



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN
UN HOTEL

Autor: Paloma Reinoso Otero

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Julio de 2019

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. PALOMA REINOSO OTERO

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES 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 ...3.... dejulio..... de ...2019.....

ACEPTA



Fdo.....

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

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
..EFICIENCIA..ENERGÉTICA..LOW...RENOVABLES..EN...UN...

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

curso académico 2018-2019. 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.:

Fecha: 03/07/2019

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.:

Fecha:/...../.....

MATA GARCIA
LUIS JAVIER -
09793455D

Firmado digitalmente
por MATA GARCIA LUIS
JAVIER - 09793455D
Fecha: 2019.07.03
08:21:50 +02'00'



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN
UN HOTEL

Autor: Paloma Reinoso Otero

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Julio de 2019

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL

Autor: Reinoso Otero, Paloma.

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

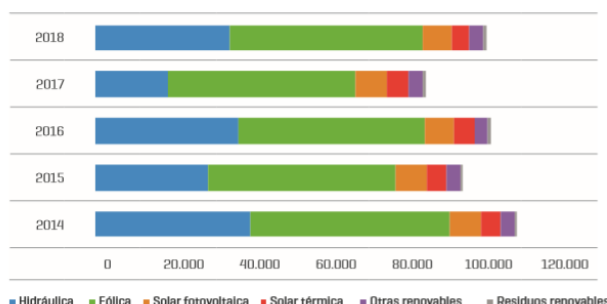
RESUMEN DEL PROYECTO

En España, las instalaciones de energía solar térmica comenzaron a tener relevancia a partir de los años 80. Tras unos primeros años de gran evolución, el mercado se estancó debido principalmente a la poca fiabilidad de las instalaciones (pues la falta de conocimiento y experiencia hacía de estos sistemas instalaciones de baja calidad) y al descenso de los precios de la energía. A finales de los años 90, se registró un nuevo crecimiento en este mercado de instalaciones solares térmicas gracias a los programas de subvenciones regionales. En el caso de Andalucía, el crecimiento económico, la mayor especialización de fabricantes e instaladores y el programa PROSOL (cuyo principal objetivo era promocionar, desarrollar e implantar instalaciones de energías renovables de calidad) impulsaron en gran medida el desarrollo de este mercado.

En cuanto a las instalaciones de energía solar fotovoltaica, España destaca por ser uno de los países que apostó desde el primer momento por esta nueva tecnología. Hasta el año 2012 se produjo un gran crecimiento de este tipo de energía en España pero a partir de este año, la aparición del Real Decreto Ley del Autoconsumo, que establecía las condiciones administrativas y económicas para el autoconsumo, y el famoso “impuesto al sol”, que obligaba a los consumidores con instalaciones de autoconsumo conectadas a la red eléctrica a compensar mediante impuestos los gastos que derivaban de proveer de energía eléctrica al resto de clientes, originaron un marcado descenso de estas tecnologías.

En la actualidad, se vuelve a apostar por este tipo de tecnologías con políticas que promueven su desarrollo y contribuyen a alcanzar los objetivos de sostenibilidad y respeto al medio ambiente marcados por las Administraciones Europeas. Para el año 2020 la Unión Europea pretende reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% y aumentar el uso de energías renovables en un 20%.

Teniendo en cuenta que la demanda de energía eléctrica peninsular finalizó el 2018 en 253.495 GWh, según el avance del Informe del Sistema Eléctrico Español en este último año elaborado por Red Eléctrica, se observa la evolución de la generación eléctrica peninsular renovable (expresada en GWh):



El presente proyecto desarrolla la implantación de energía solar térmica y fotovoltaica en un hotel en Córdoba como alternativa para cubrir parte de su demanda térmica y energética. Esta energía servirá para abastecer parte de los consumos de agua caliente sanitaria (ACS), calefacción mediante suelo radiante, climatización de piscinas y electricidad.

Se ha elegido para el proyecto un hotel situado en la provincia de Córdoba debido a que Andalucía cuenta con un elevado potencial de energías renovables: sol, viento, biomasa, agua y geotermia. Además es pionera en el uso de energía eólica y termosolar para la producción de electricidad y destaca también especialmente por su amplia experiencia en biomasa, siendo la primera Comunidad Autónoma generadora de electricidad con esta tecnología.

Además, se han considerado los siguientes argumentos, globales y particulares, a favor de las instalaciones de energía solar (térmica y fotovoltaica) para optar por su aplicación en este proyecto de eficiencia energética:

- Retorno de la inversión garantizado ya que la vida media útil de este tipo de instalaciones son 25 años.
- Abaratamiento de costes debido al mantenimiento mínimo que requieren y a la reducción en el consumo de energía eléctrica.
- Prevención del cambio climático gracias a la no emisión de gases de efecto invernadero.
- Reducción de la factura energética del País pues se utiliza una fuente de energía inagotable, lo que disminuye la independencia política y económica con el exterior.
- Creación de nuevos puestos de trabajo y fomento al desarrollo de nuevas tecnologías.

Por otro lado, este proyecto puede enmarcarse en las ideas promovidas por la Organización Mundial del Turismo (OMT) para impulsar el sector turístico, siendo España un país donde el turismo es clave para el crecimiento de su economía (en 2017 supuso el 11,7% del PIB y el 12,8% del empleo según el INE).

La OMT promueve el desarrollo sostenible de este sector a través de un uso óptimo de los recursos medioambientales disponibles a la vez que se favorece la eficiencia energética y se lucha contra el cambio climático. Es por esto por lo que la mayoría de las medidas que se implantan en temas de eficiencia energética en el sector hotelero están destinadas a regular y controlar los consumos y a implementar nuevas formas de obtener energía eléctrica.

Para la realización del proyecto se han seguido los siguientes pasos:

- Análisis de la situación actual de las diferentes opciones técnicas disponibles y estudio de las nuevas alternativas.
- Estudio de las demandas energéticas que se pretenden cubrir.

- Diseño de la instalación térmica y fotovoltaica, así como de sus componentes.
- Estudio de viabilidad económica.

Este proyecto se ha realizado tomando como referencia el Hotel Eurostars Palace Córdoba (categoría 5 estrellas), cuyas principales características, según se recoge en la página web del propio hotel, de cara al estudio que se va a realizar son:

- Número de habitaciones: 162
- Salas de reuniones: 8.
- Piscina exterior, gimnasio, bar y restaurante.

Para el desarrollo del proyecto se ha considerado que parte de la demanda de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de la piscina se conseguirá mediante una instalación solar térmica, mientras que una fracción de los consumos eléctricos serán abastecidas mediante una instalación solar fotovoltaica.

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.

Para establecer las características de la instalación solar térmica que se pretende diseñar, se han analizado las condiciones de radiación solar mensuales de Córdoba y las condiciones ambientales de la zona como la temperatura media ambiental y la temperatura media del agua de red mensuales.

Para determinar la energía necesaria para cubrir las demandas totales se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

▶ **ACS:**

- Según se recoge en el Código Técnico de la Edificación (CTE), al tratarse de un hotel con categoría 5 estrellas se sabe que el consumo de ACS es de 69 litros por persona al día.
- Se conoce el porcentaje de ocupación hotelera en este tipo de hoteles en Córdoba, gracias a la encuesta de ocupación hotelera realizada por el Instituto Nacional de Estadística en el años 2018, y la ocupación máxima del hotel (358 personas).

▶ **SUELO RADIANTE:**

- Se supone que la superficie a calefactar será únicamente la correspondiente a todas las habitaciones, haciendo un total de 4660 m².

▶ **PISCINA:**

- Las dimensiones de las piscina son 14 x 6 metros.
- Se conoce la temperatura de utilización deseada, la temperatura media ambiental y el porcentaje de tiempo sin manta, que conserva la temperatura del agua.

Con estos datos y consideraciones se obtiene la energía mensual y anual demandada por los sistemas de ACS, suelo radiante y piscina:

ENERGÍA NECESARIA [Mcal]													
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
ACS	16800,82	17679,72	22387,76	24898,31	25852,03	19665,06	18779,85	21641,35	22777,22	24658,76	21118,82	20302,68	256562,39
SUELO RADIANTE	29669,90	26238,81	20998,18	9050,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19367,83	34671,96	139997,04
PISCINA	13434,82	9429,74	6688,11	2816,34	3142,04	0,00	0,00	0,00	0,00	3238,43	8891,18	13489,28	61129,95

El colector que se va a utilizar es de tubos de vacío de la marca BAXI, modelo AR 20, que está especialmente diseñado para el montaje en horizontal de instalaciones de gran tamaño en cubiertas planas, y en este proyecto se pretenden montar sobre el tejado del hotel.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
EMPRESA	BAXI
MODELO	AR 20
NÚMERO DE TUBOS	20
PESO (kg)	53
SUPERFICIE COLECTOR	2,77
SUPERFICIE ABSORCIÓN	2,15
DIMENSIONES a x h x p(mm)	1416 x 1954 X 93
RENDIMIENTO ÓPTICO (%)	76,8
COEFICIENTE PÉRDIDA CALOR, K1	1,36
CAPACIDAD TÉRMICA [KJ/(m ² *k)]	3,8
PRESIÓN DE TRABAJO (bar)	8
TEMPERATURA MÁX. DE TRABAJO	313°C
INCLINACIÓN	2-90º
N.º MÁX.DE COLECTORES EN SERIE	4

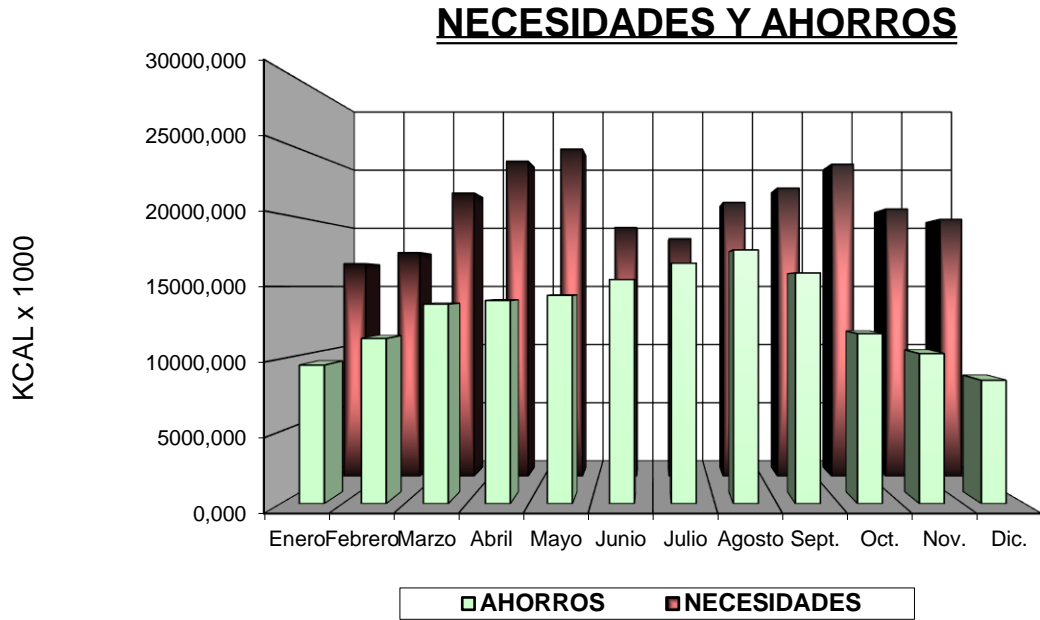
En la Exigencia Básica HE 4 del Documento Básico de Ahorro de Energía, “Contribución solar mínima de ACS”, publicado por el CTE, se indica que será necesario cubrir el 60% de la demanda total. En el caso de la calefacción por suelo radiante y la climatización de la piscina exterior no existe ninguna norma al respecto, por lo que se decide cubrir un porcentaje de la demanda próximo al 30 % de la demanda total de cada caso.

Tras la aplicación del método f-chart, se obtiene la carga calorífica mensual que aporta el sistema de energía solar térmica en cada uno de los casos mencionados anteriormente. Con la ayuda de un programa Excel de cálculo de paneles solares térmicos y fotovoltaicos se calculan el número de captadores necesarios para suplir las tres demandas principales y cumplir con todo lo mencionado anteriormente.

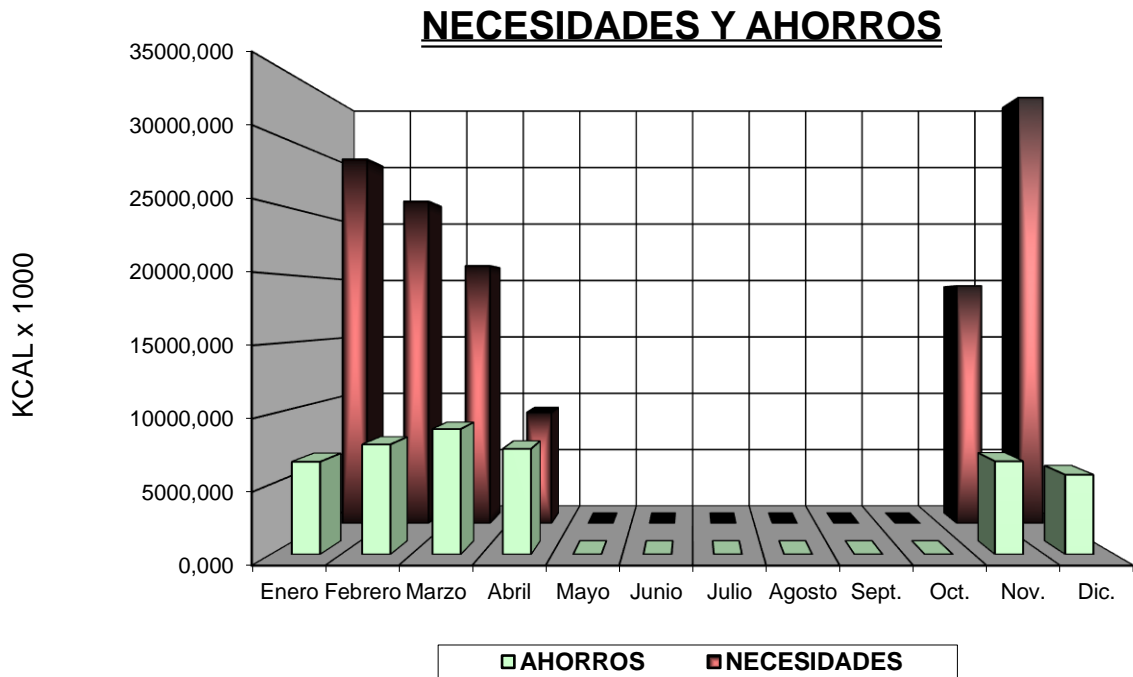
Todos los captadores estarán orientados hacia el Sur con una inclinación de 37°, pues según se especifica en el CTE esta es la orientación óptima y la inclinación debe coincidir con la latitud (que en el caso de Córdoba es de 37, 88°).

Los siguientes gráficos recogen el porcentaje mensual que aporta la instalación solar térmica proyectada respecto a la demanda total calculada:

ACS:

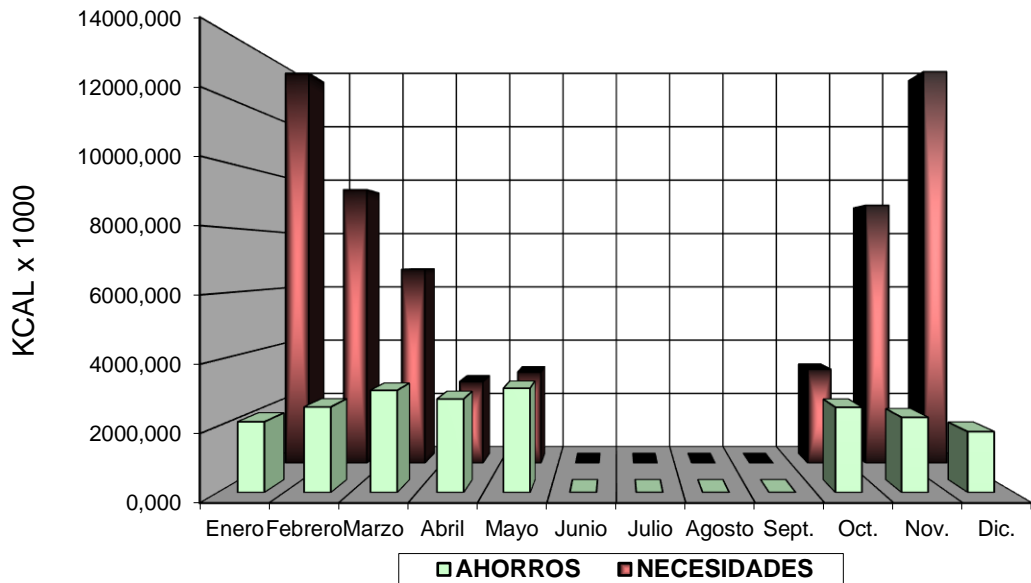


► **SUELO RADIANTE:**



► **PISCINA:**

NECESIDADES Y AHORROS



En total se necesitan 120 colectores. Teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante, la normativa que deben cumplir, las dimensiones del propio colector y las distancias establecidas por normativa, se concluye que se agruparán en series de 3 hasta formar 4 paralelos, repitiéndose esta configuración 10 veces.

Se dimensionará una única bomba que alimente el circuito primario de ACS, suelo radiante y piscina. Para el circuito secundario serán necesarias una bomba para cada uno de los sistemas mencionados anteriormente.

En ambos casos es necesario conocer el caudal necesario y la altura manométrica (para lo que será necesario conocer las pérdidas de carga). En el caso del circuito secundario se situará en la parte baja del edificio. Bajo las premisas anteriores, se seleccionan las siguientes bombas:

CIRCUITO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA LÍQUIDO	PESO	PRECIO	CONSUMO ENERGIA	EMISIONES CO2
PRIMARIO	TODAS	CM5-7 O-R-I-E-AQQE	[0,60]	25,3	1007	1366 kWh/AÑO	752 kg/año
SECUNDARIO	ACS	ALPHA3 25-60 180	[2, 110]	2,15	287	69 kWh/AÑO	39 kWh/año
	SUELO RADIANTE	ALPHA2 25-40 180	[2, 110]	2,15	331,49	33 kWh/AÑO	19 kWh/año
	PISCI	ALPHA2 25-40 N 130	[0,110]	2,15	245	26 kWh/AÑO	15 kWh/año

Como interacumuladores se escogen los depósitos de inercia de la marca Lapesa que permiten el almacenamiento en grandes instalaciones de manera eficiente. El intercambio de calor tendrá lugar en el serpentín y serán de las siguientes dimensiones:

- ▶ **ACS:** depósito de 12000L
- ▶ **SUELO RADIANTE:** depósito de 5000L
- ▶ **PISCINA:** no necesita.

Finalmente se diseñan también las tuberías, válvulas y demás elementos necesarios.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.

Para la generación solar fotovoltaica se elige un sistema basado en el autoconsumo sin excedentes, pues se trata de una instalación aislada, en la que la energía no consumida será almacenada en baterías para hacer frente a futuros picos de demanda, y no será inyectada de nuevo en la red. Tras diversos análisis se seleccionan los siguientes componentes:

- Panel fotovoltaico: MÓDULO CANADIAN SOLAR: CS3U-360P, cuya potencia nominal es de 360 Wp.
- Inversor cuya potencia sea un 120% superior a la de los paneles. Se elige el modelo INGECON SUN 50 de Siemens, cuya potencia nominal son 55.000 Wp.
- Regulador de carga JNDX 200 A 24-240V, que verifica los límites impuestos por la instalación.
- Baterías: considerando valores típicos (autonomía de 3 días, profundidad de descarga 0,7 y tensión 48 V) y sabiendo que la máxima demanda diaria son 298 kWh/día, se llega a la conclusión que será necesario emplear varias baterías estacionarias modelo BAE, 48V, 2710 Ah. Esto es totalmente inviable debido a su elevado coste, por lo que tal y como se detalla en el estudio de viabilidad económica no se emplearán.

Los consumos eléctricos anuales se estiman en 1623,14 MWh. Optimizando la disposición de los paneles elegidos se consigue una producción de 86,978 MWh lo que supone cubrir un 5,3% de la demanda total. Esto se conseguirá con la instalación de 170 módulos colocados en 17 paralelos de 10 series cada uno, que serán equivalentes a una superficie de 628 m².

Tras realizar el presupuesto con los costes iniciales derivados de los elementos que componen las instalaciones solares térmica y fotovoltaica que se van a instalar, y teniendo en cuenta que la Agencia Andaluza de la Energía ofrece subvenciones del 30% para instalaciones de este tipo se obtiene el presupuesto que se muestra a continuación.

INVERSIÓN INICIAL	593.445,04 €
INVERSIÓN INICIAL CON SUBVENCIÓN	415.411,53 €

Teniendo en cuenta la energía necesaria demanda por los distintos consumos y el porcentaje que se va a cubrir gracias a las instalaciones solares, se obtienen los siguientes datos económicos:

	INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	TOTAL
ENERGÍA NECESARIA TOTAL ANUAL[KWh]	531.935,72	1.623.141,00	2.155.076,72
AHORROS ANUALES [KWh]	259.014,36	90.048,00	349.062,36
AHORROS ANUALES [euros]	9.244,22	3.213,81	12.458,04

El estudio de viabilidad económica da como resultado que el empleo de energía solar supone un ahorro anual del 16,2% respecto a la instalación convencional. Además se concluye que la instalación comenzará a ser rentable a partir del 12º año. Teniendo en cuenta que la vida media de las instalaciones solares es de 25 años, se puede aprobar la rentabilidad del proyecto.

Por otro lado se analiza como alternativas complementarias el desarrollo de cada instalación solar individualmente. Se observa que la instalación solar térmica supone un ahorro próximo al 50% y la fotovoltaica tan solo el 5 %. Si se instalara solo térmica se podría utilizar la superficie destinada a la fotovoltaica para ampliar el número de colectores solares térmicos, aumentando este porcentaje de ahorro. En este caso, la instalación solar térmica comenzaría a ser rentable a partir del **6º año**.

Según el Real Decreto 244/2019 (aprobado el 5 de abril de este mismo año) y tal y como se recoge en la versión preliminar de la guía de autoconsumo publicada por el IDAE, este proyecto puede englobarse en la modalidad de **autoconsumo sin excedentes**. Por tanto, esta instalación será individual y no permitirá la inyección de la energía no consumida a la red.

Se instalará un sistema de monitorización para recoger y procesar la información proveniente de la instalación solar térmica y fotovoltaica. Gracias a este sistema, se dispondrá de información a tiempo real del estado de la instalación.

Este proyecto supone, además de un ahorro económico gracias al aprovechamiento de una fuente de energía gratuita que se recibe de manera directa, un paso hacia la independencia de las fuentes energéticas externas y convencionales. Permite mejorar la competitividad de la empresa al mismo tiempo que reduce el daño ambiental, pues contribuye a frenar los efectos que se derivan de la emisión de gases nocivos para el medio. Esto es de especial relevancia pues actualmente está en vigor el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020, que exige la presentación de planes de eficiencia energética a los estados miembros.

ENERGY EFFICIENCY WITH RENEWABLE ENERGY IN A HOTEL

Author: Reinoso Otero, Paloma.

Director: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

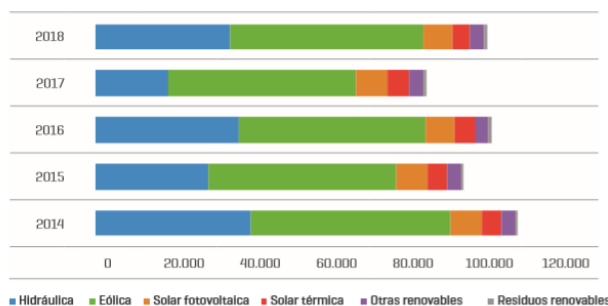
ABSTRACT

In Spain, the solar thermal installations began to have relevance from the 80s. After a few years of great evolution, the market stagnated due mainly to the unreliability of the facilities (as the lack of knowledge and experience led to low quality systems) and the drop of energy prices. At the end of the 90s, there was a new growth in the market of solar thermal installations thanks to the regional subsidy programs. In Andalusia thanks to the economic growth, the greater specialization of manufacturers and installers and the PROSOL program (whose main objective was to promote, develop and implement quality renewable energy facilities) the development of this market was greatly boosted.

Spain stands out as one of the countries that bet from the start for the photovoltaic solar technology. There was a great evolution of this type of energy until 2012 when these solar technologies experimented a sharp decline. This was mainly caused by the proclamation of *Real Decreto Ley de Autoconsumo*, which established the administrative and economic conditions for self-consumption, and the approval of the well-known tax "*impuesto al sol*". This tax obliges users with self-consumption systems connected to the electricity grid to compensate, by means of taxes, the expenses derived from providing electric power to the rest of customers.

Currently, it is back to betting on this type of technologies with new policies that promote its development and the attainment of objectives such as sustainability and respect for the environment. By 2020, the European Union also aims to reduce the consumption of energy by 20% and increase the use of renewable energy by 20%.

According to the last report of the Spanish Electricity System (published by Red Eléctrica) the demand of electrical energy in the last year was 253,495 GWh. In the graphic above it is shown the evolution of renewable electricity generation in Spain during the last five years (expressed in GWh):



This project develops the implementation of solar thermal and photovoltaic energy in a hotel in Cordoba as an alternative to cover part of its thermal and electricity demand.

This energy will serve to supply part of the consumption of domestic hot water (DHW), radiant soil, pool heating and electricity.

A hotel located in the province of Córdoba has been chosen for the project because Andalusia has a high potential for renewable energies as sun, wind, biomass, water and geothermal energy. It is also a pioneer in the use of wind and solar power to produce electricity and stands out for its extensive experience in biomass, being the first one generating electricity with this technology.

In addition, the following arguments have been considered in favor of solar energy installations (thermal and photovoltaic) to opt for their application in this energy efficiency project:

- Return of the investment guaranteed as the useful life average of this type of installations is 25 years.
- Cost reduction due to the minimum maintenance required and the reduction in the consumption of electricity.
- Prevention of climate change thanks to the non-emission of greenhouse gases.
- Reduction of the energy bill of the country thanks to the use of an inexhaustible source of energy which decreases the political and economic independence with the outside.
- Creation of new jobs and promotion of the development of new technologies

This project can be framed in the ideas promoted by the World Tourism Organization (WTO) to boost the tourism sector. Spain is a country where tourism is one of its keys to increase its economic growth (in 2017 tourism represented 11.7 % of GDP and 12.8% of employment, according to the INE).

UNWTO promotes the sustainable development of this sector through an optimal use of available environmental resources while promoting energy efficiency and combating climate change. Therefore, most of the actions implemented in energy efficiency issues in the hotel sector are aimed at regulating and controlling consumption and implementing new ways of obtaining electricity.

For the realization of the project the following steps have been followed:

- Analysis of the current situation of the different available technical options and study of the new alternatives.
- Study of the energy demands that are intended to cover.
- Design of the thermal and photovoltaic installation, as well as its components.
- Economic feasibility study.

This project has been carried out taking as reference Hotel Eurostars Palace Córdoba (category 5 stars), whose main features for the study that will be carried out, as shown on the website of the hotel itself, are:

- Number of rooms: 162
- Meeting rooms: 8.
- Outdoor pool, gym, bar and restaurant.

For the development of the project it has been considered that part of the demand for DHW, radiant soil and air conditioning of the pool will be achieved by a solar thermal installation, while a fraction of the electrical consumption will be supplied by a photovoltaic solar installation.

SOLAR THERMAL INSTALLATION.

To establish the characteristics of the solar thermal installation that is intended to be designed, the monthly solar radiation conditions of Córdoba and the environmental conditions of the area have been analyzed, such as the average environmental temperature and the monthly average water temperature of the network.

To determine the energy needed to cover the total demands, the following considerations are considered:

► DHW:

- According to *Código Técnico de la Edificación (CTE)*, being a hotel with a 5-star category, it is known that DHW consumption is 69 liters per person per day.
- The percentage of hotel occupancy in this type of hotel in Córdoba is known, thanks to the hotel occupation survey conducted by the National Institute of Statistics in 2018, and the maximum occupancy of the hotel (358 people).

► RADIANT SOIL:

- It is assumed that the surface to be heated will be the one corresponding to all the rooms, making a total of 4660 m².

► SWIMMING POOL:

- The dimensions of the pool are 14 x 6 meters.
- The desired temperature of use, the average ambient temperature and the percentage of time without blanket, which preserves the temperature of the water, are known.

With these data and considerations, the monthly and annual energy demanded by the DHW, radiant soil and pool systems is obtained:

NECESSARY ENERGY [Mcal]													
Month	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	ANUAL
DHW	16800,82	17679,72	22387,76	24898,31	25852,03	19665,06	18779,85	21641,35	22777,22	24658,76	21118,82	20302,68	256562,39
RADIANT SOIL	29669,90	26238,81	20998,18	9050,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19367,83	34671,96	139997,04
POOL	13434,82	9429,74	6688,11	2816,34	3142,04	0,00	0,00	0,00	0,00	3238,43	8891,18	13489,28	61129,95

The solar collector that is going to be used is a type vacuum tubes from BAXI, model AR 20, which is specially designed for the horizontal mounting of large installations on flat roofs, and in this project is intended to be mounted on the roof of the hotel.

TECHNICAL CHARACTERISTICS	
COMPANY	BAXI
MODEL	AR 20
NUMBER OF TUBES	20
WEIGHT (kg)	53
SURFACE COLLECTOR	2,77
SURFACE ABSORPTION	2,15
DIMENSIONS a x h x p (mm)	1416 x 1954 X 93
OPTICAL PERFORMANCE (%)	76,8
COEFFICIENT LOSS HEAT, K1	1,36
THERMAL CAPACITY [KJ / (m2 * k)]	3,8
WORK PRESSURE (bar)	8
MAX. TEMPERATURE OF WORK	313°C
INCLINATION	2-90°
MAX NUMBER OF SERIES COLLECTORS	4

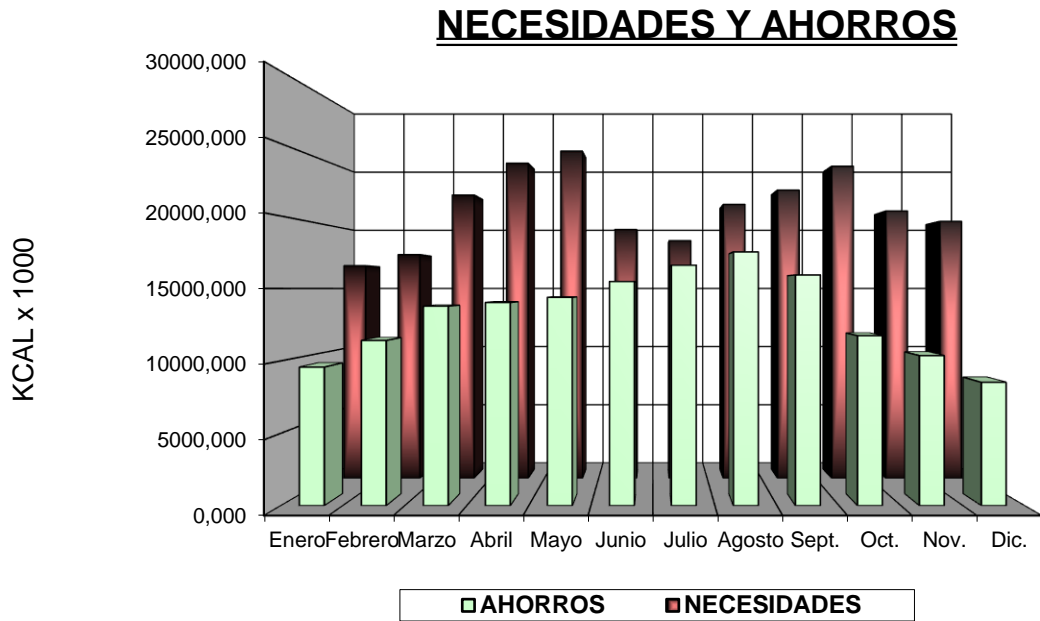
In *Exigencia Básica HE 4* from *Documento Básico de Ahorro de Energía*, “Contribución solar mínima de ACS”, published by the CTE, it is indicated that it will be necessary to cover 60% of the total demand. In the case of underfloor heating and air conditioning of the outdoor pool there is no rule in this regard, so it is decided to cover a percentage of the demand close to 30% of the total demand in each case.

After applying the f-chart method, the monthly heat load provided by the solar thermal system is obtained in each of the cases mentioned above. With the help of an Excel program for calculating thermal and photovoltaic solar panels, the number of collectors needed to meet the three main demands is calculated, and all the above is met.

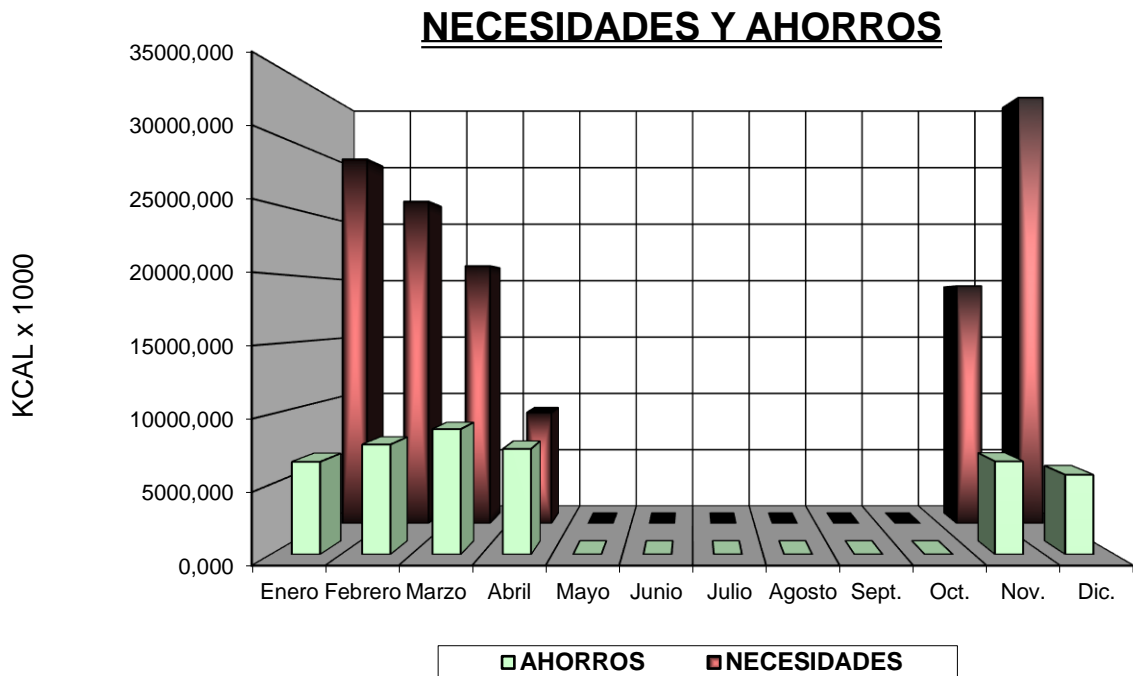
All the collectors will be oriented towards the South with an inclination of 37°, because as it is specified in the CTE this is the optimal orientation and the inclination must coincide with the latitude (which in the case of Córdoba is 37, 88°).

The following graphs show the monthly percentage provided by the projected solar thermal installation with respect to the total demand calculated:

► **DHW:**

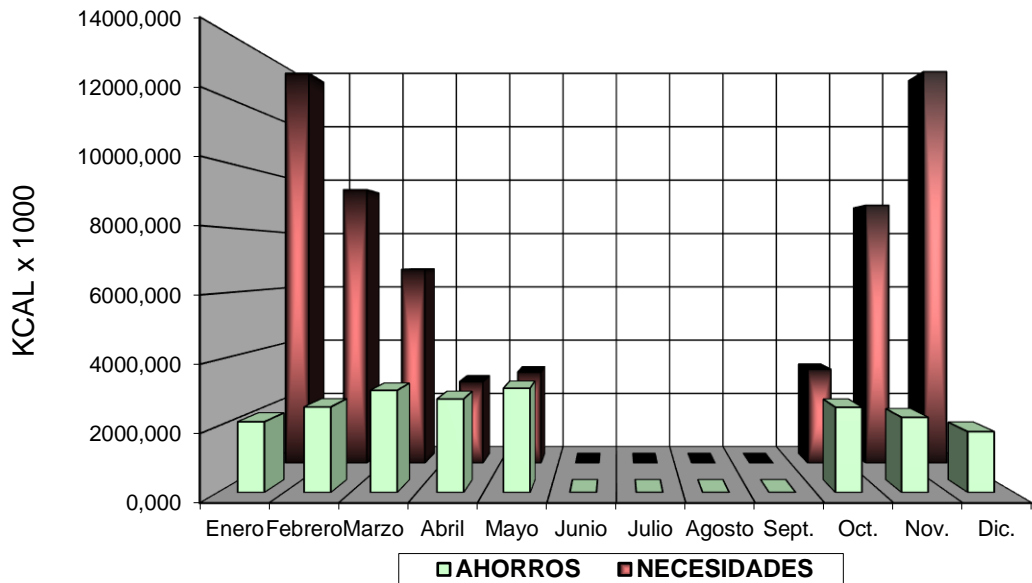


► **RADIANT SOIL:**



► **POOL:**

NECESIDADES Y AHORROS



In total 120 collectors are needed. Considering the manufacturer's specifications, the regulations that must be met, the dimensions of the collector itself and the distances established by regulations, it is concluded that they will be grouped in series of 3 to form 4 parallels, repeating this configuration 10 times.

