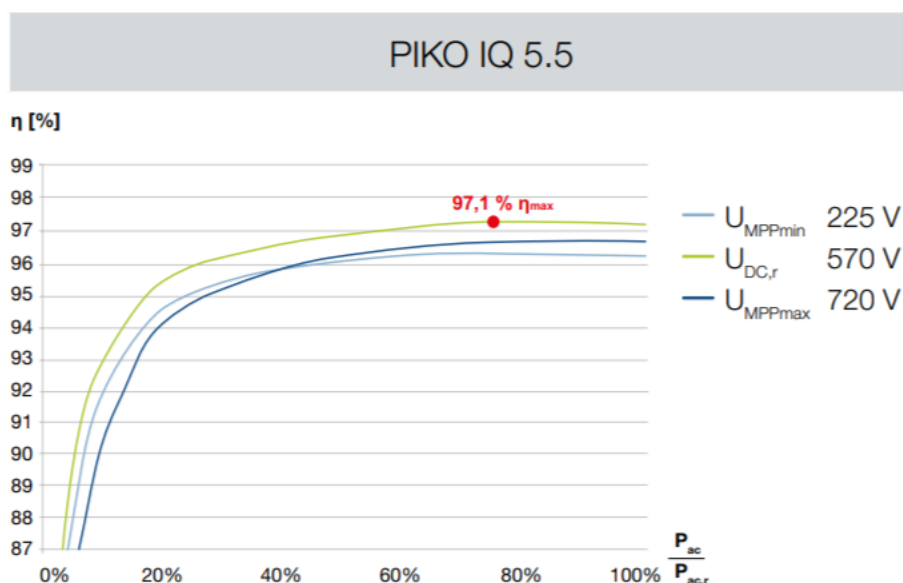


Figura 50: Gráfica de rendimiento del inversor

▪ Cableado

El dimensionado del cableado de la instalación se divide en dos partes: la parte correspondiente al lado de continua y la del lado de alterna.

En cada una de las partes, se dimensiona el cable necesario para la unión de los elementos, cumpliendo las restricciones del REBT de la corriente máxima admisible y la caída de tensión máxima.

El cableado exterior irá por el borde del tejado, canalizado en un tubo de acuerdo con las especificaciones del REBT.

Para calcular la sección del cableado de la instalación se usa la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 * L * I_{cc}}{C * \Delta U}$$

Siendo:

S: sección del cable

L: longitud del cable

I_{cc}: Corriente de cortocircuito (I_{max})

C: Conductividad del cobre a 90°C, con un valor de 44mΩ/mm²

ΔU: Caída de tensión máxima, con un valor de 1,5%

- Parte de Corriente Continua (CC)

El cableado de corriente continua conecta los subsistemas fotovoltaicos con el armario de corriente continua.

Dicho armario contiene las protecciones necesarias para el buen funcionamiento de la instalación.

En el punto de máxima potencia, los paneles están a una tensión V_{mpp} de 703,5V. Por ello, la caída tensión máxima en el cableado es de:

$$\Delta U = 1,5\% * V_{mpp} = 10,5525 \text{ V}$$

Al estar en serie, la intensidad I_{cc} es la misma que para un solo panel, es decir, 9,95 A.

La longitud de este cableado se ha estimado en unos 100m, teniendo en cuenta la distancia entre los subsistemas es de 35 m.

Debido a que la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico es sólo un poco mayor que la corriente en el punto de máxima potencia se utiliza como valor de diseño de la corriente continua de la red principal 1,25 veces la corriente de cortocircuito del generador en condiciones STC según la IEC 60364-7 712.

Por tanto, la sección de esta parte del cableado será:

$$S = \frac{2 * L * I_{cc}}{C * \Delta U} = \frac{2 * 100 * 1,25 * 9,95}{44 * 10,5525} = 5,36 \text{ mm}^2$$

Por tanto, se escogerá un cableado de sección 6 mm².

- Parte de Corriente Alterna (CA)

En la parte posterior al inversor la corriente es alterna. El cableado conecta el inversor con el armario de alterna con el centro de transformación para el consumo o la venta a la red.

Para calcular la sección del cableado de la instalación se usa la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{3} * L * I * \cos\varphi}{C * \Delta U}$$

Siendo:

S: sección del cable

L: longitud del cable

I: Corriente máxima

C: Conductividad del cobre a 90°C, con un valor de 44mΩ/mm²

ΔU: Caída de tensión máxima, con un valor de 2%

El tramo de corriente alterna comprende la distancia entre el inversor al armario de CA y de ahí al centro de transformación correspondiente.

La longitud esta vez es mucho menor al situarse en el interior del edificio, por tanto se supondrá de 5m.

La intensidad máxima es la que soporta el inversor, en este caso, de 26,5A.

La potencia P máxima del inversor es 5500W. La tensión de salida es de 320V.

$$S = \frac{\sqrt{3} * L * I * \cos\varphi}{C * \Delta U} = \frac{\sqrt{3} * L * P}{C * \Delta U * V} = \frac{5 * 5500}{44 * 0,02 * 320^2} = 0,31mm^2$$

Por tanto, se elegirá una sección de 1 mm².

- **Protecciones**

Las protecciones de la instalación cumplirán con la normativa indicada en el Real Decreto 1669/2011 por el que se regula las instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, conectadas a red, además de la normativa impuesta por el REBT.

Estas instalaciones contarán como mínimo:

- Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento.
- Un interruptor automático diferencial, para proteger en caso de derivación de algún elemento a tierra
- Un interruptor automático de la conexión, para desconexión en caso de anomalía de tensión o de frecuencia de la red.
- Protecciones: de máxima y mínima frecuencia (50,5 y 48 Hz, con temporización máxima de entre 0,5 y 3 segundos respectivamente) y máxima y mínima tensión entre fases ($1,15 \cdot U_n$ y $0,85 \cdot U_n$, respectivamente)

- **Puesta a tierra**

La puesta a tierra de la instalación se realiza según lo indicado en el artículo 15, Condiciones de puesta a tierra de las instalaciones, del Real Decreto 1669/2011. Se indica lo siguiente:

La puesta a tierra de las instalaciones se hará de tal forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras.

Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora

Es necesario, por ello, realizar una nueva puesta a tierra aislada de la del neutro de la compañía de distribución. Esta red de puesta a tierra se realizará con cableado de cobre y con picas enterradas en el suelo, a la que se unirán los elementos de la instalación con el fin de evitar posibles descargas al entrar en contacto con ellas.

La separación galvánica se realiza mediante el transformador de baja tensión incluido en el inversor.

1.2.5 PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

1.2.5.1 Por Orientación e Inclinación

Las pérdidas por orientación e inclinación de la superficie de captación se han obtenido de acuerdo a lo estipulado en el apartado 3.5 de la Sección HE4 del DB HE del CTE, para considerar los límites máximos admisibles.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 17: Porcentaje de pérdidas límite

Las pérdidas, en este caso, se calculan en función de los siguientes parámetros:

- Angulo de inclinación (β): definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Angulo de acimut (α): definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. Valores típicos de este son 0° para superficies orientadas al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

Desde el principio, observando y analizando el área del tejado, se decide apostar por una orientación de $\alpha = 0^\circ$, es decir, mirando al sur, pues la arquitectura del tejado así lo permite.

De esta manera, las pérdidas por orientación serán nulas.

El Código Técnico de Edificación recomienda un ángulo de inclinación en función de la época del año donde el consumo sea mayor.

- Consumo en verano: Se recomienda un ángulo igual a la latitud menos 10°
- Consumo en invierno: Se recomienda un ángulo igual a la latitud más 10°

Al tratarse de un hostel vacacional con mayor actividad en verano, se elige un ángulo de inclinación de 32° (Burgos tiene una latitud de $42^\circ 20' 57,1''$ N).

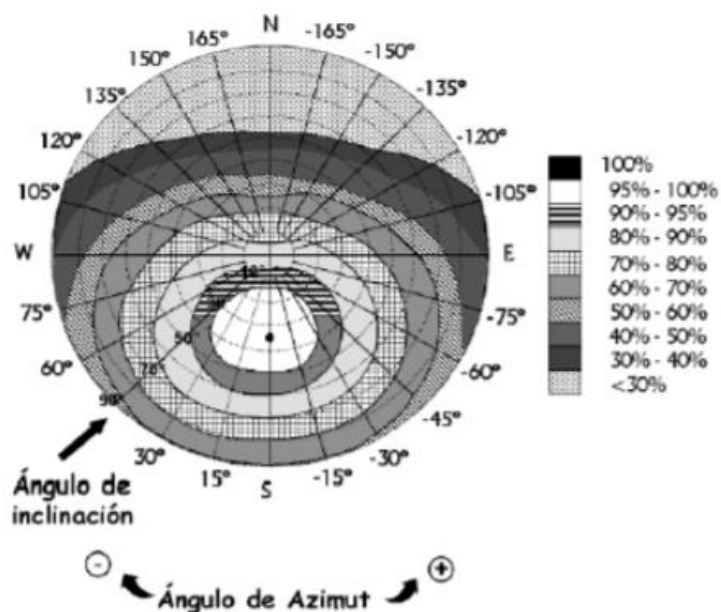


Figura 51: Porcentaje de energía respecto del máximo posible en función de la inclinación y orientación

1.2.5.2 Por Sombras

Las pérdidas por sombras de la superficie de captación se han obtenido de acuerdo a lo estipulado en el apartado 3.6 de la Sección HE4 del DB HE del CTE, para considerar los límites máximos admisibles.

Los obstáculos del tejado, sin duda, resultan un reto a la hora de ubicar las instalaciones. Es por ello, que resulta conveniente utilizar los programas AUTOCAD2018 y SketchUp para realizar el análisis de sombras.

La vista del tejado desde Google Earth es la siguiente:

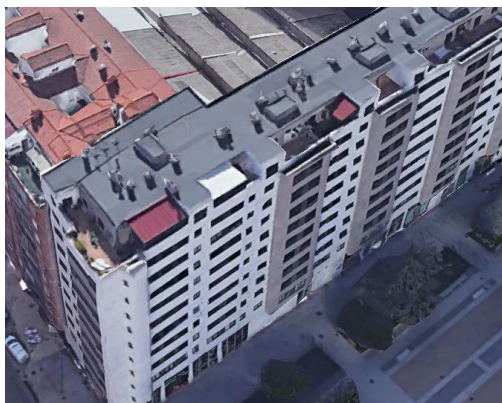


Figura 52: Vista del tejado del hostel (Fuente: Google Earth)

En primer lugar, se ha modelado el tejado en 3D:

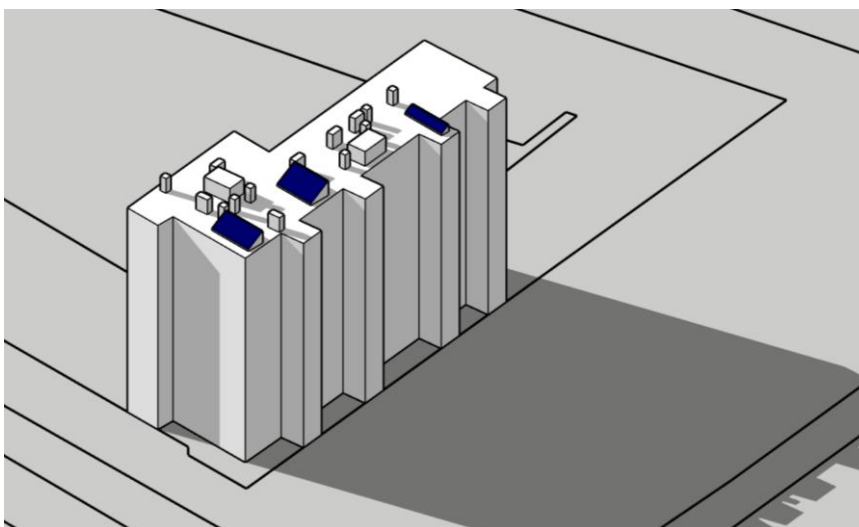


Figura 53: Modelado del tejado en 3D

Las salidas de humo y los accesos al tejado se han modelado con una altura de 2,5 m.

El CTE ofrece un método para calcular las pérdidas por sombras de los obstáculos circundantes.

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol.

De acuerdo con el CTE, los pasos a seguir son los siguientes:

- Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal).
- Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 3.4, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).
- Cada una de las porciones de la figura 3.4 representa el recorrido del sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquélla que resulte interceptada por el obstáculo.
- La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos

representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.