A single pump will be sized to feed the primary circuit of DHW, radiant soil and swimming pool. For the secondary circuit, a pump will be needed for each of the systems mentioned above.

In both cases it is necessary to know the necessary flow and the gauge height (for which it will be necessary to know the load losses). In the case of the secondary circuit it will be in the lower part of the building. Under the previous premises, the following pumps are selected:

CIRCUIT	FUNCTION	DESCRIPTION	LIQUID TEMPERATURE	WEIGHT	COST	ENERGY CONSUMPTION	CO ₂ EMISSIONS
PRIMARY	ALL	CM5-7 O-R-I-E-AQQE	[0,60]	25,3	1.007	1366 kWh/AÑO	752 kg/year
SECONDARY	DHW	ALPHA3 25-60 180	[2, 110]	2,15	287	69 kWh/AÑO	39 kWh/year
	RADIANT SOIL	ALPHA2 25-40 180	[2, 110]	2,15	331,49	33 kWh/AÑO	19 kWh/year
	POOL	ALPHA2 25-40 N 130	[0,110]	2,15	245	26 kWh/AÑO	15 kWh/year

As storage tanks, the Lapesa brand inertia tanks are chosen, which allow storage in large facilities in an efficient manner. The exchange of heat will take place in the coil and will be of the following dimensions:

- DHW: 12000 L tank

- ▶ RADIANT SOIL: 5000 L tank
- ▶ POOL: does not need.

Finally, the pipes, valves and other necessary elements are also designed.

PHOTOVOLTAIC SOLAR INSTALLATION.

For photovoltaic solar generation a system based on self-consumption without surplus is chosen, because it is an isolated installation, in which the energy not consumed will be stored in batteries to face future peaks of demand and will not be injected again in the net. After several analyzes, the following components are selected:

- Photovoltaic panel: CANADIAN SOLAR MODULE: CS3U-360P, whose nominal power is 360 Wp.
- Inverter whose power is 120% higher than that of the panels. The Siemens INGECON SUN 50 model is chosen, whose nominal power is 55,000 Wp.
- JNDX 200 A 24-240V load regulator, which verifies the limits imposed by the installation.
- Batteries: considering typical values (autonomy of 3 days, depth of discharge 0.7 and voltage 48 V) and knowing that the maximum daily demand is 298 kWh / day, it is concluded that it will be necessary to use several BAE stationary batteries, 48V, 2710 Ah. This is totally unfeasible due to its high cost, so as detailed in the economic feasibility study will not be used.

The annual electric consumption is estimated at 1623.14 MWh. By optimizing the layout of the chosen panels, a production of 86,978 MWh is achieved, which means covering 5.3% of the total demand. This will be achieved with the installation of 170 modules placed in 17 parallel of 10 series each, which will be equivalent to a surface of 628 m².

After making the budget with the initial costs derived from the elements that form the solar thermal and photovoltaic installations that will be installed and considering that *Agencia Andaluza de la Energía* offers a grant of 30% for installations of this type, the initial investment is shown below.

INVERSIÓN INICIAL	593.445,04 €
INVERSIÓN INICIAL CON SUBVENCIÓN	415.411,53 €

Considering the necessary energy demand for the different consumptions and the percentage that is going to be covered thanks to the solar installations, the following economic data is obtained:

	THERMAL SOLAR INSTALLATION	PHOTOVOLTAIC SOLAR INSTALLATION	TOTAL
ANNUAL NECESSARY ENERGY [KWh]	531.935,72	1.623.141,00	2.155.076,7 2
ANNUAL SAVINGS [KWh]	259.014,36	90.048,00	349.062,36
ANNUAL SAVINGS [euros]	9.244,22	3.213,81	12.458,04

The economic feasibility study realized shows that the use of solar energy represents an annual saving of 16.2% compared to conventional installations. It is also concluded that the installation will start to be profitable after the 12th year. Considering that the average life of solar installations is 25 years, the profitability of the project can be approved.

It will also be considered as complementary alternatives the development of each solar installation individually. The solar thermal installation supposes a saving close to 50% and the photovoltaic only achieve savings of 5%. If only thermal was installed it could be used the surface allocated to the photovoltaic to expand the number of solar thermal collectors, increasing the percentage of savings. In this case, the solar thermal installation would start to be profitable from the 6th year.

According to *Real Decreto 244/2019* (approved on April 5 of this year) and as stated in the preliminary version of the self-consumption guide published by the IDAE, this project can be included in the self-consumption mode without surpluses. Therefore, this installation will be individual and will not allow the injection of energy not consumed to the network.

A monitoring system will be installed to collect and process the information coming from the solar thermal and photovoltaic installation. Thanks to this system, information on the status of the installation will be available in real time.

Consequently, this project not only involves an economic growth thanks to the use of a free energy source that is received directly, but a step towards the independence of external and conventional energy sources. It improves the competitiveness of the company while reducing environmental damage, as it helps to curb the effects that result from the emission of harmful gases to the environment. This is especially relevant since the National Energy Efficiency Action Plan 2017-2020 is currently in force and requires the submission of energy efficiency plans to the member states.

ÍNDICE

DOCUMENTO N°1: MEMORIA	29
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	31
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	35
2.1. ENERGÍA SOLAR Y SITUACIÓN ACTUAL	35
2.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA	37
3. ALTERNATIVAS EXISTENTES Y NET METERING	39
3.1. NET METERING	40
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	47
4.1. EMPLAZAMIENTO	47
4.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	48
4.2.1. TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA SOLAR	48
4.3. COMPONENTES	49
4.3.1. COMPONENTES INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	49
4.3.2. COMPONENTES INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	57
4.3.3. CONEXIÓN CON LA RED	66
4.3.4. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	68
4.4. CÁLCULOS	68
4.4.1. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	68
4.4.2. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	83
4.4.3. CÁLCULO PÉRDIDAS DE CALOR INSTALACIONES SOLARES	83
4.5. INSTALACIONES	88
4.5.1. DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	88
4.5.2. DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	102
DOCUMENTO N°2: PLANOS	109
DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y NORMATIVA	133
DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO Y ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA	157
DOCUMENTO N°5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	171

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Contribución del turismo al PIB [1]	31
Ilustración 2: Gráfico del consumo energético del parque hotelero español respecto del total nacional. [3].....	32
Ilustración 3: Desglose de consumo energético en un hotel medio según su localización. (Fuente: IDAE, HES Y PwC)	33
Ilustración 4: Evolución de la generación peninsular renovable y no renovable [8]	40
Ilustración 5: Evolución de las emisiones de CO ₂ asociadas a la generación eléctrica peninsular [8]	41
Ilustración 6: Evolución de las emisiones de CO ₂ asociadas a la generación eléctrica peninsular (Fuente: Avance Informe Sistema Eléctrico Español, 2018, REE)	41
Ilustración 7: Esquema instalación con balance neto	44
Ilustración 8: Hotel Eurostars Palace Córdoba.....	47
Ilustración 9: Esquema instalación solar térmica destinada a ACS, suelo radiante y climatización de piscina	49
Ilustración 10: Esquema instalación solar fotovoltaica con autoconsumo sin inyección a la red	49
Ilustración 11: : Esquema componentes colector solar	51
Ilustración 12: Esquema colectores solares con conexión en serie.....	52
Ilustración 13: Esquema colectores solares con conexión en paralelo	52
Ilustración 14: Esquema colectores solares con conexión mixta.....	52
Ilustración 15: Esquema instalación solar térmica.....	56
Ilustración 16: Esquema componentes módulo fotovoltaico	58
Ilustración 17 Esquema instalación solar fotovoltaica	65
Ilustración 18: Ejemplo visualización sistema de monitorización (Fuente: Ahora Solar)	68
Ilustración 19: Consumo diario medio de A.C.S en función de la actividad realizada .	74
Ilustración 20: Temperatura del agua de la red por provincias [13]	75
Ilustración 21: Representación de la inclinación óptima del captador [13].....	84
Ilustración 22: Representación de la colocación óptimas de lo captadores solares [13]	84
Ilustración 23: Esquema cálculo inclinación [13]	85

Ilustración 24: Diagrama para a representación del perfil de obstáculos [13].....	86
Ilustración 25: Esquema cálculo pérdidas	87
Ilustración 26: Curva de pérdida de carga del colector BAXI AR 20.....	89
Ilustración 27: Curva de rendimiento del colector BAXI AR 20.....	89
Ilustración 28: Ejemplo integración paneles solares en la arquitectura del edificio.....	91
Ilustración 29: Fotos de la azotea del hotel Eurostars Palace Córdoba.....	92
Ilustración 30: Esquema colocación colectores respetando las distancias establecidas [13]	94
Ilustración 31: Vista aérea del hotel Eurostars Palace Córdoba [15].....	94
Ilustración 32: Superficie disponible para el montaje de los colectores solares [15]....	95
Ilustración 33: Esquema disposición placas solares [13].....	102
Ilustración 34: Superficie disponible para el montaje de los paneles solares [15].....	103
Ilustración 35: Configuración de los módulos solares CANADIAN SOLAR según fabricante.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de las condiciones ambientales en la provincia de Córdoba.[10] ..	47
Tabla 2: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior y exterior de edificios [11]	56
Tabla 3: Datos relativos a las condiciones de temperatura y radiación mensuales en Córdoba.....	73
Tabla 4: Porcentaje de ocupación media hotelera por meses en la provincia de Córdoba.....	74
Tabla 5: Resumen cálculo energía necesaria ACS	75
Tabla 6: Valor de los parámetros D1 y D2 por meses para el abastecimiento de A.C.S	77
Tabla 7: Valor del parámetro f por meses para el abastecimiento de A.C.S.....	77
Tabla 8: Determinación zona climática en función de la radiación solar global media [13]	78
Tabla 9: Contribución solar mínima anual en función.....	79
Tabla 10: Cálculo superficie a calefactar.....	79
Tabla 11: Cálculo energía necesaria para calefacción por suelo radiante.....	80
Tabla 12: Valor obtenido para los parámetros D1, D2 y f para calefacción por suelo radiante.....	80
Tabla 13: Datos de partida para el abastecimiento para climatización de piscina exterior	80
Tabla 14: Datos de las pérdidas que se deben considerar para la climatización de la piscina exterior.....	81
Tabla 15: Valor del parámetro f para la climatización de la piscina exterior	81
Tabla 16: Producción de electricidad de la instalación fotovoltaica	83

Tabla 17: Límites impuestos para las pérdidas en los sistemas de captación solar [13]	83
Tabla 18: Tabla de referencia para los cálculos de pérdidas [13].....	86
Tabla 19: Resumen colectores analizados.....	88
Tabla 20: Características técnicas colector BAXI-20 AR.....	89
Tabla 21: Cálculos de energía necesaria y ahorros obtenidos con la instalación solar destinada al A.C.S.....	90
Tabla 22: Cálculos de energía necesaria y ahorros obtenidos con la instalación solar destinada a la calefacción suelo radiante.....	90
Tabla 23 Cálculos de energía necesaria y ahorros obtenidos con la instalación solar destinada a la climatización de la piscina exterior.....	91
Tabla 24: coeficiente k según la inclinación de los colectores [13].....	93
Tabla 25: Propiedades fluido calorportador.....	97
Tabla 26: Resumen catálogo tuberías Acerosolar.....	98
Tabla 27: Resumen propiedades bombas elegidas	101
Tabla 28: Propiedades eléctricas módulo solar CANADIAN SOLAR.....	102
Tabla 29: Valor del parámetro k en función de la latitud [13].....	102
Tabla 30: Propiedades eléctricas inversor Ingecon Sun 50.....	104
Tabla 31: Propiedades eléctricas Regulador de carga JNDX 200 A-24-240 V	105
Tabla 32: Cálculo de la producción mensual de los paneles fotovoltaicos	106

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La importancia del turismo en la economía de un país es hoy en día algo indiscutible. El sector del turismo es considerado una de las principales fuentes de ingresos, así como de crecimiento económico y social de un país. Ocurre así en España, donde en el año 2017 el turismo aportó 172.900 millones de euros a la economía española, lo que supone un 5,7% más respecto al año anterior.[1]

Analizando la contribución absoluta y relativa del turismo al PIB, al empleo, al gasto, a las exportaciones, y la inversión en 2017, así como las previsiones para 2028, España se encuentra en el 10º puesto. [1]

Esta situación se refleja en las siguientes tablas:

2017		2028	
Absolute terms In which countries was the direct contribution (absolute terms) of Travel & Tourism to GDP greatest in 2017?	2017	Absolute terms In which countries will the direct contribution (absolute terms) of Travel & Tourism to GDP be greatest in 2028?	2028
Direct GDP	2017 constant US\$bn	Direct GDP	2017 constant US\$bn
1 United States	509.4	1 China	825.4
2 China	402.3	2 United States	673.9
3 Germany	146.3	3 India	194.7
4 Japan	107.4	4 Germany	179.1
5 Italy	106.8	5 Italy	131.9
6 France	93.9	6 Japan	128.3
7 United Kingdom	93.5	7 France	118.4
8 India	91.3	8 Mexico	117.1
9 Mexico	82.2	9 United Kingdom	114.9
10 Spain	70.9	10 Spain	94.1

Ilustración 1: Contribución del turismo al PIB [1]

Por tanto, impulsar el turismo es una medida que influirá directamente en el beneficio económico de nuestro país, aunque se debe tener en cuenta el gasto en consumo energético que esto supone.

La evolución del turismo está ligada a diversos factores, entre los que destacan la disponibilidad de una buena red de transporte con gran variedad de conexiones y una oferta cultural de calidad con precios competitivos

Por otro lado, hay diversos aspectos que se deben cuidar a la hora de impulsar el turismo o de promover nuevas zonas, y uno de los que más importancia tiene actualmente es la idea de promover un turismo sostenible. Se define el turismo sostenible como aquel que tiene plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas.[2]

Entre las características que lo definen destaca el dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, lo cual implica entre otras cosas conservar los recursos naturales. Debido a esto, la OMT (Organización Mundial del Turismo) centra su labor en promover medidas relacionadas con la eficiencia energética, la seguridad en el turismo y el cambio climático. Con estas medidas se pretende mejorar el impacto ambiental de

los hoteles y otros tipos de alojamientos, que suponen el 25 del 5% del CO₂ emitido por el sector del turismo [2].

Debido a esto, la OMT en colaboración con un equipo de Naciones Unidas y de agencias de turismo y energía de la UE ha desarrollado un proyecto denominado “Hotel Energy Solutions”, HES. Este proyecto aporta información, soporte técnico y formación para ayudar a pequeñas y medianas empresas del sector del turismo y la hostelería para incrementar su eficiencia energética y el uso de energías renovables. Se centra en las PYMES debido a que suelen ser menos proactivas respecto al medioambiente en comparación a las grandes cadenas hoteleras, por lo que esto supone una mejora en cuanto a la competitividad frente a las cadenas hoteleras.

Cabe destacar también el programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes que convoca el IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, que pretende impulsar también medidas a favor de la eficiencia energética. De hecho la base para la realización del análisis de eficiencia energética que se va a llevar a cabo será el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura elaborado por el IDAE en colaboración con CENSOLAR.

Si el sector turístico español apuesta por la implantación de planes de eficiencia energética, se podría ahorrar 210 millones de euros al año y se evitaría la emisión de 835.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

En el siguiente gráfico se observa que el consumo energético del parque hotelero español respecto del total nacional es relevante, por lo que apostar por medidas de eficiencia energética en este sector supondrá una mejora considerable para España.

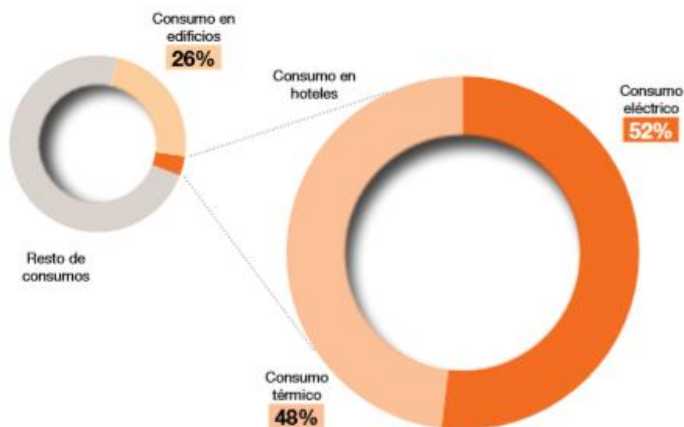


Ilustración 2: Gráfico del consumo energético del parque hotelero español respecto del total nacional. [3]

Con todo esto se evidencia que la eficiencia energética es un objetivo a alcanzar en cualquier actividad o servicio, y de forma especial en el sector hotelero que se va a estudiar.

El consumo de energía en alojamientos turísticos se destina, principalmente, a proporcionar agua caliente sanitaria (23,6%), a sistemas de refrigeración (18,7%) y a sistemas de calefacción (18,3%). El resto se destina a iluminación, cocinas, lavandería, ascensores, equipos de oficina, etc. [4]

Se observa que las instalaciones térmicas son las que consumen el mayor porcentaje de energía junto a la producción de ACS (agua caliente sanitaria). Debido a esto, la

mayoría de las medidas que se implantan en temas de eficiencia energética en el sector hotelero están destinadas a regular y controlar los consumos y a implementar nuevas formas de obtener energía eléctrica.

Esto se evidencia en el siguiente gráfico muestra el desglose de consumo energético en un hotel medio según su localización:

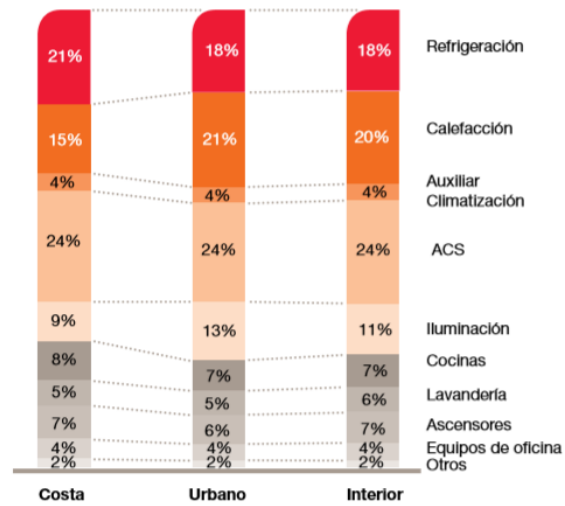


Ilustración 3: Desglose de consumo energético en un hotel medio según su localización. (Fuente: IDAE, HES Y PwC)

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto es realizar el **análisis de la eficiencia energética** actual en el hotel Eurostars Palace Córdoba y de las posibles nuevas medidas a implantar para ahorrar energía, así como la instalación de placas solares para **autoconsumo**.

Andalucía cuenta con un elevado potencial de energías renovables: sol, viento, biomasa, agua y geotermia. El aprovechamiento de estas fuentes de energía en industrias, edificios y transportes da lugar a elevados beneficios ambientales, sociales y económicos.

El Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética aprobado en el Decreto 169/2011 de la Junta de Andalucía pretende impulsar este tipo de energías.

Andalucía es pionera en el uso de energía eólica y termosolar para la producción de electricidad y destaca también especialmente por su amplia experiencia en biomasa, siendo la primera Comunidad Autónoma generadora de electricidad con esta tecnología. En la actualidad, se estima que el 40,4% de la energía eléctrica consumida por los andaluces es de origen renovable. Además, más de 2000 empresas usan las energías renovables para la producción de calor.[5]

Para alcanzar el objetivo del proyecto se realiza en primer lugar un análisis de las diferentes tecnologías aplicadas a la energía solar y las alternativas actuales existentes, donde se hace hincapié en la estructura del net metering. A través del estudio de viabilidad económica basado en los cálculos realizados respecto a la producción y las instalaciones desarrolladas, se demuestra el impacto de todo esto sobre el hotel elegido.

Otro de los objetivos del proyecto es conocer y aplicar los criterios establecidos por el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE y los demás reglamentos y especificaciones que derivan de la aplicación de dicho pliego.

Las medidas que se van a implantar tienen con fin conseguir:

- disminuir la dependencia energética de la red y consiguiendo además un beneficio económico para el hotel,
- una alternativa para potenciar el uso de energías renovables y
- ofertar unos servicios más competentes en el campo de la hostelería.

2.1. ENERGÍA SOLAR Y SITUACIÓN ACTUAL

La energía solar es una de las fuentes de energías renovables con más potencial. La energía aportada por el Sol a la Tierra en forma de luz y calor en una hora es suficiente para suplir las necesidades energéticas globales de un año.

Se estima que la radiación solar podría satisfacer las necesidades energéticas 4000 veces cada año ya que la superficie terrestre recibe 120000TW anuales, unas 20000 veces más

potencia de la que se necesita globalmente. Además con tan solo 18 días de radiación solar se conseguiría la misma cantidad de energía que la que se acumula en las reservas mundiales de carbón, petróleo y gas natural.[6]

En los últimos años ha tenido lugar un abaratamiento de la energía solar debido principalmente al desarrollo tecnológico y a la producción a escala de paneles solares, por lo que podría convertirse en los próximos años en la fuente de electricidad más barata en muchas regiones del mundo.

La energía solar puede ser captada con el fin de generar electricidad o para la producción de calor mediante distintos sistemas de paneles o espejos.

Los objetivos en cuanto al desarrollo de esta tecnología se basan en mejorar el rendimiento, minimizar el impacto medioambiental de algunos de los materiales que se utilizan y el empleo de nanotecnología.

La construcción de instalaciones colectores solares está presente cada vez más en los tejados de domicilios y edificios públicos como hoteles, hospitales y centros escolares pues incrementa la autonomía de los usuarios.

Junto a los beneficios que aporta debido a su disponibilidad y contra la contaminación, hay que destacar también la sencillez de esta tecnología y su fácil mantenimiento. Esto permite su uso en zonas más aisladas de la red o de difícil acceso, facilitando el autoabastecimiento de ciertas regiones. Además también destaca su facilidad para generar energía a gran escala e inyectarla posteriormente a la red.

Otra utilidad de esta tecnología es la conocida como energía solar pasiva, que no es más que una herramienta para el ahorro energético y la sostenibilidad ambiental. Se basa en la reducción del consumo de energía mediante el uso de tragaluces y acristalamientos varios, unido al empleo de buenos aislamientos, materiales de alto coeficiente térmico, orientación adecuada de los edificios y correcta regulación de la temperatura. Estas sencillas medidas pueden producir un ahorro energético de hasta el 60% y favorecen el confort térmico y la iluminación en el interior.

A finales del año 2018 unos investigadores de la Universidad Tecnológica de Chalmers, en Suecia, anunciaron el desarrollo de un combustible termosolar. Este combustible es capaz de almacenar la energía solar durante unos 18 años para poder ser utilizada posteriormente, tanto en horas con escasa luz solar como durante los meses de invierno. Además, la emisión de esta energía almacenada no produce CO₂ ni otros gases contaminantes. Según explican, este combustible es un líquido molecular compuesto de carbono, hidrogeno y nitrógeno, que funciona como una batería que se recarga con la luz del Sol, aunque también podría recargarse con otras fuentes de calor como el generado en distintos procesos industriales.

Por otro lado, en el desarrollo de la tecnología de las placas solares fotovoltaicas se estudian en la actualidad los denominados paneles orgánicos. Estos utilizan células de carbono y plástico, lo que hace que sus diseños sean más flexibles y su fabricación más económica. Sin embargo, su gran desventaja es la eficiencia que por el momento reduce su competitividad en el mercado.

La potencia instalada creció en el último año un 97% más que en 2017. De los 261,7 MW de potencia solar instalados, 26 se corresponden con plantas de paneles fotovoltaicos y el resto con instalaciones de autoconsumo energético. [7]

Esto se debe principalmente al abaratamiento de los costes y al interés de particulares y empresas en rebajar su factura energética. Las iniciativas que se están promoviendo desde Europa con la nueva normativa sobre energías renovables de la Comisión, suponen también un impulso importante. A finales de 2019, si se cumplen las previsiones, en España habrá instalados casi 4000MW de energía solar tal y como se adjudicó en las últimas subastas de renovables.

2.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se define la eficiencia energética como el análisis del sistema que permite la reducción de la cantidad de energía eléctrica y combustibles consumidos para el desarrollo de una actividad, conservando la calidad y el acceso a bienes y servicios. Esta reducción suele estar ligada a un desarrollo tecnológico y a una mejor gestión de la actividad, y debe ser promovida ya que es la forma más económica, segura y limpia de utilizar la energía.

Entre los beneficios que aporta cabe destacar la reducción de los costes de producción y operación de las empresas, aunque requiere una inversión inicial para adaptarse a las nuevas tecnologías. Además, disminuye la dependencia de fuentes energéticas externas, lo cual aumenta la seguridad del abastecimiento de la energía. Todo esto, se traduce en una mejora de la competitividad de la empresa y supone la generación de empleo y oportunidades tecnológicas. La reducción del daño ambiental mejora la imagen exterior del país, lo que se traduce en un aumento del turismo.

Actualmente está en vigor el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020, que exige la presentación de planes de eficiencia energética a los Estados miembros de la UE cada tres años desde el 2014. Estos planes tienen como objetivo alcanzar los requisitos de ahorro y eficiencia energética derivados de la Directiva 2012/27/UE. En ellos se realiza un análisis de los consumos e intensidad energéticas en España y en comparación con la Unión Europea, y se presentan los objetivos de eficiencia energética y el grado de avance en la consecución de estos.

Dentro del sector hotelero se pueden implantar una serie de medidas de eficiencia energética. La principal y más sencilla de ellas se basa en la necesidad de concienciar a la plantilla y a los clientes acerca de los hábitos diarios que suponen una mejora medioambiental (temperaturas razonables, apagado de luces, recambio de toallas y sábanas...). Por otro lado, se promueve la instalación de sistemas de supervisión, regulación y gestión energética para la iluminación, climatización y el ACS principalmente, así como el empleo de iluminación de bajo consumo y motores, electrodomésticos y sistemas de ventilación eficientes. La sustitución de combustibles y el uso de energía solar térmica para ACS, calefacción y climatización de piscinas, y de solar fotovoltaica es otro de los grandes objetivos que se plantean.

Otras energías renovables como la biomasa o la mini eólica también tendrían cabida en una instalación hotelera, aunque su implementación es más compleja y el retorno de la inversión se encuentra entre 7 y 12 años. El resto de estas medidas requieren también una inversión inicial pero la mayoría tienen un retorno de esta estimado entre 2 y 8 años.

Tiene también gran relevancia en este tema el programa PAREER II de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes promovido por el IDAE, que recoge como principales puntos de actuación:

- Mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica
- Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de iluminación
- Sustitución de energía convencional por energía solar térmica
- Sustitución de energía convencional por energía geotérmica

3. ALTERNATIVAS EXISTENTES Y NET METERING

Para satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad y como alternativa al uso de energías no renovables, que son aquellas cuyas reservas están limitadas y que emiten mayor cantidad de emisiones contaminantes al medio ambiente, se pueden utilizar las energías renovables, que son recursos limpios prácticamente inagotables.

Debido a que son de carácter autóctono ayudan a disminuir la dependencia energética con el exterior a la vez que favorecen el desarrollo de nuevas tecnologías y la creación de empleo.

A continuación se explican brevemente las principales alternativas, sin considerar la energía solar que se desarrollará en profundidad más adelante.

- **MINI EÓLICA:** se basa en el aprovechamiento de la energía cinética del viento que permite el funcionamiento de los aerogeneradores mini eólicos. Generan electricidad en corriente alterna gracias al giro del rotor que provoca el viento, por lo que precisan de un timón que permite guiar la orientación de este. Suelen ser de eje horizontal aunque en los últimos años y para favorecer su uso en ámbitos urbanos se están proponiendo soluciones con eje vertical, para reducir el espacio que ocupan.
- **MINI HIDRAÚLICA:** su uso queda limitado a aquellas zonas que disponen de recursos hídricos, los cuales son aprovechados para hacer girar una turbina conectado a un generador, aprovechando así la energía cinética del río. Su principal ventaja es que esta energía es continua y no está sujeta a variaciones estacionales ni durante el día.
- **GEOTERMIA:** energía que se almacena bajo la superficie terrestre, en rocas, suelos o aguas subterráneas, en forma de calor. Los recursos geotérmicos que son fácilmente aprovechables por el hombre se clasifican según su nivel térmico en recursos de alta temperatura (más de 150 °C), media temperatura (100-150 °C), baja temperatura (30-100°C) y muy baja temperatura (25-30 °C). Estos dos últimos destacan por su aplicación en sistemas de calefacción, refrigeración y ACS mediante bombas de calor. Esta tecnología también destaca por su continuidad de servicio que permite grandes ahorros en el coste energético. Además, su producción es 100% gestionable y suponen una alternativa muy competitiva frente a los combustibles fósiles.
- **BIOMASA:** conjunto de materia orgánica de origen animal o vegetal que permite obtener combustible gracias a los materiales que se derivan de su transformación natural o artificial. Los principales combustibles que se obtienen son leñas, astillas, pellets, huesos de aceituna y cáscaras de frutos, si bien los dos últimos son los menos empleados. Su principal aplicación es a través de calderas, estufas o chimeneas. Destaca principalmente el uso de calderas pues son las únicas que permiten dar al mismo tiempo calefacción y ACS. Además, gracias a los últimos avances tecnológicos los niveles de emisión de estas son significativamente bajos y su precio es bastante competitivo frente a los combustibles fósiles

Todas estas tecnologías han sufrido un importante avance tecnológico en los últimos años y una disminución de sus costes, lo que permite que actualmente se pueda producir

electricidad en condiciones menos favorables de radiación solar o viento. A continuación se muestra cómo ha evolucionado el porcentaje de energía renovables frente a no renovable a lo largo de los últimos años en España

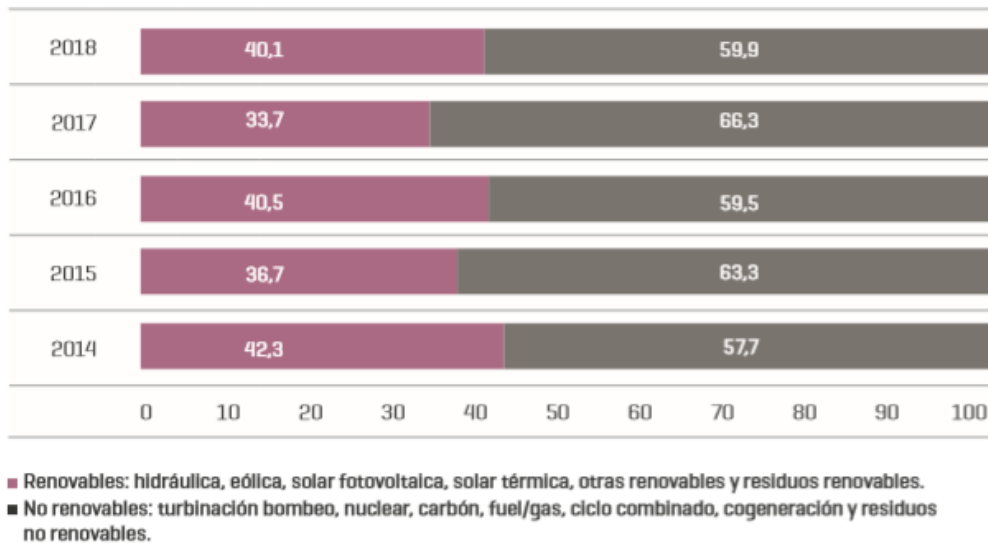


Ilustración 4: Evolución de la generación peninsular renovable y no renovable [8]

3.1. NET METERING

En el año 2017 la dependencia energética de España alcanzó un valor del 76,1%. Este valor se encuentra muy por encima de la media de la Unión Europea, que ronda el 53,4%. De esto se deduce que del total de la energía que se consume en España tan solo el 27,2% proviene de energía autóctona, lo cual limita en gran medida nuestro desarrollo económico. [9]

Por otro lado, la mayor parte de la energía primaria consumida en España en este mismo año era de origen fósil o provenientes de centrales nucleares, y solamente el 13,9% provenía de energías renovables. [9]

El uso de estas energías además de ser altamente contaminantes y agotables supone el incumplimiento de la normativa europea que exige para el año 2020 que el 20% el consumo final bruto de energía proceda de energías renovables.

Como se muestra en el siguiente gráfico, la evolución de las emisiones de CO₂ asociadas a la generación eléctrica peninsular (expresadas en Mill.tCO₂) ha experimentado variaciones no uniformes en los últimos años, si bien es cierto que en este último año ha alcanzado uno de los valores más bajos por lo que es esperable que esta tendencia continúe.

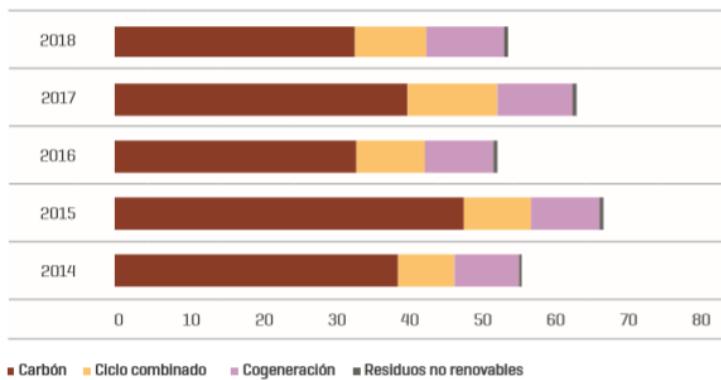


Ilustración 5: Evolución de las emisiones de CO₂ asociadas a la generación eléctrica peninsular [8]

Una alternativa que une la necesidad de promover el uso de energías renovables junto a la disminución de la dependencia del exterior y de la generación convencional es el autoconsumo energético, que consiste en emplear la energía generada por una instalación en el mismo punto de consumo, o muy cercano. Entre los múltiples beneficios que aporta el autoconsumo hay que destacar su contribución a reducir las necesidades de la red eléctrica y la dependencia energética. Además permite la reducción de emisiones contaminantes y supone una oportunidad de acceso a alternativas más baratas y medioambientalmente eficientes para los consumidores. El desarrollo de esta tecnología fomenta también la creación de nuevos puestos de empleo y un desarrollo importante para el país.

La Ley 54/1997, aprobada el 27 de noviembre de 1997, supuso el inicio de un proceso de liberalización del sector eléctrico mediante la apertura de las redes a terceros, haciendo posible el establecimiento de un mercado organizado de negociación de la energía en el que la intervención pública en la gestión de este mercado se reducía. Además la comercialización de energía eléctrica se desvinculó del resto de actividades relacionadas con el suministro, permitiendo la libre contratación y elección por parte de los consumidores. Sin embargo, con el tiempo se vio que esta ley era insuficiente para garantizar el correcto funcionamiento del sistema pues los diferentes cambios que tuvieron lugar en el sector eléctrico exigían un nuevo marco normativo. Algunos de estos cambios fueron la penetración de las tecnologías de generación eléctrica renovables, la complejidad de las ofertas, la aparición de nuevos agentes...

Se aprobaron diversos Reales Decretos que intentaron estabilizar el sistema y Leyes relacionadas con la sostenibilidad energética hasta que a finales de 2013 se aprobó la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico. En ella se establece por primera vez el marco legal y reglamentario específico para el autoconsumo, que no tenía regulación hasta la fecha, y que se basa en los principios de sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico. A partir de entonces, el autoconsumo experimenta un crecimiento notable como fuente alternativa de generación de electricidad al margen del sistema eléctrico. En esta Ley se define el autoconsumo como el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor. Además, recoge una distinción entre las distintas modalidades de autoconsumo.

- **Modalidades de suministro con autoconsumo:** consumidor con instalación de autoconsumo conectada en el interior de la red y destinada exclusivamente al consumo propio.
- **Modalidades de producción con autoconsumo:** consumidor asociado a una instalación de producción conectada en el interior de la red e inscrita en el registro administrativo como tal.
- **Modalidades de producción con autoconsumo de un consumidor conectado a una instalación de producción a través de una línea directa.**
- **Otras modalidades:** recoge casos no especificados anteriormente de consumidores asociados a instalaciones de generación.

El principal inconveniente que supuso la aplicación de esta ley fue que en ella se establecía la obligación por parte de los clientes con instalaciones de autoconsumo a contribuir a la financiación de los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida si la instalación de generación o consumo estaba conectada total o parcialmente a la red, en la misma medida que lo hacían el resto de los consumidores.

En el Real Decreto-ley 15/2018, del 5 de octubre, se aprobaron las medidas urgentes para la transición económica y la protección de los consumidores. Gracias a ellas se simplifican los trámites técnicos y burocráticos requeridos y se reconoce el derecho a autoconsumir energía eléctrica sin peajes ni cargos y al autoconsumo compartido entre varios consumidores. Se eliminan medidas como el conocido “impuesto al sol”, que obligaba a pagar a las instalaciones de placas solares que no están totalmente aisladas de la red por el derecho a utilizar la red.

El 7 de diciembre de 2018 además, se autorizó la tramitación mediante Real Decreto de las condiciones técnicas y administrativas que regulan el autoconsumo en España. Cuestiones como las condiciones para la conexión a la red, los mecanismos de compensación de los consumidores con autoconsumo con excedentes para instalaciones de hasta 100 kW y la organización de un registro administrativo. Esto supuso un paso hacia la promoción del desarrollo del autoconsumo eléctrico.

El 5 de abril de 2019 se aprobó el Real Decreto 244/2019 que regula las condiciones técnicas, administrativas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica para las modalidades de autoconsumo recogidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, y que pretende resolver el principal problema que planteaba esta Ley.

Tal y como se recoge en la versión preliminar publicada por el IDAE de la guía sobre autoconsumo, se establecen distintas modalidades para las instalaciones de autoconsumo. Solo podrá asociarse a una modalidad de las que se describen a continuación, y para acogerse a ellas basta con tener un contrato de suministro.

1. **Autoconsumo SIN excedentes:** tiene lugar principalmente en instalaciones aisladas en las que los dispositivos no permiten la inyección de energía no consumida a la red. El objetivo es que la energía sobrante se pueda almacenar en baterías para hacer frente a futuros picos de demanda y reducir la presión sobre la red de distribución.
2. **Autoconsumo CON excedentes:** tiene lugar en instalaciones conectadas, que suministran energía para el autoconsumo e inyectan la energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. Se incluyen en esta modalidad aquellas instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo (tanto en red

interior como las de redes de distribución o transporte). Dentro de este grupo se hace un diferenciación entre:

2.1. Autoconsumo CON excedentes ACOGIDA A COMPENSACIÓN: en aquellas instalaciones en las que el productor y el consumidor deciden acogerse al sistema de compensación de excedentes. Así, podrán comprar energía de la red en aquellos momentos en los que la procedente de la instalación no sea suficiente, e inyectar a la red cuando no se consuma el total de la energía generada. En cada facturación se compensará el coste de la energía comprada a la red con la energía excedentaria. Esta última se valorará al precio medio del mercado horario para consumidores PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor) o al precio acordado con la comercializadora al que se le sumaran posteriormente los peajes e impuestos que procedan. El resultado obtenido no será negativo en ningún caso.

Para poder acogerse a este tipo de modalidad será necesario cumplir las siguientes condiciones:

- Fuente de energía primaria de origen renovable
- Potencia total de la instalación de producción asociada menor o igual a 100kW.
- Consumidor suscrito a un único contrato de suministro tanto para los consumos asociados como para los auxiliares, con una empresa comercializadora.
- Contrato de compensación de excedentes suscrito por el consumidor y el productor asociado según lo recogido en el artículo 14 del Real Decreto.
- La instalación no deberá estar sujeta a la percepción del régimen retributivo regulado por el real Decreto 413/2014 sobre la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, cogeneración y residuos.

2.2. Autoconsumo CON excedentes NO ACOGIDA A COMPENSACION: aquellas instalaciones que no verifiquen alguno de los requisitos de pertenencia a la modalidad anterior o que decidan de manera voluntaria no acogerse a ella.

Analizadas las diferentes alternativas posibles y sus condicionantes, se ha decidido que **en este proyecto se desarrollará una instalación de autoconsumo sin excedentes.**

Dentro de cada modalidad de autoconsumo, este puede clasificarse según sea **individual**, un solo consumidor asociado, o **colectivo**, varios consumidores asociados a las instalaciones de producción próximas.

Se debe tener en cuenta que en **instalaciones próximas en red interior** se podrán dar todos los tipos de modalidades descritas anteriormente. Sin embargo en el caso de **instalaciones próximas a través de red** (que tienen conexión a red de baja tensión del mismo centro de transformación y verifican que la distancia entre los contadores de generación y consumo es inferior a 500 m), solo podrá existir la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación.

En cualquiera de las modalidades mencionadas se puede instalar elementos para el almacenamiento de energía.

Con la aprobación de la nueva legislación se reconoce el derecho de los ciudadanos y las empresas al autoconsumo. Se permite la obtención de energía para el consumo propio sin tener que pagar ninguna tasa o peaje, con la posibilidad de recibir una retribución económica gracias a los excedentes que se generen a través del denominado balance neto o net metering.

La principal ventaja del balance neto es que gracias a esta nueva forma de compensación la amortización de la instalación se produce de manera más rápida, ya que la energía que no se utiliza se “almacena para más tarde” en la red eléctrica. De esta forma cuando la energía producida por la instalación no sea suficiente el consumidor se abastecerá de la red. La energía excedentaria de la instalación solar se contabilizará y se compensará al consumidor económicamente descontando de la factura de la luz el importe equivalente a los vatios vertidos. Esta compensación tendrá lugar en el periodo de facturación, mensualmente, por lo que en principio no se podrá acumular la energía excedentaria a lo largo de los meses.

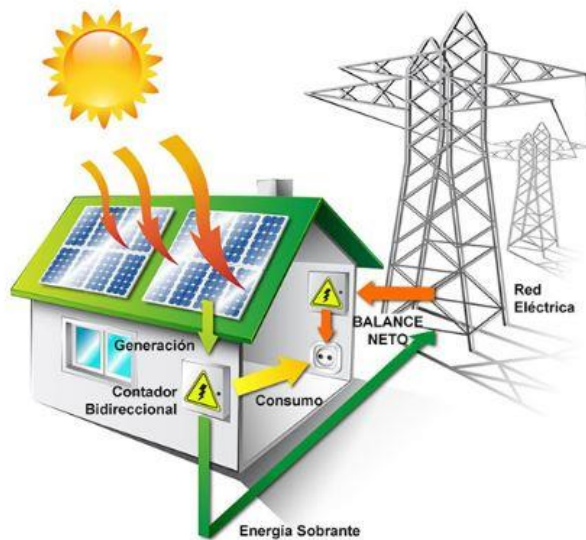


Ilustración 7: Esquema instalación con balance neto

Este método supone un mayor aprovechamiento de la energía generada por la instalación solar y conlleva una reducción de gastos importante. Cabe destacar que la compensación nunca será mayor que el coste total de la energía, por lo que el balance neto no supone una forma de ganar dinero sino de ahorrar una parte de lo consumido. Si bien es cierto que en algunos casos el término de la potencia contratada podría verse reducido, los costes fijos no se modifican. Esta forma de autoconsumo tampoco sustituye al almacenamiento ya que es muy difícil lograr el 100% del ahorro de energía sin el uso de baterías.

Las instalaciones de más de 100kW solo podrán acogerse a la modalidad de autoconsumo sin excedentes o al autoconsumo con excedentes pero sin compensación. En este último caso, los excedentes que se vierten a la red se podrán vender en el mercado eléctrico según lo establecido para los productores de electricidad.

En el caso de instalaciones de autoconsumo con excedentes que no se acojan a las modalidades de compensación, estarán obligadas a pagar los impuestos de generación y los peajes de acceso a la red por la energía excedentaria que vendan a la distribuidora.

Para acogerse a alguno de los tipos de autoconsumo descritos anteriormente, se dispone de un plazo de seis meses. Las Comunidades Autónomas deben automatizar los protocolos de gestión y comunicación a la compañía eléctrica en un plazo de tres meses, y las comercializadoras eléctricas disponen de hasta cuatro meses para realizar los cambios oportunos. En cuanto a los trámites de acceso y conexión a esta modalidad con balance neto solo son necesarios para instalaciones de más de 15 kW y que pertenezcan a la modalidad de autoconsumo con excedentes (instalaciones industriales). En estos casos, los trámites se resumen en:

- Remitir el proyecto de conexión a la distribuidora eléctrica
- Realización por parte de la distribuidora de un Informe de Condiciones Técnicas de Conexión,
- Adecuación, en caso necesario, del proyecto de conexión a las demandas de la distribuidora
- Formalización de un Contrato Técnico de Acceso donde se detallan las condiciones de acceso.

España es el país de la UE que mayor radiación solar recibe por lo que el empleo de estas tecnologías tiene una alta rentabilidad. Además, supone también una menor necesidad de desarrollo de la red de distribución, menor dependencia energética y menores emisiones de gases de efecto invernadero, puntos clave a reducir según la normativa europea para el 2020.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. EMPLAZAMIENTO

Para el desarrollo del proyecto se decide escoger la provincia de Córdoba para la ubicación de este, cuyos principales dato se muestran a continuación. [10]

Provincia:	Córdoba	
Latitud de cálculo:	37,88	
Latitud [º/min.]:	37,53	
Altitud [m]:	128,00	
Humedad relativa media [%]:	33,00	
Velocidad media del viento [Km/h]:	5,00	
Temperatura máxima en verano [ºC]:	38,00	
Temperatura mínima en invierno [ºC]:	-1,00	
Variación diurna:	17,00	
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	653,70	(Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	662,70	(Todo el año)

Tabla 1: Resumen de las condiciones ambientales en la provincia de Córdoba.[10]

Se tomará de referencia el hotel Eurostars Palace, categoría 5 estrellas, situado en Paseo de la Victoria, s/n, 14004 Córdoba, (37°52'52"N 4°47'9"O)



Ilustración 8: Hotel Eurostars Palace Córdoba

Con la información aportada por la página oficial del hotel que se va a estudiar, y los consumos relativos al estudio realizado por PWC, se tienen los siguientes datos de partida:

- Número de habitaciones: 162 distribuidas en seis plantas con una superficie total de 15800 m²
 - Simples (27 m²) :67
 - Dobles (27 m²):68
 - Familiares (27 m²): 7
 - Superiores (35 m²):13
 - Suites (53 m²):7
- Salas de reuniones: 8.
- Piscina exterior, gimnasio, bar y restaurante.
- Consumos:
 - Térmicos: 397.465 kWh
 - Eléctrico: 1.623.141 kWh
 - Agua: 15170 m³

Se empleará como herramienta de cálculo el programa f-chart para el análisis de este proyecto.

4.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

4.2.1. TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar es una opción muy utilizada a la hora de abastecer demandas térmicas en el sector industrial y también en el de la edificación. Supone el aprovechamiento de un recurso abundante, autóctono y gratuito de manera eficaz, al mismo tiempo que supone un gran ahorro debido a que está disponible en el propio lugar de consumo.

Es una de las principales manifestaciones de la eficiencia energética y su implantación en el sector de la edificación ha crecido enormemente en los últimos años gracias al gran desarrollo tecnológico, que asegura un alto rango de fiabilidad en las instalaciones solares. Su mantenimiento es mínimo y existen múltiples sistemas ligados a ella que permiten una gestión y control excelente.

Dentro de la energía solar se distingue entre energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.

La **energía solar térmica** se basa en el aprovechamiento de la energía procedente del Sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Esta energía se empleará para calentar un fluido, como el agua, a temperaturas no superiores a 80°C. Este agua caliente se utilizará posteriormente para la producción de agua caliente destinada al consumo doméstico ya sea ACS, calefacción o para producir energía mecánica y a partir de ella conseguir energía eléctrica.

La **energía solar fotovoltaica** es aquella que utiliza la radiación solar y la transforma en energía eléctrica a través de diversas tecnologías fotovoltaicas (placas fijas o seguimiento solar a uno o dos ejes). Todas ellas están basadas en el silicio y deberán conectarse a la red para que puedan destinarse a la producción de energía para su posterior venta o autoconsumo.

En este proyecto se suplirá parte de la demanda energética mediante la energía generada por captadores solares y células fotovoltaicas.

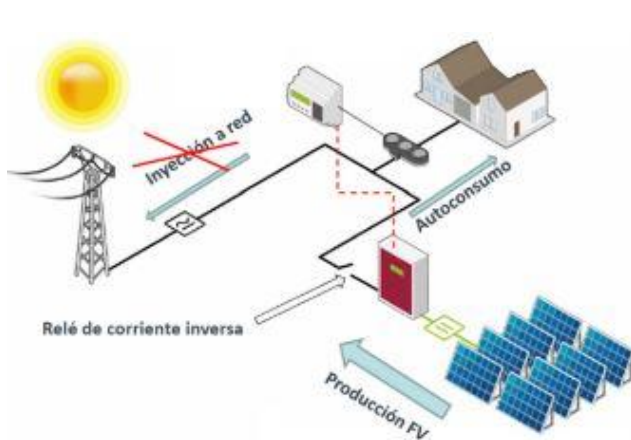


Ilustración 10: Esquema instalación solar fotovoltaica con autoconsumo sin inyección a la red



Ilustración 9: Esquema instalación solar térmica destinada a ACS, suelo radiante y climatización de piscina

4.3. COMPONENTES

4.3.1. COMPONENTES INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

El elemento principal de una instalación solar térmica son los colectores solares, encargados de aprovechar el calor del sol para producir agua caliente que puede ser utilizada para suplir la demanda de ACS, climatización de piscinas e incluso para climatizar ciertos espacios. También producen energía en condiciones de poca radiación solar. Existen varios tipos de colectores:

- **TERMOSIFÓNICOS**: son aquellos que integran en su estructura un depósito acumulador. La circulación del fluido tiene lugar de forma natural gracias a la diferencia de densidades a la que da lugar el calor en los líquidos.
- **PLANOS**: su funcionamiento se basa en aprovechar el efecto invernadero que se genera sobre la superficie cerrada de captación. Esta superficie suele estar recubierta de vidrio pues además de proteger la instalación permite el paso de los rayos solares y favorece la conservación del calor. Bajo este se colocan una serie de placas opacas y la placa metálica que se une a una serie de conductos encargados de transportar el fluido caloportador (generalmente agua o glicol).
- **TUBOS DE VACÍO**: tienen un coste mayor que los mencionados anteriormente pero, a determinadas temperaturas, son más eficaces y consiguen aprovechar al máximo ciertas instalaciones térmicas. La principal diferencia respecto a los planos se encuentra en los tubos que absorben la energía solar. En este caso, los tubos de vacío dejan pasar la radiación solar al mismo tiempo que evitan las

pérdidas de energía con una precisión mayor que otros sistemas de captación. Existen tres configuraciones posibles en este tipo de colectores:

- FLUJO DIRECTO: es el sistema más eficiente de captación solar y funcionan de manera idéntica a los colectores solares planos.
- FLUJO INDIRECTO O HEAT PIPE: este sistema pretende eliminar el problema de sobrecalentamiento que se da en climas calurosos. Para ello utiliza un fluido que al calentarse se evapora y asciende hasta un intercambiador ubicado en el extremo superior del tubo, donde se enfría, se condensa y transmite de nuevo el calor al fluido principal. Este sistema reduce el deterioro de los tubos y disminuye las pérdidas de calor que se producen durante la noche.
- FLUJO INDIRECTO SIN HEAT PIPE: en este caso el material utilizado es únicamente el cristal, lo que ayuda a disminuir los costes y el mantenimiento, y aumenta el rendimiento.

En este caso, se emplearán colectores de tubos de vacío.

Los colectores constan en general de los siguientes elementos:

- CUBIERTA: minimiza las pérdidas por convección y radiación, por lo que debe tener un valor de transmitancia solar lo más alto posible. Puede estar presente o no, y de estarlo suele ser transparente y de vidrio. También se emplean algunas de un plástico especial que es más barato y fácil de manejar. Este elemento mejora el rendimiento termodinámico del panel.
- CANAL DE AIRE: separación entre la cubierta y la placa absorbente. Se dimensiona su espesor de manera que se logre equilibrar las pérdidas por convección con las altas temperaturas que tendrían lugar de ser demasiado estrecho.
- PLACA ABSORBENTE: su función es la de absorber la energía solar y transmitirla al líquido que circula por las tuberías. Debido a esto deberá tener una gran absorción solar y una emisión térmica de bajo valor. Se suelen emplear materiales combinados para conseguir la mejor relación absorción/emisión.
- TUBOS O CONDUCTOS: por ellos circula el líquido que se va a calentar y lo conducen hacia el tanque de acumulación. Suelen colocarse soldados o muy próximos a la placa absorbente para que el intercambio de energía sea lo más grande posible.
- CAPA AISLANTE: su función es la de recubrir el sistema para minimizar y evitar en la medida de lo posible las pérdidas. Deberá ser de un material de baja conductividad para que la transferencia de calor al exterior sea mínima.
- ACUMULADOR: puede formar parte tanto del panel solar como del sistema térmico. Los depósitos de acumulación sirven para almacenar la energía, pues la

captación de energía solar no es uniforme ya que varía debido a las nubes, sombras, inclinación y orientación del colector, etc.

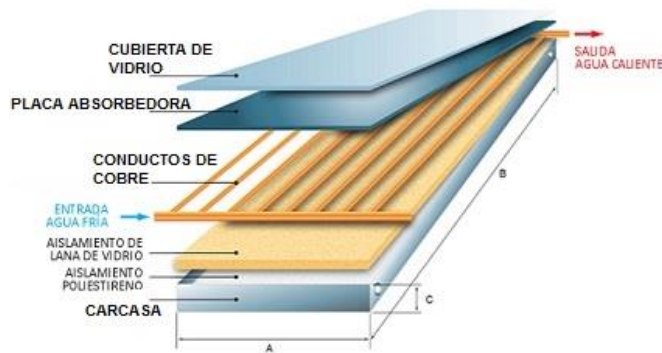


Ilustración 11: : Esquema componentes colector solar

La eficiencia del colector solar está determinada por la relación entre la radiación recibida y lo que absorbe finalmente. Por otro lado, el rendimiento del sistema de captación dependerá de las pérdidas debidas a los fenómenos de radiación, convección y conducción, y responde a la siguiente expresión:

$$\eta = \eta_0 - k_1 * \frac{T_m - T_a}{I}$$

Siendo:

η_0 : rendimiento óptico. También recibe el nombre de factor de eficiencia o de ganancia.

T_m : temperatura interior del colector/temperatura flujo

T_a : temperatura ambiente

I: radiación incidente total sobre el colector (W/m²)

k_1 = factor de corrección por pérdidas térmicas, $\left[\frac{kg \text{ acumulación}}{75 * S_c} \right]^{-0,25}$

Esta curva se simplifica en la siguiente expresión:

$$\eta = \eta_0 - k_1 * x$$

Siendo x: $\frac{T_m - T_a}{I}$

Otro aspecto importante es la conexión de las placas entre sí, para lo que existen tres configuraciones posibles:

- Conexión en serie: el flujo del circuito pasa por todos los colectores, haciendo que el incremento de temperatura sea bastante elevado aunque el caudal de circulación sea bajo.



Ilustración 12: Esquema colectores solares con conexión en serie

- Conexión en paralelo: el flujo circulante se divide por las ramas en paralelo. Así, al pasar el fluido de un captador a otro, se incrementa su temperatura a un valor similar en todos los paneles que formen cada batería. A la salida de los captadores el fluido se vuelve a juntar en una tubería de mayor diámetro, retornando al intercambiador para transferir su calor de nuevo.

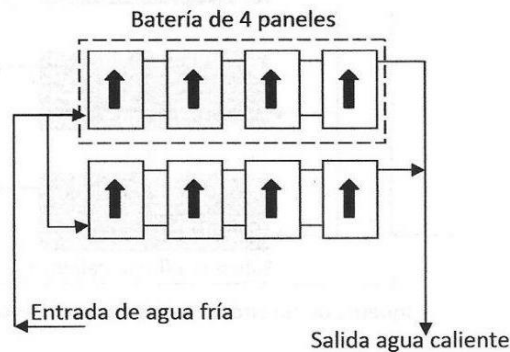


Ilustración 13: Esquema colectores solares con conexión en paralelo

- Conexión mixta, serie-paralelo: se emplea en instalaciones de gran tamaño. Este tipo de esquema permite mantener un equilibrio total (lo cual sería difícil si se aplicara solamente conexión en paralelo) y evita el problema del calentamiento excesivo al que daría lugar si se conectan únicamente en serie. El caudal total en este tipo de conexión se calcula como la suma de las ramas en paralelo.

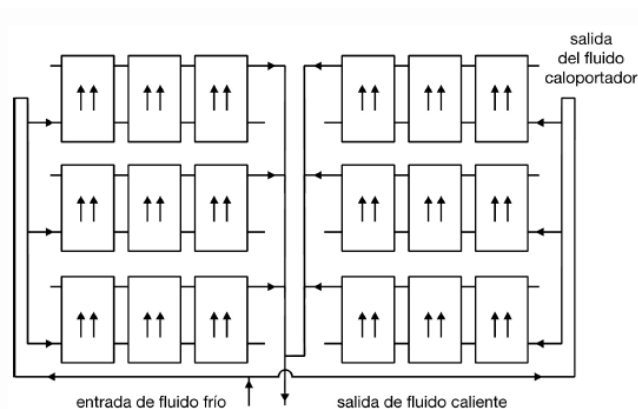


Ilustración 14: Esquema colectores solares con conexión mixta

La conexión mixta será la configuración elegida.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Es el sistema que transporta el fluido caliente de los captadores al punto de consumo. Existen distintos sistemas disponibles en el mercado, aunque todos tienen como principal objetivo impedir que la energía térmica obtenida en los captadores se pierda:

- Instalaciones de circuito abierto: transfieren el agua directamente del captador al depósito de acumulación. Cuando el captador es calentado por el sol, el agua aumenta de temperatura y sube al depósito de almacenamiento. Una cantidad equivalente de agua fría se dirige al captador.

Su principal ventaja es la facilidad de montaje, menores costes y mejores rendimientos que ofrece. Sin embargo, el hecho de utilizar agua como fluidos de trabajo hace que en caso de heladas se produzca la rotura de algún componente de la instalación o que la mala calidad del agua de lugar a incrustaciones.

- Instalaciones de circuito cerrado: formadas por dos circuitos. El circuito primario que es el que incluye al sistema captador y el secundario, que incluye el sistema de almacenamiento. En el primario, se hace circular un líquido por dentro del captador que transmite el calor al agua del tanque de almacenamiento a través del intercambiador de calor. Este sistema de doble circuito impide que el agua del depósito se mezcle con el líquido del captador, pudiendo incorporar anticongelante a nuestro sistema.
- Circulación forzada de aguas: precisan de energía eléctrica para mover una bomba de impulsión cuya función principal es transferir el fluido de trabajo rápidamente, impidiendo que se pierda parte de las calorías ganadas en el proceso de distribución. Esta bomba permite también interrumpir la transferencia de calor si el agua que se encuentra en el depósito está más caliente que el agua que circula por los captadores.
- Circulación natural o con termosifón: se emplean solamente en instalaciones pequeñas y emplean la circulación natural del agua caliente que por defecto tiende a ascender.

En este caso, se utilizará un circuito cerrado.

Otra variable que se debe tener en cuenta es el emplazamiento de las placas solares, pues existen varias posibilidades en cuanto a su colocación:

- SUELO: forma más utilizada cuando se trata de grupos de paneles. Entre sus ventajas destaca la facilidad de montaje, buena accesibilidad y situación opuesta al viento. Su principal inconveniente es la facilidad a sufrir desperfectos por causas naturales o de animales y personas.
- POSTE: se emplea en instalaciones de pequeña dimensión. Es típico en alimentación fotovoltaica en equipos de comunicación o farolas.
- PARED: si se dispone de buenos puntos de anclaje y una fácil accesibilidad es una solución muy acertada, pero se debe tener en cuenta que la instalación debe realizarse en una fachada con orientación sur.

- **TEJADO:** suele ser otra de las opciones más utilizadas pues supone un gran espacio. Los problemas que presenta están relacionados también con condiciones climáticas desfavorables, problemas de impermeabilizado de las sujeciones y la menor facilidad de orientación al sur.

En la guía técnica de Agua Caliente Sanitaria Central desarrollada por el IDAE, se analizan los componentes básico de las instalaciones para producción de ACS. Se pueden generalizar para el resto de las instalaciones solares térmicas y estos son:

- **INTERCAMBIADORES:** elementos encargados de separar el agua de las calderas del consumo, manteniendo las características sanitarias exigidas. En su interior se transfiere el calor de las calderas (primario) al secundario sin que exista mezcla entre ambos circuitos ya que el agua de calderas no es apta para el consumo humano.

Pueden ser tubulares (o de serpentín) o de placas. Los tubulares se suelen colocar en el interior de un depósito de acumulación y suelen estar fabricados con acero inoxidable para no modificar las características del agua. Los de placas, se fabrican también con este material o con titanio. La placa es la superficie de intercambio térmico y una vez el intercambiador se cierra, se crean los canales para la circulación primaria y secundaria. Un sistema de juntas es el encargado de conducir alternativamente por el circuito primario y secundario al fluido. El material de las juntas se elegirá en función de las condiciones de operación.

- **DEPÓSITOS:** pueden ser interacumuladores o acumuladores según incluyan o no al intercambiador en su interior. Estos últimos serán los empleados y requieren un intercambiador exterior y una bomba que permita la circulación del agua que se va a calentar entre el depósito y el intercambiador. Su función es almacenar la energía producida (agua) para poder gestionarla de manera eficiente. Permite ajustar la curva de la demanda a la vez que mejora el rendimiento. Se emplearán depósitos de forma cilíndrica pues permiten obtener mejores resultados.

Todos los depósitos deberán disponer de una serie de conexiones:

- Entrada de agua de consumo para dirigir el agua hacia la parte inferior, favoreciendo la estratificación del agua en el interior mediante la reducción de la zona de mezcla.
 - Salida del ACS hacia consumo, situada en la parte superior del depósito.
 - Purga de lodos en la parte inferior y toma de muestras para los análisis de legionela.
 - Registro para limpieza; para capacidades inferiores a 750 l se admiten tamaños de registro que permitan la limpieza interior manual; para capacidades superiores el tamaño mínimo del registro será DN 400, también denominado “Boca de Hombre” (permiten el acceso de una persona a su interior).
 - Tomas para la conexión de los sistemas de producción mediante intercambiadores exteriores de placas o con serpentines interiores.
 - Son necesarias también otras conexiones para sondas de regulación, termómetros, válvula de seguridad, recirculación de ACS, etc.
- **BOMBAS DE CIRCULACIÓN:** se emplean en el circuito primario, para transferir calor desde el circuito de calderas al agua de consumo, y en el

secundario cuando la acumulación se realiza con intercambiadores externos. También se emplean bombas de recirculación que retornan el agua de los puntos más alejados de consumo hasta la zona de producción para conseguir que el ACS salga de manera casi inmediata de los grifos.

Para el diseño de instalaciones destinadas a la recirculación de agua caliente en sistemas de agua caliente sanitaria se emplean las bombas circuladoras, que son bombas centrífugas simples y silenciosas.

- **VÁLVULAS DE REGULACIÓN:** regulan la temperatura del ACS y pueden ser motorizadas o termostáticas. Suelen fabricarse con acero inoxidable, bronce o aleaciones especiales recomendadas para el trabajo con agua de consumo.
- **TUBERÍAS:** estos sistemas necesitan también uniones y accesorios junto a las tuberías. Se deberá tener en cuenta también el uso de otros elementos como soportes, aisladores, dilatadores, etc. Para su selección se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - Compatibilidad con el fluido: el material de fabricación debe ser compatible con el fluido a transportar, sin que afecte a su composición ni provoque reacciones en el mismo.
 - Presión de trabajo: deben ser capaces de soportar la presión de trabajo de la instalación.
 - Temperatura de trabajo: deben mantenerse estables con las temperaturas de trabajo de las instalaciones.
 - Accesorios y uniones: cumplirán las mismas características que las propias tuberías y en ocasiones las condiciones de trabajo estarán limitadas por las uniones o accesorios y no por las tuberías.

CONTADORES: se emplean para controlar el consumo general en la entrada general del agua fría.

AISLAMIENTO

En este tipo de elementos es muy importante el aislamiento y se deben seguir una serie de especificaciones que se detallan a continuación. [11]

- Las tuberías al contener fluidos con temperatura mayor de 40°C deben disponer de un aislamiento térmico.
- Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm.
- Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.
- Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

Interior de edificios			
	Temperatura máxima del fluido (°C)		
Diámetro exterior (mm)	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
Exterior de edificios			
	Temperatura máxima del fluido (°C)		
Diámetro exterior (mm)	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
$140 < D$	45	50	60

Tabla 2: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior y exterior de edificios [11]

Existen dos tipos de instalaciones de producción de ACS, las de producción instantánea o las de acumulación:

- **Producción instantánea:** el diseño de los intercambiadores se realiza en función del momento de máxima demanda de la instalación. Requieren bombas de circuito primario para conducir el agua de los colectores a los intercambiadores.
- **Producción con acumulación:** estos sistemas mantienen el ACS en depósitos hasta el momento de uso. Se consigue una reducción de la potencia necesaria pues en los momentos de máxima demanda se emplea esta agua acumulada.

En este caso, se emplearán los de producción con acumulación.

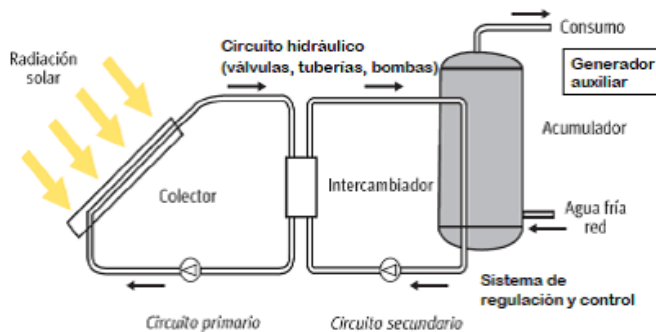


Ilustración 15: Esquema instalación solar térmica

4.3.2. COMPONENTES INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Una instalación solar fotovoltaica típica consta de los siguientes elementos: módulo fotovoltaico, regulador de carga, batería e inversor.

MÓDULO FOTOVOLTAICO

Los paneles solares fotovoltaicos o módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas denominadas células fotovoltaicas, que realizan la función de generación en la instalación. Estas células están formadas por metales sensibles a la luz y convierten la energía luminosa en eléctrica mediante los electrones que se desprenden cuando los fotones inciden sobre ellos. Además, permiten la generación de energía incluso en días nublados pues admiten tanto radiación directa como difusa. Se conectan entre sí eléctricamente para obtener el voltaje correcto, formando paneles o módulos fotovoltaicos. Después se encapsulan y montan sobre una estructura de soporte denominada marco.

Se resumen a continuación las Condiciones Estándar de Medida, que son las condiciones de irradiancia y temperatura que se utilizan de manera universal para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: 25 °C

Para proteger a las celdas solares de agentes externos se emplean una serie de elementos que envuelven a las celdas y las dotan además de la rigidez necesaria para acoplarse a las estructuras de soporte:

- **ENCAPSULADO**: material que permite una buena transmisión de la radiación sin que se degrade por efecto de los rayos solares. Protege al módulo tanto de la intemperie como de posibles vibraciones.
- **CUBIERTA EXTERIOR DE VIDRIO TEMPLADO**: su función es facilitar la transmisión de la luz al mismo tiempo que aporta resistencia frente a condiciones climáticas adversas y cambios bruscos de temperatura.
- **CUBIERTA POSTERIOR**: formada por varias capas opacas que reflejan la luz que pasa entre los intersticios de las celdas, haciendo que vuelvan a reflejarse en ellas.
- **MARCO**: permite el montaje del panel sobre el soporte. Generalmente se fabrican en aluminio para asegurar rigidez y estanqueidad.
- **CABLES DE CONEXIÓN**: se localizan en la caja de terminales.

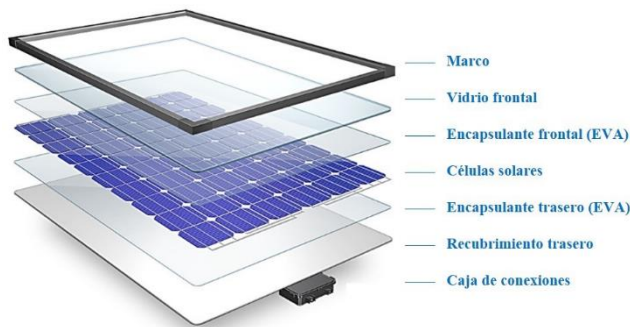


Ilustración 16: Esquema componentes módulo fotovoltaico

Atendiendo al tipo de conexión eléctrica se obtiene:

- Conexión en serie: permite aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- Conexión en paralelo: permite aumentar la intensidad total del conjunto equivalente.

En la elección del material de fabricación influyen otros factores, entre los que destaca:

- Coefficiente de absorción: indica la capacidad de la célula para absorber la radiación solar incidente, y en consecuencia su eficiencia y rendimiento.
- Ordenación de la estructura cristalina del material: la estructura del material viene determinada por la ordenación de los átomos, ya que los electrones en movimiento son los que generan la corriente eléctrica.

Existen distintos tipos de células fotovoltaicas en función de la disposición de los átomos de silicio:

- **Policristalinas**: formadas por partículas pequeñas cristalizadas. Se ven afectadas en menor medida por sobrecalentamiento ya que absorben el calor a gran velocidad, por lo que se recomienda su instalación en climas cálidos. Estas células tienen forma cuadrada y se caracterizan por ser de color azul, lo cual favorece su capacidad de absorción. Presentan un rendimiento entre el 11 y el 15%
- **Monocristalinas**: compuestas de secciones de un único cristal de silicio. Absorben mejor la radiación y soportan menos el sobrecalentamiento, por lo que se recomienda su instalación en climas fríos con tendencias a tormentas o nieblas. Estas células son las de mayor rendimiento, en torno al 13-17%, aunque su producción es la más compleja pues requiere mayor cantidad de tiempo y consumo de energía, y en consecuencia un mayor coste.
- **Amorfas**: también conocidas como thin film, están compuestas de silicio no cristalizado. Su diseño es sencillo y son fáciles de fabricar pues constan de una

lámina de silicio sobre otra lámina de vidrio, metal o plástico. Sin embargo su rendimiento es mucho menor, 6-8%.

Los paneles de silicio monocristalino serían los más adecuados atendiendo a su coste y eficacia, pues presentan un mayor rendimiento y necesitan menos espacio. Las células amorfas a pesar de ser más económicas tienen menor eficiencia, por lo que se necesitaría cubrir más espacio para satisfacer una demanda, lo que finalmente supondría un mayor coste.

La evolución tecnológica permite hoy en día la fabricación de paneles menos pesados y el uso de materiales reciclados de otros paneles ya usados en la composición de las células fotovoltaicas. Aun así, el silicio es el principal material empleado en la fabricación de las células fotovoltaicas. Se pueden utilizar también materiales como el sulfuro (en combinación con cobre o cadmio) o el arsenio (en combinación con el galio). El sulfuro se emplea en la producción de células de película delgada por lo que su rendimiento es similar al de las células de tipo amorfo. El arsenio en cambio permite obtener mejores rendimientos pues es un material estable aunque las células sean de pequeño espesor. Sin embargo, es difícil disponer de este material por lo que su coste es elevado.

Para aumentar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos se emplean en muchos casos los seguidores solares, que permiten la orientación de los paneles según la posición del Sol. En zonas de elevada radiación se estima que estos pueden aumentar la producción solar en torno al 30 %.

Según el tipo de eje se clasifican en:

1. Seguidores solares en dos ejes: mantienen la superficie del panel perpendicular al Sol en todo momento.
2. Seguidores solares en un eje polar: la superficie del panel gira sobre un eje de manera que la normal a la superficie coincida con el meridiano terrestre que contiene al Sol. El eje se orienta al sur e inclina un ángulo igual a la latitud.
3. Seguidores solares en un eje azimutal: la superficie gira en este caso sobre un eje que mantiene la normal a la superficie coincidente en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. El eje se coloca vertical y el ángulo se mantiene constante e igual a la latitud.
4. Seguidores solares en un eje horizontal: la superficie del panel gira sobre un eje de manera que la normal a la superficie coincida con el meridiano terrestre que contiene al Sol. El eje se coloca horizontal y orientado en dirección norte-sur.