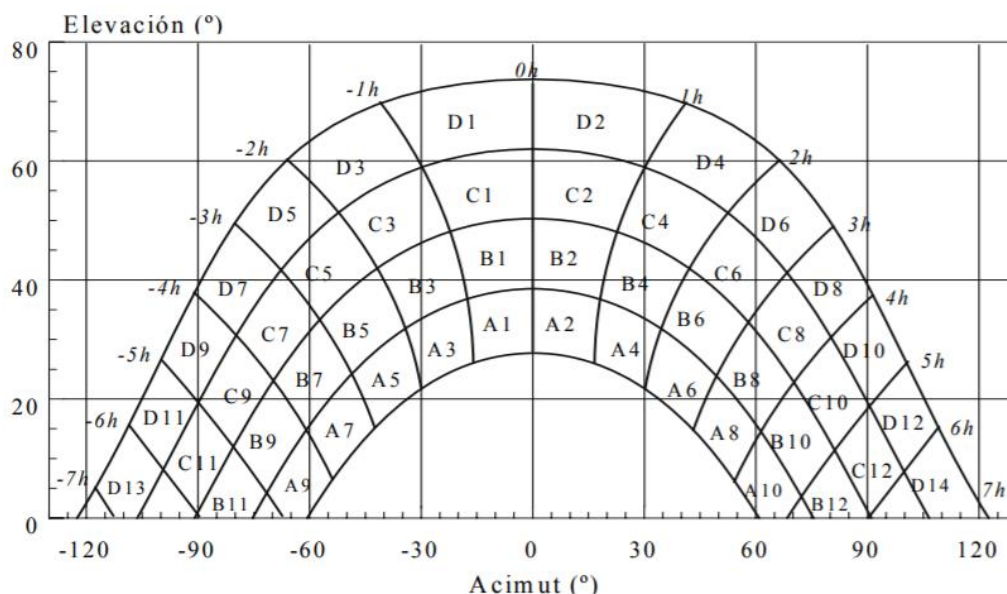


Figura 54: Diagrama de trayectorias del Sol

A continuación, se muestra la tabla de referencia para un sistema de captación con un ángulo de inclinación $\beta = 35^\circ$ y con un ángulo de acimut $\alpha = 0^\circ$ (orientado al sur).

	$\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$			
	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,17	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Tabla 18: Tabla de referencia para pérdidas por sombras

Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

El análisis de pérdidas por sombras se realizará únicamente en la instalación térmica y en el subsistema fotovoltaico de 1x7 placas.

- Pérdidas en el sistema térmico

En primer lugar, se procede a calcular la orientación de los obstáculos.

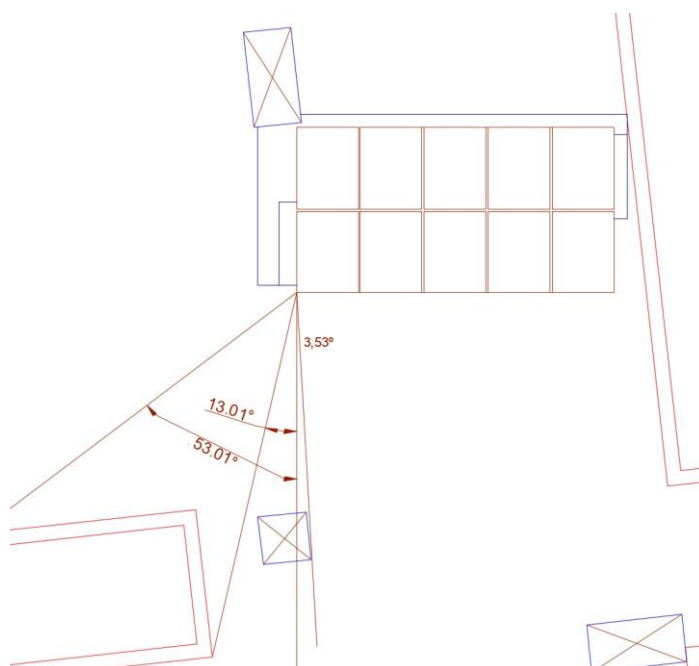


Figura 55: Obstáculos del sistema térmico

En segundo lugar, se calculan los ángulos de inclinación de los obstáculos.

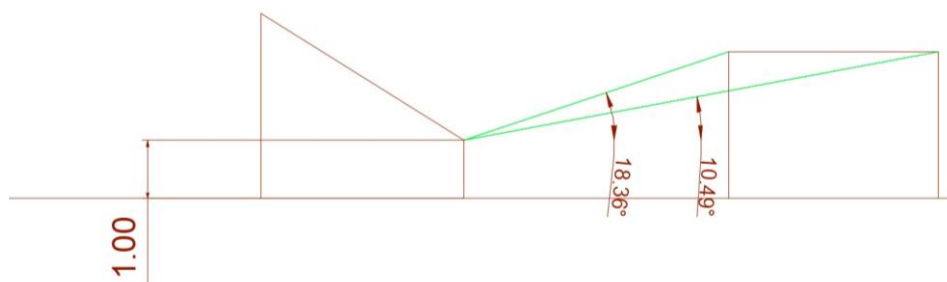


Figura 56: Obstáculos del sistema térmico

A continuación, se dibuja la silueta de los obstáculos en el diagrama.

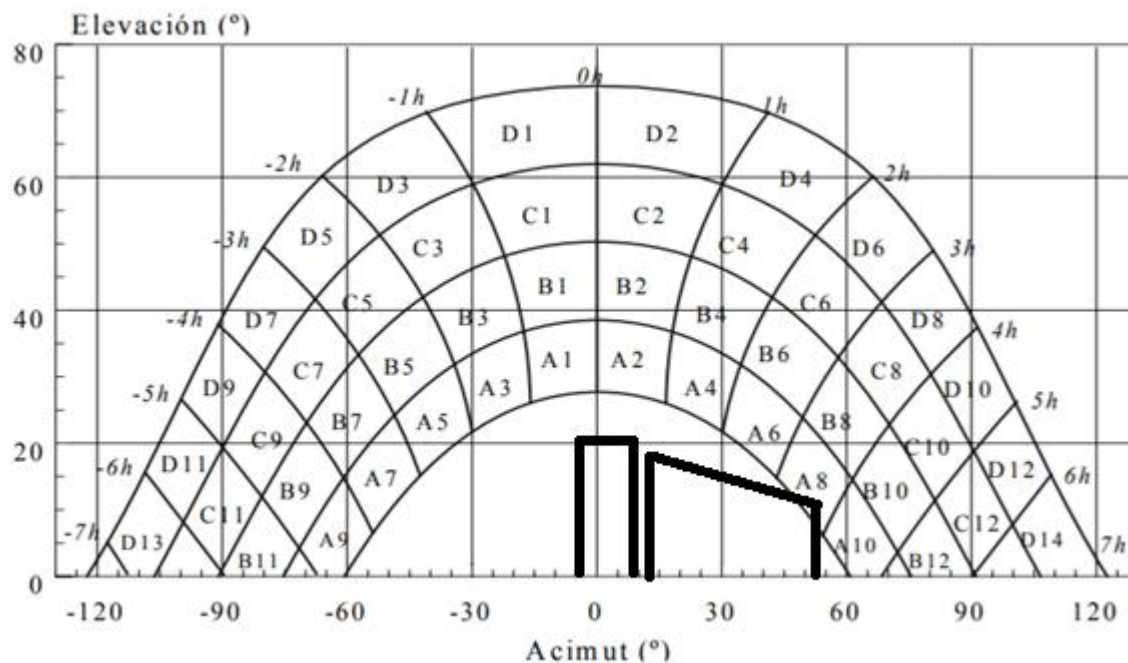


Figura 57: Silueta de los obstáculos del sistema térmico

Por último, se calcula el porcentaje de pérdidas por sombras estimado.

$$\text{Pérdidas por sombra} = 0,25 * A8 = 0,25 * 0,98 = 0,245\%$$

- Pérdidas en el subsistema fotovoltaico 1x7

En primer lugar, se procede a calcular la orientación de los obstáculos.

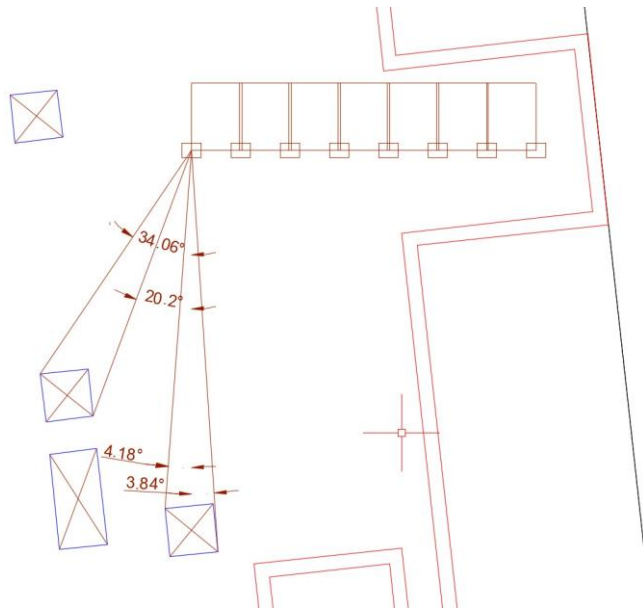


Figura 58: Obstáculos del subistema fotovoltaico 1x7

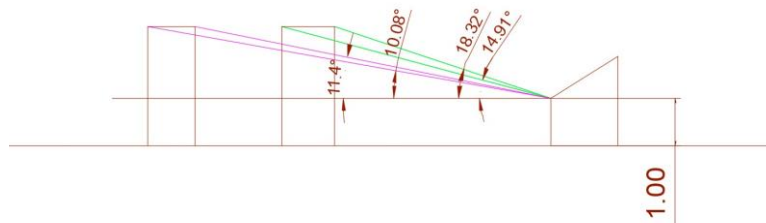


Figura 59: Obstáculos del subistema fotovoltaico 1x7

Por último, se dibuja la silueta de los obstáculos en el diagrama.

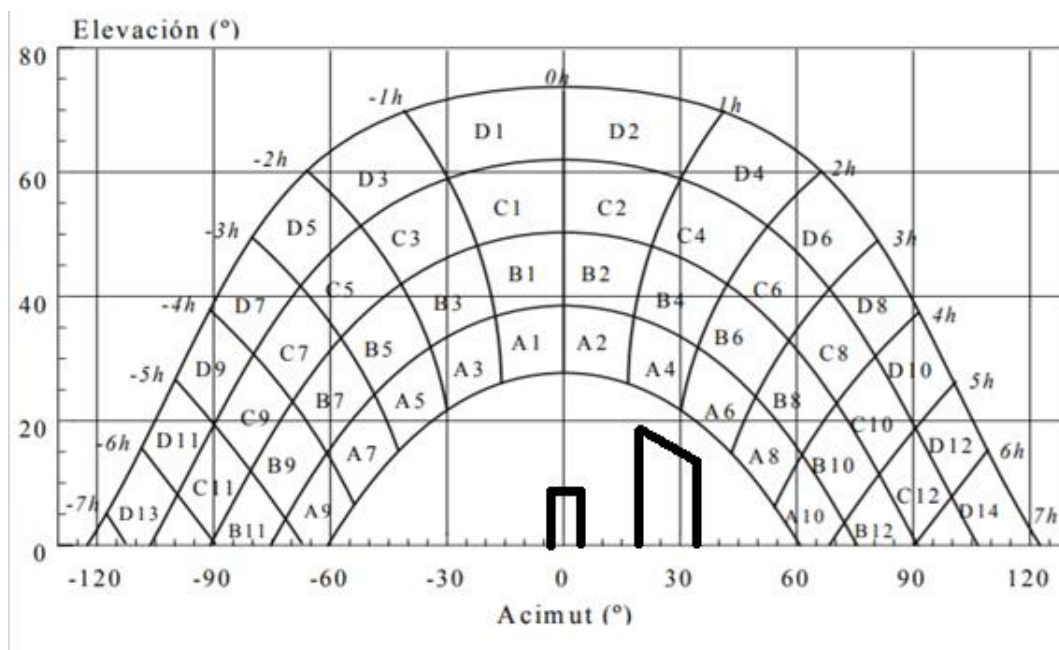


Figura 60: Silueta de los obstáculos del subistema fotovoltaico 1x7

Como se puede observar, los obstáculos analizados no arrojan sombra sobre los captadores y por tanto, según este procedimiento, las pérdidas por sombreado son nulas.

- Pérdidas en el subsistema fotovoltaico 2x7

Se han despreciado las pérdidas por sombras en este subsistema, al no tener edificios de una altura suficiente alrededor y los obstáculos que se encuentran en su entorno no afectan a su producción.

En gran parte, por este hecho se ha decidido instalar 2/3 de la instalación fotovoltaica en esta esquina del tejado (14 de 21 paneles).

1.3 ESTUDIO ECONÓMICO

1.3.1 ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD

Para determinar la rentabilidad del proyecto se calculan varios indicadores de rentabilidad: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) o el periodo de recuperación.