Existe un proyecto en la Universidad de Cambridge basado en el desarrollo de un sistema biofotovoltaico, si bien aún no consigue generar la electricidad suficiente para una red eléctrica. Este sistema consta de un diseño de doble cámara e incorpora el uso de algas modificadas genéticamente. El sistema de doble cámara separa los procesos de

generación de electrones y su posterior conversión en energía, consiguiendo una mejora en el rendimiento al disminuir las pérdidas eléctricas. El uso de las algas pretende aprovechar sus propiedades fotosintéticas a la hora de convertir la luz en corriente eléctrica.

Hay que destacar el hecho de que los paneles fotovoltaicos ven reducido su rendimiento, capacidad de captación, según aumenta la temperatura. Una buena alternativa son los paneles híbridos o combinados, que incorporan en un mismo panel la parte solar fotovoltaica y la térmica. Su principal ventaja es que pueden producir más electricidad en el mismo espacio (ocupan la mitad de espacio que un térmico y un fotovoltaico por separado) ya que la parte térmica permite la refrigeración de las células fotovoltaicas.

Los paneles híbridos permiten obtener electricidad solar y agua caliente al tiempo que se mejora el rendimiento del panel solar fotovoltaico. La obtención de electricidad solar se realiza de igual manera que en un panel solar convencional. De manera que solamente una pequeña proporción de la radiación solar que incide sobre el panel se transforma en electricidad. El resto se transforma en calor, y en este caso se aprovecha para calentar agua a través de un circuito hidráulico. Esta agua se almacena en un depósito termoaislado. Gracias a este circuito hidráulico, el panel solar permanece refrigerado por lo que su temperatura alcanza valores no tan elevados en comparación con los paneles fotovoltaicos sencillos. El rendimiento del panel se mejora en torno a un 15%. Otra ventaja del uso de este sistema es el abaratamiento de los costes, pues el sistema de soporte y anclaje es el mismo para ambos. Además, su vida útil también se prolonga. En la actualidad esta tecnología no está tan desarrollada como las anteriormente mencionadas, por lo que sus precios y procesos de fabricación no son tan competitivos.

PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA CÉLULA SOLAR

- **Potencia máxima, P_{MPP}** : valor pico que corresponde a la máxima potencia que puede entregar el panel en un instante determinado. El funcionamiento correcto en la instalación tendrá lugar cuando este valor sea superior al del consumo máximo para el que se ha diseñado el sistema fotovoltaico.
- **Tensión de circuito abierto, V_{OC}** : tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar cuando no está conectada a ninguna carga.
- **Tensión en el punto de máxima potencia, V_{PMP}** : valor de la tensión que proporcionará el panel cuando se trabaja a la potencia máxima
- **Corriente de cortocircuito, I_{CC}** : valor de la corriente que puede circular por la célula solar cuando los terminales están cortocircuitados.
- **Intensidad en el punto de máxima potencia, I_{PMP}** : valor de la corriente proporcionada por el panel cuando se encuentra en el punto de máxima potencia.
- **TONC**: Temperatura nominal de operación de la célula solar. Se define como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una

irradiancia de 800 W/m² con distribución espectral AM 1,5 G, temperatura ambiente de 20 °C y velocidad del viento, 1 m/s.

REGULADOR

Las instalaciones solares se dimensionan según las peores condiciones de luminosidad del sol, por lo que se toman como referencia los valores de irradiación en invierno. Debido a esto si no se instala ningún elemento de control podría ocurrir que en verano la energía aportada por los módulos solares sea incluso el doble que la estimada, lo que conlleva diversos riesgos. Por tanto, el sistema de regulación de carga es necesario para el correcto funcionamiento de las instalaciones autónomas y se instala entre los paneles solares y las baterías. Su función es evitar situaciones de carga y descarga de la batería, lo que se consigue garantizando una carga suficiente al acumulador en todo momento y un suministro diario suficiente para evitar situaciones de descarga excesiva. Se consigue con esto alargar la vida útil de la batería.

Generalmente el control del estado de la batería se realiza midiendo la tensión; de manera que el regulador sabe cuál es el límite de tensión y corriente. Así cuando la batería esté en proceso de sobrecarga, el regulador desconectará el generador fotovoltaico y en caso contrario, cuando este en sobredescarga, desconectará los consumos. Cada tipo de regulador tiene unos valores de tensión que se calculan empíricamente y a partir de los cuales se ajustan los valores de carga adecuados. Los valores de tensión principales que definen a un regulador son:

- ▶ Tensión de corte por sobrecarga: máximo valor que se alcanza. A partir de esta tensión, la batería desconecta el generador o limita la corriente que esta suministra.
- ▶ Tensión de rearme de carga: valor al que se reconecta el generador para cargar la batería de nuevo.
- ▶ Tensión de corte por sobrecarga: mínima tensión antes de desconectar el consumo.
- ▶ Tensión de rearme de descarga: valor a partir del cual se reconecta el consumo.

Existen dos tipos de reguladores según el rendimiento que se consigue obtener de ellos:

- **Reguladores PWM**: cargan la batería mediante un algoritmo que se programa internamente. Trabajan limitando la corriente de entrada a la batería en función de los estados de carga de esta, consiguiendo que los valores de tensión y corriente a ambos lados del regulador sean iguales. Así, los paneles solares trabajan a la misma tensión que las baterías independientemente de la tensión que generen los paneles.

Su principal ventaja es que permite el llenado completo de la batería de forma óptima y estable pues la carga se introduce de manera gradual mediante pulsos de tensión. Sin embargo, se producen pérdidas de potencia en aquellas situaciones en que el voltaje sea mayor.

- **Reguladores MPPT:** tienen un precio mayor pues aprovechan en todo momento la potencia máxima disponible ya que pueden trabajar a distintas tensiones en el campo fotovoltaico y en las baterías, por lo que adaptará la tensión de funcionamiento a la que proporcione mayor potencia.

Se debe tener en cuenta también que el regulador deberá proteger también a las personas, por lo que se incluirán sistemas que proporcionen medidas de seguridad adecuadas.

Al regulador se pueden conectar consumos dentro de la instalación que funcionen en corriente continua. En pequeñas instalaciones puede ocurrir incluso que todos los equipos se conecten de esta forma.

BATERÍAS

La energía solar no incide sobre los paneles de manera uniforme. Existen factores predecibles que provocan estas variaciones como la duración de la noche o las distintas estaciones del año, y otros que no lo son como un aumento de la nubosidad en un instante determinado. Con este motivo surge la necesidad de incorporar un equipo de almacenamiento de energía para compensar los momentos en los que la radiación recibida no sea la suficiente, como pueden ser las baterías o acumuladores.

Las baterías transforman la energía química en eléctrica, por lo que su principal función será la de transformar la energía eléctrica generada en energía química para su almacenamiento, que puede prolongarse durante varios días, y posteriormente en energía eléctrica de nuevo para su consumo. Otras de sus funciones son proporcionar una potencia instantánea elevada y fijar la tensión de trabajo de la instalación.

La capacidad será por tanto uno de los principales parámetros a tener en cuenta en la elección del equipo correcto. Partiendo de un estado de carga total de la batería, la capacidad será la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa de la batería. Su unidad de medida son amperios hora, Ah, y se calcula como el producto de la intensidad de descarga durante el tiempo de actuación.

La eficiencia de carga también será otro parámetro a considerar, pues establece una relación entre la energía utilizada en la recarga de la batería y la almacenada. Lo ideal sería que toda la energía que se emplea en la recarga pudiera ser empleada en la instalación, es decir, un valor cercano al 100%. Con el aumento del número de paneles empleados se puede aumentar el valor de este parámetro.

Relacionado con la vida útil de la batería, el parámetro de la profundidad de descarga cuantifica, en tanto por cien, la duración de los ciclos de descarga de manera que si estos son cortos (sobre el 20%) la duración de la batería será mayor que si se le somete a descargar profundas.

Entre las principales características que se deben tener en cuenta a la hora de elegir una buena batería destacan:

- Buena resistencia durante el proceso de carga-descarga.
- Bajo mantenimiento
- Buen funcionamiento con pequeñas corrientes y amplia reserva de electrolito.

Los principales tipos de baterías presenten en el mercado para instalaciones fotovoltaicas son:

► **MONOBLOCK:**

Suponen la solución más económica si se trata de una instalación con una vida útil estimada entre 4-5 años. Están especialmente diseñadas para pequeñas instalaciones de bajo consumo y tienen un alto rendimiento. Su principal desventaja es que no soportan picos de arranque altos por lo que no se recomienda su uso en instalaciones complejas con motores, bombas...pues se reduciría drásticamente su vida útil y, en consecuencia, su rentabilidad.

► **OPZS, TOPZS Y OPZV:**

Estas baterías se componen de vasos independientes de 2 V cada uno que se unen mediante puentes flexibles dando lugar a sistemas de 12,24 o 48 V. Permiten alcanzar amperajes próximos a los 4500Ah.

- **OPZS:** son especialmente recomendadas en instalaciones aisladas de mediano o gran tamaño. Son baterías abiertas que tienen una vida útil en torno a los 15 años. Requieren un mantenimiento cada 6 meses para rellenar los vasos y comprobar que la densidad esté en los niveles correctos.
- **TOPZS:** presentan las mismas características que las OPZS con la diferencia que estas están diseñadas con un material translúcido, lo que abarata el coste.
- **OPZV:** su principal ventaja respecto a las anteriores es que no precisan mantenimiento porque están selladas, por lo que suelen utilizarse en instalaciones de difícil acceso. También se recomienda su uso en instalaciones sometidas a descargas de energía constantes pues evitan los ciclos de carga profundos o con picos de consumo muy elevados. Su vida útil puede superar fácilmente los 15 años.

► **AGM Y GEL:**

Son baterías diseñadas para su uso con aparatos eléctricos, pues resisten los picos de arranque, o en instalaciones con los ciclos de descarga de energía constantes. Su diseño es en formato monoblock pero no requieren de mantenimiento periódico. Tienen una vida útil entre 5 a 8 años.

INVERSORES

Sistema encargado de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna de valor la de la red eléctrica: 220 V, 50 Hz.

En instalaciones autónomas la finalidad es que se puedan conectar a la red eléctrica los electrodomésticos utilizados de manera habitual en las viviendas. Las variaciones que pueda sufrir la corriente no tienen gran relevancia, mientras que en el caso de las instalaciones conectadas a red sí la tiene. En estos casos, la corriente alterna debe ser de las mismas características exactamente en cuanto a forma (senoidal) valor eficaz(230V) y frecuencia (50 Hz). Con el fin de evitar perturbaciones sobre la red eléctrica de distribución las variaciones deberán ser prácticamente inexistentes en este caso.

Además, en el caso de las instalaciones autónomas es necesario añadir acumuladores de carga para almacenar la energía así como reguladores de carga. En las instalaciones conectadas a la red la energía se encuentra a disposición del consumidor según se produce.

Las principales características que debe cumplir por tanto un inversor serán:

- Una alta eficiencia que permita su funcionamiento en un rango de potencias amplio.
- Consumo en vacío, cuando no haya cargas conectadas, muy bajo.
- Resistencia a los picos de arranque, lo cual se traduce en una alta fiabilidad.
- Seguridad y protección contra cortocircuitos.
- Correcta regulación de la tensión y la frecuencia para garantizar la compatibilidad con la red eléctrica.

Entre la información que aporta el fabricante sobre el equipo inversor, tiene especial relevancia el tipo de onda que dan a la salida (que debe ser preferentemente de tipo senoidal) y el valor de la posible variación de frecuencia a la salida. Este último parámetro es de especial importancia en las instalaciones conectadas a la red pues existe una normativa que fija la variación máxima permitida, tal y como se recoge en el pliego de condiciones técnicas para instalaciones conectadas a la red del IDAE.

En cuanto a la potencia que son capaces de suministrar a la red eléctrica, existen en el mercado desde inversores de potencia reducida (50 W para equipos domésticos y hasta 400 W para pequeñas plantas fotovoltaicas) hasta inversores de gran potencia (varios kilovatios) pensados para conectar en paralelo y aumentar la potencia de una gran instalación.

Los inversores cuya potencia es inferior a 5 kW suelen ser monofásicos mientras que aquellos cuya potencia supera los 15 kW suelen ser trifásicos. Sin embargo, muchos modelos monofásicos permiten su acoplamiento para producir corriente trifásica.

En los sistemas fotovoltaicos la cantidad de kW instalados se ve reflejada en la potencia pico, mientras que la potencia nominal hace referencia a la de inversor. Por tanto, esta potencia nominal marcará el límite de lo que se puede producir que no será superior a lo que el inversor pueda convertir. En la realidad, para tratar de cubrir la capacidad total del inversor, se instalan con una potencia pico superior a la nominal para garantizar esta capacidad total en cualquier momento que lo requiera.

La mayoría de los modelos presentes en el mercado actual cuentan con un rendimiento cercano al 90 %.

Como todo elemento el inversor consta de una serie de protecciones de carácter general, entre las que destacan:

- Interruptor automático: sobre él actuarán los relés que controlan la fase de la red de distribución sobre la que actúa el inversor. También será automático el rearme del sistema de conmutación y la conexión a la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica.
- Funcionamiento en isla, que evite el funcionamiento del dispositivo cuando no exista suministro eléctrico o la tensión este por debajo del umbral determinado.
- Limitador de la tensión y frecuencia máxima y mínima.
- Protección contra contactos directos, sobrecarga, cortocircuitos
- Bajos niveles de emisión e inmunidad de armónicos.

Una característica muy interesante sería también la posibilidad de monitorización desde un ordenador, pues podría aportar información sobre radiación, generación solar, eficiencia, etc. si hubiera sensores instalados con este fin.

CONTADORES

A partir de 2018 el parque de contadores para la medida de los consumos eléctricos se sustituyó por contadores electrónicos integrados en un sistema de telegestión y telemando gestionado por la empresas distribuidoras de electricidad. Estos contadores permiten discriminar el consumo de electricidad por franjas horarias, pudiendo cada consumidor desplazar el uso de cargas a horas en las que la energía es más barata y promoviendo un consumo eficiente.

Para el cliente también presenta grandes ventajas como la posibilidad de conocer constantemente información actualizada sobre sus consumos, pautas de ahorro personalizadas, simulaciones de cambio de tarifa, alarmas ante consumos excesivos...En definitiva, herramientas para conseguir un ahorro energético.

En este caso, al tratarse de una instalación conectada a la red el esquema que se seguirá es el siguiente:

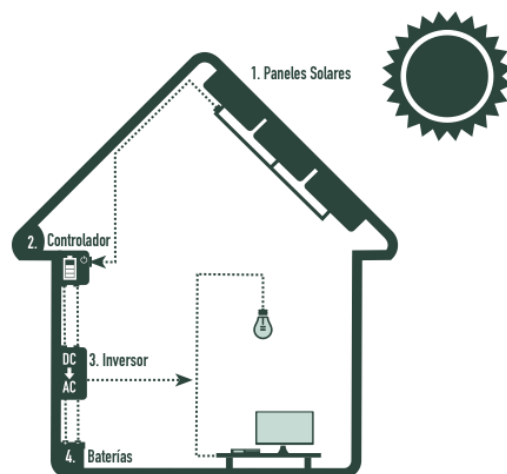


Ilustración 17 Esquema instalación solar fotovoltaica

4.3.3. CONEXIÓN CON LA RED

Este proyecto se basa en el diseño de una instalación generadora, pues está destinada a transformar cualquier tipo de energía no eléctrica en energía eléctrica (como se recoge en la ITC-BT 40). Como la energía eléctrica que se pretende conseguir está destinada en su totalidad a satisfacer necesidades propias de la empresa, la instalación será autogeneradora. Finalmente y atendiendo a su funcionamiento respecto a la Red de Distribución Pública, será interconectada pues trabaja en paralelo a la Red.

Como la suma de las potencias nominales de los generadores no excede los 100 kVA, la instalación se conectará a las redes de baja de 3 x 400/230V. La conexión a la red se hará conectándose directamente o a través de uno o varios convertidores electrónicos monofásicos o trifásicos. El punto de conexión se realizará en el cuadro general existente de la instalación.

Los conductores serán de cobre o aluminio, de una sección adecuada según se justificará en los cálculos, de manera que se garantice que la caída de tensión no supere el 1% en la parte de CC ni de CA.

Los cables se guiarán mediante tubo de PVC dedicado en exclusividad a este fin. El cableado de continua será de doble aislamiento (de acuerdo con UNE 21123), adecuado para su uso en intemperie y al aire.

Se empleará un aislamiento XLPE (polietileno reticulado), 0,6/1 kV.

COMPONENTES Y MATERIALES

El grado de aislamiento será de clase I tanto para los módulos e inversores, como para los conductores, cajas y armarios de conexión. El cableado de continua será de doble aislamiento.

La calidad del suministro eléctrico queda garantizada en todo momento gracias a la calidad y fiabilidad de los equipos elegidos. El funcionamiento de la instalación no provocará averías en la red, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa aplicable. Tampoco se dará origen a condiciones peligrosas de trabajo debido a las medidas de seguridad adoptadas como los relés de protección instalados, las tomas de tierra, etc. que se detallan más adelante. La calidad de los materiales elegidos para trabajar en intemperie está garantizada contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN

De acuerdo con las características de la instalación y según el punto 7 de la ITC-BT-40, se dispondrán un conjunto de protecciones. A la salida del inversor, se conectará un interruptor diferencial, que se desconectará cuando el sistema filtre una corriente significativa a la tierra y seguido a este, un interruptor magnetotérmico para protección de la instalación fotovoltaica de sobrecargas y cortocircuitos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN DE CONEXIÓN DE GENERACIÓN EN BT

▪ Caja de protección y medida

Serán de aplicación:

- Especificación particular de Instalaciones de Enlace correspondiente.
- Para su ejecución, lo establecido en la ITC-BT-13 (R.D. 842/2002).

Cuando se trate de edificios que dispongan de un Centro de Transformación en su interior, deberá instalarse una CGP con fusibles independientes a los del cuadro de BT.

Cabe la posibilidad de simplificar la instalación mediante la colocación de un solo elemento, la caja general de protección y medida, según se establece en la ITC-BT-13 Cap. 2 (R.D. 842/2002).

▪ Derivaciones individuales

Serán de aplicación:

- Especificación particular de Instalaciones de Enlace.
- Para su ejecución, lo establecido en la ITC-BT-15 (R.D. 842/2002)., exceptuando la instalación del conductor de protección que no será necesario al ser una instalación de generación y disponer de tierras independientes a las de la red del distribuidor.
- Las derivaciones individuales se dispondrán con conductores aislados ubicados generalmente en el interior de tubos, canales protectores, bandejas etc, en montaje superficial. Serán revisables e inspeccionables, por lo que no se aceptarán instalaciones enterradas o empotradas, y no tendrán intercaladas cajas de comprobación. Asimismo, cumplirán con lo establecido en la ITC-BT-21 (R.D. 842/2002).

Según se establece en el R.D. 1663/2000, capítulo III, Art. 8, punto 5, al tratarse de instalaciones fotovoltaicas, no se puede intercalar ningún elemento de generación distinto del fotovoltaico, ni de acumulación o de consumo en el circuito de generación hasta el equipo de medida. Sin embargo, sí se permitirá el soterramiento de las líneas en aquellas instalaciones fotovoltaicas que se encuentren instaladas sobre un terreno dedicado principalmente a la producción eléctrica (ITC-BT-07).

▪ Protecciones

Se protegerá a las líneas de conexión contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a otro tipo de canalizaciones, y especialmente se tendrá en cuenta:

La elevación de la temperatura con motivo de la proximidad con una conducción de fluido caliente.

- La condensación.
- La inundación debida a una avería en una conducción de líquidos. En este caso se tomarán todas las disposiciones convenientes para asegurar su evacuación.
- La corrosión debida a una avería en una conducción que contiene un fluido corrosivo.

- La explosión debida a una avería en una conducción que contiene un fluido inflamable.
- La intervención por mantenimiento o avería en una de las canalizaciones puede realizarse sin dañar al resto.

4.3.4. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Los sistemas de monitorización recogen y procesan la información proveniente de la instalación solar (térmica y fotovoltaica) y elaboran informes diarios y mensuales acerca de la energía térmica y eléctrica producida. Esto permite conocer el ahorro económico que supone el uso de energía solar, las emisiones de CO₂ evitadas o incluso recoger un histórico de la energía desde el momento de la puesta en marcha de las instalaciones. Toda esta información es facilitada al usuario a través de gráficas y elementos de visualización. Además, el usuario podrá acceder a esta información en todo momento desde cualquier tipo de dispositivo (Smartphone, Tablet, ordenador) y/o plataforma (iOS, Android, navegador web) y se permite la configuración de distintos tipos de alertas que el usuario recibirá instantáneamente.

En este caso, la adquisición y procesado de datos se hace a través de sensores, colocados en distintos puntos de la instalación, mediante comunicación por radio. Integra diferentes posibilidades para la conexión de sus equipos a internet a través de Wi-Fi, Ethernet y Modem USB de 4G.



Ilustración 18: Ejemplo visualización sistema de monitorización (Fuente: Abora Solar)

4.4. CÁLCULOS

4.4.1. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Siguiendo la reglamentación que se recoge en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura (PCT), se analizarán los diferentes aspectos que influyen en el diseño del sistema de captación. El captador elegido deberá poseer la certificación pertinente según las legislación vigente.

Para calcular la contribución del sistema solar a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas y conocer el rendimiento, o factor de cobertura solar, en instalaciones de calentamiento mediante captadores planos se pueden emplear diversos métodos de cálculo. En este caso, se utilizará como método de cálculo simplificado el

de las curvas f (F-chart), que es plenamente válido en instalaciones de todo tipo de edificios, y es el propuesto por el IDAE.

CÁLCULO DE LA RADIACIÓN INCIDENTE SOBRE UN PUNTO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE

Para conocer la radiación incidente en cualquier punto de la superficie terrestre hay que tener en cuenta algunos factores que la modifican. Por un lado los factores astronómicos, que son aquellos relacionados con la posición relativa del Sol y que condicionan el ángulo de incidencia, y los factores climáticos, que atenúan la radiación.

En el análisis de la energía solar hay que tener en cuenta que la potencia radiante de 1367 W/m^2 , denominada constante solar $I_{o,EXT}$, que llega a la Tierra no es la que alcanza la superficie terrestre debido a fenómenos atmosféricos, a la actividad humana, la forma de la tierra, los ciclos día/noche y la órbita elíptica de la Tierra. Por tanto, la irradiancia terrestre (densidad de potencia instantánea recibida) que reciben las placas fotovoltaicas estará influenciada por los ciclos día/noche, la presencia de nubes, el ángulo de inclinación, la orientación y la suciedad.

Esta variación se recoge en la siguiente fórmula que define el valor de la radiación externa que llega a la atmósfera un día N (siendo N el número del día contado desde el 1 de enero):

$$I_o(N) = I_{o,EXT} * 3,6 \left(1 + 0,033 * \cos \left(\frac{360 * N}{365} \right) \right)$$

Para determinar la posición de un observador sobre la superficie terrestre se emplean las coordenadas geográficas: latitud y longitud.

- LATITUD, Φ : ángulo formado por la normal a la esfera terrestre y el plano del ecuador en el punto de estudio. Partiendo del ecuador, se mide de 0 a $\pm 90^\circ$, sentido positivo hacia el norte y negativo hacia el sur. Para el caso de Córdoba, $\Phi=37, 88^\circ$.
- LONGITUD, λ : ángulo diedro entre el plano del meridiano cero y el que pasa por el punto de estudio. Se mide de 0 a $\pm 180^\circ$, sentido positivo hacia el este y negativo hacia el oeste.

Algunos parámetros característicos respecto a la posición del Sol son:

- ÁNGULO HORARIO SOLAR, ω : ángulo que forma la proyección del Sol sobre el plano ecuatorial en un momento dado. Se mide sobre el ecuador a partir del punto de intersección y su valor oscila de 0 a $\pm 180^\circ$, sentido positivo hacia el oeste.
- DECLINACIÓN SOLAR, δ : ángulo entre el eje de la Tierra con el Sol y el plano ecuatorial. Su valor varía de $23. 45^\circ$ durante el solsticio de verano y $-23. 45^\circ$ durante el solsticio de invierno, siendo cero en los equinoccios. Se cuenta a partir del ecuador, con sentido positivo hacia el polo norte. Teniendo en cuenta esto, el cálculo de la declinación solar verifica la expresión:

$$\delta = 23.45 * \text{sen} \left[360 * \left(\frac{284 + N}{365} \right) \right]$$

El ángulo horario solar se puede calcular a partir de los ángulos de latitud y declinación solar, aplicando:

$$\omega = \arccos(-\operatorname{tg}\Phi * \operatorname{tg}\delta)$$

Para determinar la posición de un astro, como es el Sol, se emplean las coordenadas esféricas. Como la distancia a los astros no suele ser conocida, se considera su posición proyectada sobre la denominada esfera celeste, que es una esfera de radio unidad y centro arbitrario (que se suele colocar en el centro de la Tierra). Así, se determina la posición de los astros estableciendo como sistema de referencia el de coordenadas celestes horizontales, que representa geoméricamente el aspecto del cielo visto por un observador desde un punto determinado de la superficie terrestre. Las coordenadas celestes horizontales del Sol son:

- AZIMUT SOLAR, ψ : ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la recta que une la posición del Sol con el punto de observación, con el sur (en el hemisferio norte) o con el norte (en el hemisferio sur). Se mide en sentido horario en el hemisferio norte y en sentido antihorario en el sur, siendo su valor negativo durante la mañana y positivo después del mediodía.
- ALTURA SOLAR, α_s : ángulo que forman los rayos del sol en un plano vertical y la proyección de estos sobre un plano horizontal.

Para el cálculo de la altura solar se aplica la siguiente relación:

$$\operatorname{sen}\alpha_s = \operatorname{sen}\Phi * \operatorname{sen}\delta + \operatorname{cos}\Phi * \operatorname{cos}\delta * \operatorname{cos}\omega$$

La altura solar máxima implica que el ángulo solar $\omega = 0$, lo cual ocurre a mediodía:

$$\operatorname{sen}\alpha_{max} = \operatorname{arcsen}(\operatorname{sen}\Phi * \operatorname{sen}\delta + \operatorname{cos}\Phi * \operatorname{cos}\delta)$$

Para conocer la radiación total que llega a la atmósfera en cualquier punto de su superficie se aplica la siguiente fórmula:

$$H_e(N) = I_{o,ext} * 3,6 * \left(1 + 0,033 * \cos\left(\frac{360 * N}{365}\right)\right) * \operatorname{sen}\alpha$$

El cálculo exacto se obtiene teniendo en cuenta la radiación sobre la superficie terrestre desde que sale el sol hasta que se pone:

$$\bar{H}_e(N) = I_{o,ext} * 3,6 * \frac{24}{\pi} * \left(1 + 0,033 * \cos\left(\frac{360 * N}{365}\right)\right) * \left(\omega * \frac{\pi}{180} * \operatorname{sen}\Phi * \operatorname{sen}\delta + \operatorname{sen}\omega * \operatorname{cos}\Phi * \operatorname{cos}\delta\right)$$

El cálculo de la radiación total incidente sobre un captador, en cualquier punto de la superficie terrestre y bajo cualquier inclinación, responde a la expresión:

$$\bar{H}_T = \bar{R} * \bar{H}$$

\bar{H} : valores de radiación horizontal incidente en la provincia de Córdoba. Estos datos están recogidos en el libro “Radiación Solar Sobre Superficies” del Centro de Estudios de la Energía (Ministerio de Industria y Energía).

Para el cálculo de \bar{R} es preciso definir algunos parámetros auxiliares:

\bar{R}_b : expresa en función de la transmitancia de la atmosfera la relación entre la media mensual de radiación directa sobre una superficie inclinada y una horizontal.

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) * \cos \delta * \text{sen } \omega' + \text{sen } (\phi - \beta) * \text{sen } \delta]}{R}$$

Siendo:

$$R = \cos \phi * \cos \delta * \text{sen } \omega + \omega * \text{sen } \phi * \text{sen } \delta$$

ω' el ángulo correspondiente a la puesta de sol en una superficie inclinada. Su valor será el mínimo entre el valor de ω y el del ($\arccos[-\text{tg}(\phi - \beta) * \text{tg } \delta]$).

\bar{H}_1 : radiación media difusa mensual. La expresión que permite calcularla recibe el nombre de correlación de Liu y Jordan:

$$\bar{H}_1 = 1,39 - 4,03 * \bar{K}_1 + 5,53 * \bar{K}_1^2 - 3,11 * \bar{K}_1^3$$

\bar{K}_1 : índice de nubosidad que permite tener en cuenta las condiciones meteorológicas en estos cálculos.

$$\bar{K}_1 = \frac{\bar{H}_1}{\bar{H}_e}$$

La radiación total incidente sobre la superficie terrestre se compone de:

- Radiación directa (desde el disco solar): aquella que no sufre modificación alguna en su dirección sino que proviene directamente del Sol. Se caracteriza por la sombra definida de los objetos opacos sobre los que recae.
- Radiación difusa (procedente de cielo): aquella que se refleja en todas direcciones debida a los efectos de dispersión que provocan las nubes, las partículas de polvo

atmosférico, las montañas, los árboles, los edificios e incluso el propio suelo. Se caracteriza por no producir ninguna sombra.

- Radiación reflejada (desde el suelo): aquella que procede de la reflejada por otras superficies. Depende del coeficiente de reflexión de la superficie, o albedo, que es la relación existente entre la energía luminosa difundida por unidad de superficie a través del fenómeno de reflexión y la energía incidente. Este parámetro en definitiva indica qué nivel de radiación refleja una superficie en comparación a la radiación total que recibe. El valor que emplearemos será de 0,2.

Como curiosidad, cabe destacar que el hecho de que muchas fachadas de edificios en Andalucía estén pintadas de color blanco se relaciona con este efecto pues se consigue obtener un valor de albedo alto que permite reflejar la luz y regular el calor (especialmente en verano donde las temperaturas son elevadas), obteniendo un ambiente fresco en el interior de las viviendas.

Dependiendo del tipo de colector solar aprovechan de distinta manera la radiación solar. Así, los colectores planos captan la radiación total, que incluye la radiación directa y la difusa, y los de concentración captan solamente la directa. Por este motivo, estos últimos se sitúan en zonas de poca nubosidad mientras que los colectores planos se pueden colocar en cualquier zona.

Para obtener el valor de la relación entre la media mensual de radiación diaria sobre el captador y sobre una superficie horizontal, se suman las componentes correspondientes a la radiación directa, difusa y reflejada.

COMPONENTE DIRECTA: $(1 - \bar{H}_1) * \bar{R}_b$

COMPONENTE DIFUSA: $\bar{H}_1 * \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right)$

COMPONENTE REFLEJADA: $\rho * \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)$, $\rho = 0,2(\text{albedo})$

$$\bar{R} = (1 - \bar{H}_1) * \bar{R}_b + \bar{H}_1 * \left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right) + \rho * \left(\frac{1 - \cos\beta}{2}\right)$$

Tras la realización de estos cálculos, se puede aplicar el método f-chart para poder determinar finalmente la contribución del sistema solar en cada caso al calor total necesario para cubrir las demandas térmicas. Este método utiliza los datos mensuales medios meteorológicos. Se basa en identificar las variables adimensionales del sistema

de calentamiento solar y simular, para un periodo de tiempo dado, mediante ordenador y dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema.

La ecuación que se va a utilizar es:

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

Los pasos a seguir para la aplicación de este método son:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción ACS o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada de los captadores.
3. Cálculo de los parámetros D_1 y D_2 .
4. Determinación de la gráfica f
5. Valoración de la cobertura solar mensual, anual y formación de tablas.

ABASTECIMIENTO DEMANDA DEL AGUA CALIENTE SANITARIA

En la siguiente tabla se recogen los datos de partida necesarios para realizar los cálculos de la contribución solar en ACS. [11]

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente [°C]:	9,100	10,700	13,500	16,300	19,400	24,400	27,900	27,600	24,300	18,600	13,600	9,600	17,917
Tª. media agua red [°C]:	10,000	11,200	12,400	13,600	14,800	16,000	17,200	16,000	14,800	13,600	12,400	11,200	13,600
Rad. horiz. [kJ/m ² /día]:	7400,00 0	11094,0 00	14156,0 00	17224,0 00	19014,0 00	24266,0 00	25722,0 00	23414,0 00	17988,0 00	11894,0 00	8228,00 0	6236,00 0	15553,0 00
Rad. inclin. [kJ/m ² /día]:	12623,9 85	16365,8 63	16965,0 62	16837,0 17	16268,3 38	19293,3 74	20927,6 30	21617,8 69	20136,6 02	13795,5 18	13462,8 75	10887,6 01	16598,4 78

Tabla 3: Datos relativos a las condiciones de temperatura y radiación mensuales en Córdoba

PASO 1:

Cálculo de la energía necesaria para ACS, E [Mcal]:

$$E = C * \Delta T$$

C: consumo de agua [m³]. Se obtiene al multiplicar el consumo de agua a máxima ocupación por el número de días del mes en estudio y por el porcentaje de ocupación en dicho mes.

Los valores de consumo diario de A.C.S están recogidos en el CTE (Código Técnico de Edificación), para una referencia de 60°.

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

Ilustración 19: Consumo diario medio de A.C.S en función de la actividad realizada

El porcentaje de ocupación se ha establecido acorde a la encuesta de ocupación hotelera realizada por el INE en Córdoba según el porcentaje de ocupación por plazas:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
% de ocupación:	43,880	52,380	61,420	72,410	74,690	60,310	57,300	64,230	68,000	69,400	59,870	54,330	61,518

Tabla 4: Porcentaje de ocupación media hotelera por meses en la provincia de Córdoba

$\Delta T = T - T_i$ [°C]: se calcula como la diferencia entre la temperatura de utilización (establecida en 60° según el CTE) y la temperatura media del agua de red. La temperatura del agua de red se obtiene de los datos proporcionados por el IDAE en la guía técnica de ACS. El cálculo de la temperatura media el agua de red de cada mes se obtiene sumando a la temperatura del mes de enero 1,2 °C, que es la variación aproximada de temperatura que experimenta el agua de red.

Los datos de partida según lo indicado serán:

Número de ocupantes:	358,00
Consumo por ocupante [L/día]:	69,00
Consumo de agua a máxima ocupación [L/día]:	24702,00
Temperatura de utilización [°C]:	60,00

Temperatura del agua de la red (°C)													Media
Mínimas	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	10
Máximas	15	15	16	16	17	19	21	21	20	18	17	16	17
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Albacete	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7	13
Alicante	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12	15
Almería	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12	16
Ávila	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
Badajoz	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9	14
Barcelona	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	14
Bilbao	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10	13
Burgos	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6	10
Cáceres	9	10	11	12	14	18	21	2	19	15	11	9	13
Cádiz	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12	16
Castellón	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11	15
Ciudad Real	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7	13
Córdoba	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10	15
La Coruña	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11	13
Cuenca	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7	12
Gerona	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9	13
Granada	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8	13
Guadalajara	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7	12
Huelva	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12	16
Huesca	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7	12
Jaén	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9	15
Las Palmas	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16	17
León	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6	11

Ilustración 20: Temperatura del agua de la red por provincias [13]

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Consumo de agua [m³]:	336,016	362,289	470,331	536,602	571,948	446,933	438,782	491,849	503,921	531,439	443,673	416,038	5549,821
Incremento Ta. [°C]:	50,000	48,800	47,600	46,400	45,200	44,000	42,800	44,000	45,200	46,400	47,600	48,800	
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	16800,8 18	17679,7 23	22387,7 57	24898,3 12	25852,0 33	19665,0 65	18779,8 54	21641,3 53	22777,2 20	24658,7 62	21118,8 17	20302,6 79	256562,3 91

Tabla 5: Resumen cálculo energía necesaria ACS

PASO 2:

Cálculo de la energía absorbida por el captador, E_a .

$$E_a = S_c * F_r'(\tau\alpha) * R_1 * N$$

S_c : superficie del captador[m2]

R_1 : radiación diaria mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área $[KJ/m^2]$

N : número de días del mes.

$F_r'(\tau\alpha)$: factor adimensional

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n * \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] * \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$$

$F_r(\tau\alpha)_n$: factor de eficiencia óptica del captador (ordenada en el origen de la curva característica del captador)

$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$: modificador del ángulo de incidencia. (0,94 superficie transparente doble o 0,96 superficie transparente sencilla)

$\frac{F_r'}{F_r}$: factor de corrección del conjunto captador-intercambiador (generalmente 0,95)

PASO 3

La relación entre la energía absorbida por el captador y la carga calorífica total del calentamiento durante un mes es el parámetro D_1 .

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador, } E_a}{\text{Carga calorífica mensual, } Q_a}$$

La relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una temperatura determinada, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes, se corresponde con el parámetro D_2 .

$$D_2 = \frac{\text{Energía perdida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

Siendo la energía perdida por el captador, E_p :

$$E_p = S_c * F_r' U_L (100 - t_a) * \Delta t * k_1 * k_2$$

S_c : superficie del captador

t_a : temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas.

Δt : periodo de tiempo considerado (s)

$F_r' U_L = F_r U_L \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$, donde $F_r U_L$: pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

k_1 : factor de corrección por almacenamiento

$$k_1 = \left[\frac{V[\text{kg acumulación}]}{75 * S_c} \right]^{-0,25} \quad 50 < \frac{V}{S_c} < 300 \text{ (según el CTE)}$$

k_2 : factor de corrección para el ACS que relaciona la temperatura mínima ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente.

$$k_2 = (11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_r - 2,32t_a)/(100 - t_a)$$

t_{ac} : temperatura mínima requerida del ACS

t_r : temperatura del agua de red

t_a : temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
D1	0,74	0,84	0,78	0,70	0,69	1,05	1,23	1,08	0,89	0,58	0,61	0,53
D2	1,06	0,92	0,79	0,67	0,65	0,77	0,80	0,66	0,63	0,67	0,81	0,91

Tabla 6: Valor de los parámetros D1 y D2 por meses para el abastecimiento de A.C.S

PASO 4: Determinación de f

Los valores de D_1 y D_2 permiten calcular la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar a la demanda de ACS.

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
f	0,569	0,645	0,615	0,563	0,556	0,787	0,884	0,810	0,699	0,476	0,491	0,420

Tabla 7: Valor del parámetro f por meses para el abastecimiento de A.C.S

PASO 5

La energía útil captada cada mes, Q_u será:

$$Q_u = fQ_a, \text{ siendo } Q_a \text{ la carga calorífica mensual ACS.}$$

Para obtener la cobertura anual del sistema, basta con proceder de igual manera con todos los meses. Así, la suma de las coberturas mensuales y la sumas de las cargas caloríficas determinarán la cobertura solar anual.

$$\sum_{u=1}^{u=12} Q_u / \sum_{u=1}^{u=12} Q_a = \text{cobertura anual}$$

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA ACS

El CTE(Código Técnico de la Edificación) establece y desarrolla los requisitos básicos respecto a la calidad de los edificios y sus instalaciones. Esta formado por distintos documentos entre los que destacan los Documentos Básicos. Para este estudio es de gran interés el Documento Básico de Ahorro de energía cuyo principal objetivo es conseguir que se haga un uso racional de la energía en los edificios, reduciendo su consumo y promoviendo que parte del mismo proceda de fuentes renovables. Para ello se plantean una serie de apartados en los que se establecen las exigencias básicas para la consecución de estos objetivos. Todo esto está recogido en el artículo 15 de la parte I del CTE.

- Exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético.
- Exigencia básica HE 1: Limitación de la demanda energética.
- Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas
- Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de ACS
- Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Para el caso que se estudia se tendrán en cuenta la siguientes exigencias:

► Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de ACS

Esta sección se aplica a:

- Edificios de nueva construcción o a edificios existentes en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 50 l/d.
- Ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.
- Climatizaciones de: piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.

Se recogen a continuación los aspectos de esta exigencia que afectan a este estudio.

La contribución mínima de energía solar térmica se establece en base a la zona climática en que se encuentra, a la demanda de ACS o a la climatización de la piscina del edificio. Si se trata de una ampliación o una intervención en un edificio existente, la contribución solar mínima solo afectará al incremento de la demanda ACS sobre la demanda inicial.

Para determinar la zona climática se hace en función de la radiación solar global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), atendiendo a la siguiente tabla:

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 8: Determinación zona climática en función de la radiación solar global media [13]

En el caso de Córdoba este valor es $H=15,553 \text{ MJ/m}^2$, por lo que pertenece a la zona III.[14]

El procedimiento de cálculo para determinar la contribución solar mínima para ACS y/o piscinas cubiertas es el siguiente:

A partir de los valores mensuales determinar la contribución solar mínima anual como la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS (en este caso no hay climatización de piscina cubierta).

En la siguiente tabla se recogen los valores de contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS en %. La temperatura de referencia es de 60° y se establecen en función de la zona climática.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

Tabla 9: Contribución solar mínima anual en función

En el caso de estudio al tratarse de una zona III con una demanda superior a 10.000 l/día, la contribución mínima de ACS será del 60%.

El dimensionado para la instalación se realizará teniendo en cuenta que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100%. No se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

Esto no supone ningún problema pues se supone un porcentaje de ocupación del hotel variable entre el 40-75 % durante los meses del año, y en los casos de menor demanda el sistema está diseñado para no cubrir el total de las necesidades.

ABASTECIMIENTO DEMANDA CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

Se supone que la superficie a calefactar será la correspondiente a las habitaciones:

TIPO	CANTIDAD	SUPERFICIE (m ²)
SIMPLES/DOBLES	135	27
FAMILIARES	7	27
SUPERIOR	13	35
SUITE	7	53
TOTAL		4660

Tabla 10: Cálculo superficie a calefactar

Para estas necesidades se obtienen los siguientes resultados:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Grados-día [°C]:	121,065	107,065	85,681	36,929	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	79,028	141,475	571,243
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	29669,896	26238,807	20998,183	9050,372	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19367,827	34671,959	139997,044

Tabla 11: Cálculo energía necesaria para calefacción por suelo radiante

Se sigue el mismo procedimiento descrito en el apartado 5.4.2.1 y se obtiene los siguientes resultados respecto a la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar para abastecer la demanda necesaria para la calefacción por suelo radiante:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
D1	0,25	0,33	0,49	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,18
D2	0,25	0,26	0,35	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,22
f	0,223	0,299	0,426	0,833	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,344	0,164

Tabla 12: Valor obtenido para los parámetros D1, D2 y f para calefacción por suelo radiante

ABASTECIMIENTO PARA CLIMATIZACIÓN DE PISCINA EXTERIOR

Se tiene una piscina cuya superficie mide 14 x 6 m, y verifica las siguientes características:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. deseada [°C]:	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Temp. ambiente [°C]:	9,1	10,7	13,5	16,3	19,4	24,4	27,9	27,6	24,3	18,6	13,6	9,6	17,91667
% de tiempo sin manta:	0	70	60	40	20	0	0	0	40	50	0	0	23,33333

Tabla 13: Datos de partida para el abastecimiento para climatización de piscina exterior

Al estar situada a la intemperie estará sometida a pérdidas de energía debido a:

- La radiación del agua a la atmosfera.
- Evaporación y salpicaduras del agua.
- Convección, debida al viento, y conducción, por las paredes.

Se tendrán en cuenta también las ganancias debidas al aporte solar directo, y con todos estos términos se calcularán las pérdidas globales:

$$Pérdidas\ globales = \sum Pérdidas - \sum Ganancias$$

Empleando la fórmula que determina el PCT:

$$P(kW) = \frac{(28 + 20v)(t_{WS} - t_{BS}) * S_W}{1000}$$

Y siendo:

v : velocidad del viento = 1,389 m/s

t_{BS} : temperatura del aire = 17,9 °

t_{WS} : temperatura del agua = 13,6 °

S_W : superficie piscina = 160 m²

Se obtienen los siguientes resultados respecto a las pérdidas que se deben considerar:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Pérd. Cond. [Kcal-1000]:	4655,952	3753,792	3281,04	2328,48	1437,408	-120,96	-1218,67	-1124,93	-90,72	1687,392	3144,96	4499,712	22233,46
Pérd. Conv. [Kcal-1000]:	4236,916	3415,951	2985,746	2118,917	1308,041	-110,074	-1108,99	-1023,68	-82,5552	1535,527	2861,914	4094,738	20232,44
Pérd. Rad. [Kcal-1000]:	7404,359	6328,596	6292,363	5375,558	4710,888	3183,476	2250,434	2340,932	3211,69	4931,394	6064,278	7280,896	59374,86
Pérd. Agua [Kcal-1000]:	364,56	301,056	302,064	262,08	239,568	201,6	177,072	208,32	231,84	270,816	292,32	333,312	3184,608
Pérd. Evap. [Kcal-1000]:	0	5199,511	4835,046	3031,084	1495,078	0	0	0	2546,967	3789,708	0	0	20897,4
Ap. Sol. Dir. [Kcal-1000]:	-3226,97	-4369,66	-6173,1	-7268,69	-8291,56	-10240,5	-11216,8	-10210,3	-7591,11	-5186,69	-3472,29	-2719,37	-79967
Pérd. Glob. [Kcal-1000]:	13434,82	14629,25	11523,16	5847,426	899,4239	-7086,44	-11116,9	-9809,66	-1773,89	7028,142	8891,177	13489,28	45955,78

Tabla 14: Datos de las pérdidas que se deben considerar para la climatización de la piscina exterior

Finalmente se obtienen los siguientes resultados respecto a la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar para abastecer la demanda debida a la climatización de la piscina:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
f	0,159	0,273	0,460	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,793	0,255	0,136

Tabla 15: Valor del parámetro f para la climatización de la piscina exterior

4.4.1.1. CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS CONDUCTOS

El cálculo de las pérdidas de carga se detalla a continuación, según se recoge en la guía técnica de selección de equipos de transporte de fluidos proporcionada por el IDAE.

PÉRDIDAS EN TUBERÍAS

Las pérdidas en presión en las tuberías, pérdidas primarias por fricción, se determinan mediante:

$$H_{L,tub} = f * \frac{L * v^2}{D * 2 * g}$$

Siendo:

$f = 0,316 * R_e^{-0,25}$, factor adimensional de Darcy, para tuberías lisas.

$f = \left(-2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \right)^{-2}$, ecuación de White-Colebrook, en tuberías rugosas.

ε/D : rugosidad relativa de la pared del tubo

$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$: número de Reynolds

ρ : densidad del fluido

μ : viscosidad dinámica del fluido

v : velocidad del flujo.

D : diámetro interior del tubo.

L : longitud de la tubería

PÉRDIDAS EN ACCESORIOS

Se determinan de manera proporcional a la energía cinética del flujo según la siguiente expresión:

$$H_{L,acc} = k_o * \frac{v^2}{2g}$$

El coeficiente k_o se determina a través de tablas o curvas si se disponen de los datos suficientes.

PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS COLECTORES

En los colectores se producen pérdidas de carga por rozamiento debidas a la fricción y a la rugosidad en la tuberías. También se producen pérdidas de carga como consecuencia de los cambios de dirección que sufre el fluido al circular por los tubos.

En la ficha técnica proporcionada por el fabricante del colector se incluye la expresión o curva que relaciona la pérdida de carga con el caudal circulante por el colector.

4.4.2. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Los consumos energéticos eléctricos anuales se estiman en: 1623141 kWh=1623,141MWh [3]

Optimizando la disposición de los paneles fotovoltaicos se consigue una producción de electricidad de 89,978 MWh, lo que supone cubrir en torno al 5,3% de la demanda eléctrica.

Rad. Solar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
kWh/m ² día	3,510	4,100	5,377	5,431	6,081	6,567	6,922	6,699	6,105	4,809	3,639	3,208	5,204
(MJ/m ² día)	12,636	14,758	19,357	19,552	21,890	23,639	24,917	24,116	21,978	17,312	13,099	11,547	224,802
kWh	5367,293	5612,898	7712,141	7548,286	8663,479	8656,275	9231,423	8985,505	8059,113	6952,210	5290,787	4898,642	86978,051
												MWh	86,978
												%	5,359

Tabla 16: Producción de electricidad de la instalación fotovoltaica

4.4.3. CÁLCULO PÉRDIDAS DE CALOR INSTALACIONES SOLARES

Siguiendo lo establecido en los pliegos de condiciones desarrollados por el IDAE se explican a continuación el procedimiento para determinar las pérdidas por orientación e inclinación.

Tanto en el caso de las instalaciones solares térmicas como de las fotovoltaicas, las pérdidas se expresan en porcentaje respecto a la radiación solar que incidiría sobre la superficie del captador orientada al sur, con una inclinación óptima y sin sombras.

Se deberán orientar los sistemas de captación con una inclinación tal que las pérdidas que se estimen respecto al óptimo sean inferiores a los límites impuestos. Este porcentaje no supone una minoración de los requisitos de contribución solar mínima exigida.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 17: Límites impuestos para las pérdidas en los sistemas de captación solar [13]

La integración arquitectónica se considerará si los captadores se colocan de forma paralela a la envolvente del edificio, manteniendo la alineación con los ejes principales de la edificación, cumpliendo así una doble función energética y arquitectónica.

Como dirección óptima se considerará la Sur y debido a que la instalación se prevé que tenga un consumo anual constante, la mejor inclinación será según la latitud geográfica.

Para el cálculo de las pérdidas se define en primer lugar los siguientes ángulos:

- Ángulo de inclinación, β : el que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal.

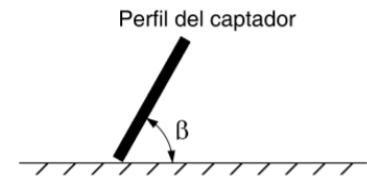


Ilustración 21: Representación de la inclinación óptima del captador [13]

- Ángulo de azimut, α : el que se forma entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. En este caso, al considerar orientación sur, su valor será 0° .

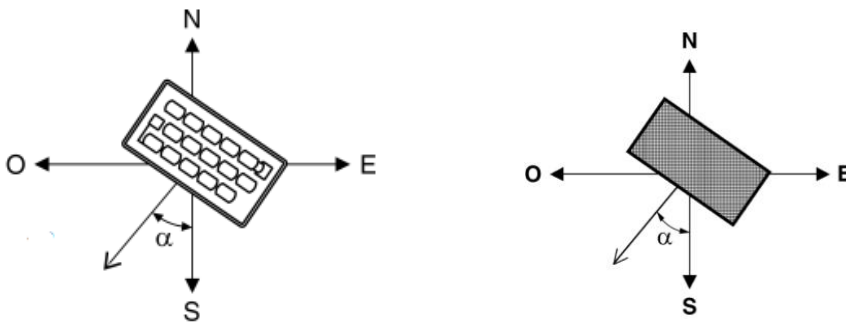


Ilustración 22: Representación de la colocación óptimas de lo captadores solares [13]

El siguiente paso consiste en corregir los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar de estudio y la de 41° que se toma como referencia. Se deben cumplir las siguientes expresiones:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación}(\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación}(\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}), \text{ siendo } 0^\circ \text{ su valor mínimo.}$$

En casos cerca del límite y para verificar se empleará la siguiente fórmula:

$$\text{Si } 15^\circ < \beta < 90^\circ:$$

$$\text{Pérdidas}(\%) = 100 * [1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{OPT})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2], \text{ si}$$

$$\text{Si } \beta \leq 15^\circ:$$

$$\text{Pérdidas}(\%) = 100 * [1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{OPT})^2]$$

Los límites para la inclinación se obtienen de la intersección de la recta de azimut con el límite de pérdidas del 10% (región 90-95%).

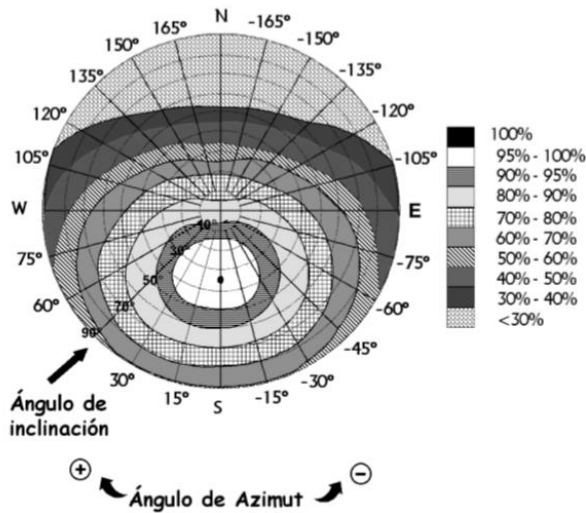


Ilustración 23: Esquema cálculo inclinación [13]

En este caso para una inclinación de 37°, latitud 37, 88° y ángulo azimut 0° se obtiene:

Inclinación máxima: 60°

Inclinación mínima: 12°

Corrección para la latitud:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 37,88) = 56,88^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 12^\circ - (41^\circ - 37,88) = 8,88^\circ$$

Se verifican los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

El cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras se expresa como el porcentaje de radiación solar global que incidiría sobre una superficie si no existiera sombra alguna.

El procedimiento para el cálculo de estas pérdidas se basa en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias aparentes del Sol. Los pasos a seguir son:

1. Obtención del perfil de obstáculos: se localizarán los principales obstáculos según el ángulo de desviación respecto a la dirección sur y la elevación respecto al plano horizontal.
2. Representación del perfil de obstáculos: se realiza en el diagrama que se muestra a continuación y que representa la banda de trayectorias del Sol durante todo el año. Está dividida en porciones delimitadas por las horas solares siendo las de valor negativo las correspondientes a antes del mediodía y las de valor positivo a después. Cada una de estas zonas se identifica con una letra y un número.

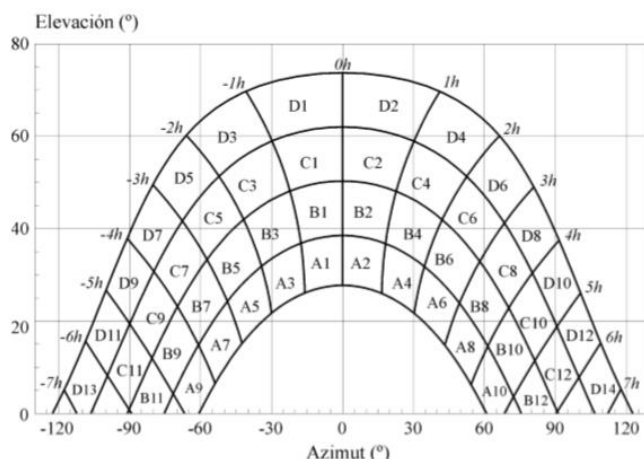


Ilustración 24: Diagrama para a representación del perfil de obstáculos [13]

- Selección de la tabla de referencia para los cálculos: cada una de las porciones del diagrama anterior representa el recorrido del Sol durante una hora a lo largo de varios días, por lo que contribuirá a la irradiación solar global anual sobre la superficie de estudio. Por tanto, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones implica una pérdida de irradiación. Como referencia se escogerá la tabla más parecida a la superficie de estudio del anexo VI del PTCE, teniendo en cuenta que se encuentran caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación. Los número que se encuentran en cada casilla representan el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción estuviera oculta.

En este caso la inclinación, $\beta=37^\circ$ y la orientación, $\alpha=0^\circ$. Se escoge la tabla que más se aproxima y que se muestra a continuación:

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
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	3,15	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 los cálculos de pérdidas [13]

- Cálculo final: sumando las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado se obtendrá el valor de las pérdidas por sombreado. Para las pérdidas de ocultación parcial se

emplearán factores de llenado, que se calculan como la fracción oculta respecto del total de la porción, y cuyo valor será el más próximo a :0,25;0,50;0,75 o 1.

En este caso, la inclinación máxima del azimut es 60° por lo que en el perfil de puntos se representará para un ángulo azimut entre -30° y 30°, y un ángulo de elevación de 45°.

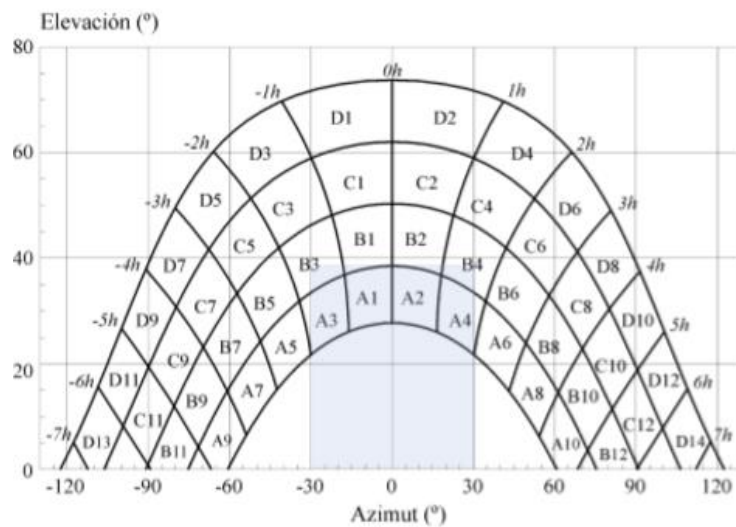


Ilustración 25: Esquema cálculo pérdidas

Las casillas A1 y A2 tendrían un factor de 1, y las casillas A3 y A4 también se podría considerar que su factor de llenado es 1. Las casillas B1 y B2 tendría una factor de 0,5, mientras que para las casillas B3 y B4 sería 0,25. Por lo tanto:

$$Pérdidas(\%) = 1 * 2,7 + 1 * 3,15 + 1 * 3,17 + 1 * 2,7 = 11,72$$

4.5. INSTALACIONES

4.5.1. DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

ELECCIÓN DEL COLECTOR

Una vez que se tienen los valores correspondientes a la fracción de la carga calorífica mensual que aporte el sistema de energía solar para cada caso (que se corresponde con el porcentaje de ahorros que supondrá en la instalación) se analizan distintos modelos de colectores, y se escoge aquel que supone un menor coste, menor área de ocupación y que verifique el aporte necesario de 60% en ACS y 30% en piscina y suelo radiante. Se realiza la siguiente comparativa, teniendo en cuenta que el número de colectores necesarios varía según el tipo de colector que se elija, y en consecuencia el precio:

PRODUCTO	SUPERFICIE ABSORCIÓN	SUPERFICIE BRUTA	RENDIMIENTO ÓPTICO	K1	Nº COLECTORES ACS	Nº COLECTORES SUELO	Nº COLECTORES PISCINA	PRECIO UNITARIO	PRECIO	ÁREA TOTAL
BAXI-AR 20 TUBOS	2,15	2,77	0,768	1,36	68	40	12	1751	210120	92,16
VITOSOL 300 TM-10 TUBOS	1,25	1,98	0,75	1,432	95	58	16	1096	185224	126,75
VITOSOL 300 TM-12 TUBOS	1,51	2,36	0,752	1,906	85	52	14	1324	199924	113,552
LUMELCO MODELO DF400-20 TUBOS	2,009	2,767	0,768	1,36	66	40	12	1820	214760	90,624
ÓPTIMO									BAXI-AR 20 TUBOS	92,16

Tabla 19: Resumen colectores analizados

El colector que se va a utilizar es de **tubos de vacío de la marca BAXI, modelo AR 20 tubos**, pues está especialmente diseñado para calentar agua de uso sanitario y piscinas. Este tipo de colectores presentan grandes rendimientos y permiten obtener mínimas pérdidas en una mayor superficie de captación. Además requieren menos espacio que los colectores planos y su cobertura solar es mayor incluso en presencia de radiación difusa. Se permite su instalación tanto en horizontal como en vertical, y su **inclinación será de 37°** para hacerlo coincidir con la latitud.

La curva de rendimiento del colector elegido verifica la siguiente expresión:

$$r = 0,768 - 1,36 * (t_e - t_a)/I_t$$

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
EMPRESA	BAXI
MODELO	AR 20
NÚMERO DE TUBOS	20
PESO (kg)	53
SUPERFICIE COLECTOR	2,77
SUPERFICIE ABSORCIÓN	2,15
DIMENSIONES a x h x p(mm)	1416 x 1954 X 93
RENDIMIENTO ÓPTICO (%)	76,8
COEFICIENTE PÉRDIDA CALOR, K1	1,36
CAPACIDAD TÉRMICA [KJ/(m ² *k)]	3,8
PRESIÓN DE TRABAJO (bar)	8
TEMPERATURA MÁX. DE TRABAJO	313°C
INCLINACIÓN	2-90º
Nº MÁX.DE COLECTORES EN SERIE	4

Tabla 20: Características técnicas colector BAXI-20 AR

A continuación se muestran las gráficas correspondientes a la pérdida de carga y a la curva de rendimiento aportadas por el fabricante

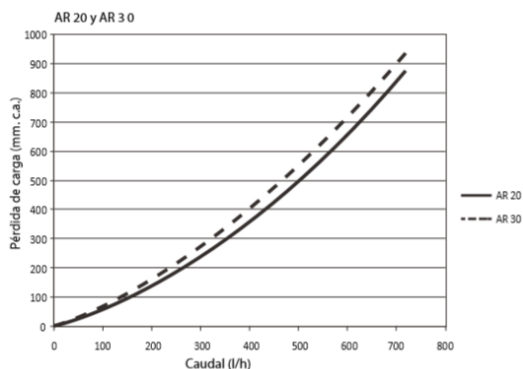


Ilustración 26: Curva de pérdida de carga del colector BAXI AR 20

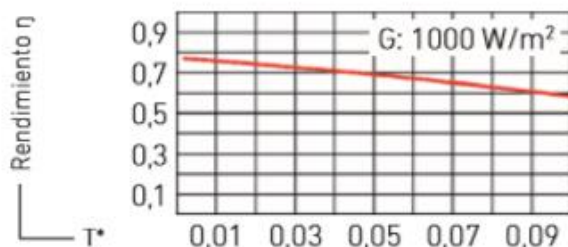


Ilustración 27: Curva de rendimiento del colector BAXI AR 20

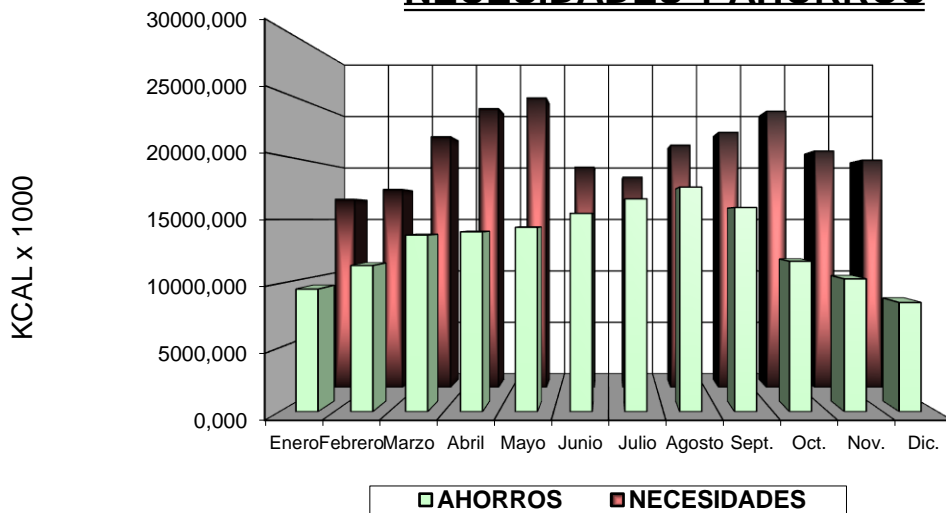
A continuación, se muestran los resultados óptimos de cada uno de los tres sistemas de demanda a abastecer:

Para el caso del ACS la opción más eficiente y que verifica la condición impuesta por el CTE de cobertura mínima solar de un 60%, es la instalación de 68 colectores, y se obtiene:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Ener. Nec. [Kcal:1000]:	16800,818	17679,723	22387,757	24898,312	25852,033	19665,065	18779,854	21641,353	22777,220	24658,762	21118,817	20302,679	256562,391
Ahorros [Kcal:1000]:	9565,158	11409,312	13778,125	14029,333	14383,976	15478,298	16606,216	17523,451	15930,383	11741,449	10364,667	8519,771	159330,138
Ahorros [%]:	56,933	64,533	61,543	56,347	55,640	78,710	88,426	80,972	69,940	47,616	49,078	41,964	62,102

Tabla 21: Cálculos de energía necesaria y ahorros obtenidos con la instalación solar destinada al A.C.S

NECESIDADES Y AHORROS

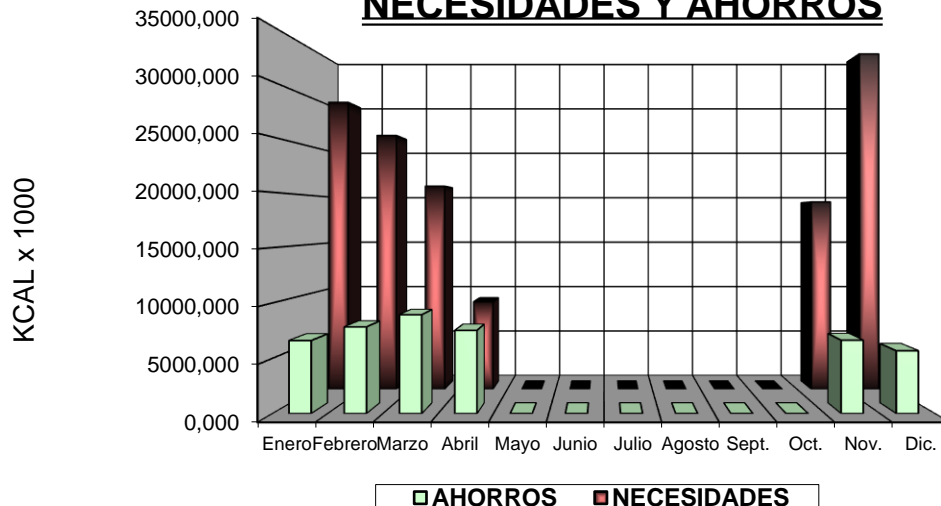


En el caso de la calefacción por suelo radiante se emplearán 40 colectores, obteniendo los resultados que se detallan a continuación:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Ener. Nec. [Kcal:1000]:	29669,896	26238,807	20998,183	9050,372	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19367,827	34671,959	139997,044
Ahorros [Kcal:1000]:	6600,523	7834,385	8931,562	7518,812	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6634,952	5677,300	43197,534
Ahorros [%]:	22,247	29,858	42,535	83,077	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	34,258	16,374	30,856

Tabla 22: Cálculos de energía necesaria y ahorros obtenidos con la instalación solar destinada a la calefacción suelo radiante

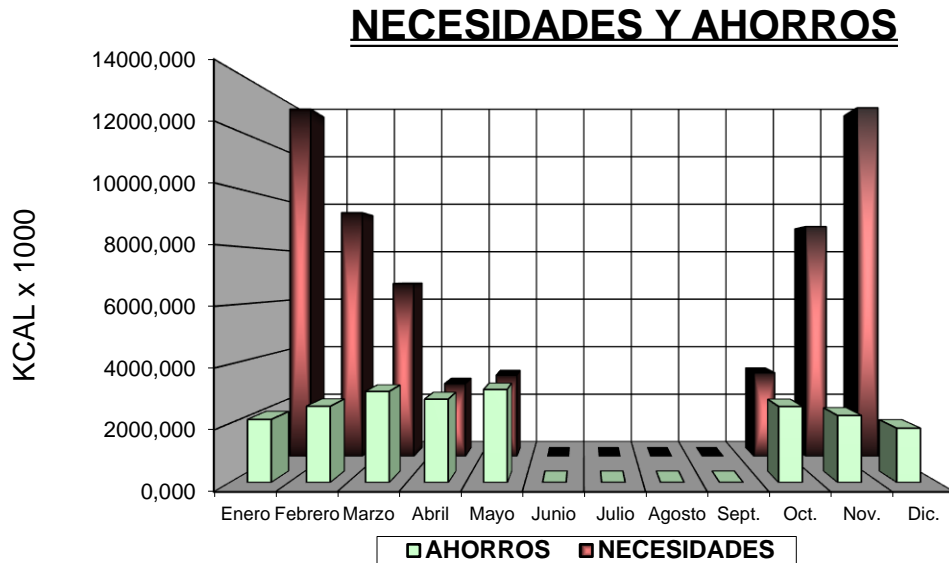
NECESIDADES Y AHORROS



Finalmente para la climatización de la piscina exterior serán necesarios solamente 12 colectores, obteniendo:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Ener. Nec. [Kcal:1000]:	13434,8 21	9429,7 39	6688,1 14	2816,3 42	3142,0 41	0,000	0,000	0,000	0,000	3238,4 34	8891,1 77	13489,2 85	61129,9 52
Ahorros [Kcal:1000]:	2130,85 1	2577,8 58	3078,9 52	2816,3 42	3142,0 41	0,000	0,000	0,000	0,000	2569,3 72	2265,3 14	1835,29 4	20416,0 24
Ahorros [%]:	15,861	27,338	46,036	100,00 0	100,00 0	100,0 00	100,0 00	100,0 00	100,0 00	79,340	25,478	13,606	33,398

Tabla 23 Cálculos de energía necesaria y ahorros obtenidos con la instalación solar destinada a la climatización de la piscina exterior



Una alternativa que podría considerarse es la integración de algunos colectores solares en el propio diseño del edificio, como se aprecia en la siguiente imagen:



Ilustración 28: Ejemplo integración paneles solares en la arquitectura del edificio

El diseño podría adaptarse perfectamente al espacio de la piscina exterior (en caso de ser útil) como se observa en la siguientes imágenes del hotel Eurostars Palace Córdoba:



Ilustración 29: Fotos de la azotea del hotel Eurostars Palace Córdoba

CONFIGURACIÓN COLECTORES

Según se especifica en las instrucciones del fabricante, se podrán instalar hasta un máximo de 6 colectores en serie, lo equivalente a una superficie de captación de 12 m².

DISPOSICIÓN:

El Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, RITE, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, ITE, recogen las condiciones que se deben cumplir en las instalaciones térmicas de los edificios destinadas a calefacción, climatización y agua caliente sanitaria. Tienen en cuenta tanto consideraciones económicas como de protección al medioambiente.

En la ITE 10 se recogen los requisitos en el caso de instalaciones específicas, y en su primer apartado se trata la producción de ACS mediante sistemas solares activos. Este

apartado se refiere a la producción de agua caliente sanitaria mediante colectores solares planos de baja temperatura instalados en obra. Respecto a los criterios de diseño y cálculos se establece lo siguiente:

- La disposición de los colectores será en filas paralelas y alineadas con el mismo número de elementos. Los colectores se conectarán dentro de cada fila en paralelo, y solo podrán conectarse en serie si los colectores dentro de las filas se han conectado en paralelo y se requiere una temperatura del agua mayor a 50°C. Además el número de colectores en serie no será mayor a 3, ni habrá más de 3 filas de colectores conectadas en paralelo.
- Los colectores se orientarán dirección sur, admitiéndose una desviación no superior a 25° respecto a esta orientación.
- Se considerarán tres periodos de utilización posibles: anual con consumo constante, preferentemente en invierno o preferentemente en verano. En cualquiera de estos casos se admitirá una desviación máxima de ±10°.
- La separación entre las filas de colectores deberá verificar la siguiente expresión:

$$d \geq k * h$$

siendo

d: distancia de separación entre filas

k: coeficiente según la inclinación de los colectores respecto al plano horizontal. En esta caso k=1,813 aprox.

Inclinación (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coeficiente K	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,992

Tabla 24: coeficiente k según la inclinación de los colectores [13]

h: altura del colector. En este caso h=1,954 m

$$d \geq 1,813 * 1,954 = 3,54 \text{ m}$$

Por tanto la distancia de separación entre filas de colectores será de 3,6 m.

- La distancia entre la primera fila de colectores y los obstáculos que puedan producir sombras sobre ellos deberá verificar la siguiente expresión:

$$d = 1,732 * a$$

Siendo a: la altura del obstáculo.

- La distancia d, medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo de altura h que produzca sombras sobre la instalación, deberá ser tal que se garanticen como mínimo 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. El valor de d deber verificar la siguiente expresión:

$$d > \frac{h}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$$

Donde $k = \frac{1}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$, siendo k un coeficiente adimensional.

Para este caso tomará el valor de $k = \frac{1}{\text{tg}(61^\circ - 37,88^\circ)} = 2,3422$

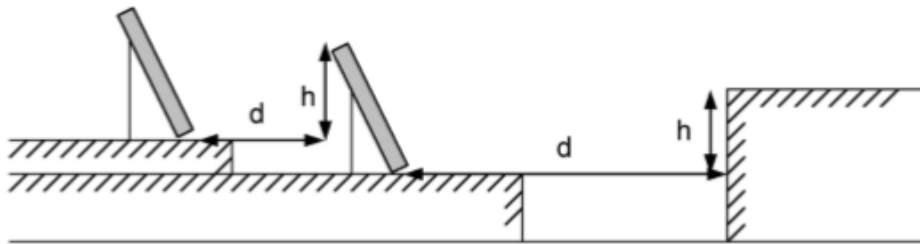


Ilustración 30: Esquema colocación colectores respetando las distancias establecidas [13]

Como se observa en la siguiente vista aérea no hay ningún obstáculo que pueda hacer sombra a los colectores colocados en el tejado del hotel.