1.3.1.1 Valor Actual Neto o VAN

El Valor Actual Neto (VAN) se determina sumando los flujos de fondos que tienen lugar durante el desarrollo de la inversión, incluido el desembolso inicial, según una tasa de interés determinada.

Si el VAN es positivo, implica que el proyecto ha salido rentable y si es negativo, no rentable. Cuanto mayor es el valor del VAN, mayor rentabilidad tendrá la instalación, en términos económicos.

La tasa que se aplica es la tasa de descuento (r) y, en este caso, ya que los proyectos tienen una vida útil de 25 años, se estima con el valor del bono español a 30 años, 7,01%.

A continuación, se muestra la fórmula con que se determina:

$$VAN = -C_o + \sum_{i=1}^{24} \frac{C_i}{(1-r)^i}$$

1.3.1.2 Tasa Interna de Retorno o TIR

Por otro lado, la Tasa Interna de Retorno o TIR es la tasa de interés para la cual el VAN del proyecto de inversión resulta nulo. La regla de decisión es asumir un proyecto como rentable si la TIR es superior a la tasa de interés previamente definida.

A continuación, se muestra la fórmula con que se determina:

$$VAN = -C_o + \sum_{i=1}^{24} \frac{C_i}{(1-r)^i} = 0$$

1.3.1.3 Periodo de recuperación

Por último, el periodo de recuperación es el tiempo en que la suma de flujos de caja es nula y, por tanto, se ha rentabilizado por completo la inversión.

1.3.2 INSTALACIÓN TÉRMICA

Los ingresos mensuales de la instalación son de 649€, esto es, el ahorro de gasóleo de tipo C en la caldera de apoyo auxiliar.

Inversión inicial	8.716 €
Captadores	3.760 €
Interacumulador 3000L	3.500 €
Entramado de tuberías	1.456 €
Payback Simple	15,4
VAN	1.226 €
TIR	4,65 %
Tasa de descuento	3,50 %

Ver detalle en el Anexo 1

1.3.3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Los ingresos mensuales de la instalación son de 1028€, esto es, el ahorro en electricidad, siguiendo la tabla de precios siguiente:

Tarifa Electricidad	Potencia	Término de Potencia (€/kW año)			Término de Energía (€/kWh)		
		Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
3 0A	Pot 15	42 203054	25 601311	18 211416	0 13 565	0 125827	0 0 2881
Venta					0,055		

Figura 61: Tabla de precios de electricidad

Estos precios dependen de las tres fases en el consumo de electricidad: Punta, Llano y Valle, cada una con sus respectivos precios.

Inversión inicial	4.746 €
Placas	2.592 €
Inversor	1.489 €
Cableado y protecciones	666 €
Payback Simple	6,0
VAN	9.137 €
TIR	16,48%
Tasa de descuento	3,50%

Ver detalle en el Anexo 2

1.3.4 CONCLUSIÓN

La opción de introducir energías renovables en los hoteles ya venía siendo una idea cada vez más extendida en todo el mundo. El avance y desarrollo de las tecnologías solares han abaratado mucho los costes de inversión y aumentado la viabilidad. Como ya se ha comentado previamente, los costos de la energía solar fotovoltaica se han visto reducidos un 82% en la última década.

Por si fuera poco, el turismo ecológico está proliferando mucho hasta el punto en que los hoteles sienten que deben dar este paso, para atraer a este tipo de clientes y no quedarse atrás en esta beneficiosa ‘moda’ en que triunfan los productos ‘verdes’.

A diferencia de la generación por combustibles fósiles, cuyos costos varían constantemente y depende de la coyuntura económica, el costo de la producción de energía renovable es previsible y planificable.

Por otro lado, la introducción de renovables es buena para el país, generando una mayor independencia energética al reducir la importación de combustibles fósiles.

En este contexto, la energía fotovoltaica es sin duda, una opción que no decepciona. No depende, apenas, del tamaño de la demanda.

Sin embargo, la introducción de la energía térmica sí que depende de ciertos aspectos. Para este proyecto se ha supuesto unas condiciones bastante desfavorables de por sí: un hostel pequeño,

con poco aforo y poco espacio disponible. Por ello, merece la pena estudiar a fondo esta posibilidad si el establecimiento hotelero tiene más margen en alguno de estos aspectos.

1.4 IMPACTO AMBIENTAL

La principal motivación de este proyecto es aumentar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de la producción de energía para calefacción y agua caliente, comprobando su viabilidad técnico-económica.

La instalación de generación renovable en la red de distribución eléctrica para sustituir combustibles fósiles permite muchas ventajas y supone un pequeño paso en el desarrollo sostenible mediante el uso de recursos naturales no contaminantes. Además, en entornos como son las ciudades, con una densidad muy alta de población, es fundamental reducir las emisiones que se producen desde los edificios y el transporte ya que las concentraciones elevadas de algunos gases contaminantes pueden tener efectos muy adversos en la salud de las personas.

Por tanto, la principal mejora que prevé esta instalación en cuanto al medio ambiente se refiere, es evitar ciertas emisiones de gases contaminantes o de efecto invernadero.

Para cuantificar las emisiones evitadas por las nuevas instalaciones, hay que dividir entre la instalación solar térmica y la fotovoltaica, ya que la primera evita emisiones de la caldera de combustión de gasóleo mientras que la segunda evita emisiones de la producción de electricidad.

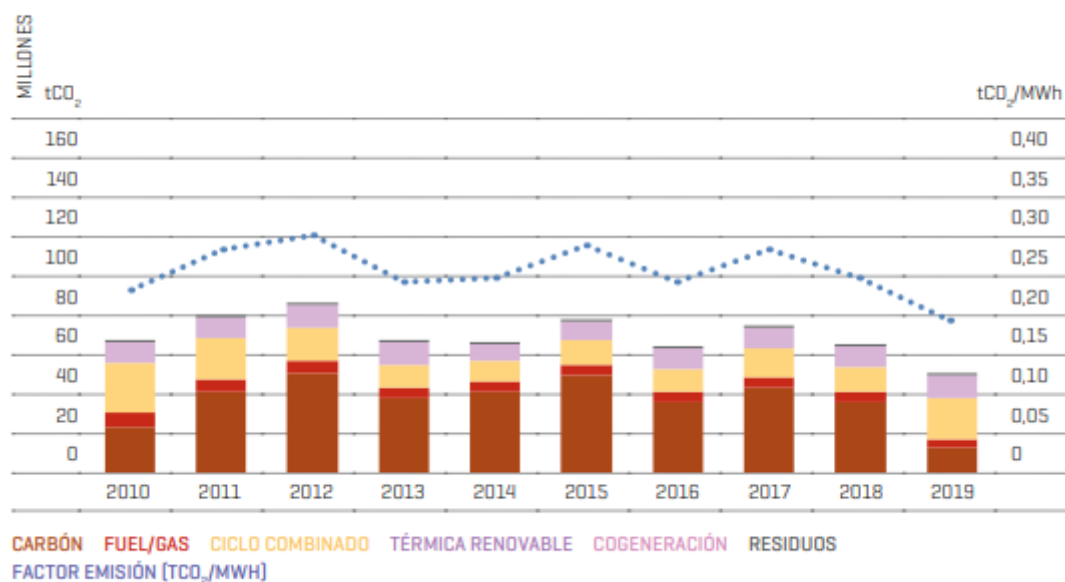
1.4.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Las emisiones evitadas dependerán de las tecnologías que se hubieran utilizado en la producción de electricidad demandada por el cliente y que, finalmente, no se ha hecho. Como la producción depende de la demanda que hay en cada momento en España, habría que hacer un análisis de los perfiles horarios de la demanda evitada así como del perfil del mix de generación. Para este análisis, se va a realizar una aproximación, cuantificando las emisiones según el promedio anual del sistema español en 2019.

En la gráfica siguiente se muestran las emisiones anuales de CO₂ del sistema español que publica el Operador del Sistema (REE) por tecnología, así como el ratio promedio de emisiones de CO₂ que supone la producción de 1 kWh en España.

Este ratio para 2019 fue de aproximadamente 200 toneladas de CO₂ por cada MWh producido.

Emisiones y factor de emisión de CO₂eq asociado a la generación de energía eléctrica nacional^[1]



[1] Incluye Península, Islas Baleares, Islas Canarias, Ceuta y Melilla.

Figura 62: Emisiones y factor de emisión de CO₂

Por tanto, si la energía eléctrica ahorrada al año es de 8.490 kWh, las emisiones de CO₂ evitadas serían:

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ evitadas al año} = 8.490 \text{ kWh} * 200 \text{ kg/kWh} = 1.700 \text{ ton de CO}_2$$

1.4.2 INSTALACIÓN TÉRMICA

En este caso, se calculan las emisiones evitadas por un menor uso de la caldera de gasóleo C del hostel gracias al apoyo de la térmica solar para el agua caliente sanitaria.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) establece los factores de generación de CO₂ según el combustible. [3]

Combustible (Unidades FE)	Factores de emisión (FE)										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Gasolina (kgCO ₂ /l) ⁽¹⁾	2,295	2,295	2,295	2,295	2,205	2,201	2,205	2,205	2,205	2,196	2,180
Gasóleo A (kgCO ₂ /l) ⁽¹⁾	2,653	2,653	2,653	2,653	2,493	2,467	2,544	2,544	2,544	2,539	2,520
Gasóleo B (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708
Gasóleo C (kgCO ₂ /l)	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868
E5 (kgCO ₂ /l)	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180
E10 (kgCO ₂ /l)	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065
E85 (kgCO ₂ /l)	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344
E100 (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7 (kgCO ₂ /l)	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467
B10 (kgCO ₂ /l)	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387
B20 (kgCO ₂ /l)	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122
B30 (kgCO ₂ /l)	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857
B100 (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XTL (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gas natural (kgCO ₂ /kWh) ⁽³⁾	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183
LNG (kgCO ₂ /kWh) ⁽³⁾	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183
CNG (kgCO ₂ /kWh) ⁽³⁾	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183
LPG (kgCO ₂ /l)	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671
H2 (kgCO ₂ /kg)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gas butano (kgCO ₂ /kg)	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964
Gas propano (kgCO ₂ /kg)	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938
Fuelóleo (kgCO ₂ /kg)	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127
Carbón nacional (kgCO ₂ /kg)	2,297	2,297	2,297	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,227	2,227
Carbón de importación (kgCO ₂ /kg)	2,527	2,527	2,527	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,430	2,444
Coque de petróleo (kgCO ₂ /kg)	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169

⁽¹⁾ A partir del año 2019 los combustibles gasolina y gasóleo de automoción pasan a denominarse por las letras E y B respectivamente añadiendo la proporción de biocombustible que contienen (RD 639/2016).

⁽²⁾ Se corrigieron los valores del factor de emisión del gasóleo B para toda la serie histórica en base a la densidad especificada en el Real Decreto 1088/2010 y sin aplicar los objetivos obligatorios mínimos de biocombustibles en cómputo anual considerados en el Real Decreto 1085/2015 que afectarían únicamente al gasóleo A.

⁽³⁾ El factor de emisión del gas natural se expresa en PCS empleando un factor de conversión para el paso de PCS a PCI de 0,901 (Inventario Nacional de Emisiones de España).