Ilustración 31: Vista aérea del hotel Eurostars Palace Córdoba [15]

En total se necesitan 120 colectores. Teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante, la normativa que deben cumplir, las dimensiones del propio colector y las distancias establecidas por normativa, se concluye que se agruparán en series de 3 hasta formar 4 paralelos, repitiéndose esta configuración 10 veces.

Se hace un cálculo aproximado de la superficie techada disponible, suponiendo que en el peor de los casos se construirían techos nuevos aptos para la instalación, y se verifica que el área requerida por el modelo elegido no la supera.

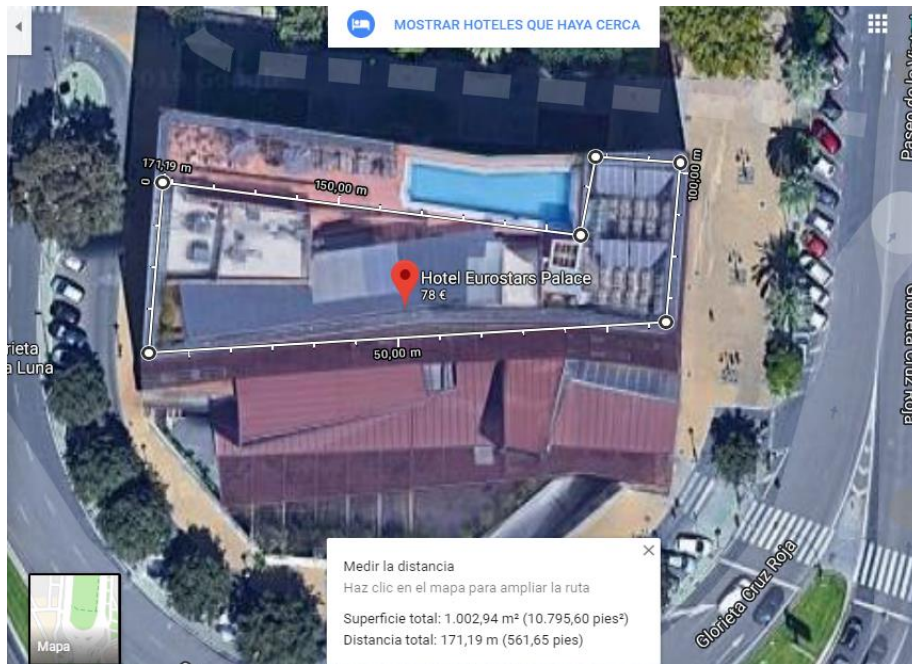


Ilustración 32: Superficie disponible para el montaje de los colectores solares [15]

CONDICIONES DE MONTAJE

Como los captadores se van a instalar en el tejado del hotel, se deberá asegurar la estanqueidad en los puntos de anclaje. Además, la instalación deberá ser de fácil acceso para que, en caso de rotura o avería, su desmontaje sea posible e implique el mínimo número de actuaciones sobre el resto.

Durante el montaje, el suministrador deberá evitar que estos queden expuestos al sol durante períodos prolongados. Las conexiones deben permanecer abiertas a la atmosfera aunque impidiendo la entrada de suciedad. Finalmente y si el arranque de la instalación no va a tener lugar de forma inmediata, se procederá a cubrir los captadores.

Las condiciones que se deben verificar durante el montaje se detallan en el anexo VIII del PTE. A continuación se recogen aquellos que son de aplicación al proyecto:

- Los materiales utilizados y los procedimientos de ejecución deberán garantizar las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento, teniendo en cuenta las especificaciones de los diversos fabricantes. Se cumplirá de igual manera con las reglamentaciones vigentes que sean de aplicación.
- Para evitar la presencia de suciedad o la entrada de cuerpos extraños a los distintos aparatos, se protegerán las entradas de conexión de todos los aparatos y máquinas durante el transporte, almacenamiento y montaje, mediante elementos de taponamiento. También deberán estar debidamente protegidos aquellos materiales frágiles.
- El suministrador deberá cumplir con las siguientes obligaciones:
 - Verificar que el edificio cumple con las condiciones necesarias para soportar la instalación.

- Comprobar la calidad tanto de los materiales empleados como del agua.
 - Evitar el uso de materiales incompatibles entre sí, así como de aquellos que no se ajusten a las normas.
 - Vigilar los materiales durante las fases de almacenaje y montaje.
 - Limpiar la obra de elementos sobrantes del resto de trabajos realizados durante el montaje. Asimismo deberá limpiar todos los equipos e instrumentos hasta dejarlos en perfecto estado.
- Una vez finalizada la instalación de todos los equipos se deberá comprobar que las placas de características sean visibles.
 - Aquellos elementos metálicos que no estén protegidos frente a la oxidación serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante. En el caso de circuitos de distribución de agua caliente sanitaria, se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.
 - Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente desde los puntos más bajos de la instalación.

Pruebas particulares de las instalaciones de ACS

Tal y como se recoge en la sección 4 del documento básico HS de salubridad (de aplicación a toda instalación de suministro de agua en edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE) es necesario realizar una serie de pruebas de funcionamiento en este tipo de instalaciones:

1. Medición de caudal y temperatura en los puntos de agua.
2. Una vez abiertos el número de grifos estimados en la simultaneidad, obtención de los caudales exigidos a la temperatura fijada.
3. Una vez realizado el equilibrio hidráulico, comprobación del tiempo que tarda el agua en salir, a la temperatura de funcionamiento, de las distintas ramas de la red de retorno y abiertos uno a uno el grifo más alejado de cada uno de los ramales, sin haber abierto ningún grifo en las últimas 24 horas.
4. Medición de temperaturas de la red.
5. Comprobación con termómetro de contacto de las temperaturas de este, en su salida y en los grifos con el acumulador a régimen. La temperatura del retorno no debe ser inferior en 3 °C a la de salida del acumulador.

ELECCIÓN DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN:

Verificando que se cumpla con la expresión $50 < V/A < 18$ (que se detalla en el pliego de condiciones) y teniendo en cuenta que el volumen del depósito de acumulación solar debe tener un valor recomendado aproximado a la carga de consumo diario, se establecen los siguientes valores:

- ▶ **ACS:** depósito de 12000L (el consumo diario se establece en 15000L aprox.), de manera que $V/A=59,5$
- ▶ **SUELO RADIANTE:** depósito de 5000L, de manera que $V/A=45$ pues en este caso no hay ninguna especificación al respecto.

Se emplearán depósitos de la marca Lapesa. En concreto, depósitos de inercia, también conocidos como interacumuladores, que permite almacenar el ACS producido en circuito primario en grandes instalaciones para gestionarla de manera eficiente. El intercambio de calor tendrá lugar en el serpentín.

Además la gama Master Inercia que se va a utilizar está especialmente diseñada para la aplicación de energías renovables, donde la acumulación de energía es un factor imprescindible para el funcionamiento eficaz del sistema.

- ▶ **PISCINA:** no necesita depósito.

FLUIDO CALORPORTADOR

Es el que recorre el circuito primario atravesando los colectores. Se empleará el recomendado por el fabricante de los colectores, para optimizar su rendimiento y la eficacia de la instalación.

Se recomienda el uso del líquido anticongelante-refrigerante FAC 20, de aplicación directa, compuesto a base de propilenglicol, cuyas principales características son:

Ph a 20°C	8,5-9
Punto de ebullición en circuito	125°C
Temperatura de congelación	- 28°C
Temperatura de protección	-34 °C
Densidad a 20°C	1,043g/ml
Viscosidad a 20°C	4,66 mPa s
Capacidad calorífica a 20°C	3,72Kj/KgK
Coefficiente de expansión térmica	0,000651/k

Tabla 25: Propiedades fluido calorportador

Es de color verde, por lo que facilita la detección de fugas, y no está compuesto por productos perjudiciales al medio ambiente.

En caso de que se quiera utilizar otro fluido deberá verificarse que las fases líquida y vapor de este sean compatibles con cobre, latón, bronce y acero de alto grado. Debe tenerse en cuenta también que la temperatura de estancamiento es de 286°C.

TUBERÍAS

Para minimizar las pérdidas de carga se usarán tuberías de la menor longitud posibles, evitando los codos y otras irregularidades del trazado. Además se emplearán materiales que favorezcan también la consecución de estos objetivos, evitando la formación de depósitos de cal u obturaciones.

La siguiente expresión del caudal permite obtener el valor de los diámetros de las tuberías.

$$Q = v * A = v * \left(\frac{\pi * D^2}{4} \right)$$

Teniendo unos caudales de 60 (l/h) /m² para el circuito primario y 54 (l/h) /m² para el secundario y sabiendo que la superficie de captación total es de 332,4 m² se obtiene:

$$Q_{\text{PRIMARIO}}=5540 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{SECUNDARIO}}=4986 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como los colectores se colocan en paralelo, por cada uno de ellos circulará un caudal igual a la mitad de estos valores.

La velocidad máxima según indica el fabricante será de 0,5 m/s.

Se utilizarán tuberías flexibles de acero inoxidable. Se eligen de este material frente a las de cobre por ser más flexibles y ligeras, y debido a que evitan gran cantidad de codos y manguitos (con el ahorro de material, tiempo y coste que esto supone). Además la instalación del tubo se hace en un solo tramo entre un punto y otro, evitando problemas de fugas debidos a malas soldaduras. Se podrían haber empleado también tuberías ya aisladas pero es más fácil instalar la tubería y luego aislarla. Además, así podremos seleccionar el tipo de aislante según discurra por exterior o interior, abaratando los costes.

Las tuberías serán de la marca Acerosolar, que están especialmente diseñadas para instalaciones solares térmicas.

Código de Producto	Long. del rollo	Ø nom. [mm] (*1)	Ø int. [mm] (*2)	Ø ext. [mm] (*3)	Radio curvatura mín. (estático - 1 sola vez) [mm]	Radio curvatura mín. (dinámico - varias veces) [mm]	Presión trabajo [bares]	Racores [pulgadas]	Volumen/metro lineal [litros/m]
AK FMH011DN12NB-25	25	12	12,6	16,7	20	165	14	1/2"	0,17
AK FMH011DN12NB-50	50								
AK FMH011DN16NB-25	25	16	16,5	21,4	25	195	8	3/4"	0,28
AK FMH011DN16NB-50	50								
AK FMH011DN16NB-100	100								
AK FMH011DN20NB-25	25	20	20,5	26,7	30	225	8	1"	0,44
AK FMH011DN20NB-50	50								
AK FMH011DN20NB-100	100								
AK FMH011DN25NB-25	25								
AK FMH011DN25NB-50	50	25	25,6	31,7	35	260	8	1 1/4 "	0,65

Tabla 26: Resumen catálogo tuberías Acerosolar

Se escogerán las de diámetro 16 mm.

VÁLVULAS

Se eligen de la misma marca que las tuberías, Acerosolar, y se escoge el modelo válvula mezcladora termostática compacta ya que está diseñada especialmente para instalaciones solares.

BOMBAS

Se dimensionará una única bomba para el circuito primario para cubrir ACS, suelo radiante y piscina. Para el circuito secundario se dimensiona una bomba para cada uno de los sistemas mencionados anteriormente (ACS, suelo radiante y piscina).

La expresión que se utiliza para calcular el caudal que recorrerá cada bomba, teniendo en cuenta que la conexión de los colectores sigue una configuración de tipo serie-paralelo, es:

$$Q = Q_N * S * n$$

Q_N : caudal nominal recomendado, $\left[\frac{L}{h * m^2} \right]$

S: superficie de absorción del colector

n: número de baterías de colectores en paralelo

CIRCUITO PRIMARIO

Para el cálculo de las bombas se ha de tener en cuenta la distancia que recorre el fluido desde los captadores hasta el depósito en su recorrido de ida y vuelta. A esto hay que sumarle la altura manométrica, entendida como la presión diferencial que tiene que vencer la bomba y que responde a la siguiente expresión:

$$H_m = H_g + P_c + 10 \frac{P_i - P_a}{\gamma}$$

H_g : altura geométrica. Desnivel que existe entre el nivel mínimo de aspiración y el punto más alto de impulsión [m]

P_c : pérdidas de carga. Resistencia que ofrecen al paso del líquido las tuberías, curvas, válvulas...[m]

$10 \frac{P_i - P_a}{\gamma}$: presión diferencial que existe sobre las superficies del líquido en impulsión y aspiración [m]

La pérdida de carga debidas a los colectores, sabiendo que tienen un caudal de 120L/h, será según la gráfica 0,030 mca. Como cada bar corresponde a 10.2 metros, la pérdida de carga total por cada colector será de 0.0029 m. Por tanto, la pérdida de carga total debidas a los colectores será de 0.348 m.

- ACS: se colocan formando un total de 17 paralelos.

- ▶ CALEFACCIÓN SUELO RADIANTE: se colocan formando 10 paralelos.
- ▶ PISCINA: se necesitan 3 paralelos

$$Q = 60 \frac{\text{L}}{\text{h} * \text{m}^2} * 2,15 \frac{\text{m}^2}{\text{colector}} * 30 = 3870 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

Dimensionando con la herramienta aportada por la empresa GRUNDFOS para el caudal calculado y una altura de $2*25+0,348=50,348$ metros, se obtienen distintos modelos de bombas compatibles. Se escoge el adecuado en función de una serie de requisitos como: correcta eficiencia del motor, emisiones contaminantes de CO₂ lo más bajas posibles o consumo de energía lo menor posible. Además se debe tener en cuenta también que sea capaz de soportar una temperatura ambiente alta como las que se alcanzan en la provincia de Córdoba en los meses de verano, y una temperatura de fluido elevada, pues estará en torno a los 60°.

CIRCUITO SECUNDARIO

Se sitúan en la parte baja del edificio

- ▶ ACS: se colocan formando un total de 17 paralelos.

$$Q = 60 \frac{\text{L}}{\text{h} * \text{m}^2} * 2,15 \frac{\text{m}^2}{\text{colector}} * 17 = 2193 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- ▶ CALEFACCIÓN SUELO RADIANTE: se colocan formando 10 paralelos.

$$Q = 60 \frac{\text{L}}{\text{h} * \text{m}^2} * 2,15 \frac{\text{m}^2}{\text{colector}} * 10 = 1290 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- ▶ PISCINA: se necesitan 3 paralelos

$$Q = 60 \frac{\text{L}}{\text{h} * \text{m}^2} * 2,15 \frac{\text{m}^2}{\text{colector}} * 3 = 387 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

CIRCUITO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA LÍQUIDO	PESO	PRECIO	CONSUMO ENERGÍA	EMISIONES CO2
PRIMARIO	TODAS	CM5-7 O-R-I-E-AQQE	[0, 60]	25,3	1007	1366 KWh/AÑO	752 kg/año
SECUNDARIO	ACS	ALPHA3 25-60 180	[2, 110]	2,15	BAJO PEDIDO	69 KWh/AÑO	39 KWh/AÑO
	SUELO RADIANTE	ALPHA2 25-40 180	[2, 110]	2,15	BAJO PEDIDO	33 KWh/AÑO	19 KWh/AÑO
	PISCI	ALPHA2 25-40 N 130	[0,110]	2,15	BAJO PEDIDO	26 KWh/AÑO	15 KWh/AÑO

Tabla 27: Resumen propiedades bombas elegidas

Como la superficie de captación es superior a 50 m², se montarán bombas de reserva en paralelo con las principales.

4.5.2. DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

- MÓDULO CANADIAN SOLAR: CS3U-360P

MODELO	CS3U-360P	
Potencia Nominal	360	Wp
I_{cc}	9,67	A
I_{pmp}	9,10	A
V_{oc}	47,00	V
V_{pmp}	39,6	V
V_{oc}(-10 °C)	48,50	V
Coef T^a	-	82,86
TONC	46,00	°C
CLASE II	760,00	V

Tabla 28: Propiedades eléctricas módulo solar CANADIAN SOLAR

DISPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Según se especifica en el PCT de instalaciones conectadas a red, la distancia mínima entre filas de módulos debe verificar las condiciones que se describen a continuación.

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura h que pueda proyectar sombras, debe ser tal que se garanticen al menos 4 horas de sol durante el mediodía del solsticio de invierno

Además se debe verificar en todo momento que esta distancia d sea como mínimo igual a $h \cdot k$, siendo k un factor adimensional al que, en este caso, se le asigna el valor $1/\tan(61^\circ - \text{latitud})$.

En la siguiente se recogen algunos valores significativos del factor k , en función de la latitud del lugar:

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,6	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Tabla 29: Valor del parámetro k en función de la latitud [13]

Por último se debe cumplir que la separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no sea inferior a $h \cdot k$, siendo en este caso h la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la posterior. Todas las medidas se efectúan con relación al plano que contiene las bases de los módulos.

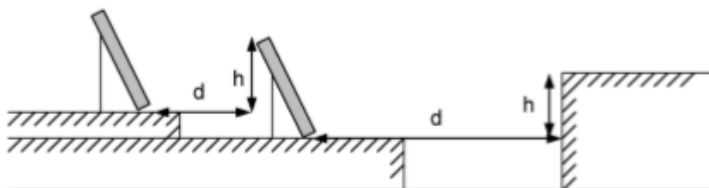


Ilustración 33: Esquema disposición placas solares [13]

En el caso de que los módulos se instalen sobre cubiertas inclinadas, y si el azimut de estos, el de la cubierta, o el de ambos, difieren del valor cero apreciablemente, el cálculo de la distancia entre filas debe efectuarse mediante la ayuda de un programa de sombreado para casos generales suficientemente fiable.

En este caso se instalarán, para cubrir la demanda eléctrica especificada anteriormente, un total de **170 módulos**, colocados en **17 paralelos de 10 series** cada uno. Esto supone ocupar una superficie de 628 m², lo cual es factible con la superficie de la que se dispone como se puede comprobar en la siguiente ilustración.

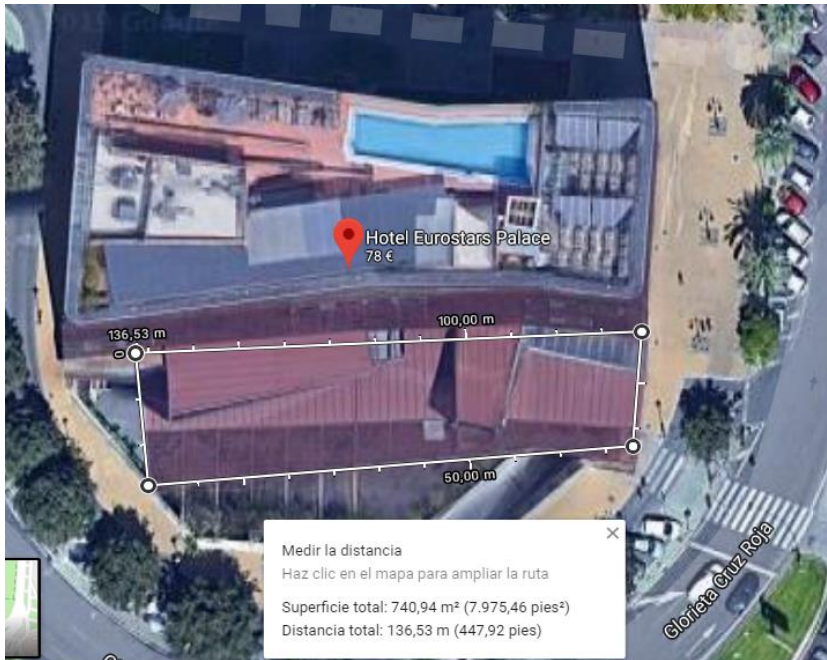


Ilustración 34: Superficie disponible para el montaje de los paneles solares [15]

Según especifica el fabricante, en la siguiente imagen se muestran las posibles configuraciones de conexión de los paneles:

Module types	Standard cables	Optional cables
CS3U-P, CS3U-MS, CS3K-P, CS3K-MS, CS3W-P, CS3L-P		

Ilustración 35: Configuración de los módulos solares CANADIAN SOLAR según fabricante

Los cables de conexión se dimensionarán según lo que se recoge en la ICT-BT-40, donde se indica que la intensidad no será inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red

de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal. Se utilizarán conductores de tensión asignada no inferior a 0,6/1KV con un recubrimiento que garantice las adversidades de la intemperie.

Existen dos tipos de circuitos, uno de corriente continua y otro de corriente alterna. Los primeros son los que parten de los paneles y llegan hasta los inversores y los segundos son los que salen de los inversores y llegan hasta el transformador.

Según lo especificado por el fabricante se emplearán cables de 4 mm² de cobre.

El cable a instalar será el siguiente:

CABLE RV-K-0.6/1 KV

Aplicación: Cable de baja tensión especialmente diseñado para conexiones industriales como instalaciones de edificios, redes de distribución...Permite la instalación bajo tubo o enterrado, así como en intemperie.

Tensión de servicio: 600 a 1.000 V.

Tensión de ensayo: 3.500 V.

Temperatura máxima: 90°C (permanente) y 250 °C (cortocircuito).

Aislamiento: polietileno reticulado.

Normas: UNE 21.123, IEC 502, UNE 20.432(1), IEC 332-1, AENOR

INVERSOR

Tras realizar varios cálculos y estimaciones, se escoge un inversor cuya potencia es un 120% mayor que la de los paneles, y cuyas características se resumen a continuación:

MODELO	INGECON SUN 50	
FABRICANTE	INGETEAM	
Potencia Nominal	55.000	W
V_{mp} mínima	405	V
V_{mp} máxima	750	V
V máx admitida	900	V
Potencia PV máx	65.000	Wp
I máx	130	A
V arranque	420	V
V parada	390	V

Tabla 30: Propiedades eléctricas inversor Ingecon Sun 50

CÁLCULO REGULADOR

Cálculo de la tensión del conjunto de placas solares:

$V_{mp\ sistema} = V_{mp/panel} * n^{\circ} \text{ paneles solares en serie} = 39,6 * 11 = 435,6 \text{ V}$

$V_{oc\ sistema} = V_{oc/panel} * n^{\circ} \text{ paneles solares en serie} = 47 * 11 = 517 \text{ V}$

Cálculo de la intensidad del campo fotovoltaico:

$I_{mp\ sistema} = I_{mp/panel} * n^{\circ} \text{ paneles solares en paralelo} = 1,25 * 9,1 * 16 = 182 \text{ A}$

$I_{sc\ sistema} = I_{sc/panel} * n^{\circ} \text{ paneles solares en paralelo} = 1,25 * 9,67 * 16 = 193,4 \text{ A}$

(El multiplicador 1,25 hace referencia al factor de corrección requerido por las normas NEC y CEC)

Atendiendo a estas características, se elige el siguiente regulador que verifica los límites de la instalación:

Regulador de carga de la batería fotovoltaica JNDX 200A 24-240V

Electrical parameter	parameter								
	DC 240 V	DC 220V	DC 216V	DC 192V	DC 120V	DC 110V	DC 96V	DC 48V	DC 24V
rated system voltage	DC 240 V	DC 220V	DC 216V	DC 192V	DC 120V	DC 110V	DC 96V	DC 48V	DC 24V
Rated charge current	200 A	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A	200A
The maximum allowable voltage	DC 320 V	DC 293V	DC 288V	DC 256V	DC 160V	DC 147V	DC 128V	DC 64V	DC 32V
Max input voltage	DC 450 V	DC 430V	DC 430V	DC 400V	DC 250V	DC 230V	DC 200V	DC 100V	DC 50V
Min input voltage	DC 300 V	DC 275V	DC 270V	DC 240V	DC 150V	DC 138V	DC 120V	DC 60V	DC 30V
Max input power(W)	48000	44000	43200	38400	24000	22000	19200	9600W	4800W
Static loss	<0. 2A								
Charge loop drop	≤0. 5V								
Discharge circuit of pressure drop	≤0. 3V								

Tabla 31: Propiedades eléctricas Regulador de carga JNDX 200 A-24-240 V

BATERÍAS

Para el cálculo de la capacidad de la batería necesaria se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Consumo} * \text{Autonomía}}{\text{Tensión} * \text{Profundidad}}$$

En la siguiente tabla se recoge la producción mensual:

Rad. Solar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
kWh/m ² día	3,510	4,100	5,377	5,431	6,081	6,567	6,922	6,699	6,105	4,809	3,639	3,208	5,204
(MJ/m ² día)	12,636	14,758	19,357	19,552	21,890	23,639	24,917	24,116	21,978	17,312	13,099	11,547	224,802
kWh	5367,2 93	5612,8 98	7712,1 41	7548,2 86	8663,4 79	8656,2 75	9231,4 23	8985,5 05	8059,1 13	6952,2 10	5290,7 87	4898,6 42	86978,0 51
												MWh	86,978
												%	5,359

Tabla 32: Cálculo de la producción mensual de los paneles fotovoltaicos

Según la tabla de producción, la mayor demanda tiene lugar durante el mes de Julio. Calculando la máxima demanda diaria se obtiene

$$\frac{9231,423 \text{ KWh}}{31 \text{ días}} \approx \frac{298 \text{ KWh}}{\text{día}}$$

Autonomía: se empleará un valor típico, 3 días

Tensión de trabajo: 48V

Profundidad de descarga: se empleará un valor típico, 0,7

$$\text{Capacidad} = \frac{298000 * 3}{48 * 0,7} = 26607,1Ah$$

Se obtiene un valor de capacidad muy elevado, por lo que será necesario la conexión de varias baterías en paralelo para alcanzar el amperaje requerido (aproximadamente 10 baterías). Sin embargo, la conexión de baterías en paralelo no es una configuración muy recomendable porque provoca fallos debido a que el sistema eléctrico no es perfecto, tales como:

- Carga no uniforme: los ciclos de carga y descarga se producen a velocidades muy rápidas debido a que alguna batería descompensa la lectura que hace el inversor/regulador de la energía.
- Poca autonomía de las baterías: debido a que el desgaste de alguna de las baterías provoca un descenso del voltaje del banco completo.
- Desgaste acelerado de las baterías: debido a que algunas trabajan más que otras al no tratarse de un sistema perfecto.

Aun así, como en esta instalación el porcentaje que se va a cubrir con fotovoltaica es muy bajo respecto a la demanda total, se espera que no haya variaciones bruscas de carga y descarga en las baterías.

BATERIA ESTACIONARIA BAE 48 V,2710 Ah

- Voltaje de la Batería: 48V
- Energía Útil Almacenada: 50%
- Medidas de la Batería: 215 x 400 x 815 (alto x ancho x alto). Medida por vaso estacionario.

- Posición de Trabajo de la Batería: Bornes en la parte superior
- Amperios-Hora de la Batería: 2710Ah
- Garantía de la Batería: 2 años (a partir de los 6 meses con peritaje industrial)

DOCUMENTO N°2: PLANOS

PLANO N°1: Situación y Emplazamiento

PLANO N°2: Simulación teórica alzado lateral

PLANO N°3: Simulación teórica alzado frontal

PLANO N°4: Simulación teórica sección alzado lateral

PLANO N°5: Simulación teórica sección alzado frontal

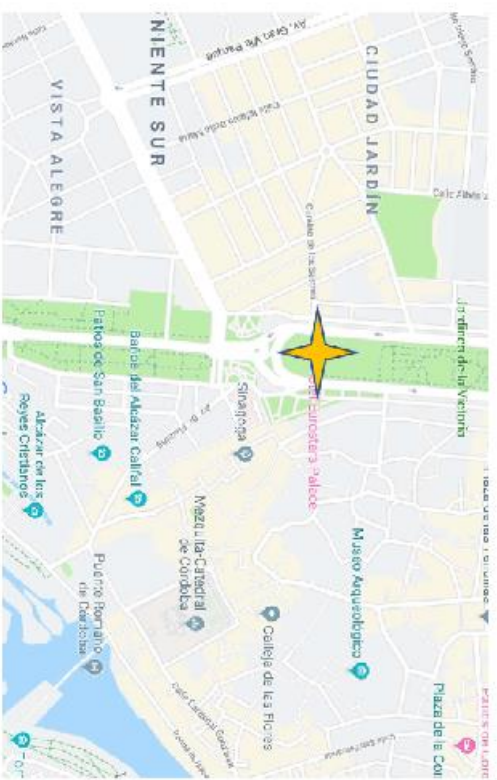
PLANO N°6: Simulación teórica detalle planta principal

PLANO N°7: Simulación teórica detalle plantas 2 a 6

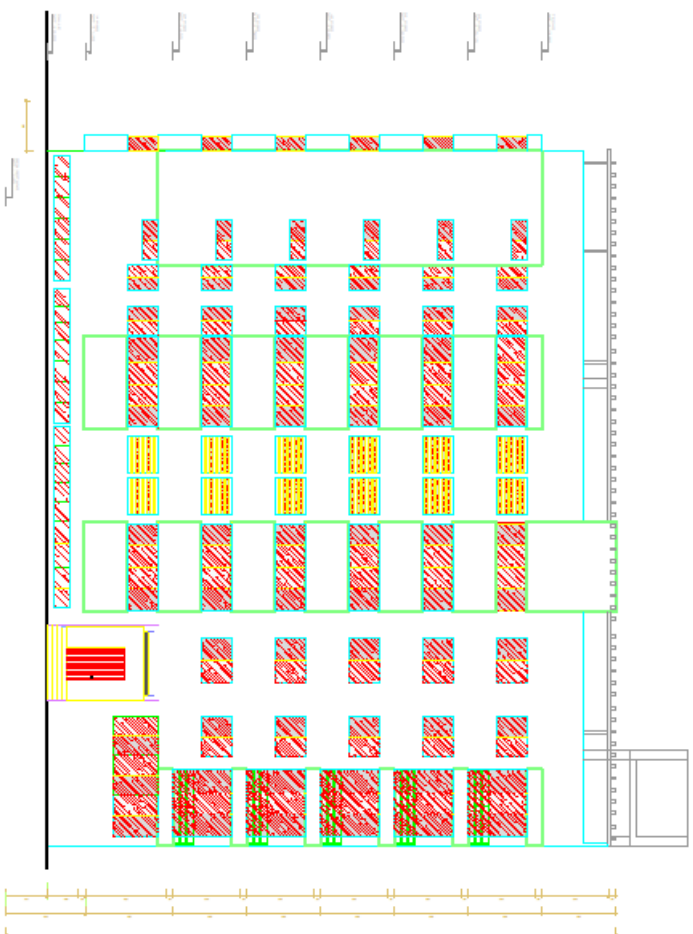
PLANO N°8: Esquema de principio instalación solar térmica

PLANO N°9: Esquema de principio instalación solar fotovoltaica

PLANO N°10: Ubicación teórica instalaciones solares en azotea



EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano:	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	
1		
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha: Julio 2019	Escala: N/A	



EFICIENCIA ENERGÉTICA CON
RENOVABLES EN UN HOTEL

I.C.A.I.

Nº plano:

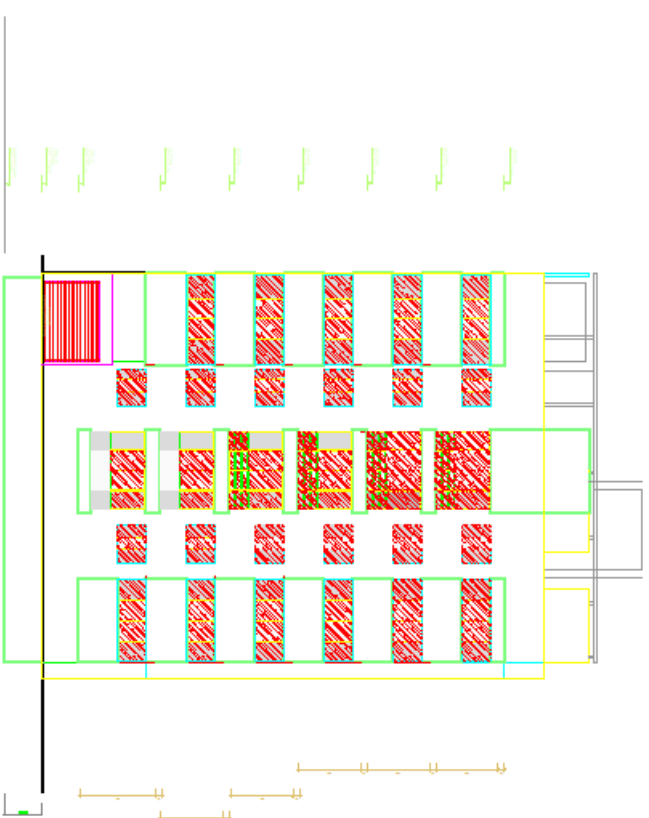
2

SIMULACIÓN TEÓRICA ALZADO LATERAL

PALOMA REINOSO OTERO

Fecha: Julio 2019

Escala: 1:50



EFICIENCIA ENERGÉTICA CON
RENOVABLES EN UN HOTEL

I.C.A.I.

Nº plano:

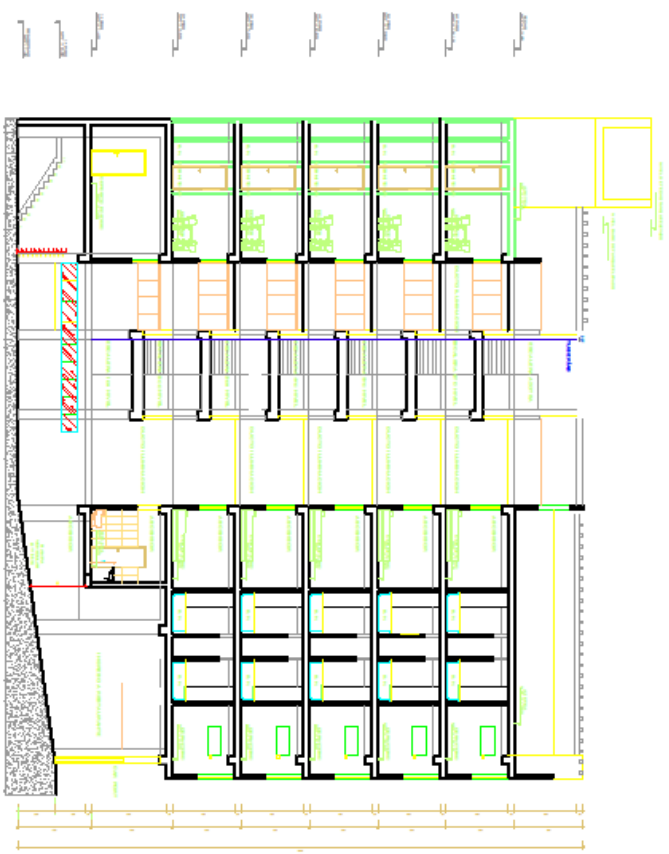
3

SIMULACIÓN TEÓRICA ALZADO FRONTAL

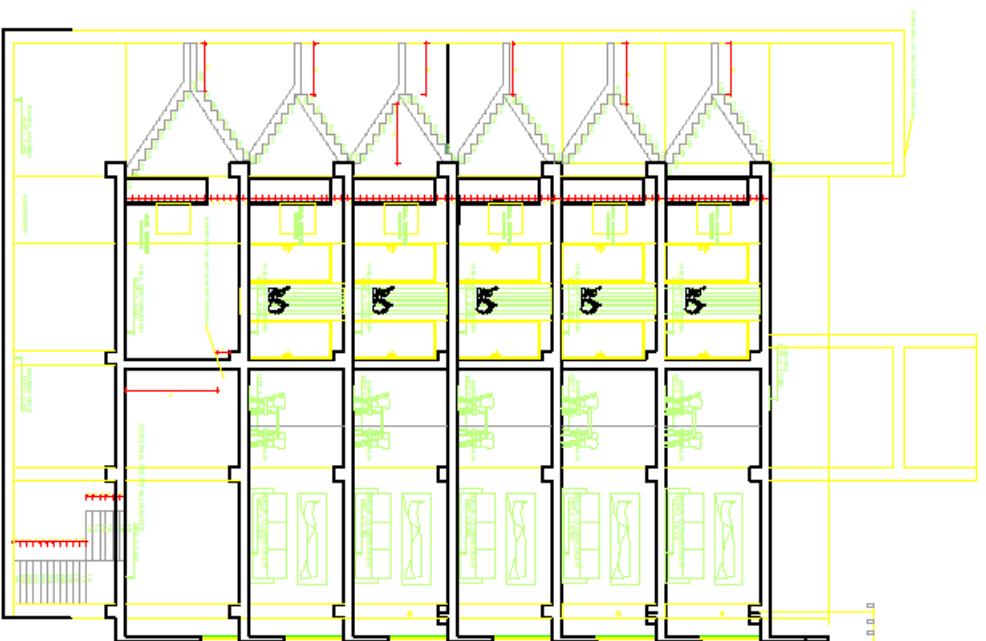
PALOMA REINOSO OTERO

Fecha: Julio 2019

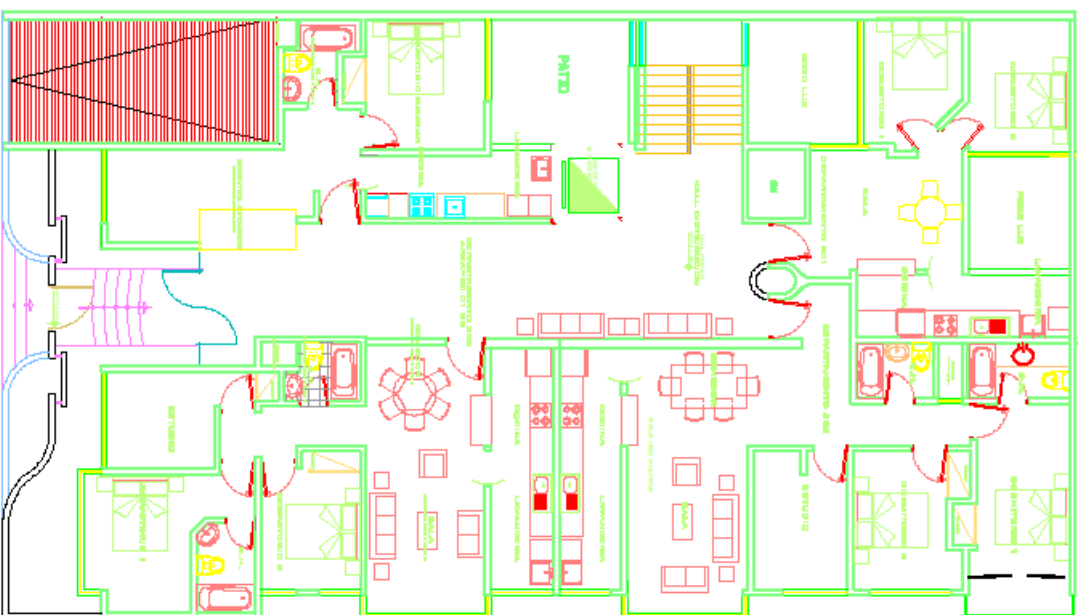
Escala: 1:50



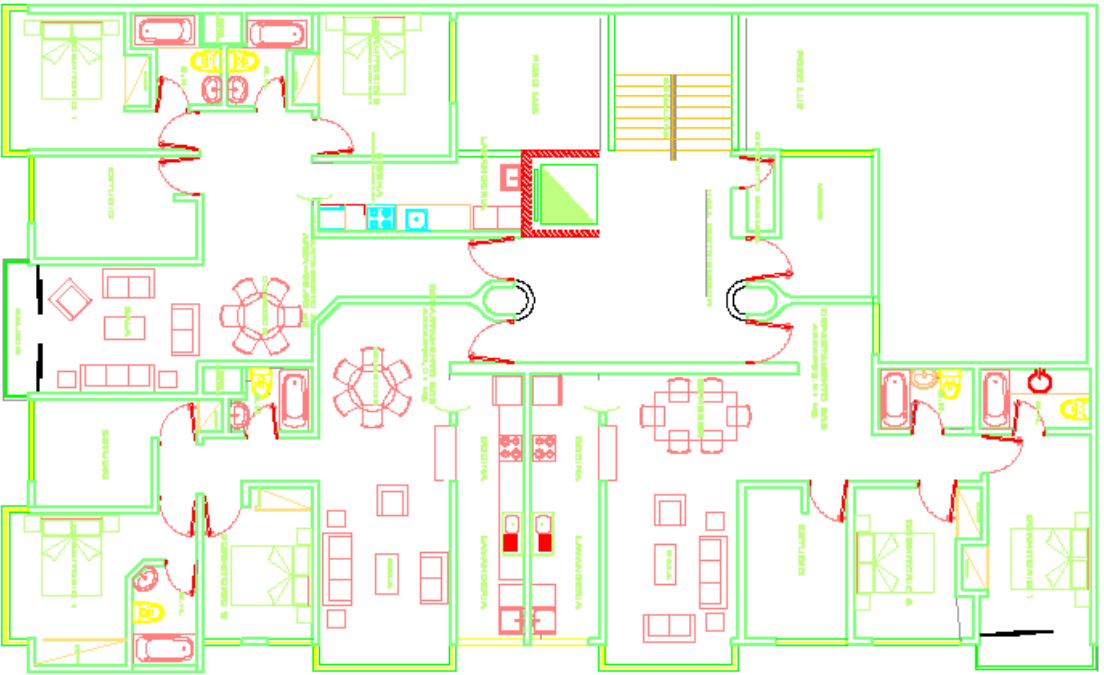
EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano:	4	SIMULACIÓN TÉCNICA SECCIÓN ALZADO LATERAL
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha:	Julio 2019	Escala: 1:50



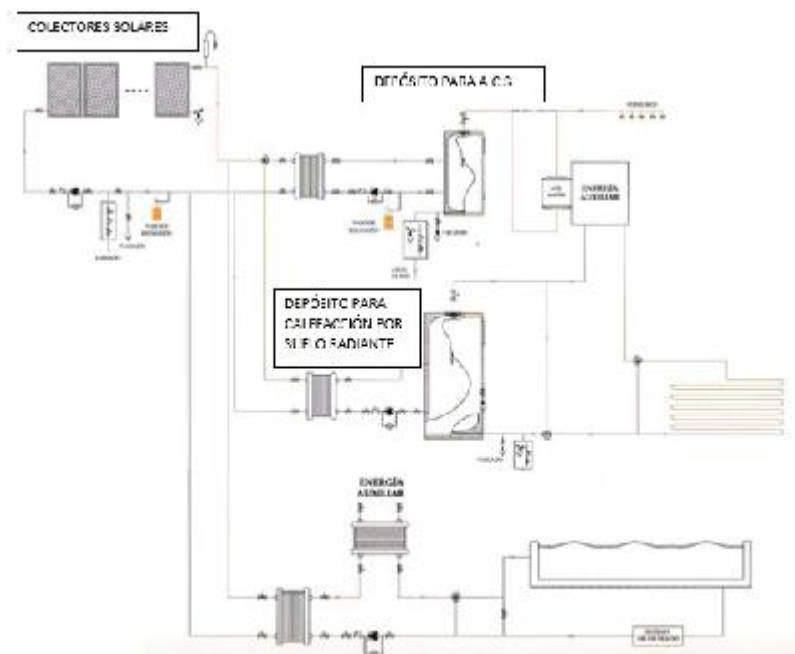
EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano: 5	SIMULACIÓN TEÓRICA SECCION ALZADO FRONTAL	
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha: Julio 2019	Escala: 1:50	



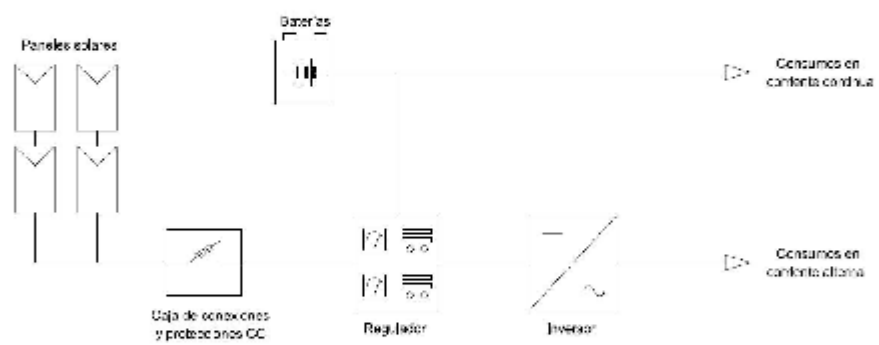
EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano: 6	SIMULACIÓN TÉCNICA DETALLE PLANTA PRINCIPAL	
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha: Julio 2019	Escala: 1:50	



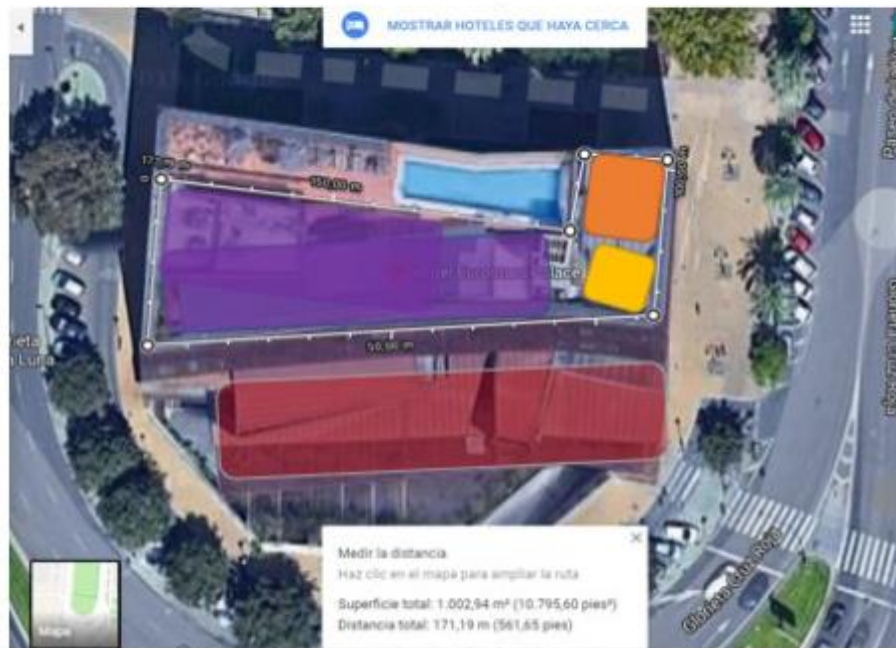
EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano:	SIMULACIÓN TEÓRICA DETALLE PLANTAS 2A6	
7		
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha: Julio 2019	Escala: 1:50	



EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano:	ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	
8		
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha: Julio 2019	Escala: N/A	



EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano:	ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	
9		
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha: Julio 2019	Escala: N/A	



- UBICACIÓN: INVERSOR, BATERÍAS Y REGULADOR DE CARGA
- UBICACIÓN DEPÓSITO ACS Y SUELO RADIANTE
- UBICACIÓN PANELES FOTOVOLTAICOS
- UBICACIÓN PANELES TÉRMICOS

EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL		I.C.A.I.
Nº plano:	UBICACIÓN TEÓRICA INSTALACIONES SOLARES	
10		
PALOMA REINOSO OTERO		
Fecha: Julio 2019	Escala: N/A	

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES
TÉCNICAS Y NORMATIVA

Se recogen a continuación las principales disposiciones que se deben cumplir de acuerdo con los Pliegos de Condiciones Técnicas (PCT) publicados por el IDAE sobre instalaciones conectadas a red e instalaciones de baja temperatura.

REQUISITOS GENERALES

Objeto y campo de aplicación.

El presente documento tiene por objeto determinar las condiciones técnicas mínimas para calentamiento de líquido que deben cumplir las instalaciones solares térmicas, especificando los requisitos de durabilidad, seguridad y fiabilidad. Este documento es de aplicación a todos los sistemas que formen parte de las instalaciones, ya sean hidráulicos, mecánicos, eléctricos o electrónicos. En el caso de instalaciones solares con almacenamiento estacionales este documento no es de aplicación.

En cuanto a las instalaciones fotovoltaicas, este documento pretende fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir aquellas que se conecten a la red de distribución. Servirá de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología. Asimismo, valorará la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración.

Siempre que esté debidamente justificada la necesidad y no implique una disminución de las exigencias mínimas de calidad, se podrán adoptar soluciones diferentes a las recogidas en este documento. Estas podrán deberse a la propia naturaleza del proyecto o al desarrollo tecnológico.

Generalidades

Las instalaciones solares térmicas deberán verificar también lo recogido en los siguientes documentos:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT)
- Serie de normas UNE sobre energía solar térmica listadas en el Anexo I
- Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica.

En cuanto a las instalaciones solares fotovoltaicas serán de aplicación las siguientes normativas:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

En caso de que existieran posibles discrepancias entre este PCT y lo dispuesto en alguno de estos documentos, o bien si estos resultaran más restrictivos, siempre prevalecerán sobre las condiciones técnicas expuestas en el PCT.

En las instalaciones solares térmica se debe tener en cuenta que todas aquellas instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$, estarán obligadas al cumplimiento de lo recogido en el PCT. Se consideran las siguientes clases de instalaciones a efectos de requisitos mínimos:

- Sistemas solares de calentamiento prefabricados: son lotes de productos que se venden como equipos listos y completos para instalar. Tienen configuraciones fijas y una marca registrada. Por tanto, se consideran como un solo producto y se evalúan como un todo en un laboratorio de ensayo. Si un sistema se modifica cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema y será necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.
- Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos: son sistemas contruidos de forma única o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Son considerados como un conjunto de componentes que se ensayan de forma separada. Los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Se subdividen en dos categorías:
 - Sistemas grandes a medida: diseñados generalmente por ingenieros, fabricantes y otros expertos únicamente para una situación específica.
 - Sistemas pequeños a medida: son ofrecidos por una Compañía y descritos en el “archivo de clasificación”, donde se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

Tabla 1. División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida.

Sistemas solares prefabricados (*)	Sistemas solares a medida (**)
Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.	Sistemas de circulación forzada (o de termosifón) para agua caliente y/o calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas, montados usando componentes y configuraciones descritos en un archivo de documentación (principalmente sistemas pequeños).
Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria.	
Sistemas con captador-depósito integrados (es decir, en un mismo volumen) para agua caliente sanitaria.	Sistemas únicos en el diseño y montaje, utilizados para calentamiento de agua, calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas o usos industriales (principalmente sistemas grandes).

(*) También denominados “equipos domésticos” o “equipos compactos”.

(**) También denominados “instalaciones diseñadas por elementos” o “instalaciones partidas”.

Dependiendo del rango de temperaturas de trabajo y según el coeficiente global de pérdidas de los captadores, se considerarán dos grupos a efectos de limitar o permitir:

- Podrán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$ las instalaciones destinadas exclusivamente a: producir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, precalentamiento de agua de aporte de procesos industriales, calefacción por suelo radiante o “fan-coil” u otros usos a menos de $60 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a $4,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$ las instalaciones destinadas a: climatización, calefacción por sistemas diferentes a suelo radiante o “fan-coil”, u otros usos en los cuales la temperatura del agua de aporte a la instalación solar y la de referencia de producción se sitúen en niveles semejantes.

En ambos grupos el rendimiento medio anual de la instalación deberá ser mayor del 30 %. El coeficiente global de pérdidas es la pendiente de la curva que representa la ecuación del rendimiento o eficiencia del captador. Si se utiliza una ecuación de segundo grado, se tomará igual a $a_1 + 30 a_2$, siendo a_1 y a_2 los coeficientes de la ecuación de eficiencia del captador (norma UNE-EN 12975-2).

Requisitos generales

► INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Fluido de trabajo

En el circuito primario se empleará como fluido de trabajo agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, dependiendo de las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Como aditivos se emplean generalmente los anticongelantes, aunque también se pueden utilizar en ocasiones aditivos anticorrosivos.

Si se utilizara otro fluido térmico se deberá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado. En cualquier caso el pH a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- La salinidad del agua del circuito primario no será superior a 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante (sin sobrepasar los 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Si no se cumpliera con estos valores el agua deberá ser tratada.

Los circuitos se diseñarán para evitar cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que intervengan en la instalación. Se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Las aguas que se exigen para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, no deben sufrir ningún tipo de modificación en sus características que pueda afectar al mismo.

Protección contra heladas

La temperatura mínima permitida en el sistema deberá ser fijada por el fabricante, el suministrador final, el instalador o el diseñador del sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportarla sin que se produzcan daños permanentes en el sistema. Así mismo, cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda ser inferior a 0°C, estará protegido frente a heladas

El método de protección anti-heladas empleado en el sistema será descrito por el fabricante. Como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

- Mezclas anticongelantes.
- Recirculación de agua de los circuitos.
- Drenaje automático con recuperación de fluido.
- Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados).

Mezclas anticongelantes

Como anticongelantes podrán utilizarse aquellos productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0 °C (el punto de congelación será acorde con las condiciones climáticas del lugar).

Su calor específico no será nunca inferior a 3 kJ/(kgK), medido a una temperatura 5 °C menor que la mínima histórica registrada.

Para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante se deberán tomar precauciones que deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

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

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar que sirva para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, evitando que se utilice un fluido

para la reposición cuyas características incumplan el PCT. Esto será obligatorio en los casos que exista riesgo de heladas o cuando el agua deba tratarse.

En cualquier caso, no se permitirán las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

Recirculación del agua del circuito

Asegurará que el fluido se encuentre en movimiento cuando exista riesgo de heladas. Cuando la temperatura detectada, preferentemente en la entrada de captadores o salida o aire ambiente circundante, alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C) actuará el sistema de control, activando la circulación del circuito primario. Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los períodos de baja temperatura sean de corta duración. Siempre que sea posible, se evitará la circulación de agua en el circuito secundario.

Drenaje automático con recuperación del fluido

En los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente, el fluido es drenado a un depósito para su posterior uso cuando haya riesgo de heladas. La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

Cuando la temperatura detectada en los captadores alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C), el sistema de control actuará sobre la electroválvula de drenaje. Se realizará el vaciado del circuito a un tanque auxiliar de almacenamiento, debiéndose prever un sistema de llenado de captadores para recuperar el fluido. Para mantener la presión de suministro de agua caliente en el acumulador es necesario utilizar un intercambiador de calor entre los captadores y el acumulador.

Sistemas de drenaje al exterior

Se emplean únicamente en sistemas solares prefabricados. Cuando hay riesgo de heladas el fluido presente en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado al exterior. La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante (en el manual de instalador al menos en 20 mm/m).

Sobrecalentamientos

Protección contra sobrecalentamientos

El diseño del sistema será tal que permita, en el caso de altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, que el usuario no tenga que realizar ninguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

En los casos en que el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando se disponga de aguas duras (contenido en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l) se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier

punto del circuito de consumo no supere los 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionela.

En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

Protección contra quemaduras

En sistemas de ACS donde la temperatura en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C, se deberá instalar un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C. En la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El diseño del sistema deberá verificar que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

Resistencia a presión

Se deberán cumplir lo dispuesto en la norma UNE-EN 12976-1. En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la red para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

Prevención de flujo inverso

El diseño del sistema deberá garantizar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes como consecuencia de flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

Se puede favorecer la circulación natural que produce el flujo inverso cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador. Por tanto, se habrá de tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

Prevención de la legionelosis

El Real Decreto 865/2003 se deberá cumplir en aquellos casos que sea de aplicación. La temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla, necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador.

La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C por lo que no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

► **INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS**

Se debe asegurar un grado de aislamiento eléctrico mínimo de tipo básico clase I, tanto para equipos (módulos e inversores), como para materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65. Además, se

incorporarán todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico, evitando averías en la red, disminuciones de las condiciones de seguridad o alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable. Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Se protegerán contra agentes ambientales, en especial contra la humedad y la radiación solar, aquellos materiales situados en intemperie.

Se asegurará la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos y sobrecargas mediante distintos elementos de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica.

La Memoria de Diseño o Proyecto incluirá fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Será deseable una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

CONFIGURACIONES BÁSICAS

► INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Clasificación de las instalaciones

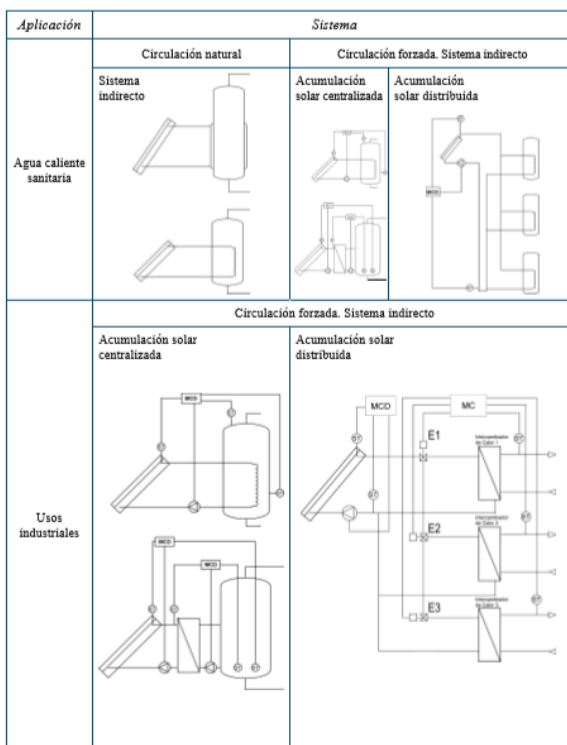
Se aplican los siguientes criterios de clasificación atendiendo a los diferentes objetivos considerados en este PCT:

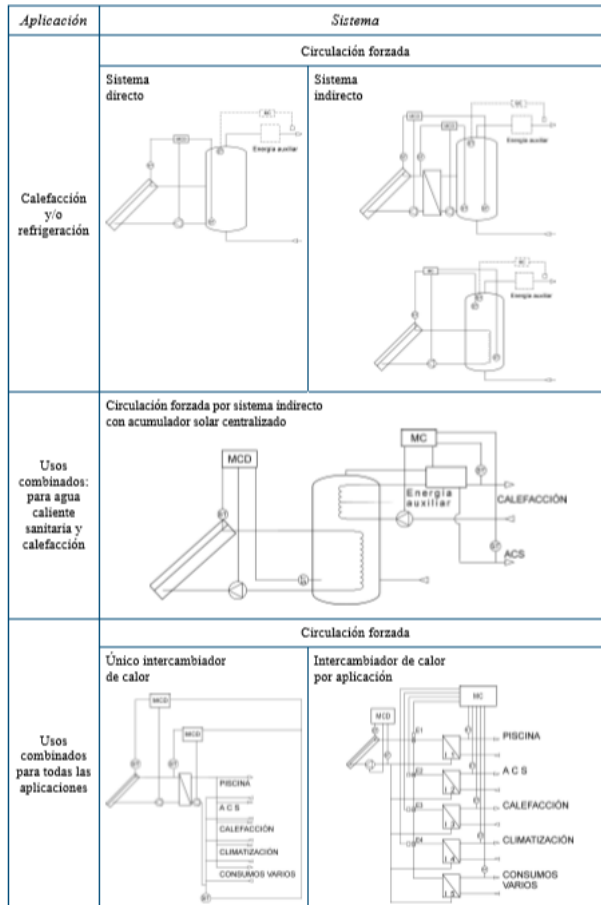
- El principio de circulación:
 - Instalaciones por termosifón o circulación natural
 - Instalaciones por circulación forzada

- El sistema de transferencia de calor:
 - Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador de calor
 - Instalaciones con intercambiador de calor independiente
 - Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar
 - Sumergido
 - De doble envolvente

- El sistema de expansión:
 - Sistema abierto
 - Sistema cerrado
- El sistema de energía auxiliar:
 - Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar
 - Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual
 - Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado
 - Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos
 - Sistema de energía auxiliar en línea centralizado
 - Sistema de energía auxiliar en línea distribuido
 - Sistema de energía auxiliar en paralelo
- La aplicación:
 - Instalaciones para calentamiento de agua sanitaria
 - Instalaciones para usos industriales
 - Instalaciones para calefacción
 - Instalaciones para refrigeración
 - Instalaciones para climatización de piscinas
 - Instalaciones de uso combinado
 - Instalaciones de precalentamiento

En la siguiente figura se recogen distintas configuraciones de instalaciones recomendadas según el tipo de aplicación. Pueden existir otras y combinaciones de las anteriores, pues se recogen las más usuales. Si se utilizan configuraciones diferentes a las que se recogen aquí, se recomienda que den lugar a prestaciones o ganancias solares similares a las obtenidas con éstas.





► INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

Sistemas generadores fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

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.

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

► INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Dimensionado y cálculo

Datos de partida

Dos grupos de parámetros constituyen los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación: las condiciones de uso y las condiciones climáticas.

Condiciones de uso: vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo:

- Para aplicaciones de A.C.S, la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente
- Para aplicaciones de calentamiento de piscinas, la demanda energética se calcula en función de las pérdidas de esta.
- Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, que se calcula según lo especificado en el RITE.
- Para aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discreto o continuo y el tiempo de duración de este.
- Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

Condiciones climáticas: vienen dadas según la temperatura ambiente diaria, la radiación global total en el campo de captación y la temperatura del agua de la red. Podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

Si no se dispone de estos datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por Censolar. En el caso de piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del local será entre 2 °C y 3 °C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 °C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55 % y el 70 %, siendo recomendable escoger el valor de diseño 60%.

Dimensionado básico

El dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida hace referencia a la selección de la superficie de captadores solares y al volumen de acumulación solar en caso de que exista.

En el caso de los sistemas solares prefabricados, el dimensionado hace referencia a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de A.C.S. a la que está destinado.

En cualquier caso, independientemente de su aplicación, debe realizarse el dimensionamiento básico de tal manera que la energía producida por la instalación no

supere en ningún mes del año el 110% de la demanda de consumo, y en no más de tres meses supere el 100%.

Cuando se trate de instalaciones con un marcado carácter estacional, no se tendrán en consideración aquellos periodos de tiempo en los que la demanda se sitúe un 50% debajo de la media correspondiente al resto del año. En estos casos deberán tomarse las medidas de protección correspondientes.

En las instalaciones a medida se podrá utilizar cualquiera de los métodos de cálculo comerciales aceptados por fabricantes, instaladores y proyectistas. Este deberá especificar, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Incluirá también las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- Las fracciones solares medias mensuales y anual.
- El rendimiento medio anual.

A partir de los resultados de ensayo del sistema se seleccionará el sistema solar prefabricado a utilizar. Se tendrá en cuenta que debe cumplir lo especificado en el RITE.

Con independencia de lo especificado anteriormente, en el caso de A.C.S se debe tener en cuenta que el sistema solar se diseñará y calculará en función del aporte de energía diario y no en función de la potencia del generador (captadores solares). Por tanto, la acumulación será prevista en función de la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

El área total de los captadores para esta aplicación tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

siendo A el área total de los captadores (expresada en m²), y V el volumen del depósito de acumulación solar (en litros), cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M: $V = M$.

En el caso de instalaciones con fracciones solares bajas, se considerará el uso de relaciones V/A pequeñas. Para instalaciones con fracciones solares elevadas, se aumentará dicha relación.

Para instalaciones destinadas exclusivamente a la climatización de piscinas, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrá utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario.

Para instalaciones de climatización se dimensionará el volumen de acumulación para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora. De cualquier forma se recomienda usar una relación de V/A entre 25 l/m² y 50 l/m².

Diseño del sistema de captación

Generalidades

Según la legislación vigente, el captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia. Un laboratorio acreditado deberá certificar los ensayos realizados sobre el captador, así como las curvas de rendimiento obtenidas por dicho laboratorio. Por criterios energéticos y constructivos, se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo.

Conexión

Los captadores se dispondrán en filas constituidas por el mismo número de elementos, si es posible. Las filas de captadores pueden conectarse entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, instalando válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, para que puedan utilizarse como aislamiento de estos componentes durante las labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Los captadores se conectarán en serie o en paralelo dentro de cada fila. Se tendrá en cuenta para el número de captadores que se pueden conectar en las limitaciones del fabricante. La superficie de una fila de captadores conexiónados en serie no será superior a 10 m².

En algunos casos de usos industriales y refrigeración por absorción podrá elevarse a lo máximo permitido por el fabricante, si estuviese justificado.

El número de captadores conexiónados en serie en el caso de A.C.S, no será superior a lo fijado en la sección H4 (“Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”) del Código Técnico de la Edificación. Se deberá asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. Mediante el sistema de retorno invertido se debe alcanzar un flujo equilibrado. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado. Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

Estructura soporte

El fabricante especificará los valores máximos de s_k (carga de nieve) y v_m (velocidad media de viento) si el sistema posee una estructura soporte montada, normalmente, en el exterior. Esto se hará de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 y deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas. Así, el sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde estos valores sean menores que los máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura así como el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico. El número de puntos de sujeción del captador será suficiente teniendo en cuenta 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 arrojarán sombra sobre estos últimos.

Diseño del sistema de acumulación solar

Generalidades

Deberán verificar los requisitos recogidos en UNE EN 12897 tanto los acumuladores para A.C.S como las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable

La configuración de los acumuladores será preferentemente vertical, ubicándose en zonas interiores. En el caso de aplicaciones combinadas con acumulación centralizada, será obligatorio la configuración vertical del depósito, verificando además que la relación altura/diámetro de este sea superior a dos.

Si el acumulador está directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá colocarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis (RD 865/2003, 4 de julio).

En aplicaciones para A.C.S. es necesario prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de manera que se pueda calentar este último con el auxiliar, cumpliendo con las medidas de prevención de legionela. Otros métodos de tratamiento anti-legionela podrán ser propuestos. Deberán cumplirse los requisitos establecidos para el diseño del sistema de intercambio aunque los acumuladores solares tengan el intercambiador de calor incorporado. Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

Situación de las conexiones

Para que el aprovechamiento de la energía captada sea máximo y se eviten las pérdidas de estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones será la siguiente:

- a. La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- b. La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c. En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.
- d. En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

Con el objetivo de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla, es recomendable equipar la/s entrada/s de agua de retorno de consumo con una placa

deflectora en la parte interior. Las conexiones de entrada y salida se situarán evitando caminos preferentes de circulación del fluido.

Sistema auxiliar en el acumulador solar

Para evitar la disminución de las posibilidades de una instalación solar de obtener las prestaciones energéticas que se pretende, no se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar. Sin embargo, y siempre que existan circunstancias específicas en la instalación que lo demanden (excepto en los casos de producción de A.C.S. y climatización de piscinas), se podrá considerar la incorporación de energía convencional en el acumulador solar. En este caso, será necesario presentar una descripción detallada de todos los sistemas y equipos empleados, justificando suficientemente que se produce el proceso de estratificación y que además se verifique en el acumulador solar el cumplimiento, como mínimo, de todas y cada una de las siguientes condiciones:

1. Deberá tratarse de un sistema indirecto: acumulación solar en el secundario.
2. Volumen total máximo de 2000 litros.
3. Configuración vertical con relación entre la altura y el diámetro del acumulador no inferior a 2.
4. Calentamiento solar en la parte inferior y calentamiento convencional en la parte superior considerándose el acumulador dividido en dos partes separadas por una de transición de, al menos, 10 centímetros de altura. La parte solar inferior deberá cumplir con los criterios de dimensionado de estas prescripciones y la parte convencional superior deberá cumplir con los criterios y normativas habituales de aplicación.
5. La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador solar al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75 % de la altura total del mismo, y siempre por debajo de la zona de transición. La conexión de salida de agua fría hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador.
6. Las entradas de agua estarán equipadas con una placa deflectora o equivalente, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.
7. No existirá recirculación del circuito de distribución de consumo de A.C.S.

En cualquier caso, queda a criterio del IDAE el dar por válido el sistema propuesto. En el caso de equipos prefabricados que no cumplan lo indicado anteriormente y que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

Diseño del sistema de intercambio

El intercambiador independiente tendrá una potencia mínima de diseño, P , en vatios, en función del área de captadores A , en metros cuadrados, que cumplirá la siguiente condición:

$$P \geq 500A$$

Será de placas de acero inoxidable o cobre y se diseñará para soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación. El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar podrá ser de tipo sumergido (de serpentín o haz tubular) o de doble envolvente, y estará situado en la parte inferior de este último.

La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En caso de aplicación para A.C.S se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60°C y siempre en el punto más alejado de consumo hay que asegurar 50 °C.

Diseño del circuito hidráulico

Generalidades

El diseño del circuito hidráulico deberá ser equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado. Los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

En caso de aplicación para A.C.S, el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

Tuberías

La longitud de las tuberías del sistema deberá ser lo más corta posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. El diseño y los materiales deberán ser tales que reduzcan la posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos, pues influirían drásticamente en el rendimiento del sistema.

Bombas

Aquellos circuitos de captadores dotados con una bomba de circulación deberán vigilar que la caída de presión se mantenga aceptablemente baja en todo el circuito.

Las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, siempre que sea posible, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación. El eje de rotación se colocará en posición horizontal.

Aquellas instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m² deberán disponer de dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática. Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

En instalaciones de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores, evitando que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, y prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

Vasos de expansión

Se conectarán siempre que sea posible en la aspiración de la bomba. Si no se cumple el punto anterior, la altura a la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que

asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

Purga de aire

Se colocarán en los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado. Estarán constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático, siendo el volumen útil del botellín superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

Drenaje

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

Diseño del sistema de energía auxiliar

Las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar que asegure la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica.

Por razones de eficiencia energética se desaconseja la utilización de energía eléctrica obtenida por efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas. Además, queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que solamente entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

1. Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.
2. En el caso de la instalación de una resistencia eléctrica como sistema de energía auxiliar dentro del acumulador solar, su conexión sólo podrá hacerse mediante un pulsador manual, salvo que se apruebe expresamente otro procedimiento, y la desconexión será automática a la temperatura de referencia. Adicionalmente, se instalará un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario. La documentación a entregar al usuario deberá contener instrucciones claras de operación del sistema auxiliar y deberá ser previamente aprobada por el IDAE.
3. No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevea elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.
4. Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
 - Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.
5. Para sistemas con energía auxiliar en paralelo y especialmente en aplicaciones de climatización, usos industriales y otras aplicaciones en ese rango de temperaturas, es necesario un sistema de regulación del agua calentada por el sistema solar y auxiliar de forma que se aproveche al máximo la energía solar.

En los puntos 4 y 5, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible. Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 865/2003.

Este punto no se aplicará en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

En caso de climatización, el termostato de control estará ajustado en función de la aplicación de frío o calor de forma automática o manual. Si el sistema de energía auxiliar es eléctrico, la potencia correspondiente será inferior a 300 W/m². Para instalaciones de tamaño inferior a 5 m² la potencia podrá ser de 1500 W. En el caso de resistencias sumergidas, los valores de potencia disminuirán hasta 150 W /m² y hasta 750 W para instalaciones de tamaño inferior a 5 m².

Diseño del sistema eléctrico y de control

El funcionamiento correcto de las instalaciones estará asegurado con el diseño del sistema de control. Se procurará obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control consta de los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

EL sistema de control es el encargado de asegurar que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos. Este sistema realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, con independencia de que realice otras funciones.

Actuará y estará ajustado de manera que las bombas estén paradas cuando la diferencia de temperaturas sea inferior a 2°C y estén en marcha 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 de 2°C. Así se conseguirá que el funcionamiento de la parte solar de una instalación sea óptimo. Se podrán instalar también dos controladores diferenciales para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación siempre que exista intercambiador exterior.

Además, el sistema de control deberá asegurar que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura 3º superior a la de

congelación del fluido. Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación... o por combinación de varios mecanismos. 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. Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente 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.

Diseño del sistema de monitorización

Las instalaciones mayores de 20 m² deberán disponer, al menos, de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

OPCIÓN 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red
- Temperatura de salida del acumulador solar
- Caudal de agua fría de red

OPCIÓN 2:

- Temperatura inferior del acumulador solar
- Temperatura de captadores
- Caudal por el circuito primario

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

► **INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS**

Diseño del generador fotovoltaico

Todos los módulos utilizados en la instalación serán del mismo modelo y, en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación.

En casos excepcionales que se utilicen módulos no cualificados, se justificará adecuadamente su uso y se aportará la documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

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.

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 ± 3 % de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será deseable 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.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización será de fácil acceso para el usuario y deberá proporcionar medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.

Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispra “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A”, Report EUR16338 EN.

Integración arquitectónica

En la Memoria de Diseño o Proyecto se recogerán las condiciones de la construcción y de la instalación en el caso de realizar una instalación integrada desde el punto de vista arquitectónico, así como la descripción y justificación de las soluciones elegidas.

Las condiciones de la construcción se refieren al estudio de características urbanísticas, implicaciones en el diseño, actuaciones sobre la construcción, necesidad de realizar obras de reforma o ampliación, verificaciones estructurales, etc. que, desde el punto de vista del profesional competente en la edificación, requerirían su intervención.

Las condiciones de la instalación se refieren al impacto visual, la modificación de las condiciones de funcionamiento del edificio, la necesidad de habilitar nuevos espacios o ampliar el volumen construido, efectos sobre la estructura, etc.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Constitución Española de 27 diciembre de 1978
- RD 244/2019: regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo, y de producción con autoconsumo.
- RD-L 15/2018: medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- RD 413/2014: regulación de la producción eléctrica a partir de fuentes renovables, cogeneración o residuos.
- RD 1699/2011: regulación de la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de baja potencia.
- RD 1955/2000: regulación de las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas.
- Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- Ley número 88/67 de 8 de noviembre: Sistema Internacional de Unidades de Medida SI.
- 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 de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.
- 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.