Tabla 19: Factores de generación de CO₂ según el combustible

En la combustión de cada litro de gasóleo C se generan 2,868 kg CO₂. En este caso, se dejan de consumir 856 litros/año de gasóleo C. Por tanto, las emisiones evitadas de CO₂ serán:

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ evitadas al año} = 856 \text{ litros/año} * 2,868 \text{ kg/l} = 2.455 \text{ kg de CO}_2$$

1.5 ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

MEMORIA

1.5.1 ANEXO 1: MODELO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
INGRESOS																												
TOTAL INGRESOS			649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649
GASTOS																												
Costes de mantenimiento	€		-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261	-261
RESULTADO																												
Margen Operativo Bruto	€		649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649	649
Amortizaciones	€		34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	0
Provisiones	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAII	€		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	649
Intereses	€																											
BAI	€		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	649
Impuesto Sociedades			75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	162
Beneficio Neto			225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	487
CASH FLOW y RENTABILIDAD (sin gasto financiero)																												
BAII	€		0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	64
Bases negativas compensables	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base imponible de BAI	€		0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	64
Impuesto de Sociedades	€	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Beneficio Neto sin gasto financiero	€		0	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	487
Amortizaciones	€		0	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	0
Provisiones	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Variación de circulante	€		0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CF Neto + Amortiz. - Var. Circ.	€		0	520	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	487
Inversión	€	8.716	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash flow inversión	€	8.716	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	872	0
Coste Desmantelamiento	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash flow	€	-8.716	520	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	1.445	487
Cash lo acumulado	€	8.716	8.16	7.622	7.048	6.474	5.900	5.326	4.753	4.17	3.605	3.031	2.457	1.884	1.310	736	162	412	85	1.55	2.133	2.707	3.281	3.854	4.428	5.002	6.447	6.34

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

MEMORIA

1.5.2 ANEXO 1: MODELO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	
INGRESOS																													
TOTAL INGRESOS			1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	
GASTOS																													
Costes de mantenimiento	€		-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	-142	
RESULTADO																													
Margen Operativo Bruto	€		1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	
Amortizaciones	€		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	
Provisiones	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BAII	€		838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	1.028	
Intereses	€																												
BAI	€		838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	1.028	
Impuesto Sociedades			210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	257	
Beneficio Neto			629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	771	
CASH FLOW y RENTABILIDAD (sin gasto financiero)																													
BAII	€		0	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	1.028	
Bases negativas compensables	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Base imponible de BAI	€		0	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	838	1.028	
Impuesto de Sociedades	€	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Beneficio Neto sin gasto financiero	€		0	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	771	
Amortizaciones	€		0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	
Provisiones	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Variación de circulante	€		0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CF Neto + Amortiz. - Var. Circ.	€		0	734	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	771	
Inversión	€	4.746	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cash flow inversión	€	4.746	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Valor Residual	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	475	0	
Coste Desmantelamiento	€		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cash flow	€	-4.746	734	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	1.293	771
Cash lo acumulado	€	4.746	4.012	3.113	2.375	1.556	737	81	00	1.718	2.537	3.356	4.174	5.012	5.812	6.630	7.44	8.267	086	05	10.723	11.542	12.361	13.17	13	14.817	16.110	16.881	

1.5.3 ANEXO 3: ALINEAMIENTO DEL PROYECTO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El desarrollo sostenible se basa en satisfacer las necesidades de la generación actual sin sacrificar las necesidades de las generaciones futuras. Este concepto surge en 1987 para intentar evitar problemas medioambientales que llegaran a ser irreversibles y con la intención de dar una respuesta equitativa e igualitaria a todos los ámbitos y a todo el mundo. Por ejemplo: llevar agua potable a toda la población, garantizar la sanidad o la educación, proteger la biodiversidad y tomar medidas contra el cambio climático.

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus habitantes emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos y sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, SDGs en inglés), que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el rediseño de las ciudades.



Figura 63: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Actualmente, se están logrando avances en muchos lugares, pero, en general, no se están desarrollando a la velocidad ni en la escala necesarias. El 2020 debe suponer el inicio de una década de acciones ambiciosas con el fin de alcanzar los Objetivos para 2030.

Los ODS reconocen que es esencial luchar contra los efectos del cambio climático a fin de lograr el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza. La motivación principal de este

trabajo es la lucha contra el cambio climático y el uso sostenible de los recursos del planeta, es decir, los ODS 13, 11 y 12:



- ODS 13: Acción por el clima: adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

La motivación medioambiental principal de este proyecto es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la combustión de combustibles fósiles.

La industrialización ha provocado que la concentración de los gases de efecto invernadero (como el dióxido de carbono o el metano) que se encuentran en la atmósfera y contribuyen a retener calor para que nuestro planeta sea habitable, haya aumentado de manera exponencial desde comienzos del siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.

Al aumentar estos gases como consecuencia de la actividad humana, principalmente, a causa del incremento en la quema de combustibles fósiles, se aumenta la cantidad de radiación infrarroja acumulada por la tierra que contribuye a aumentar el efecto invernadero, y por tanto aumenta la temperatura de todo planeta que se relaciona con otros cambios en el sistema terrestre. Esta alteración climática actual de origen antropogénico es lo que se conoce como "el cambio climático".

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de esos GEI producidos principalmente por la actividad humana y es responsable de dos tercios del calentamiento global causado por el hombre, seguido de otros gases emitidos que son el metano, el óxido nitroso y los gases fluorados. La concentración de CO₂ alcanzó 408 partes por millón en 2018, 410 ppm en 2019 y se ya está alrededor de 414 ppm en 2020, por encima de los niveles observados en al menos, los últimos 800.000 años y por encima de los niveles de concentración con los que ha convivido el hombre.

El modelo energético actual basado en el uso de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo), cuya combustión genera grandes cantidades de GEI, ha sido una de las causas principales del cambio climático. Dos tercios de las emisiones globales de GEI se deben a la producción de energía para el consumo eléctrico, el transporte, la calefacción y la industria. Lograr los objetivos climáticos pasa por una estrategia basada en la descarbonización de la generación eléctrica con renovables, la eficiencia energética y la electrificación de otros usos energéticos. Las energías renovables en el sector eléctrico son opciones competitivas con otras fuentes de generación convencionales.

El desarrollo tecnológico está llegando también a usos energéticos finales, como el transporte y la edificación haciendo posibles soluciones competitivas basadas en la electricidad. De hecho, el Pacto Verde que presentó Unión Europea en diciembre de 2019 establece una hoja de ruta para transformar la economía europea partiendo de la transición

verde. Con él, la UE quiere tomar el liderazgo en la lucha contra el cambio climático llegando a ser neutra en emisiones de carbono en 2050.

Por su parte, España se ha comprometido en su Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) recientemente presentado a Bruselas con una reducción en 2030 de un 23% de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990. Este objetivo de reducción implica eliminar una de cada tres toneladas de gases de efecto invernadero que se emiten actualmente.

Por ello, este trabajo se enmarca perfectamente en los compromisos europeos y de España con el clima, abordando la eliminación de la combustión de energías fósiles y el aumento de la eficiencia energética en los edificios del sector hotelero español.



- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles

Las ciudades son centros de crecimiento económico, ya que contribuyen al 60% aproximadamente del PIB mundial, pero también son grandes focos de emisiones y contaminación (70% de las emisiones de carbono mundiales y más del 60 % del uso de recursos.)

La rápida urbanización y la concentración de recursos frente a la despoblación de las áreas rurales, está dando como resultado una sobrepoblación, un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado.

Este proyecto busca reducir la emisión de gases contaminantes desde los procesos de calefacción y agua caliente de una instalación de hostelería en la ciudad de Burgos mediante la transformación de parte de la energía utilizada de combustibles fósiles a energías renovables. Esto va a suponer una mejora de la calidad del aire de la ciudad que redundará en unas condiciones más saludables para los habitantes de Burgos.



- ODS 12: Producción y consumo responsables: garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

El consumo y la producción mundiales dependen del uso del medio ambiente natural y de los recursos de una manera que continúa teniendo efectos destructivos sobre el planeta. El

progreso económico y social conseguido durante el último siglo ha estado acompañado de una degradación medioambiental que está poniendo en peligro los mismos sistemas de los que depende nuestro desarrollo futuro y nuestra supervivencia.

El lema “más es menos” y los conceptos de decrecimiento económico o degrowth cada vez se escuchan más. En los últimos años, un grupo de economistas, ecologistas y antropólogos han convergido en una forma de abordar las crisis climáticas y ecológicas que también harán que el mundo sea más feliz, más saludable y más igualitario. Conocido como el movimiento del “decrecimiento”, estos académicos buscan que el mundo reconsidere el valor del producto interno bruto como una medida del progreso, ya que el PIB puede seguir aumentando incluso cuando la desigualdad empeora y el bienestar general cae.

Este proyecto busca reducir el consumo de recursos escasos como son los combustibles fósiles además de favorecer el uso de recursos que se renuevan lo que permite un desarrollo sostenible. A la vez, busca una reducción y ahorro del consumo energético mediante una mayor eficiencia.

1.5.4 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] “CTE DB-HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.” <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/#> (accessed Jul. 13, 2020).
- [2] “CTE DB-HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.” <http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/#> (accessed Jul. 13, 2020).
- [3] “Temperatura mínima - Burgos - Medidor del clima Castilla y León.” <https://www.woespana.es/weather/maps/city?FMM=1&FYY=2001&LMM=12&LYY=2020&WMO=08075&CONT=eses®ION=0005&LAND=ECL&ART=TMN&R=0&NOREGION=0&LEVEL=162&LANG=es&MOD=tab> (accessed Jul. 13, 2020).
- [4] S. General de Planificación Energética Seguimiento, “GUÍA ASIT DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA,” 2010.
- [5] “Seguridad instalaciones energía solar fotovoltaica.” <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/seguridad-en-sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica/> (accessed Aug. 29, 2020).
- [6] “RITE: Versión consolidada Septiembre 2013 Artículo 12. Eficiencia energética IT 1.2 Exigencia de eficiencia energética. IT 1.2.4.2. Redes de tuberías y conductos. IT 1.2.4.2.1. Aislamiento térmico de redes de tuberías IT 1.2.4.2.1.1. Generalidades.”
- [7] “Dimensionamiento de la instalación de ACS.” <https://www.solarweb.net/forosolar/solar-termica/3027-dimensionamiento-la-instalacion-ac.html> (accessed Jul. 13, 2020).
- [8] “Establecimientos, plazas, grados de ocupación y personal empleado por comunidades autónomas y provincias (2066).” <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2066> (accessed Aug. 25, 2020).

Capítulo 2. PLANOS

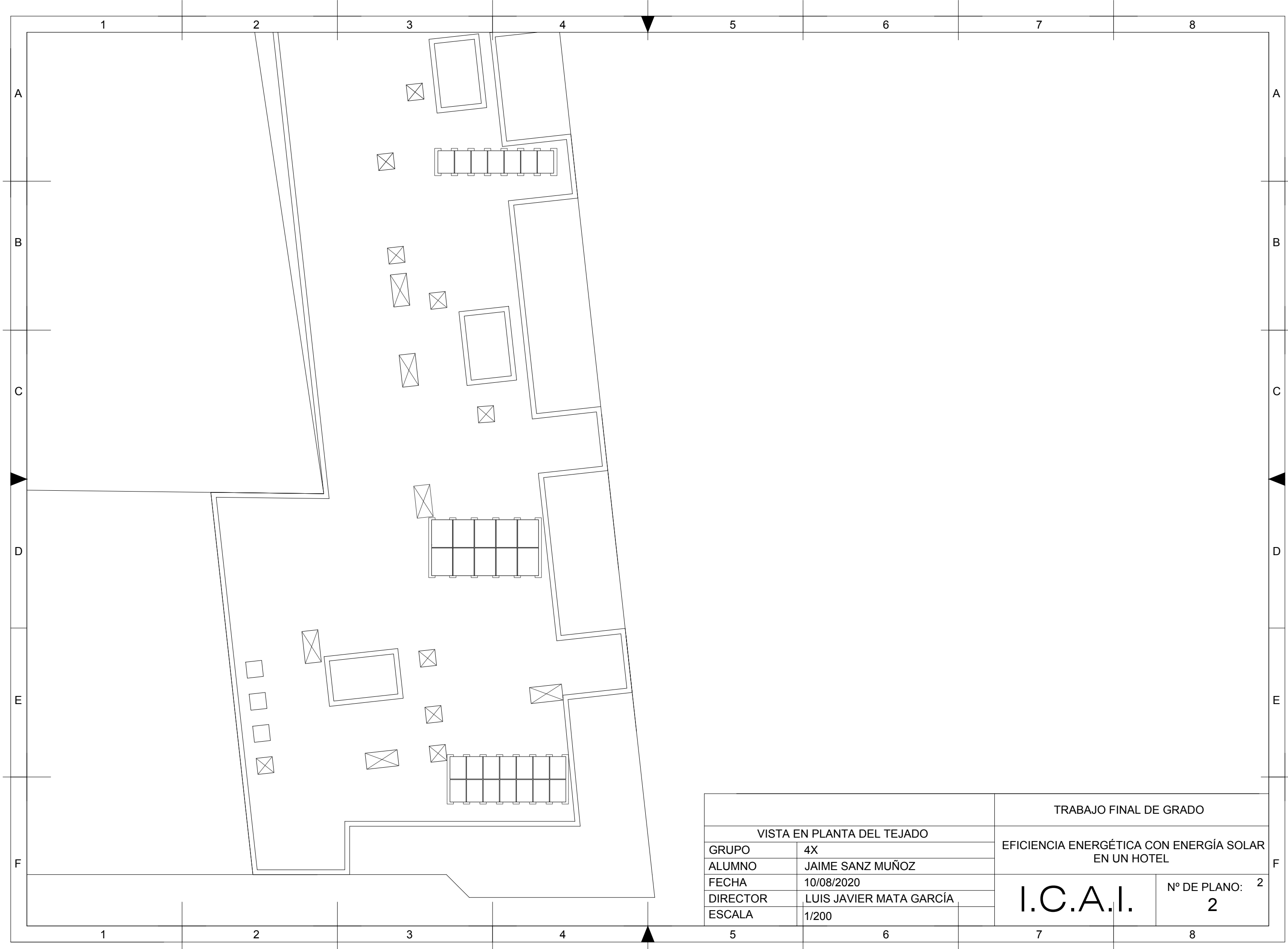
2.1 LISTADO DE PLANOS

Plano 1: Emplazamiento de la Instalación	106
Plano 2: Vista en Planta del Tejado	107
Plano 3: Vista en 3D del Tejado.....	108
Plano 4: Sistema de Captación Solar.....	109
Plano 5: Subsistema Fotovoltaico (1x7).....	110
Plano 6: Subsistema Fotovoltaico (2x7).....	111
Plano 7: Esquema Instalación Fotovoltaica	112
Plano 8: Esquema Instalación Térmica	113

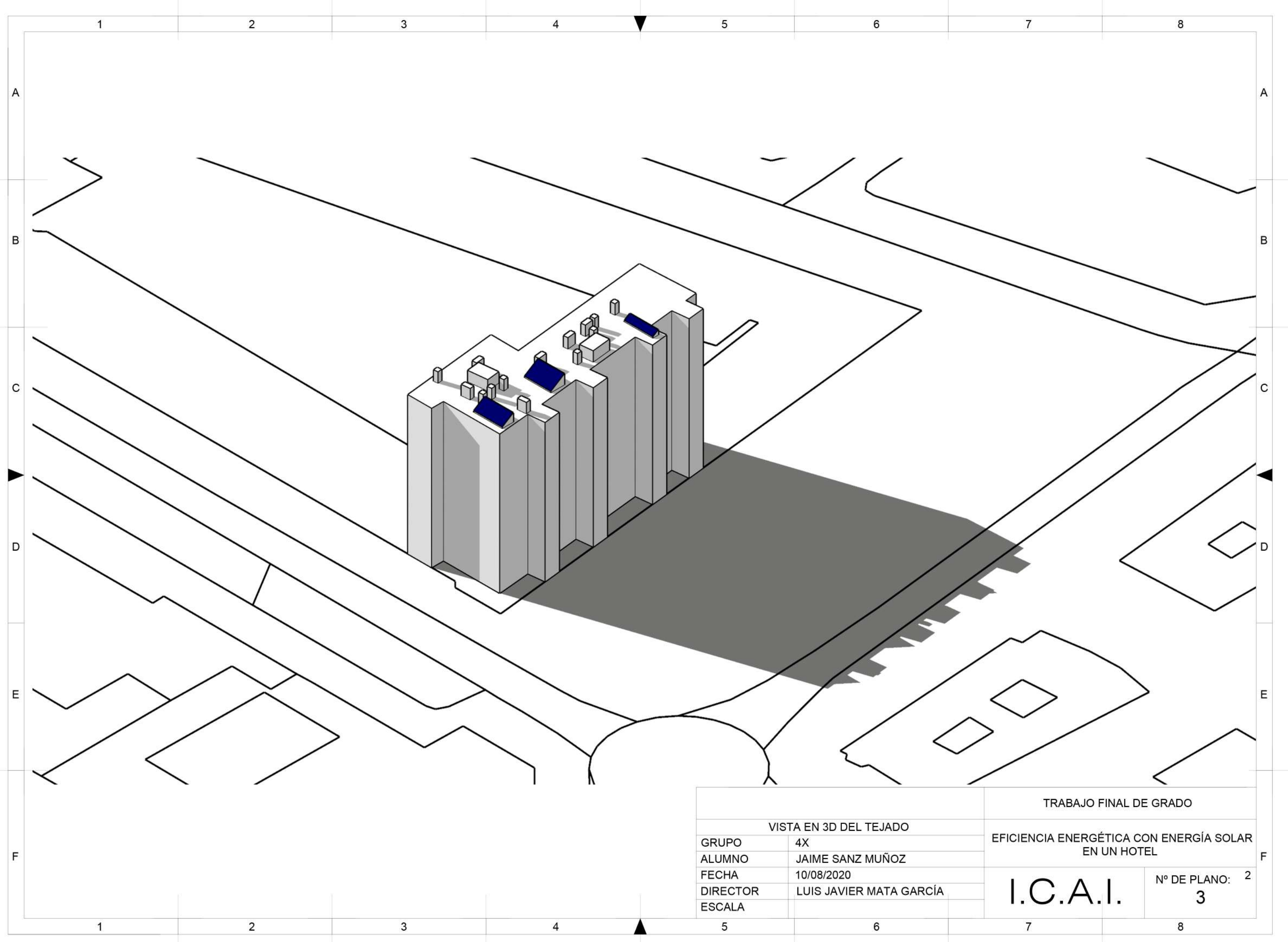
2.2 PLANOS



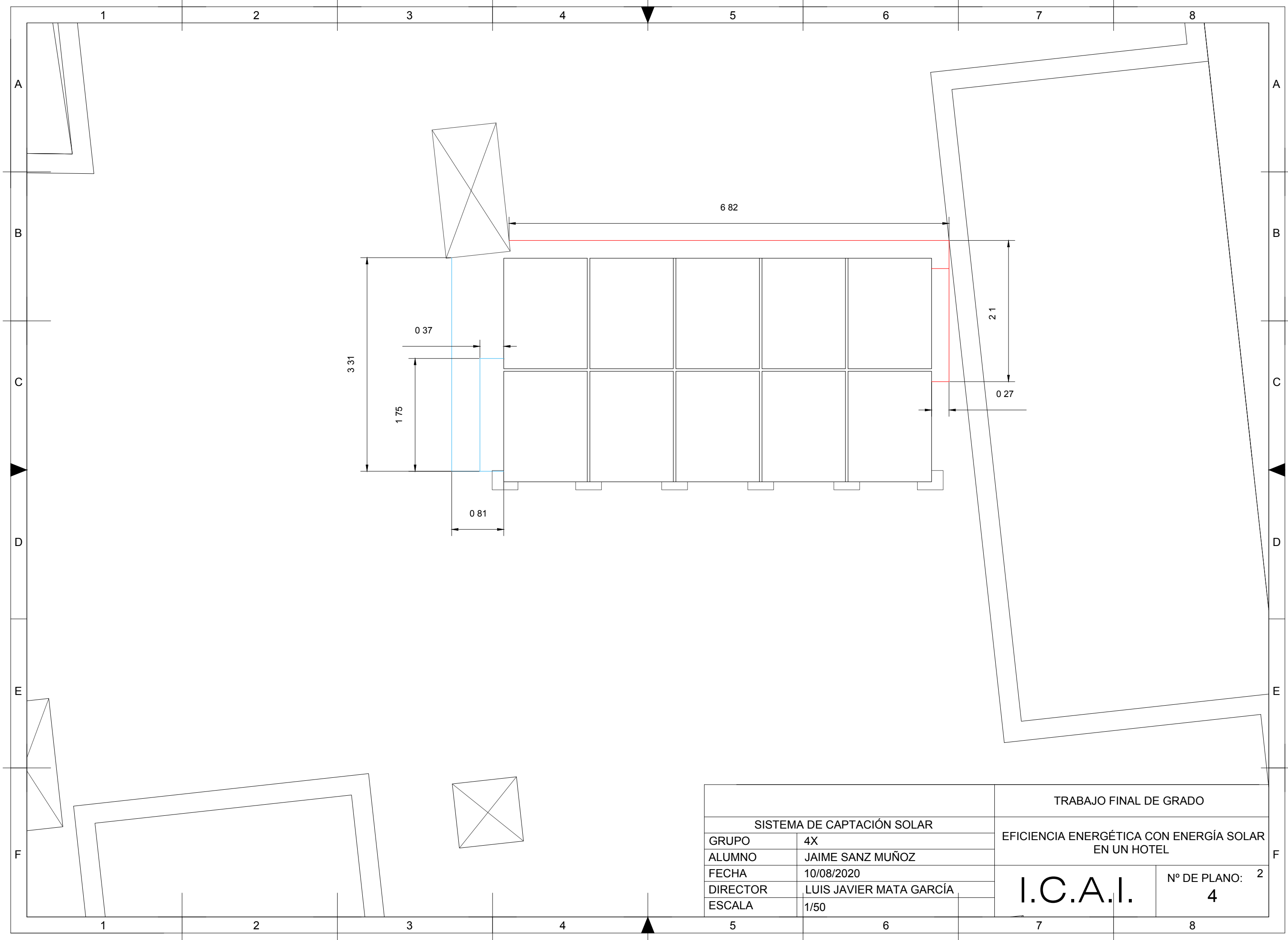
		TRABAJO FINAL DE GRADO	
SITUACIÓN GEOGRÁFICA		EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL	
GRUPO	4X	I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2 1
ALUMNO	JAIME SANZ MUÑOZ		
FECHA	10/08/2020		
DIRECTOR	LUIS JAVIER MATA GARCÍA		
ESCALA			



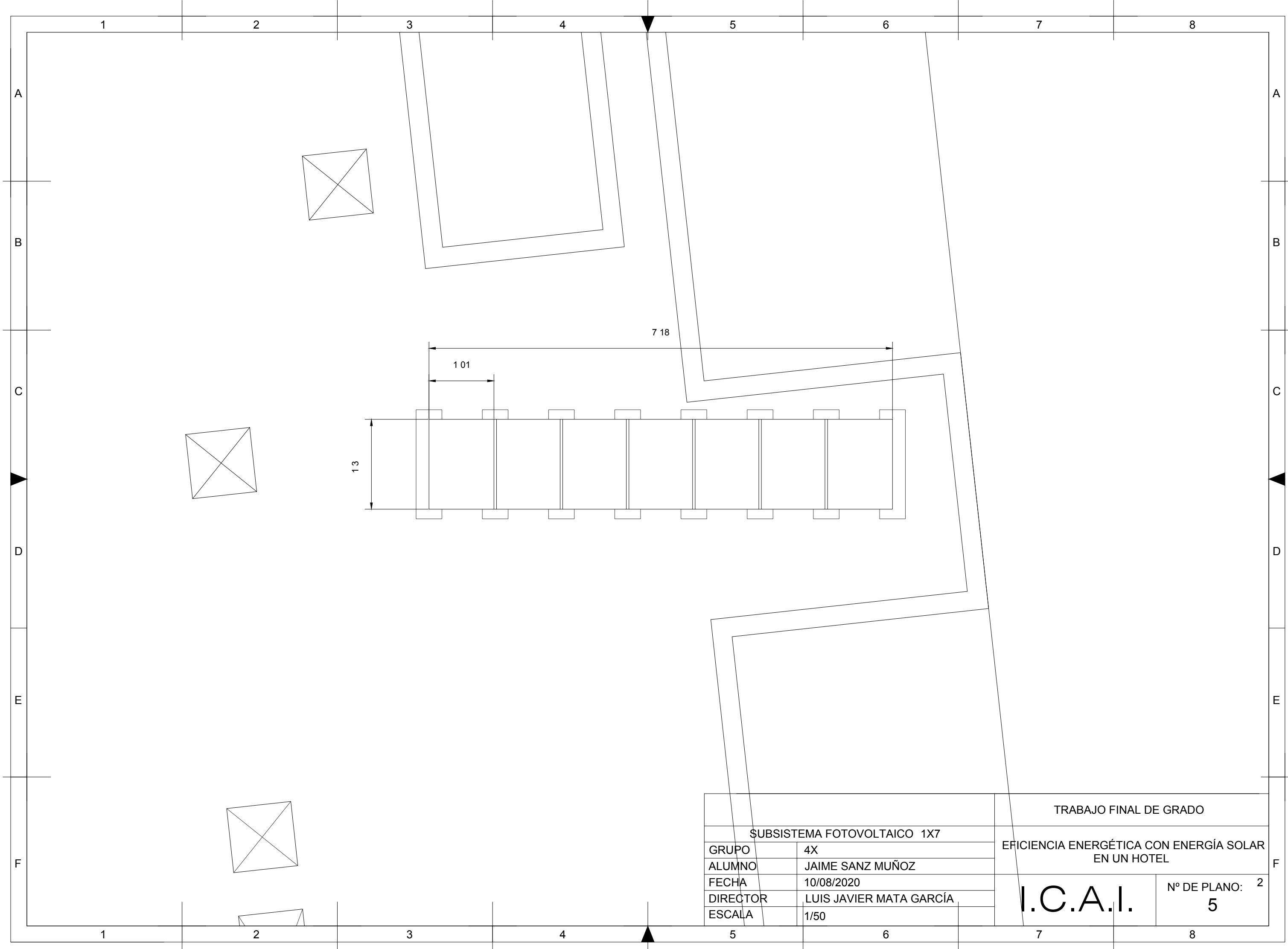
			TRABAJO FINAL DE GRADO	
VISTA EN PLANTA DEL TEJADO			EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL	
GRUPO	4X			
ALUMNO	JAIME SANZ MUÑOZ			
FECHA	10/08/2020			
DIRECTOR	LUIS JAVIER MATA GARCÍA			
ESCALA	1/200		I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2 2