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)
- R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. B.O.E. nº 256, de 25 de octubre.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- REAL DECRETO 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Código de Circulación.
- R.D. 286/2006 sobre Protección de los Trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- REAL DECRETO 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- R.D. 1407/92 sobre comercialización de EPI's.
- R.D. 773/97 de EPI's.
- R.D. 485/97 de 14 de abril, sobre señalización
- R.D. 486/97 de 14 de abril, sobre lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril, sobre manipulación de cargas.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio, sobre equipos de trabajo.
- Reglamento sobre almacenamientos de productos químicos.
- Directivas de la U.E. vigentes sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Cualquier otra disposición sobre la materia en vigor o que se promulgue durante la vigencia de las presentes Normas.

NORMATIVA DE CONSULTA

- 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.
- 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-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 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de energía térmica.
- EN 60335-1/1995: Safety of household and similar electrical appliances. Part 1: General requirements (IEC 335-1/1991 modified).
- EN 60335-2-21: Safety of household and similar electrical appliances. Part 2: Particular requirements for storage water heaters (IEC 335-2-21/1989 + Amendments 1/1990 and 2/1990, modified).
- ENV 61024-1: Protection of structures against lightning. Part 1: General principles (IEC 1024-1/1990, modified).
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- ISO 9488: Energía solar. Vocabulario.

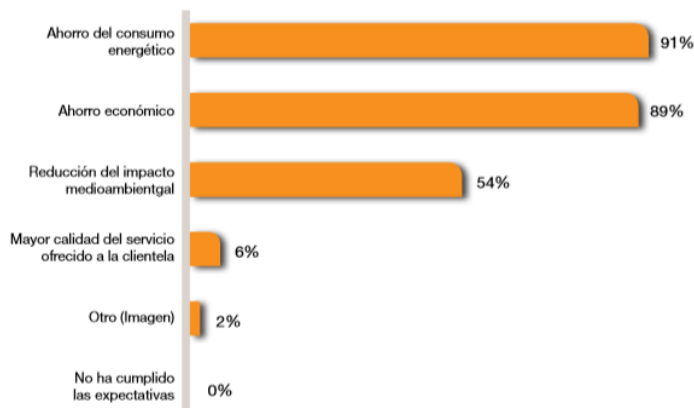
Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO Y
ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA

Un proyecto de ingeniería surge, principalmente, para dar respuesta a una necesidad. Como se ha descrito con anterioridad, en este proyecto se da solución a las siguientes:

- Disminuir la dependencia energética de fuentes convencionales y del exterior.
- Contribuir a frenar los efectos que se derivan de la emisión de gases nocivos para el medio ambiente.
- Alcanzar un beneficio económico gracias al aprovechamiento de una fuente de energía gratuita que se recibe de manera directa en el emplazamiento deseado.

Este último punto es el más relevante a la hora de aprobar un proyecto, y por tanto se analiza a continuación si la implantación de estos nuevos sistemas solares además de un ahorro energético supone también un ahorro económico. En torno al 90% de los hoteles que implantan medidas relacionadas con la eficiencia energética obtienen principalmente beneficios en el ahorro energético y económico. [3]



A continuación se resumen los costes iniciales derivados de la instalación y que determinan la inversión del proyecto:

PRESUPUESTO PROYECTO DE EJECUCIÓN	
SISTEMA FOTOVOLTAICO	IMPORTE
PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO	297.670,00
Modelo propuesto: CANADIAN SOLAR CS3U-360P	
Total	297.670,00 €

EQUIPOS E INTRUMENTACIÓN FV	IMPORTE
INVERSOR Modelo propuesto: INGECON SUN 50. Incluye suministro e instalación	2.436,00
BATERÍA Modelo propuesto: batería estacionaria BAE 48V, 2710 Ah	244.435,00
REGULADOR DE CARGA Modelo propuesto: JNDX 200A 24-240 V	1.094,59
CAJA DE CONEXIONES MONITORIZADA Para agrupación de paneles con interruptor de corte en carga acorde. Totalmente instalado, conexionado y puesto a tierra	1.777,45
SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Monitorización de los parámetros principales de la instalación	4.641,45
CUADRO PROTECCIÓN DE PLANTA Formado por protecciones tetrapolares, analizador de redes, transformadores de intensidad, envolvente metálica y pequeños materiales	2.034,12
CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Incluye bases cortacircuitos y fusibles calibrados	268,49
CABLEADO Suministro e instalación de cable especial para instalaciones FV	617,07
Total con batería	257.304,17 €
Total sin batería	12.869,17 €

SISTEMA TERMOSOLAR	
	IMPORTE
COLECTOR SOLAR	243.739,00
Modelo propuesto: BAXI-AR20. Incluye accesorios necesarios para la instalación	
Total	243.739,00 €

EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN TERMOSOLAR	
	IMPORTE
BOMBAS	1.870,49
Una bomba para el circuito primario y tres para cada uno de los secundarios	
DEPÓSITOS	17.698,00
Uno para la demanda de ACS y otro para la de suelo radiante	
TUBERÍAS Y VÁLVULAS	4.459,20
Acordes a la normativa vigente y especificaciones técnicas de la instalación	
Total	24.027,69 €

OBRA CIVIL	
	IMPORTE
AYUDA DE ALBAÑILERÍA	802,90
Ayudas de albañilería a instalaciones de electricidad, incluyendo mano de obra en carga y descarga y materiales	
Total	802,90 €

PRUEBAS, VERIFICACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO	
	IMPORTE
PUESTA EN MARCHA	1.699,50
Realización de pruebas y verificaciones para puesta en servicio según normativa	
Total	1.699,50 €

INGENIERÍA Y LEGALIZACIONES	
-----------------------------	--

IMPORTE

INGENIERÍA Y LEGALIZACIONES

6.386,00

Elaboración de proyectos de ejecución y documentación técnica complementaria para la tramitación administrativa y legalización de la instalación. Incluye tasas, visados y gastos derivados.

Total**6.386,00 €**

MONITORIZACIÓN LEGISLATIVA	
----------------------------	--

IMPORTE

SISTEMA DE PANTALLA INFORMATIVA

2.472,00

Sistema informativo compuesto por display de información colocado en acceso a la edificación para información en la producción de energía, junto a todos los equipos software necesarios.

Total**2.472,00 €**

TOTAL PROYECTO DE EJECUCIÓN (*)	589.666,26 €
----------------------------------------	--------------

**PRESUPUESTO-ESTUDIO DE
SEGURIDAD Y SALUD**

**PROTECCIONES
INDIVIDUALES**

IMPORTE

CASCOS DE SEGURIDAD	90,00
Cascos de seguridad dieléctrico y en obras	
CALZADO PROTECTOR	197,55
Botas de seguridad y aislantes	
ROPA DE TRABAJO	249,48
Incluye chalecos de obra reflectantes, peto de trabajo y mandil de cuero para soldador	
MASCARILLAS RESPIRACIÓN ANTIPOLVO	31,65
Homologadas	
GAFAS PROTECTORAS	27,85
Incluye gafas soldadura y gafas contra impactos	
EQUIPO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS	301,16
Formado por protecciones tetrapolares, analizador de redes, transformadores de intensidad, envolvente metálica y pequeños materiales	
GUANTES DE PROTECCIÓN	70,85
Incluye guantes de alta resistencia al corte, guantes para soldador, guantes aislantes de tensión	

Total	968,54 €
--------------	-----------------

PROTECCIONES COLECTIVAS**IMPORTE**

SEÑALIZACIÓN 12,74

Panel completo serigrafiado sobre planchas válido para incluir hasta 15 símbolos de señales.

BARANDILLA DE PROTECCIÓN DE PERÍMETROS FORJADOS 7,76

Compuesta por materiales metálicos y plásticos

EXTINTOR POLVO SECO 47,39

Con soporte, manómetro comprobable y manguera difusor.

ESCALERAS AUXILIARES 257,80

Para recibido de albañilería y a obra

Total **325,69 €**

OTROS SERVICIOS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO**IMPORTE**

EJECUCIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD 305,75

Ejecución del Plan con un nivel de exigencia alto, previa aprobación por parte de la dirección facultativa

RECONOCIMIENTO MÉDICO ESPECIAL 1.236,00

Reconocimiento médico anual al trabajador

BOTIQUÍN DE URGENCIA 199,60

Suministro de botiquín de urgencia con los contenidos mínimos obligatorios

FORMACIÓN SEGURIDAD Y SALUD 743,20

Realizado por un encargado

Total **2.484,55 €**

TOTAL ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD

3.778,78 €

(*) Debido al elevado coste que supone el uso de baterías para almacenar la energía se decide no incluirlas en el proyecto ya que como las instalaciones solares no cubren la totalidad de la demanda, no serán necesarias.

TOTAL PROYECTO DE EJECUCIÓN (*)	589.666,26 €
----------------------------------------	--------------

TOTAL ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD	3.778,78 €
----------------------------------------	------------

INVERSIÓN INICIAL	593.445,04 €
--------------------------	--------------

La inversión inicial es de 593.445,04 €.

Según recoge la Agencia Andaluza de la Energía, existen una serie de incentivos que serán de interés en este proyecto, pues están dirigidos a fomentar inversiones de ahorro y eficiencia energética en edificios de uso privado o público. También se incluyen aquellas infraestructuras ubicadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía que ayuden a la sociedad a mejorar las condiciones en que usa la energía a través de obras de adecuación para reducir la demanda energética, actuaciones de evaluación de la eficiencia energética e implantación de procesos y soluciones inteligentes para la gestión energética. Esta subvención será del 30% respecto a la inversión total llevada a cabo por el propietario.

$$INVERSIÓN INICIAL = 593.445,04 \times 0,7 = 415.411,53 \text{ €}$$

Inversión inicial con subvención: 415.411,53 €

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

De los cálculos realizados con anterioridad en el proyecto se obtiene el valor de la energía necesaria anualmente para satisfacer los consumos de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de piscina exterior.

ENERGÍA NECESARIA TOTAL ANUAL: 531,93 MWh = 531.935,72 kWh

La resolución del 22 de marzo de 2019 de la Dirección General de Política Energética y Minas fija la tarifa de gas natural a los valores que se muestran a continuación:

		Fijo	Variable
		[€/cliente) /mes	[cent/kW h]
T. 1	Consumo inferior o igual a 5.000 kWh/año	4,27	5,188812
T. 2	Consumo superior a 5.000 kWh/año e inferior o igual a 50.000kWh/año	8,38	4,501412
T. 3	Consumo superior a 50.000 kWh/año e inferior o igual a 100.000kWh/año	60,38	3,879513
T. 4	Consumo superior a 100.000 kWh/año	181,72	3,569013

En este caso, la instalación pertenece al T.4 por lo que la tarifa a aplicar será la siguiente:

FIJO: 181,72 €/mes

VARIABLE: 0,03569 €/kWh

AHORROS AL AÑO.

AHORRO ENERGÉTICO = Fracción solar aportada x energía necesaria

ACS

ahorro:62,1% energía necesaria: 298181,94 kWh

Ahorro energético ACS = 0,621 x 298181,94 = 185170,98 kWh

PISCINA

ahorro:33,4% energía necesaria: 71046,45 kWh

Ahorro energético PISCINA = 0,334 x 71046,45 = 23729,51 kWh

SUELO RADIANTE

ahorro:30,8% energía necesaria: 162707,36 kWh

Ahorro energético SUELO RADIANTE = 0,308 x 162707,36 = 50113,87 kWh

Sumando el ahorro energético obtenido en cada tipo de consumo, se obtiene el ahorro energético total.

El ahorro energético total será de: 259014,36 kWh

En términos económicos este ahorro equivaldría a:

Coste energía ahorrada = ahorro energético total x variable

Coste energía ahorrada = 259014,36 x 0,03569 = 9.244,22 €

La instalación de este sistema supondrá un ahorro de 9.244,22 €

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

En esta caso, los consumos eléctricos del hotel se estiman en 1.623.141 kWh.

Con la instalación fotovoltaica se producen 86978 kWh lo que supone un ahorro económico de:

$$\text{Coste energía ahorrada} = 90048 \times 0,03569 = 3.213,81 \text{ €}$$

El ahorro en los consumos eléctricos será de 3.213,81 €

	INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	INSTALACIÓN SOLAR FV	TOTAL
ENERGÍA NECESARIA TOTAL ANUAL [KWh]	531.935,72	1.623.141,00	2.155.076,72
AHORROS ANUALES [KWh]	259.014,36	90.048,00	349.062,36
AHORROS ANUALES [€]	9.244,22	3.213,81	12.458,04
ENERGÍA INSTALACIÓN CONVENCIONAL [KWh]	531.935,72	1.623.141,00	2.155.076,72
GASTO INSTALACIÓN CONVENCIONAL [€]	18.984,79	57.929,90	76.914,69

Se obtiene que el **ahorro anual que se consigue es del 16,2%**.

RENTABILIDAD

Se utilizará como indicador de rentabilidad el parámetro VAN (Valor Actual Neto)

VAN: representa la rentabilidad absoluta del proyecto teniendo en cuenta la inversión inicial, siendo rentable cuando este valor es mayor o igual que cero. Se calcula a partir del flujo de caja

$$VAN = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+i)^j} - INV, \text{ pudiéndose emplear la expresión simplificada:}$$

$$VAN = N \times MB - INV \quad \text{siendo } MB = FC$$

MB: margen bruto

N: número de años en los que se prevé amortizar la instalación

FC_j: flujo de caja en el año j

INV: desembolso inicial (presupuesto económico)

i: tasa de descuento, 2'5% – 10%

Para el cálculo del flujo de caja se prevé un aumento de los precios en los próximos años de un 2% respecto al año anterior.

Se calcula el valor de los flujos de carga para cada año teniendo en cuenta el ahorro y se obtiene lo siguiente:

AÑO	AHORRO	FLUJO DE CAJA	VAN
2019	-	-402953,49	-3994557,83
2020	12458,04	-402716,79	-3701853,57
2021	12694,74	-402475,59	-3402068,40
2022	12935,94	-402229,81	-3095029,81
2023	13181,72	-401979,36	-2780561,03
2024	13432,17	-401724,14	-2458480,99
2025	13687,39	-401464,08	-2128604,16
2026	13947,45	-401199,08	-1790740,47
2027	14212,45	-400929,05	-1444695,18
2028	14482,48	-400653,88	-1090268,80
2029	14757,65	-400373,48	-727256,93
2030	15038,05	-400087,76	-355450,16
2031	15323,77	-399796,61	25366,06

A partir del 2031, **12 años** después de realizar las instalaciones solar térmica y fotovoltaica, el valor del VAN es positivo, lo que indica que la instalación comienza a ser rentable a partir de ese año. Teniendo en cuenta que este tipo de instalaciones suelen tener una vida media de 25 años, se puede aprobar la rentabilidad del proyecto.

Para mejorar este índice de rentabilidad, se podría considerar la ampliación de la superficie disponible (pues existen nuevas alternativas que incluso integran estos paneles en la fachada de los edificios), el empleo de otros tipos de renovables (como podría ser la eólica) o también modificar la modalidad a un autoconsumo con excedentes o incluso con acogida a compensación. Esta última opción es la más fácil de implantar pues podría desarrollarse sin el elevado coste de las baterías pues en picos de generación esta energía excedentaria se vertería a la red. El hotel se beneficiaría de una compensación económica que se reflejaría en la factura eléctrica mensual. Esta compensación podría ser hasta del 100% de los consumos, no pudiendo descontarse el exceso de energía no compensada del término de potencia. En término medio se estima que podría reducirse hasta un 35%, disminuyendo el tiempo de recuperación de la inversión a un periodo entre 7 y 9 años.

Partiendo de los presupuestos descritos anteriormente, se procede a analizar como alternativas complementarias el desarrollo de cada instalación solar individualmente.

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

	INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA
ENERGÍA NECESARIA TOTAL ANUAL [KWh]	531.935,72
AHORROS ANUALES [KWh]	259.014,36
AHORROS ANUALES [€]	9.244,22
ENERGÍA INSTALACIÓN CONVENCIONAL [KWh]	531.935,72
GASTO INSTALACIÓN CONVENCIONAL [€]	18.984,79
AHORRO SOLAR VS CONVENCIONAL [%]	48,69

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

	INSTALACIÓN SOLAR FV
ENERGÍA NECESARIA TOTAL ANUAL [KWh]	1.623.141,00
AHORROS ANUALES [KWh]	90.048,00
AHORROS ANUALES [€]	3.213,81
ENERGÍA INSTALACIÓN CONVENCIONAL [KWh]	1.623.141,00
GASTO INSTALACIÓN CONVENCIONAL [€]	57.929,90
AHORRO SOLAR VS CONVENCIONAL [%]	5,55

Como se observa, la instalación solar térmica supone un ahorro próximo al 50% y la fotovoltaica tan solo el 5%. Si se instalara solo térmica se podría utilizar la superficie destinada a la fotovoltaica para ampliar el número de colectores solares térmicos, aumentando este porcentaje de ahorro.

Teniendo en cuenta solo la inversión inicial de la instalación térmica y analizando el periodo de rentabilidad se obtiene lo siguiente:

		INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA
INVERSIÓN INICIAL		282.905,87
INVERSIÓN INICIAL CON SUBVENCIÓN		198.034,11

AÑO	AHORRO	FLUJO DE CAJA	VAN
2019	-	-185576,07	-975762,12
2020	12458,04	-185339,37	-819530,95
2021	12694,74	-185098,17	-659630,71
2022	12935,94	-184852,39	-495974,16
2023	13181,72	-184601,94	-328471,97
2024	13432,17	-184346,72	-157032,69
2025	13687,39	-184086,66	18437,36

En este caso, la instalación solar térmica comenzaría a ser rentable a partir del **6º año**. Esto es coherente con el periodo de recuperación de la inversión obtenido al principio donde la inversión inicial era casi el doble de la propuesta en esta alternativa.

DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES

El principal objetivo de este estudio es establecer, coordinar e impulsar las actuaciones relativas a la prevención de los riesgos profesionales, a la protección de la seguridad y salud, y, la eliminación de los factores de riesgo de accidentes de todo el personal que desarrolle su actividad; en cumplimiento del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. B.O.E. nº 256, de 25 de octubre sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Es obligación del Contratista disponer los recursos y materiales, económicos, humanos y de formación necesarios para conseguir que el proceso de producción de construcción de esta obra sea seguro.

Este estudio es un trabajo de ayuda al Contratista para cumplir con la prevención de riesgos laborales y con ello influir de manera decisiva en la consecución del objetivo principal en esta obra: lograr ejecutarla sin accidentes laborales ni enfermedades profesionales.

El alcance de este proyecto incluye a todo el personal de contratas y a todos los trabajos a realizar en las obras.

Las normas contenidas en el presente Estudio serán revisadas cuando Eurostars Palace Córdoba lo requiera. También será revisado cuando por nuevas contrataciones o trabajos se considere necesario.

El presente Estudio de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto: “EFICIENCIA ENERGÉTICA CON RENOVABLES EN UN HOTEL” cuyos datos generales son:

PROYECTO DE REFERENCIA	
PROYECTO DE EJECUCIÓN	PROYECTO DE OBRA CIVIL
AUTOR DE LOS PROYECTOS	PALOMA REINOSO OTERO
EMPLAZAMIENTO	CÓRDOBA
PRESUPUESTO PROYECTO	586.516,03 €
PLAZO DE EJECUCIÓN PREVISTO	4 MESES
TOTAL APROXIMADO DE JORNADAS	96
NÚMERO MÁXIMO DE OPERARIOS	12

En la siguiente tabla se recogerán los datos relativos al emplazamiento de la obra:

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
ACCESOS A LA OBRA	POR ESCALERAS DE EMERGENCIA Y/O DE SERVICIO
EDIFICACIONES COLINDANTES	SÍ
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	SÍ
SUMINISTRO DE AGUA	SÍ
SISTEMA DE SANEAMIENTO	SÍ
SERVIDUMBRES Y CONDICIONANTES	NO

OBLIGACIONES

Durante la ejecución de las obras se deberán cumplir una serie de normas para facilitar la coordinación en materia de seguridad y definir las medidas propias de seguridad a adoptar, las cuales se enumeran a continuación:

- El contratista deberá tener a todo su personal dado de alta en la Seguridad Social y deberá presentar los documentos que lo justifiquen para que cada trabajador pueda acceder a la obra.
- Todo el personal de la obra deberá llevar una identificación personal visible que será facilitada por el constructor y donde figurará su nombre y el de la empresa a la que está directamente adscrito.
- La empresa constructora presentará un acta de la reunión de seguridad a la que haya asistido el trabajador, con la firma de este.
- Se fijará, como mínimo, una reunión semanal entre los responsables de seguridad de todos y cada uno de los contratistas.
- Todas las empresas dispondrán en la obra de una copia de su Plan de Seguridad y Salud, aprobado por la Coordinación de Seguridad, y de todos sus documentos anexos como Manuales o Normas específicas de cada empresa.
- Se dispondrá del plan de emergencia con el contenido mínimo indicado en el Pliego de Condiciones de este Estudio de Seguridad.
- Todos los contratistas elaborarán una lista exhaustiva de todas sus empresas subcontratadas actualizándola de manera oportuna.
- El presupuesto de seguridad y salud incluido en este Estudio de Seguridad es orientativo y corresponde al total de la obra. El coste de las medidas de

seguridad y salud de cada contratista está repercutido en las partidas de obra, y así constará en la petición de oferta cursada.

- El Comité de Previsión del promotor velará por la aplicación eficaz del sistema de seguridad y salud de la obra: coordinación, contratistas y personal de promotor. El cumplimiento, por parte del personal del promotor, de las medidas de seguridad acordadas será vigilado por el Comité de Prevención del promotor.

CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD Y SALUD. **DISPOSICIONES MÍNIMAS**

- Mantenimiento de la obra en buenas condiciones de orden y limpieza.
- Correcta elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- Manipulación adecuada de los distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
- Mantenimiento, control previos a la puesta en marcha y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- Cooperación entre contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Organizar las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACIÓN	DISTANCIA
PRIMEROS AUXILIOS	BOTIQUIN PORTATIL	EN LA OBRA
ASISTENCIA PRIMARIA(URGENCIAS)	HOSPITAL CRUZ ROJA DE CÓRDOBA	1,8 km
ASISTENCIA ESPECIALIZADA(HOSPITAL)	HOSPITAL UNIVERSITARIO REINA SOFIA	4 km

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D. 1627/97, los trabajadores dispondrán de los servicios higiénicos que se indican en la tabla siguiente:

SERVICIOS HIGIÉNICOS
LAVABOS CON AGUA FRÍA, CALIENTE Y ESPEJO
DUCHAS CON AGUA FRÍA Y CALIENTE
RETRETES

RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE

No se prevé que existan riesgos por interferencias con trabajos de diferentes empresas, en cualquier caso, de surgir a lo largo de la ejecución de los trabajos, se procederá adoptando medidas que eliminen los posibles riesgos y sometiendo la obra a prioridades de plazos y necesidades.

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
DERIVADOS DE LA ROTURA DE INSTALACIONES EXISTENTES	Neutralización de las instalaciones existentes
PRESENCIA DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN SUBTERRÁNEAS O AÉREAS	Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de cables
CAÍDAS AL VACÍO POR HUECOS, REJILLAS, ETC	Barandillas de protección en todos los huecos, tapas, rejillas...
RIESGOS ELÉCTRICOS	Desconexión de las instalaciones de la red

RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

En general, los trabajos se realizarán a la intemperie, por lo que los riesgos derivados de las malas condiciones atmosféricas son determinantes a la hora de prever los mismos. Aunque no se pueden hacer desaparecer, (humedades, golpes de viento, rayos, etc.), deberán seguirse las instrucciones establecidas al respecto escrupulosamente. Se interrumpirá el trabajo, según lo establecido en la normativa de seguridad, siempre que las condiciones atmosféricas lo impongan, con independencia de la dotación de medios

de protección: trajes de agua, guantes, etc. Se vigilarán especialmente las condiciones atmosféricas durante las operaciones de maniobras con grúas, en cuanto a visibilidad suficiente e intensidad de viento, suspendiéndose igualmente el trabajo si las condiciones no fuesen adecuadas.

No se prevé la realización de trabajos nocturnos habituales. En casos especiales, sin embargo, se pueden autorizar los mismos. En su caso, se dispondrá de iluminación artificial, si fuera preciso, en las zonas de trabajo específicas y adyacentes así como en sus accesos. Los cuadros eléctricos de distribución contarán con tomas para iluminación.

RIESGOS
Caídas de operarios al mismo nivel
Caídas de operarios a distinto nivel
Caídas de objetos sobre operarios
Caídas de objetos a terceros
Choques contra objetos móviles o inmóviles
Quemaduras
Cortes y/o golpes en manos y piernas por objetos y/o herramientas
Atropellos
Fuertes vientos
Trabajos en condiciones de humedad
Contactos eléctricos directos e indirectos
Incendios
Sobreesfuerzos
Cuerpos extraños en los ojos.

MEDIDAS PREVENTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra, señalización	Permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	Permanente
Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	Permanente
Protección contra contactos directos e indirectos	Permanente
Informe escrito de controles de la instalación eléctrica	Finalización del montaje
Informe de controles de la instalación mecánica	Finalización del montaje
Señalización de la obra (señales y carteles)	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Escaleras auxiliares en perfecto estado	Ocasional
Información específica	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	Frecuente
Recipientes que contengan productos tóxicos o inflamables, herméticamente cerrados	Permanente
Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
Grúa parada y en posición veleta	Final de cada jornada

PROTECCIONES COLECTIVAS	EMPLEO
Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra	Permanente
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra	Permanente
Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o edificios colindantes	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21 A – 113 B	Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Cascos de seguridad	Permanente
Calzado protector	Permanente
Ropa de trabajo	Permanente
Ropa impermeable o de protección	Con mal tiempo
Gafas de seguridad	Frecuente
Mascarillas de respiración antipolvo	Frecuente
Equipos para construcciones metálicas	Ocasional
Guantes de protección	Ocasional

Cómo puede verse se han tenido en cuenta todos los aspectos que en una obra pueden afectar a la seguridad, desde la iluminación, limpieza, señalización, y planificación hasta los medios propiamente de Seguridad. En cualquier caso se considerarán los medios de protección personal, simultáneos con los colectivos, de empleo obligatorio siempre que sea preciso eliminar o reducir riesgos de accidentes o enfermedades profesionales, dotándose de la cantidad suficiente para todo el personal que lo necesite. Dicho material cumplirá con las normativa establecida y será homologado. Igualmente se considera de vital importancia la formación y concienciación al trabajador en prevención de riesgos como parte integrante de su capacitación técnica para desarrollar cada trabajo. Se pondrá en marcha un sistema de comunicación de deficiencias y riesgos, en el que se garantice la adopción de medidas para eliminarlos. Mediante este sistema cualquier persona que detecte un riesgo en la ejecución de los trabajos tendrá un cauce para su comunicación y posterior resolución, consiguiéndose así su participación en la común tarea de mejorar las condiciones de seguridad en que se desarrollan los trabajos.

FASE: MONTAJE MECÁNICO

RIESGOS
Caídas a distinto nivel por huecos en el forjado
Lesiones y cortes en manos y brazos
Dermatitis por contacto con materiales
Proyecciones de virutas de soldadura en los ojos.
Quemaduras por el sol.
Golpes y aplastamientos de pies
Radiaciones y derivados de la soldadura
Electrocuciones
Contactos eléctricos directos e indirectos
Ambiente pulvígeno
Quemaduras producidas por soldadura

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Comprobar grilletes, cáncamos y cables de los elementos de elevación.	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Frecuente
Comprobar aislamiento de la pinza portaelectrodos	Permanente
Colocar protecciones para evitar caídas de partículas incandescentes.	Permanente
No efectuar soldaduras cerca de materiales explosivos o inflamables.	Permanente
Señalar las piezas recién soldadas.	Permanente
Inspeccionar los dispositivos de seguridad de los ganchos	Permanente
Prever accesos y lugares adecuados para realizar cada trabajo	Permanente
No efectuar levantamientos de carga sobre personas	Permanente
No dejar material colgado de trácteles, o en su caso señalar	Permanente
Antes de izar cualquier carga comprobar que los cables, vigas y orejetas son suficientes para elevar la carga.	Permanente
Se mantendrán los acopios de materiales perfectamente protegidos.	Permanente
Se mantendrá la zona de trabajo en perfecto estado de orden y limpieza	Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Casco y gafas de seguridad	Permanente
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional
Mástiles y cables fiadores	Ocasional
Mascarilla filtrante	Ocasional

FASE: MONTAJE ELÉCTRICO

RIESGOS
Caídas de operarios al mismo nivel
Caídas de operarios a distinto nivel
Lesiones y cortes en manos y brazos
Quemaduras
Electrocuciones
Contactos eléctricos directos e indirectos

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Ventilación adecuada y suficiente (natural y forzada)	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Frecuente
Protección de huecos	Permanente
No pisar ni apilar los materiales sobre los conductores si van por suelo	Permanente
Los interruptores serán protegidos, de tipo blindado, con cortocircuitos fusibles ajustándose a las Normas establecidas en los Reglamentos Electrotécnicos	Permanente
En la obra habrá una cantidad necesaria y suficiente de cuadros eléctricos, con objeto de evitar sobrecarga	Permanente
Cada cuadro eléctrico irá provisto de su toma de tierra correspondiente, e irán montados sobre tableros de material aislante dentro de una caja que aisle y montados sobre soportes	Permanente
Se protegerán todas las máquinas y la instalación de alumbrados con interruptores automáticos	Permanente
Todas las máquinas así como la instalación de alumbrado irán protegidas con disyuntor diferencial con su puesta a tierra correspondiente	Permanente
Si existiesen zonas con distinto voltaje, se indicará el correspondiente	Permanente
Se iluminarán convenientemente todas las zonas de paso de obra	Permanente
Los aparatos portátiles serán estancos al agua y estarán convenientemente aislados	Permanente

Existirá señalización sencilla y clara que prohíba la entrada a personal no autorizado a los locales donde se instalen equipos que puedan suponer riesgos.	Permanente, durante montaje y posterior
Se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico, dichas Instrucciones estarán siempre visibles.	Permanente, durante montaje y posterior
Se sustituirán las mangueras que presenten algún deterioro en la capa aislante de protección	Permanente
Se mantendrán ordenadas las mangueras eléctricas y se revisarán constantemente.	Permanente
Se verificarán las puestas a tierra de los grupos de soldar y se comprobará que los relés diferenciales de los cuadros de alimentación saltan al provocar una derivación.	Permanente
Se revisarán todas las bornas de conexión, conductores de grupos de soldar, pinzas portaelectrodos, lámparas de iluminación portátiles, condiciones de aislamiento en máquinas eléctricas de mano, etc.	Permanente
Cuando se efectúen trabajos para los que sea necesario cortar la alimentación eléctrica, se enclavará el interruptor correspondiente, y se colocará una nota para que nadie manipule en él mientras se ejecuta el trabajo.	Ocasional
Se comprobará el adecuado dimensionamiento de los fusibles.	Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Casco homologado de seguridad y botas aislantes	Frecuente
Comprobador de tensión	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional
Herramientas manuales con aislamiento	Ocasional
Tarimas, alfombrillas y pértigas aislantes	Ocasional

OBSERVACIONES: La mayor parte del montaje eléctrico se efectúa sin tensión por lo que los riesgos en esta fase no son grandes, siendo necesario contemplar estas normas estrictamente en MANIOBRAS, CONEXIONES CON TENSION Y

MANTENIMIENTO POSTERIOR. En general, cualquier parte de la Instalación se considera bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario.

UNA VEZ REALIZADO EL MONTAJE se realizarán controles estrictos de:

- Resistencia de la PUESTA A TIERRA.
- Ensayos de rigidez de conductores.
- Funcionamiento de medidas de protección.
- Tensiones de paso y contacto.

RIESGOS LABORALES ESPECIALES

En la siguiente tabla se relacionan aquellos trabajos que, siendo necesarios para el desarrollo de la obra definida en el Proyecto de referencia, implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores. Se indican también las medidas específicas que deben adoptarse para controlar y reducir los riesgos derivados de este tipo de trabajos.

TRABAJOS CON RIESGOS ESPECIALES	MEDIDAS ESPECÍFICAS PREVISTAS
En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión	Señalizar y respetar la distancia de seguridad (5m). Pórticos protectores de 5 m de altura. Calzado de seguridad.
Que requieren el montaje y desmontaje de Elementos prefabricados pesados	

MAQUINARIA DE OBRA

La maquinaria que se prevé emplear en la ejecución de la obra se indica en la relación (no exhaustiva) de tabla adjunta:

MAQUINARIA PREVISTA	
MARTILLO MECÁNICO	HORMIGONERAS
MONTACARGAS	SIERRA CIRCULAR
CAMIONES Y CAMIONES GRÚA	GRÚAS TELESCÓPICAS Y AUTOPROPULSADAS
BOMBAS DE HORMIGÓN	PLATAFORMA ELEVADORA
EQUIPOS DE SOLDADURA	PEQUEÑAS HERRAMIENTAS DE MANO

MEDIOS AUXILIARES

En la tabla siguiente se relacionan los medios auxiliares que van a ser empleados en la obra y sus características más importantes:

MEDIOS	CARACTERÍSTICAS
ANDAMIOS TUBULARES APOYADOS	Deberán montarse bajo la supervisión de persona competente. Se apoyarán sobre una base sólida y preparada adecuadamente. Se dispondrán anclajes adecuados a las fachadas. Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados. Correcta disposición de las plataformas de trabajo. Correcta disposición de barandilla de seguridad, barra intermedia y rodapié. Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo. Uso de cinturón de seguridad de sujeción Clase A, Tipo I durante el Montaje y el desmontaje
ANDAMIOS SOBRE BORRIQUETAS	La distancia entre apoyos no debe sobrepasar los 3,5 m.
ESCALERAS DE MANO	Zapatas antideslizantes. Deben sobrepasar en 1 m la altura a salvar. Separación de la pared en la base=1/4 de la altura total.
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Cuadro general en caja estanca de doble aislamiento, situado a h>1m: I.diferenciales de 0,3 A en líneas de máquinas y fuerza. I. diferenciales de 0,03 A en líneas de alumbrado a tensión >24 V. I.magnetotérmico general omnipolar accesible desde el exterior.
MAQUINARIA DE ESMERILAR, CORTAR Y SOLDAR ELEMENTOS METÁLICOS	Protección continua del operario con gafas de seguridad, y si es preciso, pantallas que eviten proyecciones o alcance a terceras personas. Colocar siempre que haya peligro de caída de material incandescente sobre personas o materiales con peligro de quemaduras o incendios, mantas de fibra de vidrio o lonas ignífugas. Se colocarán extintores en zonas con riesgo de incendio.

PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS DE MANTENIMIENTO

En general para los trabajos de mantenimiento de maquinaria industrial se tendrán en cuenta todas las prescripciones de este documento; así como las Reglas de Seguridad específicas que cada fabricante emite para la manipulación, señalización, modificación y funcionamiento de estas.

La revisión de la instalación eléctrica deberá ser periódica, en general, deberá realizarse anualmente

MEDIDAS DE SEGURIDAD ADICIONALES PARA LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Para garantizar la desconexión en caso de fallos internos de la instalación o en la red, las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones para que no se perturbe el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

Se deberá evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general.

La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.

Se deberá dotar a la instalación de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

REFERENCIAS

- [1] Informe anual del Consejo Mundial de Viajes y Turismo.
- [2] Organización Mundial de Turismo.
- [3] Informe “Cómo impulsar la eficiencia energética en el sector hotelero español” elaborado por PwC y la Plataforma tecnológica española de eficiencia energética, año 2012.
- [4] Pyme Energy Check Up
- [5] Agencia Andaluza de la Energía
- [6] Union of Concerned Scientist
- [7] Unión Española Fotovoltaica, UNEF
- [8] Avance Informe Sistema Eléctrico Español, 2018, REE
- [9] Estudio del Impacto Macroeconómico de la Energías Renovables publicado por la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA).
- [10] Centro de estudios de la energía, Ministerio de Industria y Energía
- [11] Reglamento Instalaciones Térmicas de Edificios.
- [12] Informe “Radiación Solar Sobre Superficies Inclinadas”, Centro de Estudios de la Energía (Ministerio de Industria)
- [13] Pliego Condiciones Térmicas Baja Temperatura
- [14] “Atlas de Radiación Solar en España”, Agencia Estatal de Meteorología
- [15] Google Maps