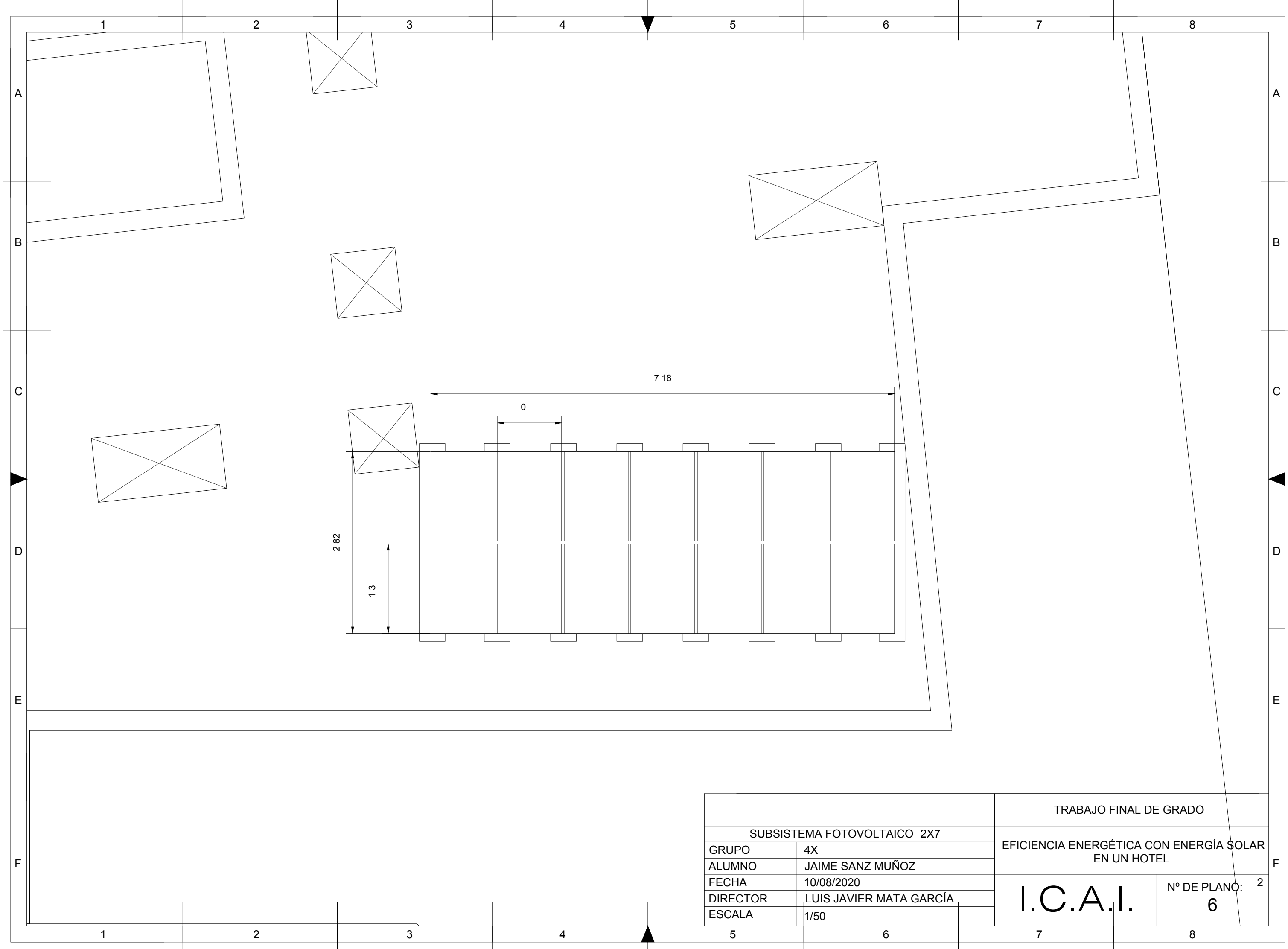
VISTA EN 3D DEL TEJADO		TRABAJO FINAL DE GRADO	
GRUPO	4X	EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL	
ALUMNO	JAIME SANZ MUÑOZ		
FECHA	10/08/2020		
DIRECTOR	LUIS JAVIER MATA GARCÍA		
ESCALA		I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2 3

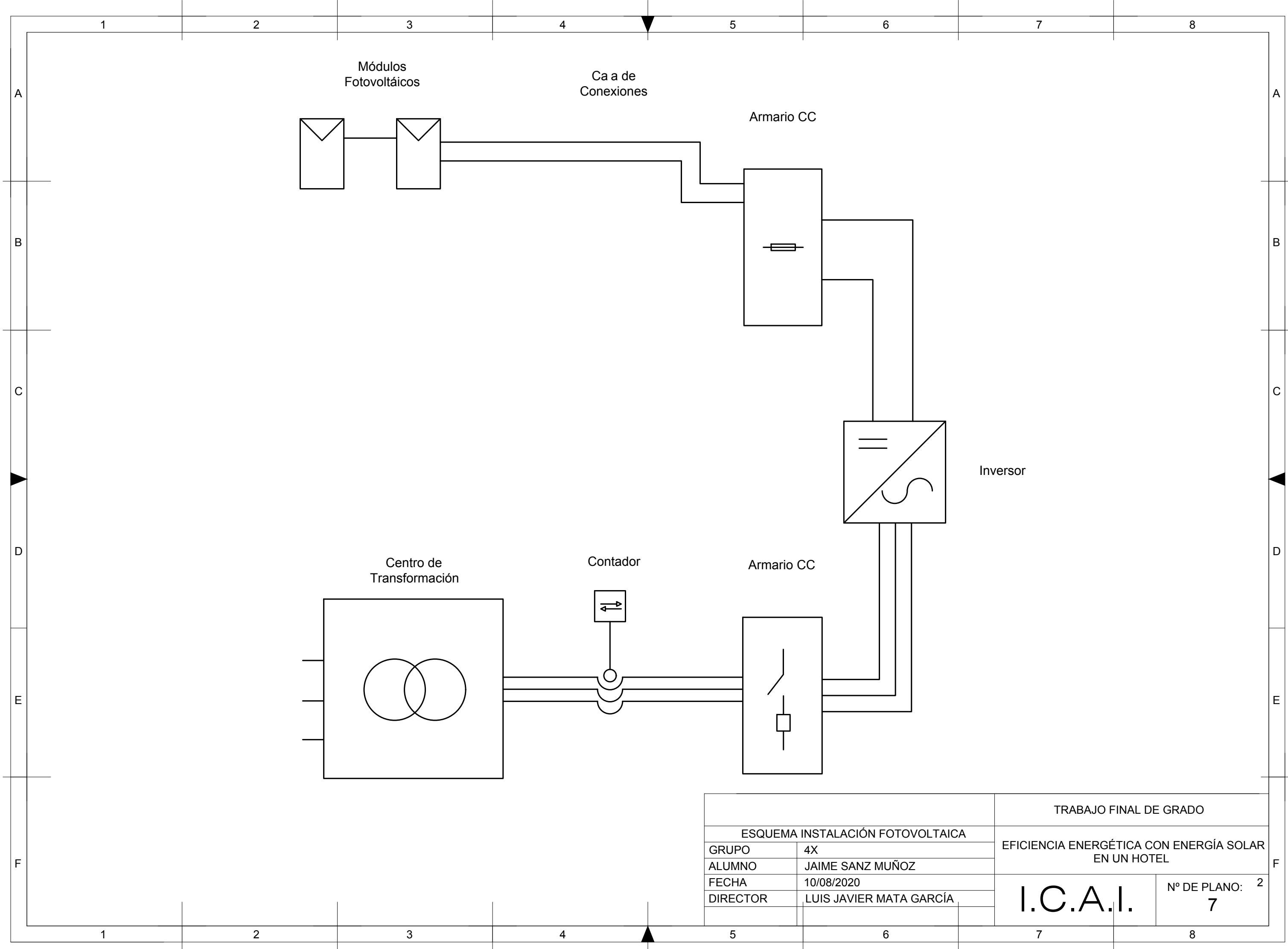


		TRABAJO FINAL DE GRADO	
SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR		EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL	
GRUPO	4X		
ALUMNO	JAIME SANZ MUÑOZ		
FECHA	10/08/2020		
DIRECTOR	LUIS JAVIER MATA GARCÍA		
ESCALA	1/50	I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2 4

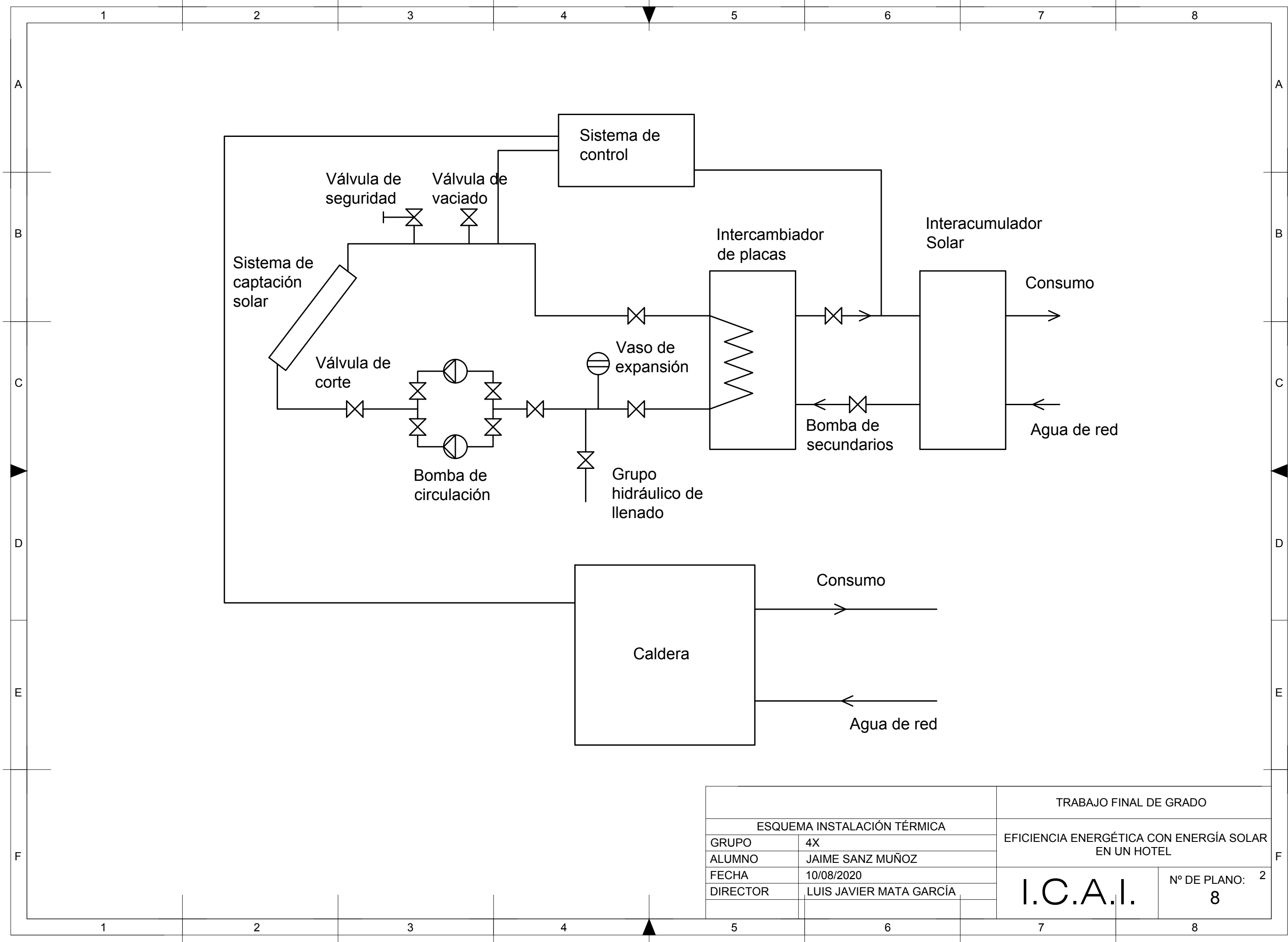


		TRABAJO FINAL DE GRADO	
SUBSISTEMA FOTOVOLTAICO 1X7		EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL	
GRUPO	4X		
ALUMNO	JAIME SANZ MUÑOZ	I.C.A.I.	
FECHA	10/08/2020		
DIRECTOR	LUIS JAVIER MATA GARCÍA		
ESCALA	1/50	Nº DE PLANO: 2 5	





		TRABAJO FINAL DE GRADO	
ESQUEMA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL	
GRUPO	4X		
ALUMNO	JAIME SANZ MUÑOZ		
FECHA	10/08/2020		
DIRECTOR	LUIS JAVIER MATA GARCÍA	I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2
			7



		TRABAJO FINAL DE GRADO	
ESQUEMA INSTALACIÓN TÉRMICA		EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN UN HOTEL	
GRUPO	4X		
ALUMNO	JAIME SANZ MUÑOZ		
FECHA	10/08/2020		
DIRECTOR	LUIS JAVIER MATA GARCÍA		
		I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2 8

Capítulo 3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS

3.1.1 NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas.
- Pliego de condiciones técnicas de las instalaciones de energía solar térmica, del IDEA.
- Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- Ley 31/1995 del 8 de Noviembre sobre la prevención de riesgos laborales (BOE nº 269 del 10 de Noviembre).
- Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre de 1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se amplía el plazo establecido en la disposición transitoria segunda de la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, por la que se modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Orden del 9 de abril de 1981, por la que se especifican las exigencias técnicas que deben cumplir los sistemas solares para agua caliente y climatización, a efectos de la concesión de subvenciones a los propietarios, en el desarrollo del artículo 13 de la ley 82/1980, del 30 de diciembre, sobre conservación de la energía (BOE 25 de Abril de 1981).
- Resolución del 5 de Noviembre de 2001, de la consejería de industria, comercio y turismo, por la que se aprueban las bases que han de regir la convocatoria pública de

subvenciones para programas de ahorro energético y uso de energías renovables en el año 2002.

3.1.2 NORMATIVA DE CONSULTA

- UNE-EN 12976-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12976-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE 100155: Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
- UNE 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de energía térmica.
- UNE 94003: Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.
- UNE 149201 Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.
- UNE 100030: Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.
- UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12977-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12977-3: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.
- UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo

3.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

3.2.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del proyecto de instalación de paneles solares para el aumento de la independencia energética de la red en el hostel Acanto, de dos estrellas, en la ciudad de Burgos, situado en la comunidad autónoma de Castilla y León.

Tiene por finalidad regular la ejecución de las obras, suministro de material, montaje e instalación y puesta en marcha de la instalación, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable a la propiedad, al contratista de esta, sus técnicos y encargados, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

COMPONENTES

- Módulos fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio policristalino, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas en la memoria, siendo del mismo modelo y totalmente compatibles entre ellos en el montaje y conexión.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65. Los marcos laterales serán de aluminio anodizado, color plata.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del ± 10 % de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante. Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células. La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Todos los módulos fotovoltaicos vendrán con sus curvas características de tensión-intensidad y de potencia a 25 °C de temperatura de célula y una radiación de 1000 W/m².

- Inversor

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10 % superior a las condiciones estándar de medida (CEM). Además, soportará picos de magnitud un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida).

- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25% y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles cumpliendo con la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

- Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por el código técnico de la edificación (CTE) y demás normas aplicables. La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el CTE.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales.

La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma MV-106. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

Una vez limpio el terreno, y allanado, se fija la estructura molde facilitada por la empresa del seguidor solar, que servirá para construir la cimentación.

La cimentación se realizará a través de una zapata cilíndrica de 7,5 m³, flexible, de tipo superficial y de hormigón armado con parrilla de barras de acero corrugado.

El anclaje del seguidor a las zapatas se realizará mediante una virola de acero cilíndrica y una serie de barras corrugadas radiales que minimizan el riesgo de fisura de la zapata. La unión del seguidor a las zapatas se realizará mediante una placa de anclaje de acero y de pernos a 90° repartidos a lo largo de la placa de anclaje.

- Cableado

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

- Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia (artículo 14). En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (50,5 y 48 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,15 Un y 0,85 Un respectivamente) serán para cada fase.

Estas protecciones pueden actuar sobre el interruptor general o sobre el interruptor o interruptores del equipo o equipos generadores.

Las protecciones deberán ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones necesarias sobre el sistema de conmutación y sobre la integración en el equipo generador de las funciones de protección.

En caso en el que el equipo generador o el inversor incorporen las protecciones anteriormente descritas, éstas deberán cumplir la legislación vigente, en particular, el Reglamento electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto

3275/1982, de 12 de noviembre, y el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, para instalaciones que trabajan en paralelo con la red de distribución. En este caso no será necesaria la duplicación de las protecciones.

- Montaje

El primer paso a la hora del montaje del sistema solar fotovoltaico será la limpieza y el zanjeado de terreno en los que se llevará a cabo la construcción de la cimentación para el soporte de las estructuras móviles.

- Módulos fotovoltaicos

Después de verificar la parrilla de la estructura soporte, se procede al montaje mecánico de los módulos fotovoltaicos. Se colocarán respetando los márgenes de distancia y seguridad impuestos por el fabricante.

Una vez colocados se fijarán siguiendo las indicaciones del fabricante que pueden seguirse en el apartado de anexos.

Posteriormente después del montaje mecánico se realiza el montaje eléctrico, se conectarán utilizando los conectores proporcionados por el fabricante y se hará una conexión siguiendo los resultados calculado en los cálculos técnicos.

A continuación, se fijan firmemente los terminales de los cables a los tornillos de conexiones teniendo en cuenta el positivo y el negativo indicados en la caja de conexiones, cerrando y colocando la caja de conexiones en su posición correspondiente.

- Inversor

Para la instalación del inversor se ha de seleccionar el lugar adecuado para la instalación, teniendo en cuenta que la instalación debe realizarse en lugares secos protegidos de fuentes de calor y humedad. Es necesario también que el inversor se instale en un lugar ventilado sin excesivo polvo y que no supere los límites de temperatura ambiente entre -20 °C y 65 °C.

Una vez elegido el lugar se comenzará con la instalación, el inversor irá instalado en una edificación prefabricada. Para la instalación de los prefabricados de hormigón se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de las dimensiones que se adjuntan en las especificaciones del fabricante en el apartado de Anexos. Se recomienda hacer una losa de hormigón armado cuando la resistencia del terreno sea inferior a 1 kg/cm² o en terrenos donde haya probabilidad de aparición de acuíferos.

En el fondo de la excavación (exista o no solera cimentada) se debe disponer siempre de un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm de espesor mínimo. El montaje del prefabricado EHC se realiza en fábrica. Se deberá prever el fácil acceso de un camión de 31 tn de carga (caso más desfavorable) y una grúa para poder realizar la descarga sin presencia de obstáculos.

Una vez montado el edificio, deberá quedar de inmediato rodeado completamente de tierra hasta su cota de enterramiento para evitar que las aguas provenientes de lluvias muevan las arenas bajo el edificio y puedan provocar movimientos o fracturas en las piezas que sustentan dicho edificio.

La instalación del inversor debe realizarse por personal técnico cualificado, consultando las normas que regulan tanto la utilización de cables, conectores y canalizaciones. El inversor se colocará fijado a la pared sin que los cables estén colgados.

No se obstruirá de forma alguna las salidas y entradas de ventilación al equipo.

Es importante evitar cualquier tipo de contacto con las partes internas del inversor que podrían provocar averías.

Es un equipo de primera mano, pero se deberá tener en cuenta que ha podido ser conectado con anterioridad a tensión, por lo que se tendrá especial cuidado con este aspecto.

➤ **Cableado**

Antes de proceder al conexionado definitivo de los cables a sus equipos se llevarán a cabo las siguientes comprobaciones:

- Se procederá al pelado de los hilos, para lo que se empleará herramienta adecuada, con el fin de no deteriorar el hilo ni su aislamiento.
- Se efectuará una comprobación al 100 % de la continuidad eléctrica de los hilos que se pretenda conectar. Esta comprobación se realizará en circuito abierto, alimentando con una batería de corriente continua y utilizando un aparato luminoso o acústico.
- Se realizará una comprobación del aislamiento entre los conductores y de sus protecciones a tierra.
- Simultáneamente con el conexionado, se realizarán las operaciones de apriete, enhebrado o taladro que deban llevarse a cabo para asegurar la estanqueidad del paso del cable o el grapado de los perfiles normalizados que aseguren su firmeza.

Durante la ejecución de las obras y finalizadas las mismas el director de la obra podrá verificar los trabajos realizados de acuerdo con las especificaciones del pliego de condiciones, incluyendo en la finalización de la obra las pruebas del funcionamiento de los equipos.

MANTENIMIENTO

Una vez que se realiza todo el montaje y comprobación de los elementos, se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo en el que se incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes de cada elemento.

Este mantenimiento lo realizará personal técnico cualificado realizando un informe técnico de cada una de las visitas al sistema solar fotovoltaico en el que se reflejarán las condiciones y el estado de las instalaciones así como las incidencias ocurridas.

Cada elemento consta de un mantenimiento específico el cual se detalla a continuación:

➤ **Módulo fotovoltaico**

Los módulos están diseñados para una larga vida útil y apenas requieren mantenimiento, por su propia configuración, sin partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión bien protegidas del ambiente exterior por capas de material protector.

Si el ángulo del módulo fotovoltaico es de 5 grados o más, las precipitaciones normales son suficientes para mantener limpia la superficie de vidrio del módulo en la mayoría de las condiciones climáticas. Si la acumulación de suciedad se vuelve excesiva, limpiar la superficie de vidrio únicamente con un trapo suave utilizando agua. Si fuera necesario limpiar la parte trasera del módulo, sea sumamente cuidadoso para no dañar los materiales de dicha parte.

Para garantizar el perfecto funcionamiento del sistema, comprobar la conexión del cableado y el estado de las envolturas de los cables regularmente. En los módulos FV con revestimiento anti-reflectante de vidrio como en el caso de esta instalación que se compone de módulos del modelo ND-R250A5, no tocar el vidrio, pues las huellas dactilares o manchas dejarán fácilmente marcas en él. Si la suciedad se acumula en exceso, limpiar la superficie de vidrio solamente con agua.

➤ **Inversor**

El mantenimiento del inversor no requiere de un alto nivel, ya que posee de indicadores de manera remota o en el propio frontal que nos indican el estado. Son poco frecuentes las averías en estos equipos por su simplicidad, es por ello por lo que su mantenimiento es menor y es suficiente con hacer una comprobación visual del conexionado y cableado de los componentes y además evitar la acumulación de polvo o suciedad que pueda obstruir los conductos de ventilación.

➤ **Estructura soporte**

La estructura soporte tiene un fácil y reducido mantenimiento que será correctivo y preventivo electromecánico anual de los seguidores en los plazos y con la frecuencia que determine el cliente.

En este mantenimiento se revisarán las partes tanto mecánicas como eléctricas para conservar la vigencia de la garantía.

➤ Cableado

Se eliminará la suciedad de los conductores y se comprobará el estado mecánico de los cables, terminales y uniones.

3.2.2 INSTALACIÓN TÉRMICA

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del proyecto de instalación de captadores solares planos para la producción de agua caliente sanitaria en el hostel Acanto, de dos estrellas, en la ciudad de Burgos, situado en la comunidad autónoma de Castilla y León.

Los reglamentos que rigen los requisitos a cumplir de este tipo de instalaciones son:

- Código Técnico de la edificación:
- Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a Baja Temperatura.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE). Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. "Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares"
- Normativa regional o local.

Además, se usarán otras normas que sirvan de guía para la realización del proyecto. Destacan las normas UNE de AENOR.

Condiciones de los materiales y equipos

Los equipos y materiales cumplirán todas las normas vigentes y que les sean de aplicación, debiendo los que se incorporen con carácter permanente a los edificios, en función de su uso previsto, llevar el marcado CE, siempre que se haya establecido su entrada en vigor, de conformidad con la normativa vigente.

Todos los productos deberán cumplir los requisitos establecidos en las medidas de ejecución que les resulten de aplicación de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.

COMPONENTES:

- Captadores térmicos

Los captadores con absorbente de hierro no pueden ser utilizados bajo ningún concepto.

Cuando se utilicen captadores con absorbente de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Se montará el captador, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, que mejor se adapte a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante.

Las características ópticas del tratamiento superficial aplicado al absorbedor no deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en condiciones de temperaturas máximas del captador.

La carcasa del captador debe asegurar que en la cubierta se eviten tensiones inadmisibles, incluso bajo condiciones de temperatura máxima alcanzable por el captador.

El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:

- a) nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama;
- b) modelo, tipo, año de producción;
- c) número de serie de fabricación;
- d) área total del captador;
- e) peso del captador vacío, capacidad de líquido;
- f) presión máxima de servicio.

Esta placa estará redactada como mínimo en castellano y podrá ser impresa o grabada con la condición de que asegure que los caracteres permanecen indelebles.

- **Acumuladores**

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- a) superficie de intercambio térmico en m²;
- b) presión máxima de trabajo, del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- a) manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente;

- b) registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín;
- c) manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario;
- d) manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato;
- e) manguito para el vaciado.

En cualquier caso, la placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.

Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, situada en uno de los laterales del acumulador y cerca del suelo, que permita la entrada de una persona en el interior del depósito de modo sencillo, sin necesidad de desmontar tubos ni accesorios;

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante y, es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástica.

Podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamientos descritos a continuación:

- a) acumuladores de acero vitrificado con protección catódica;
- b) acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica;
- c) acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- d) acumuladores de cobre;
- e) acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable;
- f) acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario);
- g) los acumuladores se ubicarán en lugares adecuados que permitan su sustitución por envejecimiento o averías.

- Intercambiador de calor

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores.

Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor que $40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

- **Bombas de circulación**

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Cuando las conexiones de los captadores son en paralelo, el caudal nominal será el igual caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores en paralelo.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en siguiente tabla:

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistema pequeño	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

- **Tuberías**

En los distintos circuitos cerrados podrán utilizarse tuberías de cobre, de acero negro, de acero inoxidable o material plástico compatibles con el fluido que utilizan, que soporten las condiciones extremas de funcionamiento del correspondiente circuito y con la protección necesaria en función de su ubicación.

En los circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. También materiales plásticos que sean capaces de soportar las condiciones extremas (presión y temperatura) de funcionamiento del circuito, y que estén autorizadas por la normativa.

- **Válvulas de seguridad**

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- a) para aislamiento: válvulas de esfera;
- b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento;
- c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho;
- d) para llenado: válvulas de esfera;
- e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho;

f) para seguridad: válvula de resorte; Documento Básico HE Ahorro de Energía HE 4 - 18

g) para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

- Vasos de expansión

- Vasos de expansión abiertos

Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar. 3.4.7.2

- Vasos de expansión cerrados

El dispositivo de expansión cerrada del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Los aislamientos empleados serán resistentes a los efectos de la intemperie, pájaros y roedores.

- Sistema eléctrico y de control

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la temperatura, para conseguirlo en el caso de las de inmersión se instalarán en contra corriente con el fluido. Los sensores de temperatura deben estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y Documento Básico HE Ahorro de Energía HE 4 - 19 evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

MANTENIMIENTO

El mantenimiento de las instalaciones sujetas a este RITE será realizado de acuerdo con lo establecido en la IT 3, atendiendo a los siguientes casos: a) Instalaciones térmicas con potencia térmica nominal total instalada en generación de calor o frío igual o superior a 5 kW e inferior o igual a 70 kW. Estas instalaciones se mantendrán por una empresa mantenedora, que debe realizar su mantenimiento de acuerdo con las instrucciones contenidas en el «Manual de Uso y Mantenimiento».

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- Vigilancia.

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Tendrá el alcance descrito en la tabla:

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

⁽¹⁾ IV: inspección visual

- Mantenimiento preventivo.

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una revisión semestral en la que se realizarán las siguientes actividades:

- a) comprobación de las protecciones eléctricas;
- b) comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones;
- c) comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.;
- d) comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

A continuación, se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 4.2 Sistema de captación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original. IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

* Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1.

⁽¹⁾ IV: inspección visual

Tabla 4.3 Sistema de acumulación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Tabla 4.4 Sistema de intercambio

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Tabla 4.5 Circuito hidráulico

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

⁽¹⁾ IV: inspección visual

⁽²⁾ CF: control de funcionamiento

Tabla 4.6 Sistema eléctrico y de control		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Tabla 4.7 Sistema de energía auxiliar		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Tabla 20: Frecuencia de operaciones de mantenimiento en instalaciones de energía solar térmica

- Mantenimiento correctivo

Las actividades de mantenimiento correctivo no pueden estar sometidas a un plan, dado el carácter impredecible de estas acciones. Como su propio nombre indica, las acciones de mantenimiento correctivo se realizarán para corregir anomalías observadas durante el funcionamiento normal de la instalación.

No obstante, si es posible llevar un control de las acciones de mantenimiento correctivo realizado, mediante el uso de un parte de mantenimiento correctivo. En este parte aparecerá recogido el componente afectado, la causa aparente del problema, la acción correctiva realizada, además de la fecha y la firma del responsable de dicha acción.

3.3 SEGURIDAD

La seguridad es un aspecto fundamental que se debe tener muy en cuenta en el proceso instalación de cualquier tipo de sistema fotovoltaico tanto desde el punto de vista personal como del material. Si agrupamos las medidas de seguridad a tener en cuenta, podemos definir:

- Seguridad durante el montaje del sistema
- Seguridad durante el funcionamiento y utilización

- Seguridad durante el montaje del sistema:

Para cualquier instalador de placas solares, durante el montaje se debe evitar cualquier deterioro o daño material de los elementos de la instalación fotovoltaica, así como cualquier posible daño personal.

- Seguridad material

Se debe tener especial cuidado en la manipulación de los elementos del sistema (paneles solares, inversores, baterías solares, cableado, estructura....) para evitar posibles daños tanto en el momento de transporte y almacenamiento como durante el montaje.

Durante el transporte y almacenaje del material se debe tener en cuenta:

- Que todo el material este en sus cajas originales de embalaje.
- En el caso de las baterías para placas solares de electrolito líquido es importante que se coloquen siempre en posición vertical.
- Si se ha de apilar el material, prestar atención a elementos como los módulos fotovoltaicos que son frágiles y debemos asegurarnos que el fabricante permite apilarlos sin riesgo de roturas.
- Asegurarse que el material no se golpeará o moverá durante el transporte.
- Evitar los movimientos bruscos podrían suponer un derrame del electrolito de las baterías.
- Almacenar en lugar seguro y, a poder ser, con seguro contratado y con vigilancia.
- Prestar atención de no dejar a la intemperie determinados equipos y mantener las baterías fuera de la exposición directa del sol.
-

Durante el montaje de la instalación de autoconsumo fotovoltaico se debe tener en cuenta:

- No infradimensionar el personal y los medios mecánicos para el movimiento y manejo de los equipos. Sobre todo los de mayor peso como pueden ser las placas solares o las baterías solares.
- Se deben evitar golpes o caídas de los paneles y baterías ya que ambos equipos son especialmente frágiles.
- Una caída de las baterías y/o los módulos puede provocar un deterioro importante o incluso la inutilización de los mismos.

- Es importante no sujetar las baterías por los bornes.
- La colocación de las baterías en las bancadas debe realizarse de forma que no se provoque el vuelco de las mismas.
- Es importante realizar el montaje de forma ordenada.

Seguridad personal

Para evitar daños personales durante la instalación del sistema fotovoltaico se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Cuando el trabajo se realiza en exposición directa al sol se deben realizar paradas periódicas para evitar fatiga, mareos o deshidratación. Es importante que el trabajador beba agua y se coloque fuera del alcance del sol al realizar descansos periódicamente.

Si se trabajara en altura, en instalaciones sobre tejados, se deben tener en cuenta:

- Uso de casco para evitar golpes
- Uso de gafas de sol para evitar deslumbramientos
- Uso de cuerdas y arneses de sujeción para evitar caídas
- Uso de calzado adecuado
- Desplazarse con cuidado por el tejado, evitando pisar sobre zonas frágiles como lucernarios y tropezar con el anclaje placas solares tejado.
- No subir a cubiertas o tejados si están mojados
- Usar siempre las dos manos para subir a andamios o escaleras
- No coger o sujetar nada hasta estar en situación estable
- Trabajar en equipo.

No es recomendable el transporte y colocación manual de acumuladores sin ayuda de herramientas debido a su considerable peso.

Se debe establecer un nivel de tensión de seguridad personal tanto en continua como en alterna que será de 48 V de forma general.

En circuitos con tensión superior a la de seguridad, no se debe manipular un conductor activo mientras el otro conductor activo este accesible y no protegido.

El módulo fotovoltaico se debe colocar boca abajo o cubierto para evitar que éste este expuesto a la radiación y se genere tensión en sus terminales.

Los acumuladores pueden generar altas intensidades por lo que se debe tener especial cuidado cuando se realice el cableado del circuito de las baterías.

Es importante usar herramientas aisladas que no permitan el contacto accidental simultáneo de los bornes.

Es también recomendable no llevar objetos personales metálicos cuando se manipulen las baterías.

El personal ajeno a las instalación debe mantenerse siempre alejado de la misma para evitar riesgos y estar avisado de los riesgos y zonas de peligro.

- Seguridad durante el funcionamiento y utilización

Una vez se haya puesto en marcha la instalación se pueden dar situaciones de riesgo tanto material como personal.

- Seguridad material

En cuanto a la seguridad material, una vez que el sistema fotovoltaico está ya en funcionamiento, se debe diferenciar la parte eléctrica de ésta y la que no lo es.

En cuanto a las parte eléctrica la seguridad material comprende las medidas de protección contra daños o deterioros provocador por:

- Sobretensiones
- Cortocircuito
- Sobrecarga

Las protecciones más usuales son el uso de fusibles magnetotémicos y descargadores de tensión adecuados.

En cuanto a la parte “no eléctrica” de la instalación, se debe tener en cuenta que el anclaje y sujeción de los paneles fotovoltaicos debe ser adecuada y soportar la carga máxima posible del viento.

También es de vital importancia, no caminar sobre los paneles para evitar micro-roturas de las células.

- Seguridad personal

Algunos de los aspectos importantes a tener en cuenta para la seguridad personal en instalaciones en funcionamiento serían:

Es importante para la seguridad personal tomar medidas para evitar el choque eléctrico ya sea por contacto directo o indirecto.

Es necesario que los lugares de riesgo estén convenientemente señalizados.

También se deben tener algunas consideraciones de seguridad en la sala de baterías ya que además del riesgo eléctrico existe el riesgo de quemaduras por ácido y de explosión por ignición de la mezcla aire-hidrogeno. Las medidas que se deben tener en esta sala son:

- Ventilación adecuada de la sala
- Acceso restringido y controlado a la sala
- Uso de gafas y guantes para la medición de la densidad y reposición de electrolito.

- Tener en la sala agua limpia, vendas, algodón y limpiador ocular.
- No se debe llevar ropa que favorezca la carga electrostática.
- No fumar
- Evitar aparatos que generen chispas
- Señalizar la sala de baterías.

La seguridad de los materiales, y sobre todo de las personas, en el proceso de instalación y puesta en funcionamiento de una instalación fotovoltaica, es una de las fases más importantes y que nunca debe pasarse por alto. [5]

Capítulo 4. PRESUPUESTO

En este apartado, se evalúa el coste económico que supone cada una de las instalaciones. Se desglosa en componentes, precio unitario, sumas parciales y coste total.

- Sistema Solar Térmico

-Sistema de captación

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Captador solar plano	10	Ud	376,00	3760,00€
Modelo: FERROLI ECOTOP VHM 2.7				
Subtotal.....				3.760,00 €

-Sistema de acumulación

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Interacumulador solar	1	Ud	3500	3500
Modelo: LAPESA MVV3000 SB				
Capacidad: 3000L				
Subtotal.....				3.500 €

-Vaso de expansión

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Vaso de expansión	1	Ud	56	56
Modelo: Termicol				
Capacidad: 8L				
Subtotal.....				56 €

-Intercambiador de placas

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Intercambiador de placas	1	Ud	170	170
Modelo: Termicol				
				Subtotal.....170 €

-Tuberías

Componente	Cantidad	Unidad	€/m	Importe
Tuberías 24 mm	34	m	8	300
				Subtotal.....300 €

-Fluido caloportador

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Fluido caloportador	1	Ud	180	180
Modelo: Fluidosol 40%				
Volumen: 25 l				
				Subtotal.....180 €

.Estructura soporte

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Estructura soporte	5	Ud	90	450
Termicol, cada dos captadores				
				Subtotal.....450 €

Por ello, el importe total de la instalación solar térmica será de:

8.716 € (OCHO MIL SETECIENTOS DIECISÉIS EUROS)

- Sistema Fotovoltaico

A continuación, se muestran los costes de los componentes de la instalación fotovoltaica:

-Paneles solares

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Módulo solar	21	Ud	123,42	2591,82€
Modelo: ATERSA A-310 GS				
Subtotal.....				2591,82 €

-Inversor solar

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Inversor solar	1	Ud	1488,76	1488,76
Modelo: KOSTAL PIKO IQ 5.5				
Subtotal.....				1488,76 €

-Cableado

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Cable CC (6mm2)	100	m	2	200
Cable AC	15	m	1,4	21
Subtotal.....				221 €

-Soporte

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Estructura soporte	21	Ud	45	945
Termicol, cada dos paneles				
Subtotal.....				945 €

-Cuadro de protecciones

Componente	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe
Cuadro de protecciones	1	Ud	350	350
De CC y CA				
Subtotal.....				350 €

El importe total de la inversión de la instalación fotovoltaica es de:

4.746 € (CUATRO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS)