



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Trabajo Fin de Máster

AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UN COMPLEJO DEPORTIVO

Autor: Carlos Villalobos Díaz

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Junio 2018

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

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

El autor D. Carlos Villalobos Díaz DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UN COMPLEJO DEPORTIVO, 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 y hacer posible su utilización de *forma libre* y por todos los usuarios del repositorio, 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.

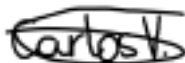
6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

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 conozca 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.

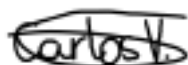
Madrid, a 18 de junio de 2018

ACEPTA



Fdo: Carlos Villalobos Díaz

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UN COMPLEJO DEPORTIVO
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2017/2018 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.: Carlos Villalobos Díaz

Fecha: 16/ 06/ 2018

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha: 19/ 06/ 2018



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Trabajo Fin de Máster

AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UN COMPLEJO DEPORTIVO

Autor: Carlos Villalobos Díaz

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Junio 2018

Carlos
Villalobos
Díaz

Ahorro energético con energía solar para un complejo deportivo



RESUMEN TRABAJO DE FIN DE MÁSTER: AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UN COMPLEJO DEPORTIVO

En la actualidad, se le está dando cada vez más importancia al uso eficiente de la energía, así como a una mayor implantación de las energías renovables en el mix energético. Esa es una de las razones por las que se ha llevado a cabo este proyecto, para poder demostrar que las energías renovables han dejado de ser el futuro para comenzar a ser el presente. Y esta afirmación no vale sólo para proyectos de las grandes empresas de generación, sino que también es válido para viviendas con consumos mucho menores.

En el caso que se presenta en este trabajo, la instalación va a ser mucho más grande que la que se podría observar en una vivienda unifamiliar, pero menor que la de un campo de generación de cualquier compañía eléctrica. Esto es debido principalmente a que se va a realizar la instalación, tanto de paneles solares fotovoltaicos como de captadores solares térmicos, de un complejo deportivo, que incluye además una piscina cubierta.

Mediante este proyecto se pretende mostrar cuán grandes serán la instalación térmica y la instalación fotovoltaica para un complejo de las características mencionadas, en las que la instalación debe ser capaz de satisfacer la demanda de iluminación y de agua caliente sanitaria. Por tanto, y aunque existe la opción de apoyarse en la red eléctrica y únicamente cubrir parte de la demanda con energía solar, durante este proyecto se estudiará con mayor profundidad el caso en el cuál la instalación deberá cumplir en todo momento con la demanda presente en el complejo. Es por ello que, para poder estudiar más a fondo el ahorro económico y energético debido a la instalación, se realizará el estudio con la instalación conectada a red, teniendo en cuenta tanto el beneficio económico de verter a la red, como el gasto proveniente de las tasas de su mantenimiento y mejora.

Por tanto, y teniendo en cuenta que se quiere hacer uso de la energía obtenida por la instalación siempre que sea posible, se utilizarán baterías para la instalación solar fotovoltaica, y un depósito de almacenamiento de agua caliente para la instalación solar térmica.

En cuanto al emplazamiento, el complejo deportivo se encontrará localizado en la isla de Gran Canaria, más concretamente en el polígono industrial de El Goro. Debido al emplazamiento del complejo deportivo, donde las temperaturas siempre suelen oscilar entre valores de 18 a 26 °C, no va a ser necesaria ni calefacción ni refrigeración.

Además, los valores de radiación no variarán tanto entre los meses de invierno y los meses de verano, lo que ayudará también a no necesitar sobredimensionar tanto la instalación para cumplir con la demanda en aquellos meses en los que la producción sea menor.

A continuación, se comenzará con la descripción y cálculo de ambas instalaciones.

La instalación solar fotovoltaica estará compuesta por los paneles solares, que son los encargados de transformar la energía solar en energía eléctrica, por un regulador, que optimiza la vida útil de las baterías controlando la energía que les llega a éstas, por un inversor, que se utiliza para cambiar el voltaje de llegada de corriente continua a un valor equivalente de salida en corriente alterna y por último, por las propias baterías, que se encargarán de almacenar la energía en los momentos en los que haya mayor producción que demanda para poder utilizarla en aquellos momentos en los que haya más demanda que producción.

Para esta instalación, se utilizarán módulos fotovoltaicos modelo Atersa A-300P, de 300 vatios de potencia nominal la unidad.

En cuanto a la instalación, se ha decidido que esté compuesta por un total de 352 módulos, que estarán dispuestos de manera que se encuentren 16 en serie y 22 en paralelo. De esta manera, y teniendo en cuenta que cada uno de los módulos da una potencia nominal de 300 vatios, la instalación será capaz de dar hasta 105.600 vatios de potencia.

Por tanto, teniendo en cuenta que se tiene una potencia instalada muy grande, rara vez será un problema cumplir con la demanda del complejo deportivo, por lo que el resto de la energía obtenida se podrá verter a red, obteniendo así un beneficio por ello.

Con el valor de radiación proveniente de las bases de datos de "Censolar" y de "IES-ISPRA", así como con los valores de producción teniendo en cuenta las pérdidas, se puede obtener el ahorro mensual del uso de los paneles solares fotovoltaicos comparado con lo que gastaría la instalación si se utilizase directamente la energía proveniente de la red.

A continuación, se muestra una tabla con los valores mensuales de radiación, producción y ahorro, suponiendo un precio del kWh de 0,18 €, un valor estándar teniéndose además en cuenta que su precio ha ido aumentando considerablemente a lo largo de los últimos años.

| Mes | Nº días | kWh/m ² día | Producción kWh/mes | € |
|--------------|------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| Enero | 31 | 5,07 | 13373,35 | 2407,20 |
| Febrero | 28 | 5,60 | 13234,63 | 2382,23 |
| Marzo | 31 | 6,10 | 15095,30 | 2717,15 |
| Abril | 30 | 6,03 | 14452,61 | 2601,47 |
| Mayo | 31 | 6,01 | 14785,26 | 2661,35 |
| Junio | 30 | 5,87 | 13354,32 | 2403,78 |
| Julio | 31 | 6,07 | 13979,49 | 2516,31 |
| Agosto | 31 | 6,23 | 14416,62 | 2594,99 |
| Septiembre | 30 | 6,35 | 14453,73 | 2601,67 |
| Octubre | 31 | 5,78 | 14424,91 | 2596,38 |
| Noviembre | 30 | 5,21 | 13065,91 | 2351,86 |
| Diciembre | 31 | 4,87 | 12840,25 | 2311,24 |
| Total | 365 | 5,77 | 167476 | 30145,64 |

Por otro lado se encuentra la instalación solar térmica, que para este proyecto se va a utilizar únicamente para generar agua caliente sanitaria. Esta instalación está compuesta por colectores, que son los que captan la energía solar, por un intercambiador de calor, que sirve para ceder el calor del fluido caloportador al agua de consumo, por un circuito hidráulico, circuito por el que va a circular el fluido caloportador, por bombas de circulación, que se utilizan para transportar el fluido a través del circuito hidráulico, y, por último, por un acumulador, que al igual que las baterías para la energía solar fotovoltaica, sirve para almacenar parte de la energía a modo de depósito de agua caliente sanitaria ya lista para su consumo.

Para esta instalación, en lugar de sobredimensionar de la manera en la que se hizo para la instalación solar fotovoltaica, en la que la energía sobrante se puede verter a la red, se ha decidido primero realizar el cálculo del agua caliente sanitaria que se va a demandar, para luego instalar los captadores solares térmicos necesarios para cubrir la demanda en el momento más desfavorable del año, de manera que cumpla así todos los días del año.

Primero se realizó el cálculo del número de captadores que serían necesarios para satisfacer la demanda para el agua caliente sanitaria, proveniente de las duchas y lavabos de los vestuarios

del complejo deportivo. Teniendo en cuenta que se suponen diez duchas y cuatro lavabos por vestuario y que las duchas se utilizarán de media dos veces por hora en una franja horaria de 8:00 a 22:00, mediante una serie de cálculos y con ayuda del código técnico de la edificación, se llega a la conclusión de que la demanda diaria será de 8400 litros de agua caliente sanitaria.

Una vez se tienen los litros de agua que hay que calentar, y siendo necesaria una contribución mínima por parte de los captadores solares del 70 % de la demanda total debido a la zona climática de Gran Canaria, se puede proceder al cálculo del número de captadores solares necesarios.

Para poder realizar este cálculo, se ha decidido utilizar captadores Termicol T20PS, de gran eficiencia y con una superficie por captador de 2,02 m².

Con los valores de demanda diaria, y sabiendo ya los captadores que se van a utilizar, se procede a utilizar el método de cálculo F-Chart, que se utiliza específicamente para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas y que mide la aportación conseguida por los captadores solares instalados, de manera que, como es obvio, a mayor número de captadores, mayor será la contribución solar de estos.

Para este método, se necesita calcular parámetros tan importantes como la energía absorbida por un captador o la carga calorífica mensual. Con estos valores, y mediante los datos de radiación solar recabados de "Censolar" y de "IES-ISPRA", se obtiene el valor del parámetro f , que equivale a la contribución solar dada por los captadores solares. Éste cálculo se realizó la primera vez con un único captador solar, con lo que se obtuvo un valor de contribución solar media durante el año de un 1,94 %.

Con el conocimiento de que este valor debe ser como mínimo del 70 %, se calcula cuál debería ser el número de captadores solares mínimo para cumplir el requisito. De esta manera, se aumentó el número de captadores solares hasta llegar a 46, obteniendo una contribución solar media durante todo el año del 70,22 %.

Una vez se ha realizado el cálculo para la demanda de agua caliente sanitaria, se vuelve a hacer uso del método de cálculo F-Chart, lo que esta vez para calcular los captadores solares necesarios para cubrir todas las pérdidas de la piscina cubierta del complejo deportivo. Las medidas de la piscina serán de 25 metros de largo, 8 metros de ancho y 1,5 metros de profundidad, lo que equivale a un volumen total de 300.000 litros.

Para el caso de la piscina hay que controlar todas las pérdidas que hacen disminuir la temperatura del agua, por lo que, teniendo en cuenta sus dimensiones, las pérdidas serán considerables. Las pérdidas provendrán de la transmisión de calor, de la radiación de calor, de la evaporación del agua de los vasos, de la convección de calor entre agua y aire, y, por último, de la renovación del 5 % del volumen de agua total de la piscina que por normativa se debe reponer diariamente.

Una vez se tiene la potencia total pérdida diariamente, se puede proceder nuevamente a utilizar el método de cálculo F-Chart para calcular el número de captadores solares necesarios.

Para este caso, y teniendo en cuenta que la potencia que se requiere es sensiblemente superior, se necesitará también de un mayor número de captadores solares. Específicamente, serán necesarios 58 captadores solares para cumplir con una contribución solar superior al 70 %, siendo su aportación exacta del 70,22 %.

Al igual que se realizó para los paneles solares fotovoltaicos, a continuación, se muestra una tabla con el ahorro mensual que supondrá su implantación en el complejo deportivo, para un precio de 0,06 €/kWh.

| Mes | Precio kWh (€/kWh) | Ahorro 1 único captador (€) | Ahorro 104 captadores (€) |
|--------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Enero | 0,06 | 10,09 | 1049,60 |
| Febrero | 0,06 | 9,83 | 1022,21 |
| Marzo | 0,06 | 11,58 | 1204,39 |
| Abril | 0,06 | 11,19 | 1163,95 |
| Mayo | 0,06 | 11,28 | 1173,31 |
| Junio | 0,06 | 10,21 | 1061,50 |
| Julio | 0,06 | 10,75 | 1117,87 |
| Agosto | 0,06 | 11,56 | 1201,99 |
| Septiembre | 0,06 | 11,84 | 1231,79 |
| Octubre | 0,06 | 11,76 | 1223,15 |
| Noviembre | 0,06 | 10,31 | 1072,43 |
| Diciembre | 0,06 | 9,94 | 1023,49 |
| Media | 0,06 | 10,854 | 1128,81 |
| Total | - | 130,25 | 13545,67 |

Por último, es necesario estudiar si la instalación propuesta es viable económicamente, ya que en caso de que no lo sea, este tipo de proyectos no tendrán ningún futuro.

Para ello, se ha hecho un estudio del coste que supondrá la construcción de la instalación, así como de su mantenimiento anual.

Se han tenido en cuenta todos los parámetros significativos, en los que se encuentran el coste de la instalación de los paneles, captadores e inversores, el coste de la instalación eléctrica, el de la obra civil, la documentación y las tramitaciones, el del sistema de control, el de la mano de obra, el de la puesta en marcha y el del control de los riesgos de seguridad y salud de los trabajadores. Todos estos se consideran costes propios de la instalación, pero también habrá que tener en cuenta aquellos costes que se deben seguir pagando con el paso de los años, donde entra principalmente el mantenimiento.

Habiendo tenido en cuenta todos estos parámetros, la instalación alcanzará su umbral de rentabilidad a los 12 años, por lo que a partir de entonces comenzará a producir beneficios. Para ser más exactos, esto sucederá a los 11,96 años.

Sabiendo la vida útil de la instalación con un mantenimiento adecuado, que es de aproximadamente 30 años para la instalación fotovoltaica y 20 años para la instalación térmica, se llega a la conclusión de que realizar una instalación compuesta por paneles solares fotovoltaicos y captadores solares térmicos, además de ser respetuoso con el medio ambiente, es completamente rentable, con algo menos de 20 y 10 años respectivamente obteniendo beneficios puros de la instalación.

Una vez que se ha demostrado que la instalación es completamente rentable y viable económicamente, falta mostrar si también es viable energéticamente. Para ello se ha hecho uso de un programa de certificación energética de edificios denominado CE3X.

El proceso que se sigue de certificación energética concluye cuando se emite el certificado de eficiencia energética, acompañado con la asignación de una etiqueta de calificación energética. Esta calificación consta de siete letras y va desde la letra A, que equivale al edificio más eficiente energéticamente, hasta la letra G, que equivale al edificio menos eficiente energéticamente.

Para que se pueda demostrar la eficiencia de la instalación, el programa pide todos los datos calculados durante este proyecto relacionados con la demanda de agua caliente sanitaria e iluminación. Una vez se han insertado estos valores y se ha especificado emplazamiento y estructuración del complejo, incluyendo la envolvente térmica, se puede proceder a la obtención de la calificación energética.

El cálculo lo realizará automáticamente el programa, en el cual se ha incluido el uso de los paneles solares, lo que hará que la instalación del complejo deportivo consiga una certificación energética B, es decir, una instalación etiquetada como muy eficiente energéticamente.

SUMMARY MASTER'S FINAL WORK: ENERGY SAVINGS WITH SOLAR ENERGY FOR A SPORTS COMPLEX

Currently, the efficient use of energy is becoming more and more important, as well as a greater implementation of renewable energies in the energy mix. Those are two of the reasons that made me start with this project, so I could demonstrate that renewable energies have ceased to be the future to start being the present. And this statement is not only valid for projects of large generation companies, it is also valid for single-family homes with lower consumptions.

In the case presented in this paper, the installation will be much larger than what could be observed in a single-family home, but smaller than the ones seen in generation fields of any electric company. This is mainly due to the fact that the installation of a sports complex will be carried out, which will include a solar photovoltaic installation and a solar thermal installation.

This project aims to show how large the thermal and the photovoltaic installation will be for a complex of the aforementioned characteristics, in which the installation must be able to meet the demand for illumination and sanitary hot water. Therefore, although there is the option to rely on the electricity grid and only cover part of the demand with solar energy, during this project the case in which the installation must comply with the demand at all times will be studied in greater depth. So, to be able to study more thoroughly the economic and energy savings coming from the installation, the study will be carried out with the installation connected to the network, taking into account both the economic benefit of pouring into the network, as well as the expense from the rates of its maintenance and improvement.

Therefore, and taking into account that we want to make use of the energy obtained by the installation whenever its possible, batteries for the solar photovoltaic installation and a hot water storage tank for the solar thermal installation will be used.

As for the location, the sports complex will be located on the island of Gran Canaria, more specifically in the industrial estate of El Goro. Due to the location of the sports complex, where the temperatures always tend to oscillate between values of 18 to 26 °C, it will not be necessary neither heating nor cooling of the complex.

In addition, the radiation values will not vary too much between the winter and the summer months, which will also help not to need to oversize the installation to meet the demand in those months in which the energy production is lower.

Now, the description and calculation of both facilities will start.

The solar photovoltaic installation will be composed of solar panels, which are responsible for transforming solar energy into electrical energy, by a regulator, which optimizes the useful life of the batteries by controlling the energy that reaches them, by an inverter, which is used to change the direct current input voltage to an equivalent output value in alternating current and lastly, by the batteries themselves, which will be in charge of storing the energy in the moments in which there is higher production than demand to be able to use that energy in the moments in which there is a higher demand than production, for example, at nights.

For this installation, photovoltaic modules model Atersa A-300P of 300 watts of nominal power will be used.

As for the installation, it has been decided that it will be composed of a total of 352 modules, which will be arranged so that there are 16 in series and 22 in parallel. In this way and knowing

that each of the modules gives a nominal power of 300 watts, the installation will be able to give up to 105.600 watts of power.

Therefore, considering that there is a very large installed power, it will rarely be a problem to meet the demand of the sports complex, so the rest of the energy obtained can be poured into the network, thus obtaining a benefit for it.

With the radiation values taken from the “Censolar” and “IES-ISPRA” databases, as well as with the production values considering the losses, the monthly savings of the use of the photovoltaic solar panels can be obtained; savings equivalent to what the installation would spend if the energy used came directly from the network.

The table below shows the monthly values of radiation, production and savings, assuming a price of kWh of 0,18 €, a standard value also taking into account that its price has been growing considerably over the last few years.

| Months | Nº of days | kWh/m ² day | Production kWh/month | € |
|--------------|------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| January | 31 | 5,07 | 13373,35 | 2407,20 |
| February | 28 | 5,60 | 13234,63 | 2382,23 |
| March | 31 | 6,10 | 15095,30 | 2717,15 |
| April | 30 | 6,03 | 14452,61 | 2601,47 |
| May | 31 | 6,01 | 14785,26 | 2661,35 |
| June | 30 | 5,87 | 13354,32 | 2403,78 |
| July | 31 | 6,07 | 13979,49 | 2516,31 |
| August | 31 | 6,23 | 14416,62 | 2594,99 |
| September | 30 | 6,35 | 14453,73 | 2601,67 |
| October | 31 | 5,78 | 14424,91 | 2596,38 |
| November | 30 | 5,21 | 13065,91 | 2351,86 |
| December | 31 | 4,87 | 12840,25 | 2311,24 |
| Total | 365 | 5,77 | 167476 | 30145,64 |

On the other hand, the project also has the solar thermal installation, which for this project will be used to generate sanitary hot water. It is composed of solar collectors, which are the ones that capture solar energy, by a heat exchanger, which serves to yield heat from the heat transfer fluid to the consumption water, by a hydraulic circuit, circuit through which the heat transfer fluid will circulate, by circulation pumps, which are used to transport the fluid through the hydraulic circuit, and finally, by accumulators, which, like batteries for photovoltaic solar energy, are used to store part of the energy contained in the sanitary hot water in a tank where the water is ready for consumption.

For this installation, instead of oversizing the way it was done for the photovoltaic solar installation, in which the remaining energy can be poured into the network, it was decided to perform the calculation of the sanitary hot water that is going to be demanded, and then install the solar thermal collectors necessary to cover the whole demand at the most unfavourable time of the year, so that it meets the demand every day of the year.

First, the calculation of the number of collectors that are going to be necessary to satisfy the demand for sanitary hot water is made, coming from the showers and the sinks of the locker rooms of the sports complex. Per locker room there are going to be ten showers and four sinks and it has been assumed that the showers will be used on average twice per hour in a time slot

from 8:00 a.m. to 10:00 p.m. With these data and some calculations it is concluded that the daily demand of sanitary hot water will be 8400 liters.

Once the calculation of the liters of water to be heated has been made and being required a minimum contribution by solar collectors of 70 % of the total demand due to the climatic zone of Gran Canaria, it is possible to proceed with the calculation of the number of solar collectors needed.

In order to perform this calculation, the collectors that are going to be used are the Termicol T20PS, which are highly efficient and have a surface area of 2,02 m² per collector.

With the values of daily demand, and knowing the collectors that will be used, we proceed to use the F-Chart calculation method, which is used specifically for the dimensioning of thermal solar installations and which measures the contribution achieved by the solar collectors installed. Obviously, as it will be shown in this document, the greater the number of collectors, the greater the solar contribution of the installation will be.

For this method, it is necessary to calculate parameters as important as the energy absorbed by a single collector or the monthly heat load. With these values, and together with the values of the solar radiation data collected from "Censolar" and "IES-ISPRA", the value of the parameter f is obtained, which is equivalent to the solar contribution given by the solar collectors. This calculation was carried out the first time with only one solar collector and the results obtained showed that the average solar contribution during the year with only one solar collector was 1,94 %.

With the knowledge that this value should be at least 70 %, the minimum number of solar collectors should be calculated to meet the requirement. This way, the number of solar collectors was increased up to 46, obtaining an annual average solar contribution of 70,22 %.

Once the calculation for the sanitary hot water demand has been made, the F-Chart calculation method is used again, this time to calculate the solar collectors needed to cover all the losses of the indoor pool of the sports complex. The measures of the pool will be 25 meters long, 8 meters wide and 1,5 meters deep, equivalent to a total volume of 300.000 liters.

For the case of the pool, it is necessary to control all the losses that reduce the temperature of the water. Taking into account the dimensions of the pool, the losses will be considerable. The losses will mainly come from the transmission of heat, from the heat radiation, from the evaporation of the water in the vessels, from the heat convection between water and air, and, finally, from the renewal of 5 % of the total water volume of the pool that by regulation must be replaced daily.

Once the daily power lost is calculated, the F-Chart calculation method can be used again, obtaining the number of solar collectors needed.

For this case and taking into account that the power required is significantly higher, a greater number of solar collectors are going to be needed. Specifically, 58 solar collectors will be used to comply with a solar contribution higher than 70 %, with an exact contribution of 70,22 %.

As it was done for photovoltaic solar panels, the table below shows the monthly savings that will imply the implementation of the collectors in the sports complex, with a price of 0,06 €/kWh.

| Mes | Precio kWh (€/kWh) | Ahorro 1 único captador (€) | Ahorro 104 captadores (€) |
|--------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Enero | 0,06 | 10,09 | 1049,60 |
| Febrero | 0,06 | 9,83 | 1022,21 |
| Marzo | 0,06 | 11,58 | 1204,39 |
| Abril | 0,06 | 11,19 | 1163,95 |
| Mayo | 0,06 | 11,28 | 1173,31 |
| Junio | 0,06 | 10,21 | 1061,50 |
| Julio | 0,06 | 10,75 | 1117,87 |
| Agosto | 0,06 | 11,56 | 1201,99 |
| Septiembre | 0,06 | 11,84 | 1231,79 |
| Octubre | 0,06 | 11,76 | 1223,15 |
| Noviembre | 0,06 | 10,31 | 1072,43 |
| Diciembre | 0,06 | 9,94 | 1023,49 |
| Media | 0,06 | 10,854 | 1128,81 |
| Total | - | 130,25 | 13545,67 |

Finally, it is necessary to study if the installation proposed is economically viable, since in case it is not, this type of project will not have any future.

To know the viability, a study of the cost that the construction of the installation will entail has been made. It is also important to take into account the annual maintenance.

All the significant parameters have been considered, which include the cost of installing the panels, sensors and inverters, the cost of the electrical installation, the civil works, the documentation and procedures, the system of control, the workforce, the start-up and control of the safety and the health risks of the workers. All these costs are going to be paid only once, at the start of the project, so that the installation can be done, but it is also important to consider those costs that must continue to be paid over the years, where maintenance mainly falls.

With all these parameters taken into account, the installation will reach its threshold of profitability after 12 years, so that from then on, the installation will start producing profits. To be more exact, this will happen at 11,96 years.

Knowing the useful life of the installation with adequate maintenance, which is approximately 30 years for the photovoltaic installation and 20 years for the thermal installation, it is concluded that an installation composed of photovoltaic solar panels and solar thermal collectors, besides being respectful with the environment, is completely profitable, with almost 20 and 10 years respectively obtaining pure benefits of the installation.

Once it has been demonstrated that the installation is completely profitable and economically viable, it is necessary to show if it is also energetically viable. That is why; a program of energy certification of buildings called CE3X has been used.

Once all the data required is completed, the energy efficiency certificate is issued, accompanied by the assignment of an energy rating level. This qualification consists on seven letters that range from the letter A, which is equivalent to the most energy efficient building, to the letter G, which is equivalent to the least energy efficient building.

To demonstrate the efficiency of the installation, the program requests all the data calculated during this project related to the demand for sanitary hot water and illumination. Once these

values have been inserted and the location and structuring of the complex have been specified, including the thermal envelope, the energy rating can be obtained.

The calculation is carried out automatically by the program, including the use of solar panels, which will make the installation of the sports complex achieve a B energy certification, which means that the installation is labelled as very energy efficient.

Índice de memoria

| | |
|---|----|
| 1- Contexto..... | 29 |
| 2- Objeto y alcance..... | 32 |
| Instalación eficiente de paneles solares y captadores térmicos en un complejo deportivo: | 32 |
| Ahorro energético debido al uso de energía solar: | 32 |
| Ahorro económico debido al menor uso de la red eléctrica:..... | 32 |
| 3- Motivación..... | 34 |
| 4- Introducción a la energía solar..... | 35 |
| 4.1- Introducción..... | 35 |
| 4.1.1- Radiación solar | 36 |
| 4.1.2- Tipos de panel solar | 37 |
| 4.1.3- Energía solar térmica | 38 |
| 4.1.4- Energía solar fotovoltaica..... | 38 |
| 4.1.5- Célula solar..... | 40 |
| 4.1.6- Batería solar | 43 |
| 5- Emplazamiento | 45 |
| 5.1- Instalación solar fotovoltaica | 46 |
| 5.2- Potencial fotovoltaico | 47 |
| 5.3- Instalación solar térmica..... | 48 |
| 5.3.1- Componentes de una instalación solar térmica..... | 49 |
| 6- Factores de pérdidas..... | 51 |
| 6.1- Pérdidas energéticas fotovoltaicas | 51 |
| 6.1.1- Pérdidas por no cumplir la potencia nominal | 51 |
| 6.1.2- Pérdidas provenientes de suciedad | 51 |
| 6.1.3- Pérdidas por temperatura | 51 |
| 6.1.4- Pérdidas por sombras | 52 |
| 6.1.5- Pérdidas provenientes del inversor | 53 |
| 6.1.6- Pérdidas por inclinación | 53 |
| 6.1.7- Pérdidas por degradación..... | 53 |
| 6.2- Pérdidas energéticas térmicas | 53 |
| 6.2.1- Pérdidas por radiación | 54 |
| 6.2.2- Pérdidas por radiación reflejada | 54 |
| 6.2.3- Pérdidas por convección | 54 |
| 6.2.4- Pérdidas por conducción..... | 54 |

| | |
|--|----|
| 6.2.4- Otras pérdidas..... | 55 |
| 7.- Instalación de la conexión a la red eléctrica..... | 56 |
| 7.2- Panel solar..... | 56 |
| 7.3- Regulador..... | 57 |
| 7.3- Inversor..... | 57 |
| 7.3.1- Funcionamiento..... | 58 |
| 7.3.2- Parámetros fundamentales del inversor..... | 58 |
| 7.3.3- Inversor híbrido..... | 58 |
| 7.3- Equipo de medida..... | 60 |
| 7.4- Caja de conexiones y protecciones..... | 60 |
| 7.4.1- Caja general de protección CGP..... | 61 |
| 7.4.2- Interruptor de control de potencia ICP..... | 61 |
| 7.4.3- Embarrado..... | 61 |
| 7.4.4- Interruptor general automático IGA..... | 61 |
| 8.- Instalación fotovoltaica..... | 62 |
| 8.1.- Módulo solar fotovoltaico..... | 62 |
| 8.2.- Inversor..... | 63 |
| 8.2.- Mantenimiento de la instalación..... | 64 |
| 8.2.1- Mantenimiento correctivo..... | 64 |
| 8.2.2- Mantenimiento preventivo..... | 64 |
| 8.3- Configuración eléctrica..... | 65 |
| 8.4- Potencia del campo fotovoltaico..... | 66 |
| 8.5- Temperatura del módulo..... | 67 |
| 8.5- Tipos de sistemas fotovoltaicos..... | 68 |
| 8.5.1- Instalaciones aisladas de la red..... | 68 |
| 8.5.1- Instalaciones conectadas a red..... | 69 |
| 9.- Radiación..... | 70 |
| 10- Producción..... | 72 |
| 10.1- Rendimiento de los sistemas fotovoltaicos..... | 74 |
| 10.1.1- Rendimiento inversor..... | 74 |
| 11- Temperaturas..... | 76 |
| 12- Instalación térmica..... | 80 |
| 12.1.- Panel solar térmico..... | 80 |
| 12.1.1- Rendimiento de los paneles solares térmicos..... | 80 |
| 12.2.- Tipos de sistema..... | 82 |
| 12.3.- Consumo de agua caliente sanitaria..... | 83 |

| | |
|--|-----|
| 12.3.1- Caudales instantáneos | 84 |
| 12.3.2- Tiempo de consumo..... | 86 |
| 12.3.3- Energía demandada por el calentamiento de agua..... | 87 |
| 12.3.4- Producción instantánea..... | 87 |
| 12.3.5- Sistemas de acumulación del agua..... | 88 |
| 12.4.- Contribución solar..... | 90 |
| 12.4.1- Área total captadores solares | 91 |
| 12.4.2- Pérdidas..... | 92 |
| 12.4.3- Ángulo dispuesto para los captadores térmicos | 92 |
| 12.4.4- Parámetros meteorológicos y de radiación..... | 93 |
| 12.5.- Cálculo del número de captadores solares para el agua caliente sanitaria..... | 93 |
| 12.5.1- Características del captador solar | 94 |
| 12.5.2- Cálculo de las cargas caloríficas para la producción de agua caliente sanitaria | 95 |
| 12.5.3- Cálculo de la radiación solar incidente en la superficie del captador..... | 96 |
| 12.5.4- Método de cálculo recomendado: F-Chart..... | 98 |
| 12.6- Cálculo de la demanda energética para el mantenimiento de la temperatura de la piscina | 103 |
| 12.6.1- Pérdidas por transmisión de calor | 104 |
| 12.6.2- Pérdidas por radiación de calor..... | 104 |
| 12.6.3- Pérdidas por evaporación del agua de los vasos..... | 105 |
| 12.6.4- Pérdidas por convección de calor entre agua y aire..... | 105 |
| 12.6.5- Renovación del agua de la piscina | 106 |
| 12.6.6- Pérdidas energéticas totales..... | 108 |
| 12.7.- Cálculo del número de captadores solares para la climatización de la piscina..... | 109 |
| 12.5.1- Cálculo de la radiación global y en el plano inclinado | 109 |
| 13- Producción final de térmica..... | 112 |
| 14- Presupuesto y estudio de viabilidad..... | 114 |
| 15.- Certificación de eficiencia energética | 117 |
| 16.- Estudio de seguridad y salud | 123 |
| 16.1.- Definición de los posibles riesgos | 123 |
| 16.1.1- Riesgos generales | 123 |
| 16.1.2- Riesgos específicos..... | 123 |
| 16.2.- Medidas de prevención y protección de los riesgos expuestos..... | 124 |
| 16.2.1- Medidas preventivas y de protección generales..... | 124 |
| 16.2.2- Medidas preventivas y de protección personales..... | 125 |
| 17.- Impuesto al sol | 126 |

18.- Bibliografía y referencias..... 127

Índice de tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1.- Comparativa entre la solar fotovoltaica y la solar térmica | 38 |
| Tabla 2.- Número de horas de sol en Las Palmas (INE) | 46 |
| Tabla 3.- Propiedades eléctricas módulo Atersa A-300P | 62 |
| Tabla 4.- Propiedades físicas del módulo..... | 63 |
| Tabla 5.- Propiedades eléctricas inversor | 63 |
| Tabla 6.- Radiación en Gran Canaria por parte de Censolar | 71 |
| Tabla 7.- Radiación en Gran Canaria por parte de IES..... | 71 |
| Tabla 8.- Radiación media en Gran Canaria | 71 |
| Tabla 9.- Producción y ahorro proveniente de los paneles solares..... | 72 |
| Tabla 10.- Rendimientos según la potencia nominal del panel solar..... | 75 |
| Tabla 11.- Desglose de las tecnologías en el mes de mayo..... | 78 |
| Tabla 12.- Desglose de las tecnologías en el mes de agosto..... | 78 |
| Tabla 13.- Temperatura media mensual en Gran Canaria..... | 79 |
| Tabla 14.- Temperatura del agua de red en Gran Canaria..... | 86 |
| Tabla 15.- Pérdidas máximas de los captadores solares..... | 92 |
| Tabla 16.- Temperaturas y radiación solar..... | 93 |
| Tabla 17.- Ocupación del complejo deportivo..... | 94 |
| Tabla 18.- Propiedades del captador solar..... | 95 |
| Tabla 19.- Cargas caloríficas mensuales | 96 |
| Tabla 20.- Radiación mensual horizontal e inclinada | 97 |
| Tabla 21.- Cálculo del parámetro D_1 | 99 |
| Tabla 22.- Cálculo del parámetro D_2 | 101 |
| Tabla 23.- Cálculo del parámetro f | 102 |
| Tabla 24.- Parámetro f para 46 captadores solares | 102 |
| Tabla 25.- Energía útil mensual aportada por los captadores solares | 103 |
| Tabla 26.- Pérdidas anuales procedentes de la renovación del agua | 107 |
| Tabla 27.- Pérdidas energéticas totales..... | 108 |
| Tabla 28.- Pérdidas mensuales en MJ..... | 109 |
| Tabla 29.- Radiación global y con inclinación..... | 109 |
| Tabla 30.- Obtención de los parámetros D_1 , D_2 y f | 110 |
| Tabla 31.- Valor del parámetro f para 58 captadores solares..... | 111 |
| Tabla 32.- Energía útil proporcionada por los captadores solares | 111 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 33.- Potencia que aporta la instalación solar térmica..... | 112 |
| Tabla 34.- Ahorro mensual por el uso de los captadores solares..... | 113 |
| Tabla 35.- Costes fijos y variables de la instalación..... | 114 |
| Tabla 36.- Ahorro total térmica y solar..... | 116 |
| Tabla 37.- Potencia máxima de iluminación..... | 120 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Ilustración 1.- Tarifa eléctrica abril 2014 | 30 |
| Ilustración 2.- Tarifa eléctrica octubre 2017 | 30 |
| Ilustración 3.- Generación..... | 30 |
| Ilustración 4.- Estructuración de la generación | 30 |
| Ilustración 5.- Radiación solar en España..... | 36 |
| Ilustración 6.- Panel solar térmico | 37 |
| Ilustración 7.- Panel fotovoltaico | 37 |
| Ilustración 8.- Panel solar híbrido | 37 |
| Ilustración 9.- Funcionamiento célula fotovoltaica..... | 39 |
| Ilustración 10.- Partes de la célula solar | 40 |
| Ilustración 11.- Curva I-V de un panel fotovoltaico..... | 41 |
| Ilustración 12.- Baterías estacionarias..... | 43 |
| Ilustración 13.- Polígono industrial el Goro..... | 45 |
| Ilustración 14.- Temperatura media Las Palmas (IDAE)..... | 45 |
| Ilustración 15.- Azimut de un panel | 47 |
| Ilustración 16.- Irradiación solar global sobre el plano horizontal | 48 |
| Ilustración 17.- Valores de radiación en Las Palmas | 48 |
| Ilustración 18.- Función del panel térmico..... | 49 |
| Ilustración 19.- Partes que componen un captador solar térmico | 49 |
| Ilustración 20.- Circuito de la instalación solar térmica..... | 50 |
| Ilustración 21.- Pérdidas energéticas | 54 |
| Ilustración 22.- Instalación para conectar la placa solar fotovoltaica a la red eléctrica..... | 56 |
| Ilustración 23.- Regulador solar | 57 |
| Ilustración 24.- Rendimiento del inversor híbrido | 59 |
| Ilustración 25.- Inversor híbrido..... | 59 |
| Ilustración 26.- Contador | 60 |
| Ilustración 27.- Esquema de la instalación de conexión y protección..... | 60 |
| Ilustración 28.- Esquema de mantenimiento | 64 |
| Ilustración 29.- Elementos que componen la instalación solar..... | 68 |
| Ilustración 30.- Instalación conectada a red | 69 |
| Ilustración 31.- Valores de radiación en Gran Canaria | 70 |
| Ilustración 32.- Producción mensual de los paneles solares..... | 73 |
| Ilustración 33.- Variación del rendimiento del inversor | 74 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 34.- Voltaje de circuito abierto según la temperatura..... | 76 |
| Ilustración 35.- Estructura de generación del mes de mayo en la península..... | 77 |
| Ilustración 36.- Estructura de generación del mes de agosto en la península..... | 77 |
| Ilustración 37.- Curvas de rendimiento del panel solar térmico | 81 |
| Ilustración 38.- Demanda de litros de agua caliente sanitaria para vestuarios | 83 |
| Ilustración 39.- Caudal instantáneo de agua para lavabos y duchas | 85 |
| Ilustración 40.- Zonas climáticas existentes en España..... | 90 |
| Ilustración 41.- Contribución mínima según la zona climática..... | 91 |
| Ilustración 42.- Contribución solar mínima para piscinas cubiertas | 91 |
| Ilustración 43.- Ángulo de azimut y latitud | 92 |
| Ilustración 44.- Radiación solar para la latitud correspondiente al emplazamiento | 97 |
| Ilustración 45.- Desglose de las pérdidas energéticas..... | 108 |
| Ilustración 46.- Producción mensual de los captadores solares..... | 113 |
| Ilustración 47.- Escala de calificación energética..... | 117 |
| Ilustración 48.- Equipo de agua caliente sanitaria | 119 |
| Ilustración 49.- Equipos que componen la instalación de iluminación | 119 |
| Ilustración 50.- Consumo y emisiones sin energía solar..... | 121 |
| Ilustración 51.- Consumo y emisiones con energía solar..... | 121 |

1- Contexto

La demanda y el creciente consumo de energía tanto a nivel internacional como a nivel nacional, así como el elevado precio de esta energía en España, han motivado el desarrollo de este proyecto que hace uso de la energía solar con el fin de conseguir un ahorro económico para el dueño del complejo deportivo.

La energía solar, es aquella energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. Es una de las llamadas energías renovables no contaminantes, conocidas como energía limpia, y se obtiene del aprovechamiento de la radiación solar que alcanza la Tierra.

Obviamente, la potencia de la radiación solar que alcanza a nuestro planeta depende de muchas variables como las condiciones atmosféricas, la latitud, la altitud o el momento del día, factores que se tendrán muy en cuenta a lo largo de este proyecto.

Por otro lado, debido al inmenso esfuerzo en el estudio y desarrollo de la tecnología renovable, cada año el porcentaje de éstas dentro del mix energético aumenta considerablemente, por lo que se demuestra su competitividad dentro del sector eléctrico. Se espera que esta competitividad de las energías renovables siga aumentando con los años, lo que no hará más que ayudar en la viabilidad de proyectos similares al explicado en este documento.

Cada uno de los que hacemos uso de la energía en la vida diaria somos usuarios de más de un edificio, es decir, que producimos un consumo de energía en más de un lugar. Como ejemplo tenemos nuestra propia casa y el lugar donde trabajamos, pero también existen otros muchos edificios a los que somos usuarios, como aquellos que prestan servicios docentes, sanitarios, políticos, etc. En cada uno de estos edificios de los que hacemos uso diariamente, se deben satisfacer las necesidades energéticas debido al consumo, al igual que sucederá en el complejo deportivo que se va a estudiar en este proyecto. Debido al emplazamiento del complejo deportivo, que se encontrará en Gran Canaria, se deberán tener en cuenta las necesidades de iluminación y agua caliente sanitaria, dejando a un lado la calefacción y la refrigeración, ya que su uso no es nada común en Canarias debido a las temperaturas por las que se suele oscilar en el archipiélago a lo largo de todo el año. Aun así, si se tienen en cuenta todas estas necesidades energéticas, la suma supone el 20% del consumo de energía final en España, un dato nada desdeñable y que tiene perspectivas de seguir incrementando.

Es importante tener en cuenta que el consumo energético en edificios no hace más que subir, así como el precio de la tarifa eléctrica, ya que, según Endesa, en abril de 2014 el precio medio del día era de 0,07908 €/kWh mientras que, a fecha de hoy, en octubre de 2017, el precio medio del día es de 0,12813 €/kWh, más de 3 céntimos más caro de lo que era hace tres años y medio. Esto también puede llevar a pensar que la opción de utilizar energía solar puede conducir a un ahorro energético más que considerable¹.

¹ <https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html>

12 de Abril 2014

Precio a las 16:53

▼ 0,07585 €/KWh

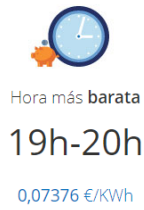


Ilustración 1.- Tarifa eléctrica abril 2014

14 de Octubre 2017

Precio a las 16:51

▼ 0,11832 €/KWh

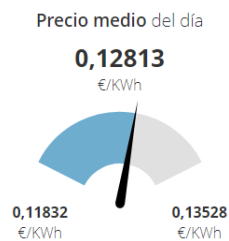


Ilustración 2.- Tarifa eléctrica octubre 2017

La única ventaja de utilizar energía solar no es ni mucho menos el ahorro energético. Es muy importante tener en cuenta, más aún hoy en día, el impacto que tiene la energía que utilizamos y generamos sobre el medio ambiente, y como bien sabemos, si toda la energía que utiliza el complejo deportivo proviene de la energía solar instalada en el mismo, no se estará produciendo ningún impacto significativo sobre el medio ambiente, más bien todo lo contrario, debido a que con esta energía solar, y siempre que estemos en todo momento desconectados de la red eléctrica, cosa que se estudiará en este proyecto si es viable, se dejará de utilizar una energía que es perjudicial para el medio ambiente.

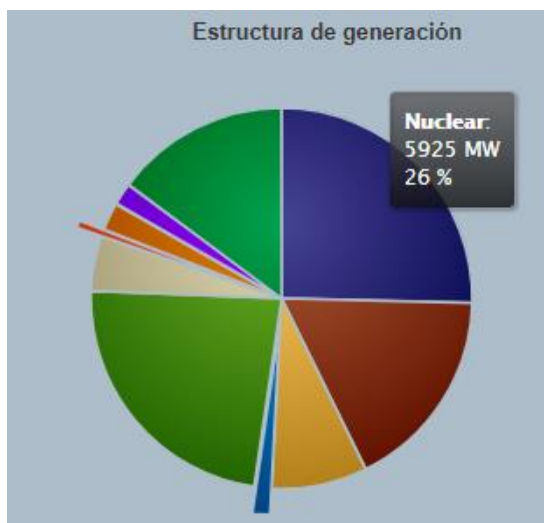


Ilustración 3.- Generación



Ilustración 4.- Estructuración de la generación

Mediante estas dos imágenes observamos que aproximadamente el 30% de la demanda de la energía eléctrica se satisface con energía renovable, mientras que lo restante, el 70%, produce contaminación ambiental debido al CO₂, SO₂, etc.²

Las explicaciones y estudios tanto económicos como medioambientales son muy importantes para demostrar la viabilidad de una instalación que deberá producir la energía por medio de energía solar. Una vez realizadas estas demostraciones, se comenzará con el diseño y construcción de los paneles solares.

Tendremos en cuenta el emplazamiento y los componentes que forman la instalación deportiva para a continuación comenzar con los cálculos de energía generada, energía consumida y pérdidas.

² <https://demanda.ree.es/movil/peninsula/demanda/total>

2- Objeto y alcance

El objeto de este proyecto es el de redactar las condiciones técnicas necesarias para realizar la instalación de paneles solares fotovoltaicos con sus respectivas baterías, así como de captadores solares térmicos con su acumulador en un complejo deportivo. Como ya se ha comentado anteriormente, este complejo deportivo estará situado en Gran Canaria, más específicamente en el polígono industrial de Gando, lugar con suficiente espacio para la construcción del complejo deportivo y de toda su instalación.

La finalidad de este proyecto, así como su alcance, están muy ligados a los puntos que se exponen a continuación:

Instalación eficiente de paneles solares y captadores térmicos en un complejo deportivo:

Lo esencial en este proyecto es aprender a realizar una instalación correcta y eficiente para poder aprovechar la energía solar y estudiar si esta instalación conlleva un ahorro energético y económico. Es un objetivo que en el caso de que se alcance, demostrará que los proyectos relacionados con este sector son viables.

Para realizar esta instalación, será necesario hacer uso de recursos de los que se hablará en apartados posteriores, como documentos del código técnico y programas de cálculo.

Ahorro energético debido al uso de energía solar:

Es un objetivo que se podría decir que incluso precede al anterior, ya que antes de realizar la instalación se debe estudiar si esta nueva instalación producirá un ahorro energético para el dueño del complejo deportivo. En caso de que se produzca ese ahorro energético, se procederá a demostrar las razones que han llevado a este cambio tan grande en el precio a pagar por la energía, llegando al siguiente objetivo que se quiere estudiar.

Ahorro económico debido al menor uso de la red eléctrica:

Probablemente es el objetivo más importante, porque todo lo anterior no valdrá para nada si esta instalación no supone un ahorro energético. En este punto se tendrán en cuenta muchos de los temas que hoy en día son muy polémicos, como por ejemplo el famoso impuesto al sol. Además, para hacer este cálculo se deberá hacer el presupuesto y el costo que supone la instalación y después calcular el ahorro diario o mensual que supone hacer uso de placas y de los colectores solares. Esto demuestra que el ahorro económico no será inmediato, y se necesitará de un tiempo considerable para recuperar la inversión.

De esta manera, en este proyecto se exponen las posibilidades que ofrece una instalación de este tipo, formada por un conjunto de paneles solares fotovoltaicos y captadores solares térmicos instalados en el polígono industrial de Gando. Las prioridades son las de intentar aprovechar y optimizar las características del emplazamiento en el que se va a realizar la instalación de manera que cumpla con los requisitos económicos, estéticos y técnicos previstos.

Los requisitos económicos son bastante obvios, en los que se requiere principalmente que la instalación sea rentable. Además de ello, se realizará una comparativa entre el costo fijo y variable de hacer uso de la energía solar con el de no hacer uso de esta instalación.

En cuanto a los requisitos técnicos, estos son principalmente los de analizar y estudiar que todos los elementos que componen la instalación funcionan de manera correcta y tienen una trascendencia palpable en el proyecto.

3- Motivación

El creciente impacto medioambiental proveniente de la generación de energía, así como el creciente precio de la tarifa eléctrica motivan la realización de este proyecto, con el fin de conseguir un ahorro energético considerable, que derive en un ahorro económico.

Pero mediante este proyecto no se busca obtener únicamente una viabilidad económica, también se quiere demostrar la viabilidad técnica de la utilización de la energía solar para conseguir un ahorro energético en una instalación que utiliza una gran cantidad de energía como es un complejo deportivo.

La demanda energética incluirá, como ya se ha comentado anteriormente, tanto la iluminación como la producción de agua caliente sanitaria.

Será necesario tener en cuenta el emplazamiento del complejo deportivo y, mediante un estudio de la zona se tendrá en cuenta horas de sol, la radiación y la temperatura según el mes del año, y además se elegirá el tipo y número de placas solares y captadores térmicos idóneos para que el proyecto tenga un resultado en ahorro energético lo más óptimo posible.

Por último, se estudiará la instalación conectada a la red eléctrica aun teniendo en cuenta que se va a hacer uso de baterías, debido principalmente a la posibilidad de verter energía en los momentos de mayor producción. No obstante, también se estudiará si existen otras opciones que sean realistas y que puedan hacer viable la instalación.

4- Introducción a la energía solar

4.1- Introducción

El Sol puede satisfacer todas las necesidades del ser humano si éste es capaz de aprovechar la luz que llega al planeta.

Durante un año completo, el Sol derrama sobre el planeta una cantidad de energía aproximadamente 4000 veces mayor a la que se va a consumir en total en ese mismo periodo de tiempo, lo que demuestra claramente las posibilidades de la energía solar.

España, y más concretamente para el proyecto que se está estudiando, Gran Canaria, se ve favorecida respecto al resto de las ciudades tanto españolas como europeas debido a su óptima situación y climatología. Toda la energía que llega e incide puede aprovecharse o ser convertida en otras formas de energía útiles, como la electricidad.

España es un país que desde hace ya numerosos años se encuentra entre los países líderes en energías renovables, con más que contrastada experiencia en tecnología solar. Es por ello por lo que resulta obvio que se debe continuar estudiando cómo aprovechar esta fuente de energía limpia, inagotable y gratuita que es el Sol. Con ello se podrá comenzar a eliminar esa gran dependencia que existe hoy en día con respecto al petróleo y otras alternativas más contaminantes, menos seguras, y que se acabarán agotando.

No obstante, no se pueden obviar las diversas dificultades provenientes de un mayor uso de energías renovables tales como la solar. Hay que tener en cuenta que casi todas las energías renovables llevan intrínsecas el problema de estar sometidas a continuas variaciones y fluctuaciones. Por ejemplo, con la energía solar se tiene el problema de que en invierno la radiación solar es menor que en verano, siendo justo en las fechas más frías cuando mayor es la necesidad del uso de la energía.

La energía solar, define el aprovechamiento de la energía que proviene del Sol. Es la energía contenida en la radiación solar mencionada anteriormente, que además es transformada mediante diferentes dispositivos para su posterior consumo.

La radiación solar que alcanza el planeta puede aprovecharse por medio del calor que produce, pero además también se puede aprovechar mediante la absorción de la radiación. Como ya se ha comentado, la energía solar es una energía renovable no contaminante, conocido también como energía verde o energía limpia.

La potencia de la radiación solar varía según el momento del año y del día, así como de la latitud y de las condiciones atmosféricas. Éstas últimas son también razón principal de la cantidad de radiación que incide y alcanza la superficie de la Tierra, ya que con un cielo nublado no llega la misma radiación solar que sin estas nubes. Es por ello por lo que para este proyecto se ha elegido un emplazamiento en que normalmente el cielo está despejado, lo que también favorece y optimiza la obtención de energía.

Por último, y como es sabido, la radiación se divide en radiación directa y en radiación difusa. La radiación directa, como bien indica su nombre, es aquella que proviene directamente del sol sin ningún tipo de refracción o reflexión, mientras que la radiación difusa proviene del efecto generado cuando la radiación solar alcanza la superficie de la atmósfera y se dispersa de su dirección original. En un día soleado, la radiación difusa supone aproximadamente el 15% de la

radiación global, mientras que, en días nublados, debido a que la radiación directa disminuye sustancialmente, la radiación difusa supone un porcentaje mayor.

Además, existe otro tipo de radiación, la reflejada, que es aquella que, como su propio nombre indica, es reflejada por la superficie terrestre, pero que para este proyecto no se tendrá en cuenta debido a que por la inclinación de los paneles y captadores no podrá incidir en éstos.

Una vez definidos cada uno de los conceptos de radiación existentes, es necesario destacar que la radiación directa es la única que puede concentrarse.

4.1.1- Radiación solar

Se conoce como radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol libera energía que se transmite al exterior mediante la radiación solar. Esta energía emitida por el Sol sigue la ley de Planck a su temperatura media, que es de unos 6000 K.

Como ya es bien sabido, la radiación solar se encuentra distribuida desde la luz infrarroja hasta la luz ultravioleta. Además, hay que tener en cuenta que no toda la radiación solar llega a nuestro planeta, por lo que el valor de la radiación solar no será igual al de la irradiancia, que es el término que mide la potencia que alcanza la Tierra por unidad de superficie (W/m^2).³

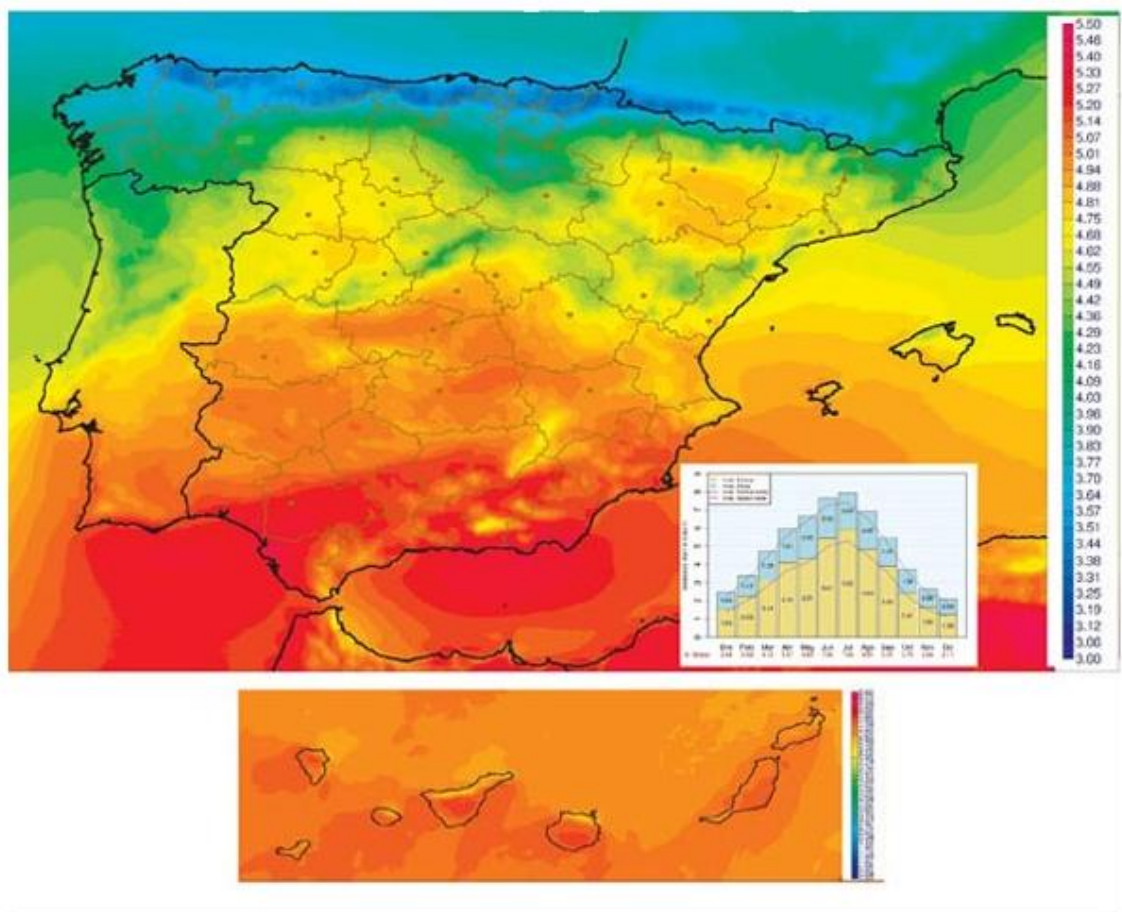


Ilustración 5.- Radiación solar en España

³ http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar

4.1.2- Tipos de panel solar

Existen tres tipos de paneles solares hoy en día. De entre todos ellos será necesario elegir el más conveniente para la instalación que se va a llevar a cabo. Existe la opción de utilizar los paneles solares térmicos, los paneles fotovoltaicos, y, por último, los paneles solares híbridos, que aúnan las dos tecnologías en un único panel.

Los captadores solares térmicos, son aquellos que permiten la transformación de la energía solar en energía térmica y son utilizados mayoritariamente para la producción de agua caliente sanitaria o para la climatización de piscinas.

Por otro lado, los paneles solares fotovoltaicos son los que se encargan de transformar la energía solar en electricidad, y son por tanto los utilizados para generar la electricidad de manera limpia y barata.

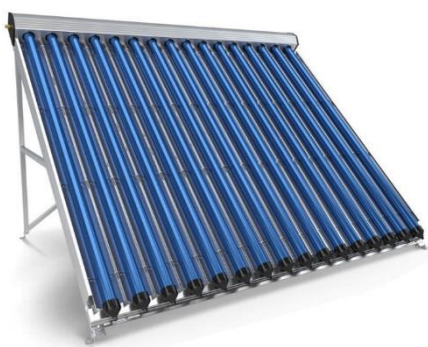


Ilustración 6.- Panel solar térmico



Ilustración 7.- Panel fotovoltaico

Por último, se encuentran los paneles solares híbridos, que, aunque aún no es un tipo de panel solar muy conocido, últimamente han tenido una evolución que ha sido muy positiva debido a las ventajas que presentan con respecto a los paneles solares térmicos y fotovoltaicos por separado. Ventajas tanto de reducción de espacio, como de aprovechamiento de la energía solar por metro cuadrado, ya que resulta obvio que cuanto menos espacio sea necesario para realizar una misma función, un mayor número de paneles solares se podrán implementar, con sus respectivos beneficios.



Ilustración 8.- Panel solar híbrido

En un principio, debido a que la instalación a estudiar es la de un complejo deportivo y a que el panel solar híbrido aún no se ha desarrollado lo suficiente, se hará uso tanto de captadores solares térmicos como de paneles solares fotovoltaicos.

4.1.3- Energía solar térmica

A nivel doméstico, este tipo de energía solar se utiliza casi únicamente para la producción de agua caliente sanitaria (ACS). La tecnología que se utiliza es sencilla, en la que los captadores solares tienen en su interior un líquido que, mediante la exposición del sol se calienta. Una vez se ha conseguido que el líquido que se encuentra en el interior de los captadores solares esté caliente, se puede transferir su calor al agua, en este caso, del complejo deportivo, de manera que se consigue la producción de agua caliente sanitaria.

Las principales ventajas de esta tecnología son su mayor eficiencia respecto al espacio utilizado en comparación con la solar fotovoltaica, su alta eficiencia en su funcionamiento, de aproximadamente el 70 %, tecnología mucho más sencilla y fácil de implementar que la fotovoltaica, y, por último, contribuye al ahorro en la obtención de agua caliente sanitaria.

En cuanto a sus desventajas, hay que tener en cuenta que la vida útil de estos paneles es baja, que el rendimiento es mucho menor en invierno, donde las necesidades de agua caliente sanitaria son sensiblemente mayores y que las instalaciones de energía solar térmica son menos versátiles que las fotovoltaicas.

4.1.4- Energía solar fotovoltaica

Debido a la modernidad de esta tecnología con respecto a la energía solar térmica, se sigue necesitando de avances técnicos para mejorar tanto su eficiencia como su rendimiento. Los paneles solares fotovoltaicos están basados en el silicio, que se utiliza para absorber la energía proveniente del sol y transformarla en electricidad.

Las ventajas más notables de la energía solar fotovoltaica son su alta vida útil, de aproximadamente 30 años, su capacidad de cubrir una gran parte o incluso todo el consumo eléctrico consiguiendo de esta manera un ahorro sustancial y su gran eficiencia, principalmente en verano.

Por otro lado, las desventajas principales son la necesidad de una mayor inversión para una instalación de la misma potencia a una instalación solar térmica, la necesidad de una mayor superficie para situar los paneles, debido a su menor eficiencia respecto al espacio utilizado en comparación a la energía solar térmica y la mayor complejidad de la instalación.

A continuación, se muestra una tabla aclaratoria con las diferencias más notables entre la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica.

Tabla 1.- Comparativa entre la solar fotovoltaica y la solar térmica

| CARACTERÍSTICAS | ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA | ENERGÍA SOLAR TÉRMICA |
|-----------------|----------------------------|--|
| Utilidad | Generación de electricidad | Producción de ACS, calefacción y climatización de piscinas |

| Funcionamiento | Efecto fotoeléctrico | Como el efecto invernadero |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| Tipos de paneles / colectores | Monocristalinos, policristalinos y de capa fina | Planos y de tubo vacío |
| Eficiencia media | 15 % | 90 % |
| Eficiencia del sistema | 10 % | 65 % |
| Vida útil | 30 años | 10 años |
| Tiempo de amortización | 10 años | 7 años |

Durante este proyecto se mostrará si realmente se cumple con lo expuesto en esta tabla, donde se observan datos tan importantes como la eficiencia, el tiempo de amortización y la vida útil.

4.1.2.1- Efecto fotovoltaico

La transformación de energía solar en energía eléctrica se debe principalmente al efecto fotovoltaico (FV). Este efecto es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica es capaz de convertir la luz solar en electricidad. Esto se consigue mediante un material que es capaz de absorber los fotones provenientes de la luz solar. Estos fotones emiten electrones, que son los que se desplazan produciendo así una corriente eléctrica.

Para la fabricación de las células fotovoltaicas el material que destaca y que es más necesario es el silicio, material que cuando capta la radiación solar libera los electrones que circulan por el panel solar de forma continua debido a la presencia de un campo eléctrico. Este campo se genera al combinar dos capas de material semiconductor, como lo es el silicio, con cargas eléctricas opuestas. Mediante un conductor externo se consigue que el flujo de los electrones se vaya moviendo entre una capa y otra, produciendo así una corriente eléctrica siempre que la célula FV reciba radiación.

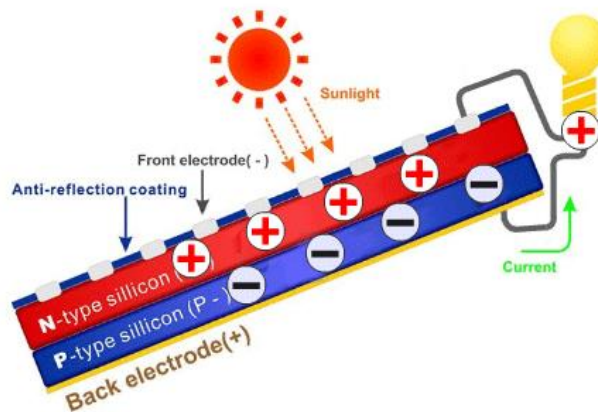


Ilustración 9.- Funcionamiento célula fotovoltaica

El rendimiento de conversión de las células fotovoltaicas, que viene de la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es uno de los aspectos a tener más en cuenta dentro de esta tecnología, ya que, obviamente, cuanto mayor sea el rendimiento, más competitiva y útil se hará esta tecnología.

Cada uno de los módulos, como se puede observar en la imagen superior, está diseñado para suministrar electricidad a un voltaje de 12 o 24 V, mientras que la corriente que se producirá dependerá del nivel de insolación.

4.1.5- Célula solar

Como ya se ha ido comentando brevemente con anterioridad, el generador es uno de los elementos más importantes, si no el que más, dentro de una instalación de energía solar. En este tipo de instalaciones, el generador generalmente lleva el nombre de célula solar. Esta célula se caracteriza principalmente por ser capaz de convertir en electricidad los fotones que llegan de la luz del sol.

El funcionamiento se basa, como ya se ha explicado en un apartado anterior, en el efecto fotovoltaico.

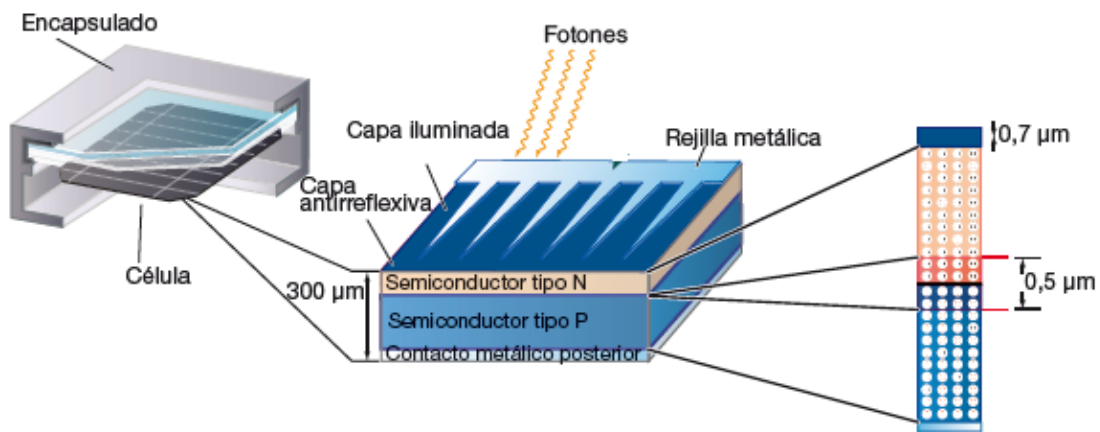


Ilustración 10.- Partes de la célula solar

4.1.5.1- Parámetros fundamentales de la célula solar

Potencia nominal (P_{nom}): Es la potencia máxima que demanda el panel solar en condiciones de uso normales. Esto significa que el panel solar está específicamente diseñado para soportar la potencia nominal, pero debido a posibles variaciones de la corriente ya sea por uso o diseño, la potencia que realmente le llega puede ser distinta a esta, existiendo la posibilidad de ser tanto mayor como menor.

Corriente de cortocircuito (I_{sc}): Es el valor de la corriente que circula por el panel fotovoltaico cuando la tensión en sus terminales es nula, es decir, cuando no está conectada ninguna carga y los bornes se cortocircuitan. Además, la corriente de cortocircuito es el valor de la máxima corriente que se podría llegar a obtener del panel cuando éste trabaja como generador.

Tensión de circuito abierto (V_{oc}): Es el valor de la máxima tensión que proporciona el panel cuando no hay ninguna carga entre los bornes del panel y además dichos bornes se encuentran al aire libre.

Punto de máxima corriente (I_{pmp}): Es el punto de trabajo en el que la corriente es máxima.

Punto de máxima tensión (V_{pmp}): Es el punto de trabajo en el que la tensión es máxima.

Punto de máxima potencia (I_{pmp} , V_{pmp}): Es el punto de trabajo en el cual la potencia entregada es máxima, de manera que se consigue obtener el máximo rendimiento posible al panel fotovoltaico.

Temperatura de operación nominal de la célula TONC: Es la temperatura que tiene la célula en determinadas condiciones de irradiancia, distribución espectral y velocidad del viento.

Coefficiente de temperatura: A medida que la temperatura en un panel fotovoltaico aumenta, la potencia generada por éste disminuye. Normalmente se toma como temperatura fija 25 grados, y según el valor del coeficiente de temperatura, la potencia del panel fotovoltaico disminuirá en mayor o en menor medida.

Rendimiento: Al igual que sucede con cualquier expresión de rendimiento, se suele expresar en porcentaje e indica la relación entre la potencia eléctrica que el panel es capaz de entregar y la potencia de la radiación solar que realmente incide en el panel solar.

La mayoría de estos parámetros se pueden mostrar mediante la curva voltaje-corriente (I-V). Para ser más específicos, los parámetros que esta curva muestra son los de punto de máxima potencia (I_{pmp} , V_{pmp}), que incluye máxima intensidad y máxima tensión, corriente de cortocircuito (I_{sc}) y tensión de circuito abierto (V_{oc}) de un panel específico.

Además, como se puede observar gracias a la leyenda que se encuentra al lado del gráfico, la curva voltaje-corriente también muestra una variación según la irradiancia que incide sobre el panel solar, siempre tomando los valores con condiciones estándar de temperatura (25 °C).

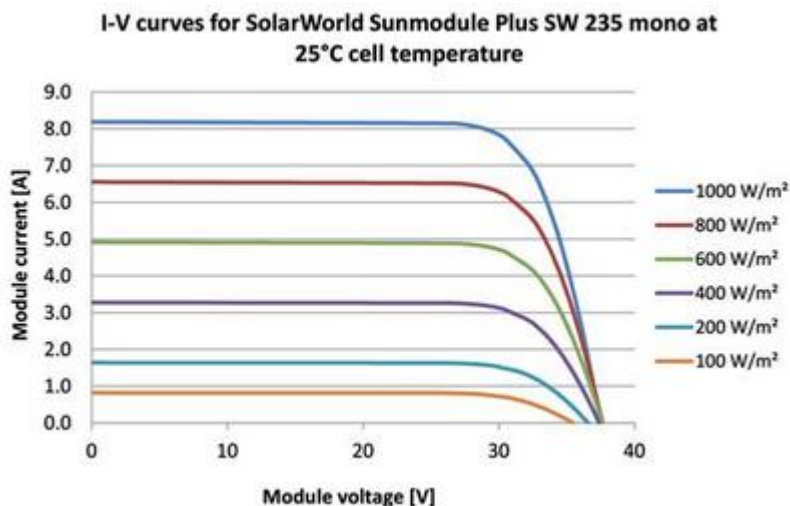


Ilustración 11.- Curva I-V de un panel fotovoltaico

4.1.5.2- Estructura de soporte de los módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos elegidos con el fin de captar la máxima energía solar posible se deben colocar sobre algún tipo de estructura de soporte. Este soporte en cuestión debe cumplir con una serie de especificaciones de diseño. Además de ello, debe cumplir una serie de pautas que

se pueden encontrar en el pliego de condiciones del instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE).⁴

Para elegir qué soporte es mejor para cada tipo de instalación, antes es necesario saber qué tipos de estructuras de soporte existen.

Existen dos tipos de soporte bien diferenciados, los soportes fijos, que como su propio nombre indica tienen una orientación e inclinación fija, donde la posición de los paneles se calcula con el fin de que sea la más óptima posible dentro de la localización de la instalación, y los soportes móviles, que son aquellos en las que los paneles se orientan según la posición del sol en cada momento con el fin de conseguir la máxima eficiencia y radiación posible.

Una vez se conocen los dos tipos de estructuras posibles y se elige la más óptima para la instalación en cuestión, se debe tener en cuenta que la estructura debe ser capaz de resistir el peso de los módulos fotovoltaicos, así como aguantar las cargas provenientes del viento u otro tipo de inclemencias derivadas del clima.

Además, para que se pueda realizar la instalación de la estructura de sujeción, es imprescindible que ésta se encuentre homologada y cumpla los requisitos necesarios según los paneles utilizados en la instalación.

Por último, es muy importante que esta estructura de soporte no genere sombras a otros paneles fotovoltaicos, ya que haría disminuir la eficiencia de toda la instalación, haciendo menos rentable el uso de ésta.

4.1.5.3- Seguimiento mecánico del punto de máxima potencia

Como su propio nombre indica, la función que tiene el seguimiento mecánico del punto de máxima potencia es la de conseguir optimizar el rendimiento del panel fotovoltaico. Esto se consigue aprovechando la máxima cantidad de energía por superficie durante el mayor número de horas posible. Para ello, el módulo solar debe estar situado de manera perpendicular a los rayos del sol. Teniendo en cuenta que el sol se mueve continuamente a lo largo de todo el día, el panel solar debe ser capaz de hacer un seguimiento continuo del sol para conseguir estar el mayor tiempo posible perpendicular a los rayos solares, consiguiendo de esta manera el rendimiento más alto posible.

Aunque en un principio lo comentado en el párrafo anterior suena muy bien, no siempre es buena idea emplear estos sistemas. Para saber si sale rentable es necesario hacer un estudio en el que se debe medir el aumento de energía captada conseguido gracias al seguimiento mecánico, comparando además esta diferencia de energía con el coste que supone la implementación de este sistema.

Gracias al desarrollo tecnológico en esta materia, actualmente estos sistemas de seguimiento comienzan a ser competitivos, pero aún no lo suficiente como para tenerlos en cuenta para este proyecto, por lo que la instalación a estudiar será fija.

Por último, existen distintas formas de seguimiento de los puntos de concentración solar en los colectores fotovoltaicos. Puede ser un seguimiento horizontal en un eje, vertical en un eje, en un eje inclinado, en doble eje, es decir, horizontal e inclinado o en dos ejes (azimut y elevación).

⁴ <http://www.idae.es/en/publications/instalaciones-de-energia-solar-termica-pliego-de-condiciones-tecnicas-de-instalaciones-de-baja>

4.1.6- Batería solar

Una vez ya se han introducido los tipos de paneles solares, y sabiendo que, aunque la instalación va a estar conectada a la red eléctrica, se espera utilizarla lo menos posible, se comenzará a hablar sobre las baterías solares. La elección de las baterías solares a utilizar vendrá dada por unas exigencias de número de ciclos de descarga, mantenimiento, vida útil, capacidades de almacenamiento y rendimiento. Es importante tener en cuenta que las baterías solares poco o nada tienen que ver con las convencionales, ya que tienen una vida útil muy superior y además permiten descargas continuadas que no afectan a su rendimiento.

Para instalaciones en complejos de uso diario donde se puedan tener medianamente previstos de inicio los consumos que se va a tener, como es el caso de este proyecto, se recomienda hacer uso de baterías de un precio más elevado a lo estándar, pero que compensan esta inversión con todos los años de vida de más que ofrecen. Estas baterías serían las estacionarias.



Ilustración 12.- Baterías estacionarias

Dentro de una batería existen diferentes dispositivos, entre los que destacan los acumuladores. El acumulador es aquella celda en la que se almacena energía, con una tensión estándar de 2 voltios. Es por ello por lo que cuando se habla por ejemplo de una batería de 24 V, significa que existe un conjunto en serie de 12 acumuladores.

Las características principales que se tienen en cuenta a la hora de escoger el acumulador a utilizar son la capacidad, la eficiencia de carga y la auto descarga.

La capacidad explica la cantidad de electricidad en amperios que se puede obtener de una descarga completa del acumulador cuando éste se encuentra principalmente en un estado de carga total.

Por otro lado, la eficiencia de carga relaciona la energía utilizada para rellenar el acumulador con la realmente almacenada. Por supuesto, cuanto mayor sea la eficiencia de carga mejor será la batería que se estará utilizando.

Por último, la auto descarga define el proceso en el que un acumulador, sin que la batería se esté utilizando, tiende a descargarse.

4.1.6.1- Funcionamiento batería solar

La función principal de las baterías solares en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce en los momentos de menor demanda energética, para que así cuando la demanda de energía sea mayor que la producción, esta energía almacenada pueda ser utilizada. Esto significa que cuando los paneles solares fotovoltaicos generan más electricidad de la demandada por la instalación, toda la energía demandada es suministrada por los paneles solares mientras que la energía sobrante es utilizada para cargar las baterías. El ejemplo más claro es aquel en el que se acumula la energía producida durante las horas de mayor radiación solar, para que luego esta energía pueda ser utilizada por la noche, momento en el que la producción de energía solar proveniente de los paneles es nula.

Además de esta ventaja proveniente de utilizar las baterías solares, existe otra, que es la de permitir proveer una intensidad de corriente superior a la que puede llegar a ofrecer un panel solar fotovoltaico. Esto se convierte en una ventaja cuando se utilizan dos o más aparatos eléctricos en un mismo instante.

4.1.6.2- Tipos de batería solar

Existen numerosos tipos de batería diferente, y éstas se clasifican según el tipo de tecnología de fabricación. A continuación, se expondrán aquellos tipos de baterías que podrían ser utilizadas como apoyo a los paneles solares.

4.1.6.2.1- Baterías de ácido-plomo

Las baterías de ácido-plomo tienen el problema principal de fallar de forma prematura cuando no son recargadas al 100 % después de cada ciclo. Además, si se dejan descargadas durante un periodo de tiempo medianamente largo (días), pueden provocar una pérdida permanente de su capacidad.

Aún con estos problemas, hoy en día estas baterías son las que más se utilizan para instalaciones solares, debido principalmente a su bajo precio por capacidad disponible y a su alta eficiencia.

4.1.6.2.2- Baterías líquidas

Las ventajas que tienen este tipo de baterías son su antigüedad, lo que significa que son las más avanzadas tecnológicamente, su producción, que permite que los precios sean económicos y por último, que las sobrecargas no suponen un problema.

Por otro lado, las desventajas principales son su corta vida útil de alrededor de 400 ciclos de carga y descarga y que las temperaturas bajas pueden destruirlas debido al líquido que se encuentra en ellas.

4.1.6.2.3- Baterías AGM

En cuanto a las baterías AGM (Absorption Glass Mat), éstas son las más modernas y cuentan con las ventajas de tener una vida útil larga, buena resistencia a climas fríos, una autodescarga mínima y una baja resistencia interna que permite altas corrientes.

En cuanto a las desventajas, sólo tiene una, aunque muy significativa, y es su elevado precio. Aun así, últimamente todas las ventajas que ofrece esta batería se están imponiendo al precio debido a que, aunque éste sea muy alto, la relación vida / precio es la mejor dentro de todas las posibilidades existentes.

5- Emplazamiento

El complejo objeto de estudio será una nave industrial destinada a la realización de deporte. El emplazamiento de esta instalación será en las Islas Canarias, más específicamente en la isla de Gran Canaria.



Ilustración 13.- Polígono industrial el Goro

Una vez se sabe que es en Gran Canaria, es necesario saber que esta instalación se situará en la ciudad de Telde, donde según el documento de condiciones climáticas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE)⁵, la temperatura mínima que se puede encontrar es de 10,9 °C, la máxima es de 38,9 °C, y la media se encuentra aproximadamente en los 22 °C.

| Provincia | Estación | | | | | Indicativo | |
|--------------------------|--|------------|------------|-------|--------|------------------------------|------------|
| Las Palmas | Telde (Aeropuerto de Gran Canaria-Gando) | | | | | C649I | |
| VALORES MEDIOS MENSUALES | | | | | | | |
| Mes | TA (°C) | TASOL (°C) | GD 15 (°C) | GD 20 | GDR 20 | RADH(kWh/m ² día) | TTERR (°C) |
| Enero | 17,8 | 19,1 | 2 | 71 | 4 | | |
| Febrero | 18,0 | 19,3 | 2 | 62 | 6 | | |
| Marzo | 18,8 | 20,2 | 1 | 54 | 18 | | |
| Abril | 19,2 | 20,2 | 0 | 40 | 17 | | |
| Mayo | 20,2 | 21,2 | 0 | 24 | 31 | | |
| Junio | 21,9 | 23,0 | 0 | 4 | 61 | | |
| Julio | 23,3 | 24,4 | 0 | 0 | 95 | | |
| Agosto | 24,3 | 25,5 | 0 | 0 | 125 | | |
| Septiembre | 24,2 | 25,4 | 0 | 0 | 116 | | |
| Octubre | 23,1 | 24,2 | 0 | 1 | 93 | | |
| Noviembre | 21,2 | 22,3 | 0 | 12 | 44 | | |
| Diciembre | 19,2 | 20,3 | 0 | 39 | 13 | | |

Ilustración 14.- Temperatura media Las Palmas (IDAE)

Esto significa que la temperatura siempre va a poder permitir el uso de los paneles solares, porque a esas temperaturas la energía proveniente del sol es más aprovechable. Eso sí, datos aún más importantes que la temperatura media en la zona del emplazamiento son el de las

⁵ <http://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-condiciones-climaticas-exteriores-de-proyecto>

horas de sol anuales y la radiación solar, más específicamente el valor de la radiación solar directa, único tipo de radiación que se puede concentrar.

Según un estudio del Instituto Nacional de Estadística (INE)⁶, las horas de sol en la zona de Gando, Gran Canaria, fueron un total de 2910 en el año 2015.

Para ser lo más rigurosos posible, se utilizará un valor de horas de sol correspondiente a la media entre los años 2011 a 2015.

Tabla 2.- Número de horas de sol en Las Palmas (INE)

| Número de horas de sol (Las Palmas) | |
|-------------------------------------|----------|
| Año | Nº horas |
| 2011 | 2558 |
| 2012 | 2659 |
| 2013 | 2428 |
| 2014 | 2560 |
| 2015 | 2910 |

La media entre los cuatro años que se muestran en el documento del Instituto Nacional de Estadística es de 2639 horas de anuales, dato que utilizaremos como referencia.

5.1- Instalación solar fotovoltaica

Antes de explicar a fondo lo que es una instalación solar fotovoltaica es necesario saber que ésta varía dependiendo de si se encuentra o no conectada a la red.

En el caso de que la instalación fotovoltaica se encuentre conectada a red, ésta estará constituida por unos componentes que tendrán que realizar la función, como ya se ha comentado con anterioridad, de captar la radiación solar, de manera que se genere energía eléctrica en corriente continua con la posibilidad de que se pueda adaptar a las necesidades de los consumidores conectados a la red de distribución, red que se encuentra en corriente alterna. En el caso en el que la instalación se encuentre conectada a la red ayudará a suministrar energía como lo hacen el resto de los sistemas de generación.

Si la instalación fotovoltaica no se encuentra conectada a red, necesitará hacer uso de baterías solares, que servirán de apoyo a la instalación en momentos en los que la generación de energía eléctrica por parte de los paneles solares fotovoltaicos sea baja o nula, donde el ejemplo más claro es la noche, momento en el que no hay radiación solar pero sí que se demanda energía.

El conjunto de sistemas más determinantes que engloban una instalación solar fotovoltaica son los siguientes:

- Generador fotovoltaico, compuesto por un conjunto de módulos, los cuáles contienen además un conjunto de elementos semiconductores conectados unos a otros (células), que son los que transforman la energía solar proveniente de la radiación en energía eléctrica.

⁶ <http://www.ine.es/daco/daco42/bme/c19.pdf>

- Protecciones, así como elementos auxiliares de medida, de maniobra y de seguridad.
- Inversores, que se utilizarán siempre que la instalación fotovoltaica esté conectada a red y que tendrán la función de transformar la corriente continua producida por los módulos en corriente alterna como la de la red eléctrica.
- Baterías solares, de las que se puede hacer uso tanto si está la instalación fotovoltaica conectada a red como si no, y que sirve para almacenar energía eléctrica en momentos pico de radiación para utilizar esta energía en momentos de escasez de producción.

5.2- Potencial fotovoltaico

Siempre que se sitúe el panel solar de manera que la radiación solar en una superficie sea perpendicular a la dirección de propagación de ésta, se estará sacando el mayor rendimiento posible a las placas solares.

Lógicamente, el ángulo de incidencia de radiación óptimo va variando con el movimiento del sol, por lo que para que la eficiencia del panel solar sea máxima, como ya se comentó con anterioridad, se debería hacer uso en ellos de un sistema capaz de variar tanto la inclinación como la orientación de manera constante, de forma que funcione como un seguidor solar. No obstante, se mostró que esta tecnología aún necesita de investigación para ser más utilizada en instalaciones de este tipo.

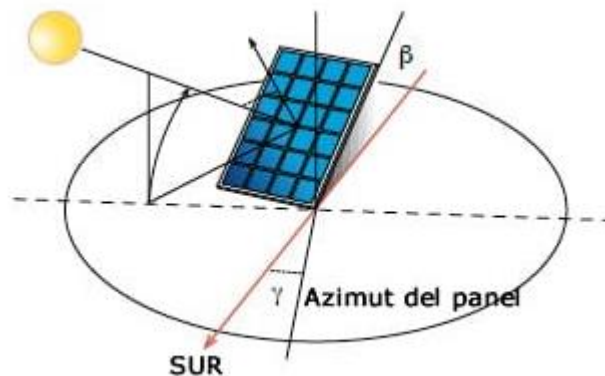


Ilustración 15.- Azimut de un panel

Antes de mostrar los valores medios de irradiación solar global sobre el plano horizontal, se explicará a continuación la utilidad de obtener este valor, así como lo que representa. La irradiación solar es la cantidad de irradiancia recibida en un tiempo determinado, es decir, es la potencia que llega a la superficie en un tiempo determinado (Wh/m^2).

En la zona de Gando, donde se va a realizar la instalación y el estudio de su viabilidad, se tiene los siguientes valores de irradiancia, sacados de la página de acceso a datos de radiación solar de España (ADRASE)⁷.

⁷ <http://www.adrase.com/acceso-a-los-mapas/mapa-zona-canarias.html>

IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL SOBRE PLANO HORIZONTAL
Valores diarios medios para el emplazamiento: Latitud: 27.88 Longitud: -15.41

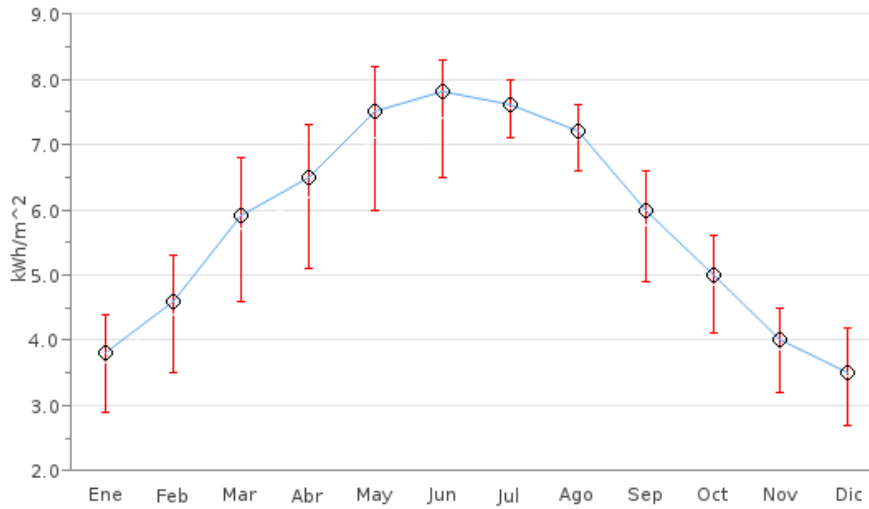


Ilustración 16.- Irradiación solar global sobre el plano horizontal

| (kWh/m ²) | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Percentil 75 | 4.4 | 5.3 | 6.8 | 7.3 | 8.2 | 8.3 | 8.0 | 7.6 | 6.6 | 5.6 | 4.5 | 4.2 |
| Valor medio | 3.8 | 4.6 | 5.9 | 6.5 | 7.5 | 7.8 | 7.6 | 7.2 | 6.0 | 5.0 | 4.0 | 3.5 |
| Percentil 25 | 2.9 | 3.5 | 4.6 | 5.1 | 6.0 | 6.5 | 7.1 | 6.6 | 4.9 | 4.1 | 3.2 | 2.7 |

Ilustración 17.- Valores de radiación en Las Palmas

5.3- Instalación solar térmica

Aproximadamente, un 20 % del consumo eléctrico en viviendas u hospitales viene sujeto al consumo de agua caliente sanitaria. Este dato demuestra la importancia de actuar en todo lo posible por reducir costes dentro de este sector, lo que además conlleva una disminución de emisiones de CO₂ con el consiguiente ahorro energético relacionado a este suceso.

Teniendo en cuenta que la instalación en la que se va a hacer uso de energía solar térmica en este proyecto cuenta además con una piscina, se puede aprovechar este ahorro en costes no solo en los lavabos y las duchas de los vestuarios, sino que también puede ser muy útil para apoyar el calentamiento de la piscina, evitando así que las pérdidas de calor enfríen el agua.

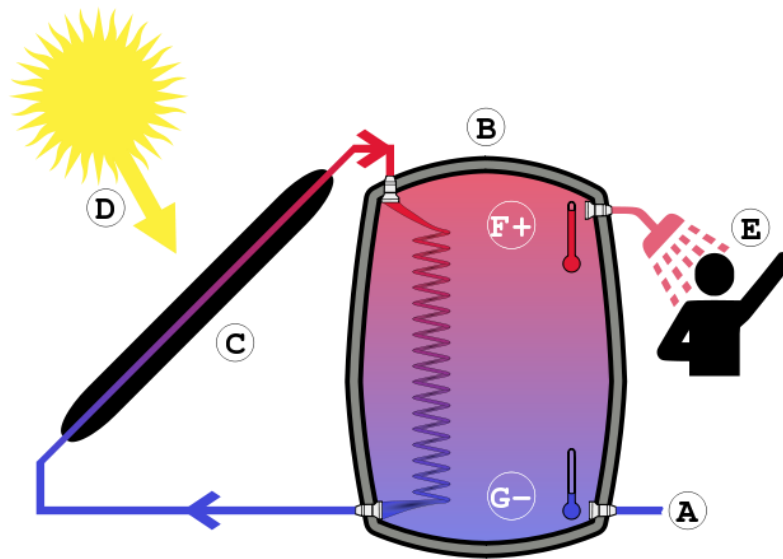


Ilustración 18.- Función del panel térmico

5.3.1- Componentes de una instalación solar térmica

Captador solar: los captadores solares son los que permiten aprovechar la energía proveniente del sol captando la radiación solar. Al captar la radiación solar se consigue que el fluido que circula a través de los paneles se caliente, obteniéndose así la energía.

El captador solar térmico tipo está constituido por un marco metálico, una cubierta protectora, y otra posterior, un serpentín de tubería de cobre, láminas absorbentes, un aislamiento térmico, una carcasa y un cristal transparente de baja reflexión, tal y como se puede observar en la siguiente imagen.



Ilustración 19.- Partes que componen un captador solar térmico

Una vez ya se han comentado las partes de un captador solar térmico, también hay que tener en cuenta que existen de distintos tipos y rendimientos según las necesidades de la instalación en cuestión.

- **Colectores de baja temperatura:** son aquellos que entregan el calor útil a una temperatura baja, siempre a menos de 65 °C.
- **Colectores de media temperatura:** son aquellos que entregan el calor útil a una mayor temperatura debido a que concentran en mayor medida la radiación solar. Suelen trabajar entre los 100 °C y los 300 °C.
- **Colectores de alta temperatura:** son aquellos que trabajan a una temperatura superior a los 500 °C.

Intercambiador de calor: Una vez ya se ha conseguido que el fluido caloportador capte la radiación, es necesario que ese calor se ceda mediante un intercambiador de calor. Mediante este intercambiador se cederá directamente el calor al agua de consumo. Otra posibilidad es que directamente sea el agua el fluido que capte la radiación, de manera que no sea necesario el intercambio de calor, ya que el calor ya lo tiene el agua de consumo.

Circuito hidráulico: Es imprescindible un circuito por el cual se pueda transportar el fluido y agua caliente proveniente de los captadores solares. Para ello se tiene el circuito hidráulico, circuito cerrado que va desde los captadores hasta los lugares en los que se requiere de agua caliente sanitaria.

El circuito hidráulico lo componen elementos como purgadores, válvulas, casos de expansión, tuberías, etc.

Bombas de circulación: Se hace uso de bombas para poder transportar el fluido a través del circuito hidráulico con las mínimas pérdidas de carga posibles.

Acumulador: Al igual que para la energía solar fotovoltaica se puede hacer uso de baterías para no desaprovechar la energía que no se necesita en un momento determinado, para la energía solar térmica se tiene de acumuladores que ejercen esa misma función.

En el acumulador se deposita el agua caliente ya lista para consumo para que se pueda suministrar a medida que se demanda. Por tanto, el acumulador es un aparato cuya función es la de tener una capacidad de aislamiento lo suficientemente efectiva como para evitar dentro de lo posible las pérdidas de energía.

A continuación, se muestra un esquema básico de una instalación solar térmica, con todos los componentes que ya se han explicado con anterioridad.

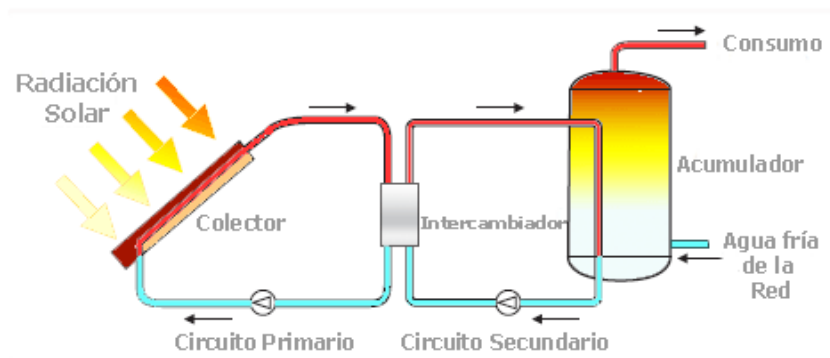


Ilustración 20.- Circuito de la instalación solar térmica

6- Factores de pérdidas

6.1- Pérdidas energéticas fotovoltaicas

Las pérdidas son un factor determinante en el proceso de generación de potencia eléctrica mediante paneles solares, por lo que es necesario tenerlo en cuenta antes de pasar a evaluar la radiación que incide en el panel solar.

En ausencia de pérdidas, la energía producida por una instalación fotovoltaica es directamente proporcional a la irradiación incidente en el generador fotovoltaico, por lo que, si se tiene un generador de potencia nominal 1 kWp , de manera que recibe anualmente una irradiación de 1000 kWh/m^2 , en ausencia de pérdidas se conseguirá generar con dicho panel fotovoltaico un total de 1000 kWh . Por desgracia esto no sucede, y a continuación se muestran las razones por las que no toda la irradiación se consigue generar mediante el panel.

6.1.1- Pérdidas por no cumplir la potencia nominal

Estas pérdidas son debidas a una dispersión de los paneles solares fotovoltaicos. Normalmente el fabricante garantiza que sus módulos fotovoltaicos se encuentran en un rango de dispersión del $\pm 10 \%$, es decir, que si la instalación cuenta con una potencia total (suma de todos los módulos que componen la instalación) de 1 kWp nominal, el fabricante garantiza que el valor oscilará entre los $0,9 \text{ kWp}$ y los $1,1 \text{ kWp}$.

No obstante, el valor oscila la mayor parte de las ocasiones entre los valores más bajos de potencia nominal dentro del rango, es decir, entre los valores de $0,9 \text{ kWp}$ y 1 kWp .

6.1.2- Pérdidas provenientes de suciedad

Es imprescindible que los generadores fotovoltaicos se encuentren totalmente limpios, ya que en ello también deriva la radiación que será capaz de captar el módulo fotovoltaico.

Existen dos aspectos importantes a tener en cuenta de la suciedad. Puede suceder que la suciedad sea uniforme en toda la placa, lo que genera una pérdida de corriente y tensión entregada por parte del generador, y también puede suceder que la suciedad esté situada únicamente en algunas partes de la placa, lo que derivaría en un aumento de pérdidas debidas a un aumento de temperatura.

Siempre que la limpieza se considere una obligación a la hora de cuidar el mejor funcionamiento de la instalación, el valor proveniente de este tipo de pérdidas se encontrará cercano al 2% .

6.1.3- Pérdidas por temperatura

Los módulos fotovoltaicos son muy dependientes de la temperatura a la que trabajan a la hora de dar un rendimiento óptimo, ya que pierden aproximadamente un 4% de su rendimiento por cada 10°C que aumenta su temperatura.

Con el fin de que los módulos fotovoltaicos se encuentren a la temperatura ideal es necesario tener en consideración la irradiancia, la velocidad del viento, la temperatura ambiente, y la posición en la que estén dispuestos los módulos.

Por ello, para conseguir el rendimiento óptimo de un módulo fotovoltaico es más recomendable un lugar con una gran cantidad de irradiación y con una temperatura ambiente baja que otro con igual irradiación, pero con una temperatura ambiente superior.

Para obtener el valor que marca las pérdidas mensuales provenientes de un aumento de temperatura primero es necesario saber la temperatura que alcanzarán las células solares en cada uno de los meses del año. Con el fin de mostrar el mes más restrictivo, y teniendo en cuenta que la fórmula depende de la irradiación, escogeremos el mes con mayor irradiación en la isla de Gran Canaria, más exactamente en la zona de Gando, donde se encontrará la instalación solar.

$$\text{Valor de irradiación máx (agosto)} = 259,583 \text{ W/m}^2$$

$$T_{cel} = T_{amb} + I * (TONC - 20)/800$$

Dónde:

- *TONC*: Temperatura normal de funcionamiento del panel solar fotovoltaico

- *I*: Irradiancia

- *T_{cel}*: Temperatura de la célula

$$T_{cel} = 24 + 259,583 * (46 - 20)/800 = 32,44^\circ\text{C}$$

Una vez se tiene el valor de la temperatura de la célula, se restará el resultado obtenido por la temperatura ambiente estándar de 25 °C, y a su vez se multiplicará este valor resultante por el coeficiente de pérdidas por temperatura.

$$\% \text{ Pérdidas} = (T_{cel} - T_{amb}) * \text{Coef}_{perd} = (32,44 - 25) * (-0,1439) = -1,07 \%$$

Como los módulos que se utilizarán en esta instalación son de 300 Wp de potencia nominal, realmente darán una potencia de:

$$P_{real} = 300 / 1,07 = 280,37 \text{ Wp}$$

6.1.4- Pérdidas por sombras

La instalación que se estudia en este documento se encuentra en una zona industrial donde no hay muchas alturas, por lo que las sombras producidas por otros edificios no van a perjudicar en el rendimiento de los módulos solares. No obstante, también es necesario tener en cuenta las sombras que se pueden producir debido a la cercanía entre unos módulos fotovoltaicos y otros.

Para la instalación en cuestión se tendrá muy en cuenta el posicionamiento que deben tener los paneles solares antes de instalarlos definitivamente. Es por ello, que se considerará que las pérdidas por sombras serán nulas.

Tanto para la instalación solar fotovoltaica como para la instalación solar térmica, se hará uso de soportes fijos, lo que simplifica el cálculo. En apartados siguientes se mostrará la disposición de los paneles teniendo en cuenta tanto el azimut como el ángulo de inclinación.

6.1.5- Pérdidas provenientes del inversor

En función de la potencia de operación varía el rendimiento del inversor fotovoltaico. Por tanto, es de importancia mayúscula que el inversor seleccionado trabaje a su rendimiento máximo en las condiciones de operación óptimas de los módulos fotovoltaicos.

Además, también es muy importante seleccionar una potencia del inversor consecuente con la potencia del generador fotovoltaico de manera que ninguno de los elementos trabaje a un rendimiento menor del óptimo, ya que esto supondría unas pérdidas de generación considerables.

6.1.6- Pérdidas por inclinación

Teniendo en cuenta el ángulo de acimut, el ángulo de inclinación y la latitud del emplazamiento es posible calcular el porcentaje de pérdidas provenientes de la inclinación de los paneles solares. Este valor rondará el 7 %.

6.1.7- Pérdidas por degradación

Las pérdidas provenientes por una degradación fotónica de los paneles solares fotovoltaicos son pérdidas que no se pueden subsanar si no es con el cambio de la célula fotovoltaica por una nueva, ya que se debe a un proceso de degradación natural debido al uso y al desgaste por el hecho de estar las células continuamente expuestas al sol.

Un valor de pérdidas aproximado proveniente de la degradación sería del 1 % de la potencia nominal de la célula.

6.2- Pérdidas energéticas térmicas

La mayor parte de los rayos solares que inciden en el panel solar fotovoltaico atraviesan la primera capa protectora, lo que conlleva al calentamiento de la placa y del fluido caloportador.

La manera en la que funciona la tecnología de las placas solares térmicas hace que una gran parte de la radiación total que llega a la placa pueda ser utilizada para aplicaciones ya comentadas con anterioridad como el agua caliente sanitaria. Aun así, una parte significativa de esta radiación se pierde por diversas razones que se explican a continuación.

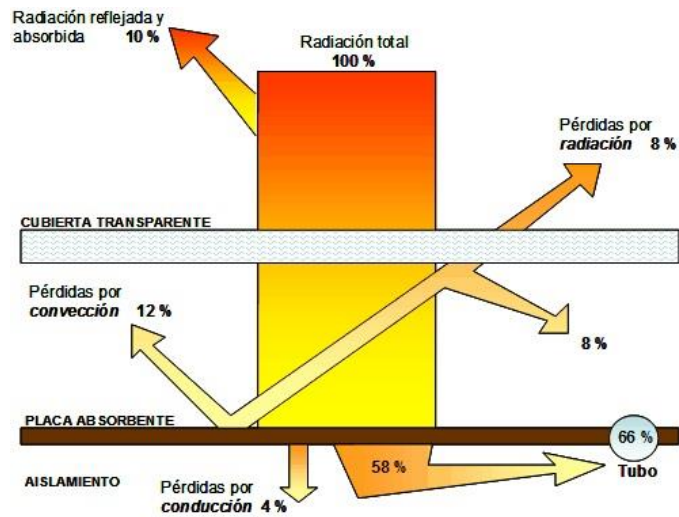


Ilustración 21.- Pérdidas energéticas

6.2.1- Pérdidas por radiación

Las pérdidas por radiación provienen del calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura. En este caso es la placa solar térmica la que se encuentra a una elevada temperatura, y por el hecho de estarlo, existirá una transferencia de calor hacia otro cuerpo cercano que se encuentre a una temperatura inferior.

Estas pérdidas supondrán aproximadamente un 8 % de las pérdidas totales.

6.2.2- Pérdidas por radiación reflejada

Las pérdidas por radiación reflejada son aquellas que provienen de la radiación que no llega a absorber el panel solar fotovoltaico y que por tanto se refleja.

Estas pérdidas suponen aproximadamente un 10 % de las pérdidas totales.

6.2.3- Pérdidas por convección

Las pérdidas por convección se dan debido al fluido caloportador. Este fluido se encuentra en movimiento transportando la energía térmica desde las placas solares hasta la caldera que mantiene la temperatura del agua a la estimada para su uso sanitario. Mientras se produce esta acción de transporte, se producen las pérdidas por convección.

Estas pérdidas suponen el 12% de las pérdidas totales.

6.2.4- Pérdidas por conducción

Las pérdidas por conducción se producen por el contacto entre dos objetos que se encuentran a diferentes temperaturas. En este caso se da entre la placa que capta la radiación y el fluido que debe terminar portando el calor para hacer uso de éste en la instalación. El calor proveniente del objeto a mayor temperatura fluirá hacia el objeto de menor temperatura para así conseguir llegar a un equilibrio térmico en el que ambos objetos se encuentran a la misma temperatura.

Para este tipo de instalación, las pérdidas provenientes por la conducción supondrán aproximadamente un 5 % de la radiación total.

6.2.4- Otras pérdidas

Además de las pérdidas que se han comentado con anterioridad, también existen muchas que coinciden con las ya comentadas para los paneles solares fotovoltaicos.

El hecho de que en los paneles solares térmicos haya suciedad también perjudica en su rendimiento, así como las pérdidas por degradación, sombras e inclinación de los paneles.

Por todo ello, a la hora de realizar el cálculo de las pérdidas totales, también se tendrán en cuenta las pérdidas provenientes de estas razones.

7.- Instalación de la conexión a la red eléctrica

La instalación necesaria para conectar la instalación solar fotovoltaica a la red eléctrica está compuesta principalmente por paneles fotovoltaicos, caja de conexiones y protecciones, reguladores, baterías e inversores.

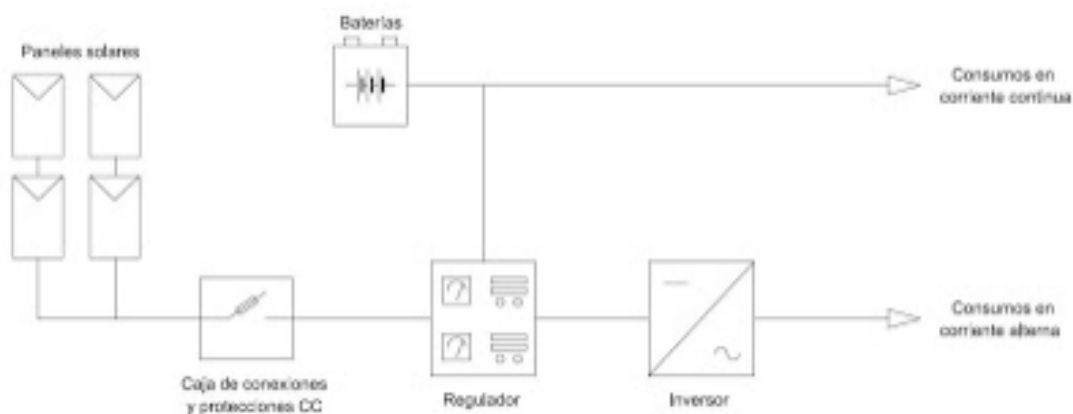


Ilustración 22.- Instalación para conectar la placa solar fotovoltaica a la red eléctrica

Además, y como se puede observar en la imagen superior, cuando la instalación se encuentre conectada a la red eléctrica, se tendrá tanto consumo en corriente continua, proveniente de la demanda de energía eléctrica de la instalación en la que los paneles solares se encuentren, como consumo en corriente alterna, que provendrá de la necesidad de invertir la corriente para que pueda circular por la red eléctrica.

7.2- Panel solar

Los paneles solares son los que transforman la energía solar en energía eléctrica. Están compuestos por células semejantes y conectadas de manera eléctrica entre sí ya sea en paralelo o en serie. Éstas son las que permiten transformar los fotones, que componen la energía lumínica en flujo de electrones libres, que es la energía eléctrica, mediante el efecto fotoeléctrico. Así es como se consigue generar energía solar fotovoltaica.

Aunque la eficiencia de conversión es bastante baja, alrededor del 16%, se espera que mediante avances tecnológicos futuros se consiga una mejora sustancial de eficiencia, lo que incentivaría aún más el uso de la energía solar como energía alternativa limpia y eficiente. En la actualidad ya se está consiguiendo eficiencias de hasta el 30 % gracias a las células multicapa.

Por otro lado, una de las grandes bazas de las células fotovoltaicas es su vida útil a máximo rendimiento, que es de aproximadamente 30 años.

A la hora de organizar la disposición de los paneles solares, estos se colocan según unas pautas específicas. Para el caso de este proyecto, así como para la mayoría de las instalaciones de paneles solares, estos se construyen primero de forma que las células se encuentren en serie hasta que se consigue el nivel de tensión tanto de circuito abierto (V_{oc}) como de máxima

potencia (V_{mp}). Una vez se ha conseguido llegar a estos valores de tensión estimados, se asocian en paralelo las células en serie que sea necesario con el fin de conseguir también los valores de intensidad necesarios, tanto de cortocircuito (I_{sc}) como de máxima potencia (I_{mp}).

7.3- Regulador

El regulador solar es un dispositivo de extrema necesidad para aquellas instalaciones solares que hacen uso de baterías solares para almacenar energía eléctrica. La función del regulador es la de controlar la energía generada por los paneles solares que llega a las baterías, de forma que se optimice y permita alargar la vida útil de las baterías. Esto se consigue debido a que la electricidad pasará de los generadores fotovoltaicos a las baterías siempre que el regulador lo estime oportuno. Esto dependerá principalmente del estado en el que se encuentre la batería en cada momento. Es decir, cuando la batería se encuentre en un porcentaje de carga del 95 % o superior, permitirá el paso de la electricidad de forma muy selectiva y controlada. A este caso se le llama carga de flotación, y de esta manera es en la que se completa al máximo la capacidad de la batería.

Si la batería se encuentra con una carga del 100 %, el regulador se encargará de cortar de forma efectiva cualquier posibilidad de paso de corriente. De esta manera se conseguirá evitar problemas en la batería provenientes de sobrecargas o sobrecalentamientos.

Por último, el regulador también resulta de enorme utilidad cuando la batería solar se encuentra a un nivel de carga inferior al 95 %, ya que permitirá el paso libre de toda la electricidad que llegue proveniente de los paneles solares hasta que se llegue a ese valor del 95 % de la electricidad máxima.

En cuanto al tamaño y los amperios del regulador a utilizar, esto dependerá exclusivamente de la corriente nominal de la instalación solar. Por tanto, para saber el amperaje del regulador habrá que multiplicar la corriente nominal de un panel solar por el número de paneles solares de la instalación. El resultado obtenido debe ser menor al amperaje del regulador solar.



Ilustración 23.- Regulador solar

7.3- Inversor

Un inversor se utiliza con el fin de cambiar el voltaje que le llega (de entrada) de corriente continua a un valor equivalente de salida en corriente alterna. Este valor de corriente alterna vendrá dado con la frecuencia y magnitud deseadas por el usuario del inversor.

Siendo más precisos, un inversor como el que se va a utilizar para el proyecto en cuestión se utiliza con el fin de convertir la corriente continua que se genera por los paneles solares fotovoltaicos en corriente alterna. De esta manera, esta corriente generada mediante los paneles solares podrá ser inyectada directamente a la red eléctrica, así como, obviamente, poder ser utilizada por el propietario de los paneles solares.

7.3.1- Funcionamiento

Un inversor está compuesto por un oscilador que sirve para controlar un transistor, interrumpir la corriente entrante y generar una onda rectangular.

7.3.2- Parámetros fundamentales del inversor

Al igual que sucede con las células fotovoltaicas, a la hora de medir la eficiencia del inversor, se tienen en cuenta ciertos parámetros que influyen en el inversor y pueden hacer que éste funcione a mayor o menor rendimiento.

Además, varios de los parámetros que son importantes para las células fotovoltaicas también lo son para el inversor, por tanto, esos parámetros únicamente se van a nombrar. Esos parámetros que coinciden son los de potencia nominal (P_{nom}), punto de máxima corriente (I_{pmp}) y punto de máxima tensión (V_{pmp})

Tensión máxima admitida ($V_{max adm}$): Es la tensión máxima a la que el panel solar es capaz de responder en las condiciones de trabajo y el uso previsto desde un primer momento.

Intensidad máxima (I_{max}): Es la corriente máxima a la que el inversor puede trabajar.

Tensión de arranque (V_{arr}): Es la tensión de entrada a la cual el inversor comienza a verter energía a la red.

7.3.3- Inversor híbrido

Los inversores híbridos se utilizan especialmente en aquellas instalaciones fotovoltaicas que sean de autoconsumo. La función principal de estos, al igual que la de un inversor convencional, es la de transformar la corriente continua en corriente alterna, con la gran diferencia de que tienen además la función de almacenar y descargar en las baterías la energía obtenida proveniente de las placas solares.

Para la realización de este proyecto, por tanto, se hará uso de los inversores híbridos. La ventaja de los inversores híbridos con respecto a los demás es el hecho de que combinan la tecnología de la energía solar y la red eléctrica. Con este tipo de inversores se le va a dotar a la instalación del complejo deportivo de una gran versatilidad, y le permitirá hacer uso de ambas opciones, red eléctrica y baterías, cuando más conveniente se a según las necesidades de cada momento.

Es por ello que el inversor híbrido es capaz de aprovechar y sacarle el mayor rendimiento posible a los recursos de los que dispone, intentando siempre que la energía se acumule en las baterías antes de que se vierta a la red eléctrica.

Por la razón que se acaba de mencionar, se considera que los inversores híbridos son el futuro, y, por qué no decirlo, el presente de las instalaciones solares de autoconsumo con baterías.

Por último, la eficiencia de los inversores no depende solo la acción de conmutación, sino que también proviene de pérdidas debidas a transformadores, filtros, condensadores, etc. Aunque como se puede observar, existen muchos elementos que conllevan a la reducción de la eficiencia de los inversores, éstos siguen teniendo unos valores de eficiencia más que solventes, de alrededor del 90 % a plena carga y para sistemas con tensión de entrada por debajo de los 400 voltios.

El rendimiento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}}$$

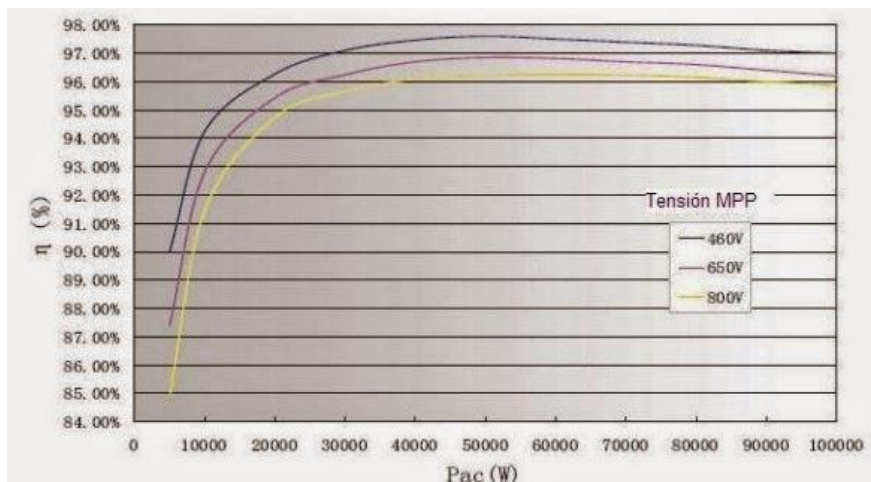


Ilustración 24.- Rendimiento del inversor híbrido



Ilustración 25.- Inversor híbrido

7.3- Equipo de medida

El equipo de medida, también llamado contador, se utiliza para medir el consumo de energía, controlando así tanto la energía generada como la volcada a la red. Es un aparato que únicamente se puede manipular por el distribuidor debido a que se encuentra permanentemente en tensión y mediante los datos obtenidos del equipo, se puede facturar a la compañía siempre según los precios ya acordados.



Ilustración 26.- Contador

7.4- Caja de conexiones y protecciones

A continuación, se muestra un esquema en el que se representan la mayoría de los elementos que se deben tomar en consideración dentro de la instalación de conexión y protección.

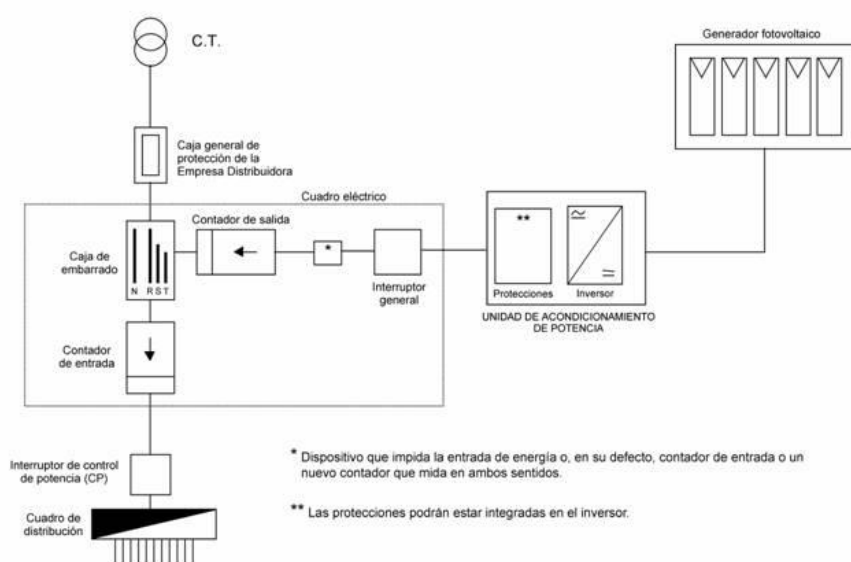


Ilustración 27.- Esquema de la instalación de conexión y protección

7.4.1- Caja general de protección CGP

La caja general de protección, como su propio nombre indica, es una caja compuesta por material aislante que en su interior cuenta con los elementos de protección necesarios para que las líneas generales de alimentación de la instalación se encuentren custodiadas.

Además, la caja general de protección señala el principio de las instalaciones que son ya propiedad de los clientes.

Dentro de las características principales de la caja general de protección se encuentran el hecho de que suelen estar envueltas por un aislante precintable, lo que obliga a que solo la distribuidora sea capaz de abrirla y manipularla. Dentro de ella se encuentran principalmente los bornes de conexión.

7.4.2- Interruptor de control de potencia ICP

El interruptor de control de potencia es un dispositivo que se utiliza para controlar la potencia demandada por el cliente de la distribuidora de manera que no sobrepase la potencia contratada. Últimamente, la función del ICP está siendo sustituida por contadores inteligentes, que también son capaces de realizar esta función de control de manera más barata y segura.

7.4.3- Embarrado

El embarrado hace mención a aquellos conductores de corriente eléctrica que están constituidos de barras gruesas usualmente de cobre.

7.4.4- Interruptor general automático IGA

El interruptor general automático es un dispositivo que se utiliza para proteger una vivienda o complejo de sobrecargas o circuitos que se pueden llegar a dar en una instalación eléctrica.

8.- Instalación fotovoltaica

8.1.- Módulo solar fotovoltaico

Los módulos solares fotovoltaicos que se van a utilizar para la realización de este proyecto son de Atersa, referente y especializado en energía solar fotovoltaica, siendo una de las filiales del grupo Elecnor.

Para ser más exactos, dentro de todas las posibles placas solares a elegir dentro del grupo Atersa, para este proyecto se ha elegido la placa solar Atersa A-300P, de 300 vatios de potencia nominal.

La instalación solar estará compuesta por un total de 352 módulos, estando dispuestos de manera que 16 se encuentran en serie y 22 en paralelo. En cuanto a la colocación, y, por tanto, distancia a la que se encontrarán cada uno de los módulos solares, se calculará de manera que el rendimiento de los módulos sea el mayor posible. Esto quiere decir que se intentará que unos módulos solares no creen sombras a otros que se encuentren a una distancia cercana.

A continuación, se adjuntan las características de los módulos solares, así como los parámetros que más influyen en el comportamiento de este.

Tabla 3.- Propiedades eléctricas módulo Atersa A-300P

| MODELO | Atersa A-300P | Unidades |
|--------------------------|---------------|----------|
| Potencia Nominal | 300 | Wp |
| I _{cc} | 8,89 | A |
| I _{pmp} | 8,21 | A |
| V _{oc} | 44,97 | V |
| V _{pmp} | 36,52 | V |
| V _{oc (-10 °C)} | 50,01 | V |
| Coef T ^a | - 143,90 | mV/°C |
| TONC | 46,00 | °C |
| CLASE II | 1.000,00 | V |

Como se puede observar, los datos que se observan en la tabla superior están relacionados a lo ya explicado anteriormente en los parámetros fundamentales de la célula solar, por lo que se puede ver la importancia que tienen estos valores, que influirán tanto en el número de placas solares como en el rendimiento de la instalación solar fotovoltaica.

En cuando a las propiedades físicas de cada uno de los módulos, que se adjuntarán a continuación, se muestran junto con las dimensiones de los módulos sin tener en cuenta la estructura de sujeción de la placa.

Tabla 4.- Propiedades físicas del módulo

| MODELO | Atersa A-300P | Unidades |
|------------|----------------|----------|
| Largo | 0,990 | m |
| Alto | 1,965 | m |
| Profundo | 0,0040 | m |
| Peso | 22,50 | kg |
| Fabricante | ATERSA | - |
| Célula | 6" (156x156) | - |
| Material | Policristalino | - |

8.2.- Inversor

Como ya se ha explicado con anterioridad, el inversor se utiliza para convertir la electricidad que generan las placas fotovoltaicas (corriente continua) en corriente alterna, para que así esta electricidad pueda ser inyectada a la red eléctrica.

El modelo de inversor que se utilizará para este proyecto será el inversor III de 100 kW, fabricado por el grupo Enertron, empresa española adquirida por Gamesa hace aproximadamente 14 años.

Debido a que para la instalación se requiere de una potencia aproximada de 100 kW, el inversor que se utilizará, debido a que únicamente se hará uso de uno, tendrá una potencia nominal de 100 kW.

El inversor tendrá las siguientes propiedades eléctricas, donde la mayoría de los parámetros, al igual que sucedió para los módulos solares, ya han sido explicados con anterioridad.

Tabla 5.- Propiedades eléctricas inversor

| MODELO | INVERSOR III 100 kW | Unidades |
|-------------------------|---------------------|----------------|
| FABRICANTE | ENERTRON | |
| Potencia Nominal | 100.000 | W |
| V _{pmp} mínima | 450 | V |
| V _{pmp} máxima | 750 | V |
| V máx admitida | 900 | V |
| Potencia PV máx | 120.000 | W _p |
| I máx | 267 | A |
| V arranque | 710 | V |

| | | |
|----------|---|---|
| V parada | - | V |
|----------|---|---|

8.2.- Mantenimiento de la instalación

Para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica durante toda su vida útil, es necesario realizar un mantenimiento regular de todos los equipos que componen la instalación, equipos que ya han sido nombrados y explicados con anterioridad.

Para esta instalación en cuestión se hará uso tanto del mantenimiento preventivo como del mantenimiento correctivo, priorizando siempre el uso del mantenimiento preventivo cuando sea posible.

Ambos tipos de mantenimiento, sobre todo el predictivo, debido a la necesidad de conocimientos de la instalación, deben ser realizados por personal cualificado dentro de la empresa instaladora de los paneles solares fotovoltaicos.

8.2.1- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel en el que se corrigen los defectos del equipamiento o de una instalación una vez éstos ya se han producido.

Se trata de la forma más básica de mantenimiento que existe, y en consecuencia también la más barata, y consiste en localizar averías y corregirlas una vez vistos los problemas derivados a este defecto.

8.2.2- Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel destinado a la conservación de la instalación mediante la realización de pruebas de revisión que muestren el buen funcionamiento de cada uno de los equipos que componen la instalación.

Este tipo de mantenimiento se realiza en equipos que se encuentran en condiciones de funcionamiento, al contrario del mantenimiento correctivo explicado con anterioridad, en el cual se reparan aquellos equipos que se encuentren en malas condiciones para conseguir que vuelvan a estar en condiciones de funcionamiento.

Mediante el mantenimiento predictivo se consigue evitar las consecuencias que provienen del fallo de un equipo de la instalación, logrando prevenir estos problemas antes de que se produzcan.

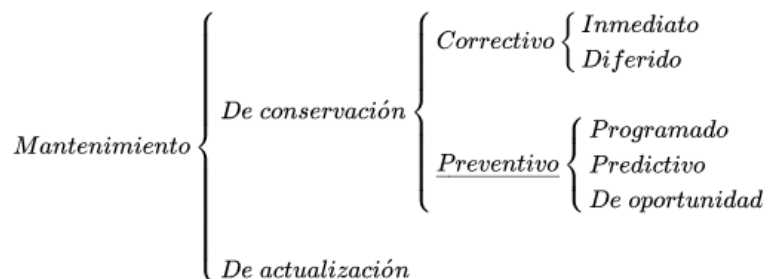


Ilustración 28.- Esquema de mantenimiento

8.3- Configuración eléctrica

Como ya se ha comentado con anterioridad, la instalación se compone por 352 módulos, para los que se necesitará aproximadamente de 528 m².

La razón por la que se ha decidido instalar 352 módulos es, entre otras cosas, debido a que cumple con la potencia instalada objetivo de 100.000 Vatios, dando exactamente el siguiente valor:

$$P_{instalada} = P_{módulo} * n^{\circ} \text{módulos} = 300 * 352 = 105600 \text{ Wp}$$

Además, también se cumple con las siguientes restricciones relacionadas con la configuración eléctrica:

- Para el valor de la corriente de cortocircuito se debe cumplir que $I_{cc} - I_{max}$ sea mayor que cero.

$$I_{cc} = I_{cc} * n^{\circ} \text{paneles paralelos} = 8,89 * 22 = 195,58 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta que el valor de I_{max} es igual a 267 A, se cumple con esta primera restricción.

- Para el valor del punto de máxima corriente se debe cumplir que $I_{pmp} - I_{max}$ sea mayor que cero.

$$I_{pmp} = I_{pmp} * n^{\circ} \text{paneles paralelos} = 8,21 * 22 = 180,62 \text{ A}$$

Nuevamente, este valor es inferior al del punto de máxima corriente del panel fotovoltaico Atersa A-300P, por lo que también se cumple esta restricción.

- En cuanto al valor del voltaje de circuito abierto, para este caso se deben cumplir dos restricciones. Las restricciones son que el valor V_{oc} sea menor al de la tensión máxima admitida por parte del inversor ($V_{máxadm} - V_{oc} > 0$) y por otro lado que este mismo valor sea mayor que la tensión de arranque V_{arr} .

$$V_{oc} = V_{oc} * n^{\circ} \text{paneles serie} = 44,97 * 16 = 719,52 \text{ A}$$

$$V_{máxadm} = 900 \text{ V}$$

$$V_{arranque} = 710 \text{ V}$$

Si se compara el valor obtenido con los de las tensiones de arranque y máxima admisible se observa que se cumple con las restricciones descritas con anterioridad.

- Para el valor del punto de máxima tensión (V_{pmp}) se deben cumplir nuevamente dos restricciones. Una de ellas será que la tensión de máxima tensión del inversor sea mayor que el valor del panel fotovoltaico y otro será que su valor sea mayor al de $V_{pmp \text{ mínima}}$ del inversor.

$$V_{pmp} = V_{pmp} * n^{\circ} \text{paneles serie} = 36,52 * 16 = 719,52 \text{ A}$$

$$V_{pmp_{m\acute{a}x}} = 750 V$$

$$V_{pmp_{m\acute{i}n}} = 450 V$$

Como se puede observar se vuelven a cumplir las restricciones el\u00e9ctricas exigidas.

- Por \u00faltimo, se comprobar\u00e1 si la tensi\u00f3n de vac\u00edo del m\u00f3dulo a $-10^{\circ}C$ ($V_{oc_{-10}}$) cumple con los requisitos exigidos. Estos son que su valor se inferior al de la tensi\u00f3n m\u00e1xima admitida, as\u00ed como que su valor sea superior al del punto de m\u00e1xima tensi\u00f3n.

$$V_{oc_{-10}} = V_{oc_{-10}} * n^{\circ} \text{ paneles serie} = 50,01 * 16 = 800,1 A$$

$$V_{m\acute{a}x_{adm}} = 900 V$$

$$V_{pmp_{max}} = 750 V$$

Esta \u00faltima comprobaci\u00f3n tambi\u00e9n se cumple, por lo que con el panel fotovoltaico y el inversor escogidos se cumple con los requerimientos de la configuraci\u00f3n el\u00e9ctrica.

8.4- Potencia del campo fotovoltaico

Una vez se sabe que la potencia instalada es igual a superior a la potencia fijada como objetivo de 100000 vatios, se debe comprobar aun as\u00ed si cumple con otros requisitos que aseguren el buen funcionamiento de la instalaci\u00f3n.

- La primera comprobaci\u00f3n hace uso de los valores de la potencia instalada, del n\u00famero de inversores y de la potencia fotovoltaica m\u00e1xima.

$$P_{inst} = 105600 Wp$$

$$n^{\circ} \text{ inversores} = 1$$

$$P_{PV_{m\acute{a}x}} = 120000 Wp$$

Una vez se tienen los valores que es necesario utilizar, se procede a la comprobaci\u00f3n:

$$P_{inst} / n^{\circ} \text{ inversores} < P_{PV_{m\acute{a}x}}; 105600 Wp < 120000 Wp$$

Por tanto, se cumple con la primera comprobaci\u00f3n.

La segunda comprobaci\u00f3n relacionada con la potencia del campo fotovoltaico tiene que ver con el ratio de potencia instalada con respecto a la potencia del inversor:

$$Ratio \frac{W_p}{W} = \frac{W_p - W}{W} = \frac{105600 - 100000}{100000} = 5,6 \%$$

Para esta comprobaci\u00f3n, primero se debe comprobar si la potencia del inversor es superior o inferior a los 50000 vatios, ya que seg\u00fan su valor la comprobaci\u00f3n ser\u00e1 diferente.

En este caso, el valor de la potencia del inversor es superior a los 50000 vatios, lo que se tendr\u00e1 en cuenta para seguir con la comprobaci\u00f3n.

Para este caso, el ratio de potencia tendrá un valor óptimo ya que se encuentra por debajo del 15 %, valor que ya se considera alto, y a su vez se encuentra por encima del 5 %, valor que se considera ligeramente bajo.

8.5- Temperatura del módulo

Es necesario que se consideren unos valores aproximados tanto de la temperatura mínima como de la temperatura máxima que va a sufrir el módulo a lo largo de su vida útil. Obviamente es muy complicado saber exactamente cuáles son los valores que hay que considerar, pero sí que es necesario estudiar sobre qué rangos de temperatura se encontrará el módulo.

Para esta instalación, y teniendo en cuenta su emplazamiento, se han considerado los siguientes valores:

$$T_{min} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$T_{m\acute{a}x} = 70^{\circ}\text{C}$$

Mediante ambos valores se calculará tanto el voltaje en circuito abierto del módulo como del generador.

- Para la temperatura mínima:

$$V_{oc\text{módulo}} = V_{oc} - \left((25^{\circ}\text{C} - T_{min}) * \left(\frac{\text{Coef } T^{\text{a}}}{1000} \right) \right) = 45,69 \text{ V}$$

$$V_{oc\text{generador}} = V_{oc\text{módulo}} * n^{\circ} \text{ paneles en serie} = 731,03 \text{ V}$$

- Para la temperatura máxima:

$$V_{oc\text{módulo}} = V_{oc} - \left((25^{\circ}\text{C} - T_{min}) * \left(\frac{\text{Coef } T^{\text{a}}}{1000} \right) \right) = 38,49 \text{ V}$$

$$V_{oc\text{generador}} = V_{oc\text{módulo}} * n^{\circ} \text{ paneles en serie} = 615,91 \text{ V}$$

Por último, una vez se han calculado estos valores, se deberá comprobar si cumplen los requisitos que se exigen para esta instalación.

Para la temperatura mínima del módulo se debe cumplir que el voltaje en circuito abierto sea menor que el voltaje máximo admitido y que a su vez sea mayor que el valor de máxima tensión mínima exigible.

$$V_{oc\text{generador}} = 615,91 \text{ V}$$

$$V_{m\acute{a}x\text{ admitida}} = 900 \text{ V}$$

$$V_{pmp\text{mín}} = 450 \text{ V}$$

$$V_{m\acute{a}x\text{ admitida}} > V_{oc\text{generador}} > V_{pmp\text{mín}}$$

Como se puede observar, nuevamente se cumplen con los requisitos requeridos.

8.5- Tipos de sistemas fotovoltaicos

Como se ha ido comentando a lo largo del proyecto, las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grupos según las necesidades o el objetivo del que vaya a dirigir la instalación.

Existen tanto las instalaciones aisladas de la red, que tienen la finalidad de ser completamente independientes a la red y satisfacer totalmente la demanda proveniente de la instalación deportiva, y las instalaciones conectadas a la red, que tienen el objetivo de entregar parte de su energía a la red eléctrica o la necesidad de apoyo por parte de la red para cubrir la demanda proveniente de la instalación.

8.5.1- Instalaciones aisladas de la red

Una instalación solar fotovoltaica aislada de la red actúa como un sistema de generación de corriente sin la necesidad de encontrarse conectado a la red eléctrica. De esta manera, el propietario de la instalación consigue de los paneles solares fotovoltaicos energía procedente de la radiación solar.

Debido a que es imposible que la demanda se satisfaga por ejemplo por la noche debido a que no se tiene luz solar, una instalación aislada de la red tiene la necesidad de utilizar baterías, con el fin de almacenar así parte de la energía fotovoltaica generada que no es utilizada en un momento de baja demanda para así poder hacer uso de ella en otro instante de mayor demanda.

Por último, antes de decidir aventurarse en la instalación de un sistema fotovoltaico aislado de la red, es necesario que se planifique y estudie su implantación teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Potencia de conexión necesaria
- Consumo energético
- Forma de consumo (CC, CA, monofásico, trifásico)
- Localización
- Clima
- Periodo de uso

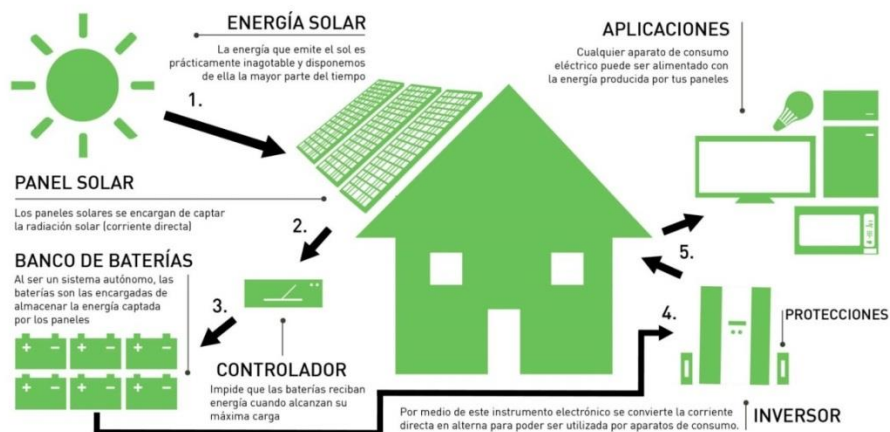


Ilustración 29.- Elementos que componen la instalación solar

8.5.1- Instalaciones conectadas a red

Al hablar de una instalación solar conectada a red se entiende que toda la corriente eléctrica generada por esta instalación fotovoltaica se vierte a la red eléctrica. De esta manera, la instalación funciona como una central de producción cualquiera, en la que la electricidad que se consume en la instalación es completamente independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos.

Por lo tanto, en estos casos el propietario de la instalación sigue comprando la energía eléctrica al precio marcado por la distribuidora, aun siendo propietario él mismo de una instalación productora de electricidad.

Debido a todo esto, la instalación en cuestión va a funcionar de una manera relativamente diferente, aprovechando la propia energía generada para consumirla.

Este tipo de funcionamiento es hoy en día legal según la normativa RD 900/2015⁸ y funciona como autoconsumo conectado a red. De esta manera se puede reducir la factura energética de manera drástica debido a que se está utilizando la propia energía generada, consiguiendo así mejorar incluso más la competitividad de la instalación.

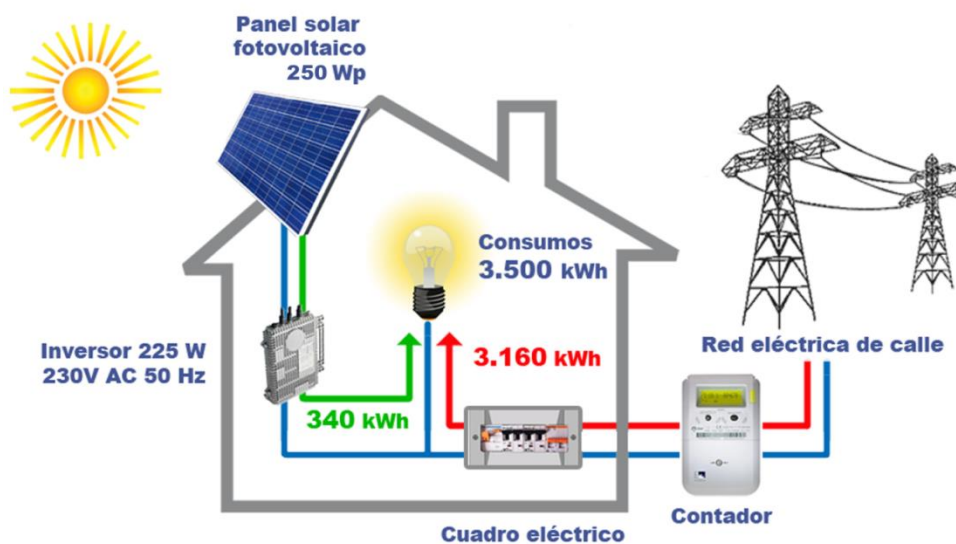


Ilustración 30.- Instalación conectada a red

⁸ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10927>

9.- Radiación

Antes de poder realizar el cálculo de la producción energética es completamente obligatorio hacer un cálculo de la radiación total que va a incidir en los paneles solares.

Para ello, se hará uso de los datos de radiación procedentes tanto del *Centro de Estudios de la Energía Solar (censolar)* como del *Instituto del Medioambiente y la Sostenibilidad (IES-ISPRA)*.

Los valores que se pueden obtener de censolar para la provincia de Las Palmas, en la que se encuentra la instalación, son los siguientes.

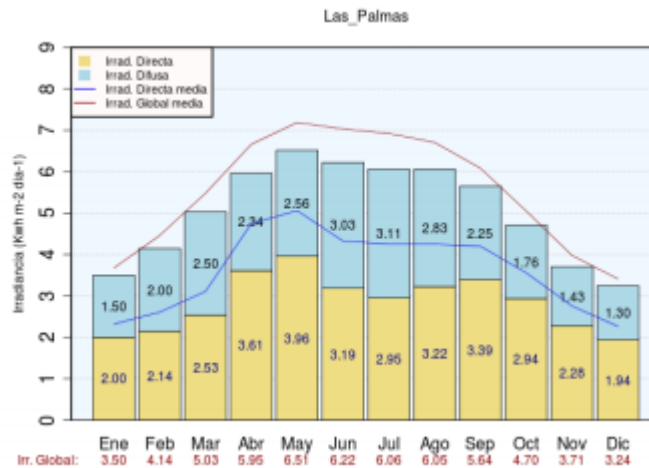


Ilustración 31.- Valores de radiación en Gran Canaria⁹

De esta imagen se puede sacar la conclusión de que la radiación máxima en Las Palmas se encuentra alrededor de 6,5 kWh/m² en el mes de mayo, mientras que la radiación mínima ronda el valor de 3,25 kWh/m².

Además, también se observa que dentro de la irradiación global que se muestra en la imagen, en algunos casos el 50 % se debe a la irradiación difusa. Esto es así consecuencia de la frecuente presencia de nubosidad asociada a los alisios en la región subtropical en la que las Islas Canarias se encuentran.

Es necesario tener en cuenta que esta nubosidad es más importante en la zona norte de las islas debido al forzamiento orográfico, por lo que la zona en la que se encuentra la instalación no se va a ver tan afectada por este hecho.

Mediante estos valores y con los obtenidos de IES, se realizó un promedio de la radiación por meses.

9

http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf

Tabla 6.- Radiación en Gran Canaria por parte de Censolar

| Radiación (kWh/m ²) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Cens | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Med |
| Las Palmas | 4,21 | 4,97 | 5,54 | 5,38 | 5,45 | 5,43 | 5,91 | 5,76 | 5,86 | 5,00 | 4,58 | 4,17 | 5,19 |

Tabla 7.- Radiación en Gran Canaria por parte de IES

| Radiación (kWh/m ²) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IES | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Med |
| Las Palmas | 5,93 | 6,23 | 6,66 | 6,67 | 6,58 | 6,31 | 6,24 | 6,70 | 6,83 | 6,57 | 5,84 | 5,58 | 6,34 |

Por último, se hará un cálculo de la media de ambas tablas adjuntas, obteniendo así la radiación que se va a utilizar a lo largo del proyecto.

Tabla 8.- Radiación media en Gran Canaria

| Radiación (kWh/m ²) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mix | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Med |
| Las Palmas | 5,07 | 5,60 | 6,10 | 6,03 | 6,01 | 5,87 | 6,07 | 6,23 | 6,35 | 5,78 | 5,21 | 4,87 | 5,77 |

10- Producción

Una vez se ha comprobado la radiación que incide en Gran Canaria, y, por tanto, se sabe la radiación que puede llegar a incidir en los paneles fotovoltaicos, se debe continuar estimando cual va a ser la producción mensual estimada, pudiendo hallar con ello su equivalente en euros sabiendo los valores por los que ronda últimamente el kWh.

En la siguiente tabla, y para el emplazamiento de Las Palmas, se mostrarán los valores de radiación (kWh/m²), de la producción (kWh/mes) y del equivalente en euros (€).

Tabla 9.- Producción y ahorro proveniente de los paneles solares

| Mes | Nº días | kWh/m ² día | Producción kWh/mes | € |
|--------------|------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| Enero | 31 | 5,07 | 13373,35 | 2407,20 |
| Febrero | 28 | 5,60 | 13234,63 | 2382,23 |
| Marzo | 31 | 6,10 | 15095,30 | 2717,15 |
| Abril | 30 | 6,03 | 14452,61 | 2601,47 |
| Mayo | 31 | 6,01 | 14785,26 | 2661,35 |
| Junio | 30 | 5,87 | 13354,32 | 2403,78 |
| Julio | 31 | 6,07 | 13979,49 | 2516,31 |
| Agosto | 31 | 6,23 | 14416,62 | 2594,99 |
| Septiembre | 30 | 6,35 | 14453,73 | 2601,67 |
| Octubre | 31 | 5,78 | 14424,91 | 2596,38 |
| Noviembre | 30 | 5,21 | 13065,91 | 2351,86 |
| Diciembre | 31 | 4,87 | 12840,25 | 2311,24 |
| Total | 365 | 5,77 | 167476 | 30145,64 |

Los valores que se observan en la tabla superior se van a explicar a continuación.

Como ya se explicó en el apartado anterior, los valores de la radiación provienen de realizar un promedio entre las bases de datos de radiación de “censolar” y de “IES-ISPRA”.

Por otro lado, para obtener el valor de la producción mensual en kWh, es necesario realizar unos cuantos cálculos con anterioridad, ya que este valor depende de los kWp, de la ganancia, de las pérdidas, de la radiación y del número de días que contiene el mes.

El cálculo de los kWp, es decir, de la potencia instalada, ya se hizo en su momento, donde este valor dependía tanto de la potencia del módulo como del número de módulos a utilizar.

$$P_{instalada} = P_{módulo} * n^{\circ} \text{módulos} = 0,3 * 352 = 105,6 \text{ kWp}$$

En cuanto a la ganancia, ésta depende de cómo vaya a ser la instalación. Para este proyecto se ha decidido que los paneles solares se encuentren fijos, debido a que facilita los cálculos y además es la más segura hoy en día, teniendo en cuenta que las instalaciones móviles tienen aún mucho margen de mejora.

Como la instalación va a ser fija, la ganancia debida del movimiento de los módulos en función de la situación del sol va a ser nula.

Por otro lado, y con el fin de que los valores de producción sean lo más conservadores posible, se tomará un valor máximo de aquellas otras pérdidas que puedan perjudicar la producción óptima de los módulos.

Por último, se utilizará, como ya se ha comentado con anterioridad, tanto el valor de radiación como el de los días que componen el mes.

De esta manera y como se va a comprobar a continuación, se puede llegar al valor de la producción mensual en kWh.

$$Prod_{mensual} = P_{instalada} * 0,806 * Rad * Pérd * (1 - Gan) * n^{\circ} \text{ días}$$

$$Prod_{mensual} = 105,6 * 0,806 * 5,07 * 100\% * (1 - 0\%) * 31 = 13377,30 \text{ kWh/mes}$$

Una vez ya se ha calculado el valor de la producción mensual, queda explicar de dónde procede el precio, o lo que es lo mismo, el valor que tiene la producción que se realizará con los paneles solares.

Para hallar este valor, únicamente son necesarios el valor de producción mensual y el precio del kWh. Éste último valor es cierto que fluctúa, pero se escogerá un valor parecido al precio que se ha pagado por el kWh los últimos años, teniendo en cuenta aun así que el precio está subiendo con los años. Este valor será de 0,18 €/kWh.

Sabiendo ya el valor de ambas variables, se puede hallar el valor en euros de la producción de los paneles solares en este ejemplo hecho para el mes de enero.

$$Precio = Prod_{mensual} * \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 13377,30 * 0,18 = 2407,91 \text{ €}$$

Este será el precio de la producción de la instalación, un valor que resulta relativamente alto, teniendo además en cuenta de que se trata del mes de enero, uno de los meses con una radiación más baja en Las Palmas.

Una vez se sabe ya de donde provienen todos los valores de la tabla, a continuación, se muestra un gráfico en el que se puede comparar en qué meses la producción es mayor, lo que equivale a saber en qué mes el ahorro es mayor.

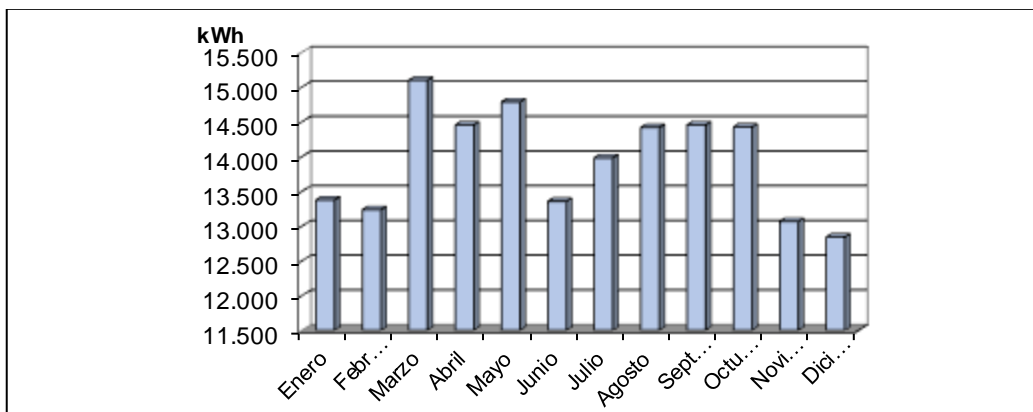


Ilustración 32.- Producción mensual de los paneles solares

10.1- Rendimiento de los sistemas fotovoltaicos

El parámetro del rendimiento es fundamental, y por ejemplo a la hora de estudiar qué inversor es más conveniente para una instalación, el rendimiento centra toda la atención.

10.1.1- Rendimiento inversor

Como ya ha comentado, para la instalación que nos ocupa en este proyecto se va a hacer uso de un inversor Enertron de 100 kW. Una vez se ha elegido el inversor más adecuado en cuanto a rendimiento, es necesario compararlo con otros con características similares, ya que además de trabajar con el mayor rendimiento de conversión eléctrica AC/DC es necesario que generen energía de calidad, con un elevado factor de potencia y baja distorsión armónica.

En cuanto al rendimiento de conversión, a este rendimiento le influye la utilización o no de un aislamiento galvánico entre la instalación y la red, que suele ser requerida por la norma RD 1699/2011¹⁰.

Si bien es cierto que el rendimiento sin el aislamiento galvánico puede aumentar incluso en un 2 %, generalmente no es aceptado por las normativas locales que no se haga uso de este aislamiento, debido a que el diseño interno de los inversores contiene una gran cantidad de componentes electrónicos que perderían fiabilidad sin aislamiento. Por tanto, se pierde rendimiento por seguridad y fiabilidad.

Una vez considerada la necesidad del aislamiento galvánico, ésta puede realizarse mediante transformadores de alta o de baja frecuencia. Aquellos inversores que tienen un transformador de alta frecuencia (HF) pueden incluso llegar a rendimientos del 94 %, mientras que aquellos inversores que tienen un transformador de baja frecuencia (LF) llegan a rendimientos ligeramente inferiores, en torno al 92 %.

Lo explicado con anterioridad se puede observar en la gráfica que se adjunta a continuación, donde se compara el rendimiento sin transformador con los rendimientos de alta y de baja frecuencia.

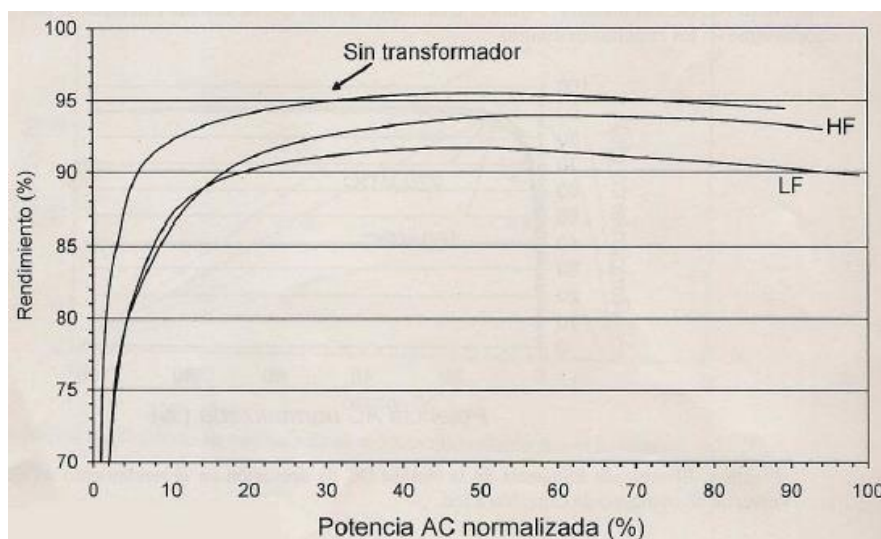


Ilustración 33.- Variación del rendimiento del inversor

¹⁰ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19242>

El rendimiento del inversor Enertron de 100 kW tendrá un rendimiento máximo del 94,98 %, según las pautas a tener en cuenta para realizar el cálculo del rendimiento europeo.

Para realizar el cálculo hay que tener en cuenta que el rendimiento de conversión eléctrica, o lo que es lo mismo, el rendimiento del inversor viene dado por:

$$\eta = P_{AC} / P_{DC}$$

El uso de un rendimiento europeo normalizado viene dado únicamente para climas europeos y en función de distintos porcentajes de operación respecto a la potencia nominal.

A continuación, se mostrará la fórmula y el rendimiento del inversor a cada uno de los porcentajes de potencia nominal que la propia fórmula exige calcular.

$$\eta_{eu} = 0,03 * \eta_{5\%} + 0,06 * \eta_{10\%} + 0,13 * \eta_{20\%} + 0,10 * \eta_{30\%} + 0,48 * \eta_{50\%} + 0,2 * \eta_{100\%}$$

Una vez se conoce la fórmula, se mostrará en una tabla los valores de rendimiento respectivos a la potencia nominal para la que opera.

Tabla 10.- Rendimientos según la potencia nominal del panel solar

| $\eta_{5\%}$ | $\eta_{10\%}$ | $\eta_{20\%}$ | $\eta_{30\%}$ | $\eta_{50\%}$ | $\eta_{100\%}$ |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 0,03 | 0,06 | 0,13 | 0,1 | 0,48 | 0,2 |
| 2,5116 | 5,3934 | 12,3266 | 9,57 | 46,0704 | 19,112 |

Con todos los valores requeridos en la fórmula del rendimiento europeo ya obtenidos, se puede calcular éste mediante el sumatorio de todos los valores anteriormente hallados.

$$\eta_{eu} = 2,5116 + 5,3934 + 12,3266 + 9,57 + 46,0704 + 19,112 = 94,98 \%$$

Para aquellos casos en los que los sistemas fotovoltaicos se encuentran bajo condiciones climáticas apropiadas y con sistemas instalados de forma fija, como es el caso de este proyecto, el rendimiento europeo es el que una mayor exactitud puede proporcionar.

Además, también es el parámetro en el que más se apoyan los propios fabricantes de inversores, ya que normalmente lo incluyen en los datos técnicos de sus inversores.

11- Temperaturas

En un principio se podría llegar a pensar que una célula fotovoltaica produce más cuanto más calor haga en la zona del emplazamiento, o incluso se podría creer que la temperatura no afecta en la producción de los paneles solares fotovoltaicos. Lo cierto es que la temperatura sí que afecta en la producción, pero no de la forma en la que uno podría llegar a pensar inicialmente.

Como ya se ha explicado con anterioridad, la célula fotovoltaica se comporta igual que un generador de corriente eléctrica, donde la generación de esta corriente depende de tres variables principales, que no son otras que la radiación, la temperatura y el área de la célula.

Las variables de radiación y área de célula ya se han explicado con anterioridad, no así la variable de la temperatura.

Es evidente que la variable que causa un mayor efecto en la producción viene directamente relacionada con las horas de sol, si bien es cierto que, a mismo número de horas de sol, el hecho de que los paneles y todos los elementos que componen la instalación fotovoltaica se encuentren a una mayor temperatura supone una disminución de la producción, y, por tanto, de la eficiencia global del módulo.

Esto es debido principalmente a que la temperatura a la que se encuentra la célula fotovoltaica hace variar considerablemente el valor que se obtiene de la tensión en circuito abierto, que como ya se sabe es el valor de la máxima tensión que proporciona el panel cuando no hay ninguna carga entre los bornes del panel.

La importancia de la temperatura sobre el módulo y por tanto sobre el voltaje de la célula se puede observar en la curva I-V que se mostrará a continuación, donde, al aumentarse la temperatura que llega hasta el módulo, la tensión de circuito abierto disminuye del orden de milivoltios. Normalmente la disminución de la tensión se encuentra entre los valores de $2\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ y $2,5\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.

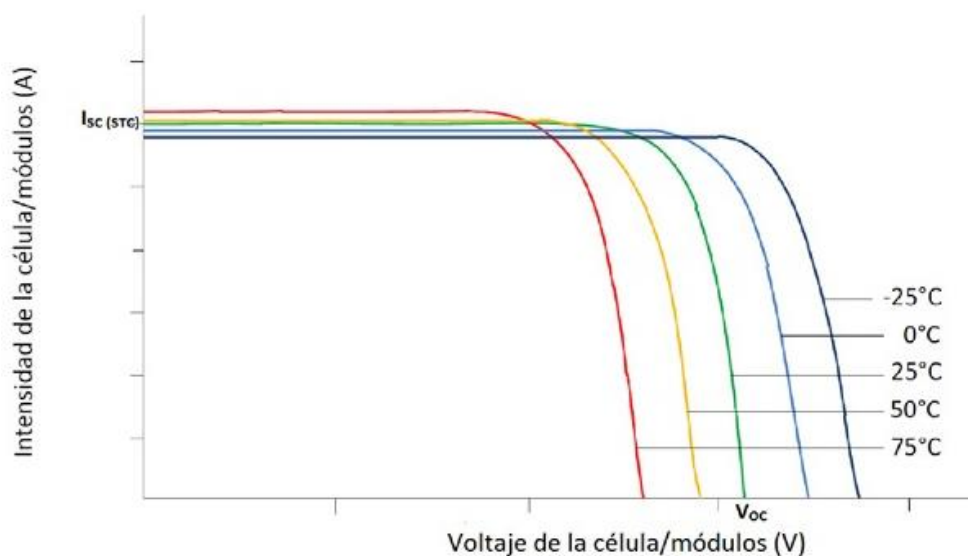


Ilustración 34.- Voltaje de circuito abierto según la temperatura

Como bien se puede observar, el voltaje de circuito abierto depende exclusivamente de la temperatura del módulo, y a su vez la temperatura del módulo depende de la irradiancia y sobre todo de la temperatura ambiente.

Con el fin de que se pueda observar de manera clara cómo realmente influye negativamente la alta temperatura ambiente en la producción del módulo fotovoltaico, a continuación, se mostrará el porcentaje que conformó la solar fotovoltaica dentro del mix de generación mensual peninsular. Esta comparación, con datos proporcionados por red eléctrica, se hará para la península y no para Canarias principalmente debido a que existen muchos más datos disponibles para su estudio, aunque en Canarias sucedería prácticamente lo mismo si las temperaturas fuesen más altas de lo debido para maximizar el rendimiento del módulo.

Primero se mostrará una imagen del mes de mayo, donde la solar fotovoltaica supone un 4,6 % del mix de generación total del mes.

Estructura de generación mensual peninsular

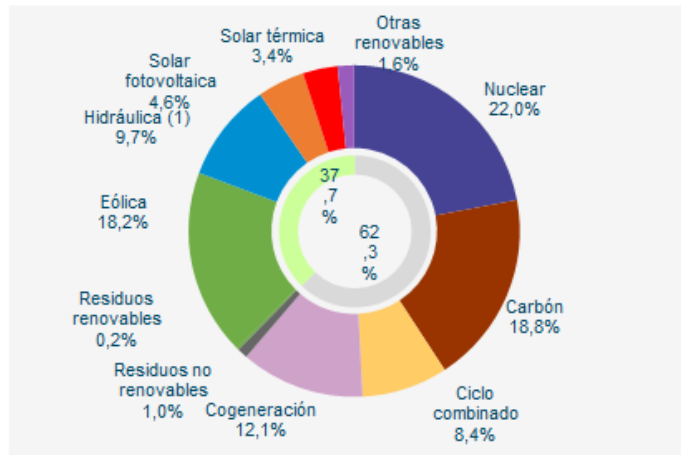


Ilustración 35.- Estructura de generación del mes de mayo en la península

A continuación, se muestra una imagen exactamente de lo mismo lo que para el mes de agosto, donde se podrá observar como la solar fotovoltaica supone un menor porcentaje dentro del mix de generación, situándose en un 3,6 %.

Estructura de generación mensual peninsular

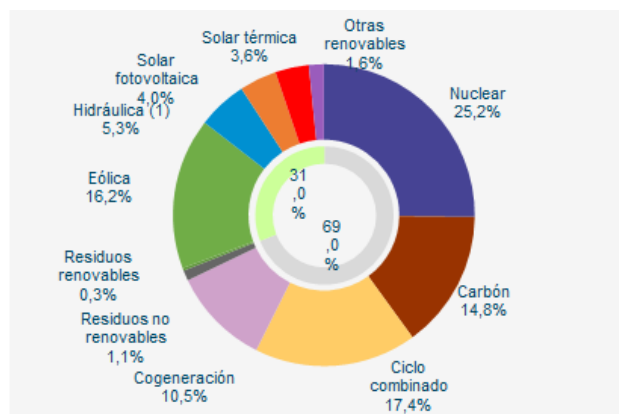


Ilustración 36.- Estructura de generación del mes de agosto en la península

Teniendo en cuenta que la temperatura ambiente en el mes de agosto suele ser sensiblemente superior a la temperatura en el mes de mayo, se demuestra cómo además de la radiación influye la temperatura en la producción de solar fotovoltaica ya que existe un 1 % de diferencia entre ambos gráficos, lo que en generación supone una diferencia bastante importante.

A continuación, se muestra el desglose de las diferentes tecnologías para los meses de mayo y agosto en tablas donde se observa la producción en GWh¹¹.

Tabla 11.- Desglose de las tecnologías en el mes de mayo

| MAYO | | | Acumulado anual | | Año móvil ⁽²⁾ | |
|---------------------------------|---------------|-------------|-----------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | GWh | % 17/16 | GWh | % 17/16 | GWh | % 17/16 |
| Hidráulica | 1.994 | -63,1 | 11.400 | -52,8 | 26.416 | -31,1 |
| Nuclear | 4.153 | 6,7 | 24.406 | 7,4 | 57.777 | 6,9 |
| Carbón | 3.542 | 241,8 | 15.728 | 96,7 | 42.918 | 0,5 |
| Ciclo combinado ⁽³⁾ | 1.581 | 5,5 | 8.737 | 21,2 | 27.216 | 15,1 |
| Eólica | 3.442 | -11,8 | 22.043 | -13,2 | 43.938 | -9,7 |
| Solar fotovoltaica | 866 | 12,7 | 3.197 | 9,5 | 7.845 | 4,3 |
| Solar térmica | 634 | 27,0 | 1.748 | 17,4 | 5.320 | 13,2 |
| Otras renovables ⁽⁴⁾ | 307 | 11,3 | 1.423 | 12,1 | 3.569 | 6,3 |
| Cogeneración | 2.297 | 8,7 | 11.564 | 12,6 | 27.075 | 7,3 |
| Residuos ⁽⁵⁾ | 213 | 32,3 | 1.230 | 9,1 | 3.223 | 8,7 |
| Generación | 19.030 | -2,7 | 101.475 | -3,0 | 245.297 | -2,4 |

Tabla 12.- Desglose de las tecnologías en el mes de agosto

| AGOSTO | | | Acumulado anual | | Año móvil ⁽²⁾ | |
|--------------------------------|-------|---------|-----------------|---------|--------------------------|---------|
| | GWh | % 17/16 | GWh | % 17/16 | GWh | % 17/16 |
| Hidráulica | 1.178 | -45,2 | 15.635 | -50,8 | 23.031 | -41,5 |
| Nuclear | 5.081 | -1,4 | 37.929 | 0,1 | 56.151 | 0,8 |
| Carbón | 2.978 | -12,4 | 27.020 | 57,9 | 45.099 | 28,1 |
| Ciclo combinado ⁽³⁾ | 3.509 | 73,4 | 19.321 | 43,1 | 31.503 | 41,2 |
| Eólica | 3.264 | -9,4 | 31.765 | -11,0 | 43.364 | -12,9 |

¹¹ <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol>

| | | | | | | |
|---------------------------------|---------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| Solar fotovoltaica | 802 | -6,0 | 5.700 | 3,1 | 7.739 | 1,8 |
| Solar térmica | 719 | -10,3 | 4.071 | 3,6 | 5.202 | 5,9 |
| Otras renovables ⁽⁴⁾ | 326 | -0,3 | 2.384 | 8,7 | 3.606 | 6,2 |
| Cogeneración | 2.156 | 2,1 | 18.363 | 9,4 | 27.356 | 7,4 |
| Residuos ⁽⁵⁾ | 287 | -5,4 | 2.065 | 3,9 | 3.198 | 5,6 |
| Generación | 20.299 | -2,0 | 164.253 | -1,3 | 246.250 | -0,2 |

En las dos últimas tablas mostradas se ve aún más clara la diferencia existente en cuanto a producción entre los meses de mayo y agosto, siendo la producción energética en mayo de 64 GWh superior.

Por último, se adjuntan las temperaturas medias mensuales en la isla de Gran Canaria, donde se podrá observar que las temperaturas se encuentran durante todo el año entre los 15°C y los 25°C por lo que los paneles solares no sufrirán tan asiduamente este problema.

Tabla 13.- Temperatura media mensual en Gran Canaria

| Temperatura (°C) | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | En. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| Las Palmas | 17,5 | 17,6 | 18,3 | 18,7 | 19,9 | 21,4 | 23,2 | 24,0 | 23,9 | 22,5 | 20,4 | 18,3 |

12- Instalación térmica

12.1.- Panel solar térmico

Al igual que la energía solar fotovoltaica, cuando se habla de la energía solar térmica se es consciente de que se está haciendo referencia a un sistema de gran eficiencia que se utiliza como apoyo a los sistemas de calefacción y climatización, además de para obtener agua caliente sanitaria.

Para realizar el diseño óptimo, es muy necesario, como siempre, que la eficiencia de la instalación sea lo más alta posible. Para ello, los pasos que se muestran a continuación son indispensables para poder elegir los paneles solares térmicos idóneos para la instalación.

Una de las claves para conseguir elegir los paneles óptimos, es ser capaz de interpretar con claridad las curvas características aportadas por los fabricantes, comparando así unas curvas con otras.

12.1.1- Rendimiento de los paneles solares térmicos

De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9806:2014¹², los paneles solares deben conseguir una certificación proveniente de diferentes ensayos. Mediante estos ensayos, el laboratorio que se encarga de ellos obtiene diferentes curvas relacionadas con su rendimiento energético. Las curvas obtenidas pueden ser lineales o cuadráticas, las cuáles se mostrarán a continuación con sus correspondientes fórmulas.

La primera ecuación hace referencia al rendimiento de un panel solar:

$$\eta = \eta_0 - \left(k_1 * (T_m - T_a) / I \right) - \left(k_2 * (T_m - T_a)^2 / I \right)$$

Dónde:

- T_m es la temperatura media del panel
- T_a es la temperatura ambiente
- I es la radiación global

Por tanto, se puede observar que el rendimiento de los paneles solares térmicos depende de la diferencia entre las temperaturas media y ambiente y de la radiación solar. A su vez, también depende de los coeficientes de pérdidas k_1 y k_2 .

12.1.1.1- Curva de rendimiento lineal

En cuanto a las curvas de rendimiento de los paneles solares térmicos, éstas provienen de diferentes ecuaciones, que se mostrarán a continuación:

$$\eta = \eta_0 - \left(k_1 * (T_m - T_a) / I \right)$$

12

<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0052952&pdf=#.Wxaexp8za00>

Tanto el valor de ambas temperaturas como el de la radiación son datos que dependen del emplazamiento, por lo que es obligación del comprador saberlos, mientras que tanto el valor del factor óptico (η_0) como el del coeficiente de pérdidas lineal (k_1) son datos aportados por el fabricante.

El factor óptico es el rendimiento que tiene el panel solar cuando éste no pierde calor con el entorno, es decir, la diferencia entre la temperatura ambiente y el fluido caloportador es nula. Es por ello por lo que únicamente se tienen en cuenta aquellas pérdidas provenientes de factores ópticos, como puede ser el grado de absorción de la capa elegida para el panel o la transparencia de ésta.

A continuación, se muestra un ejemplo claro de cómo se debe elegir el panel solar térmico si se hace uso únicamente de las curvas de rendimiento.

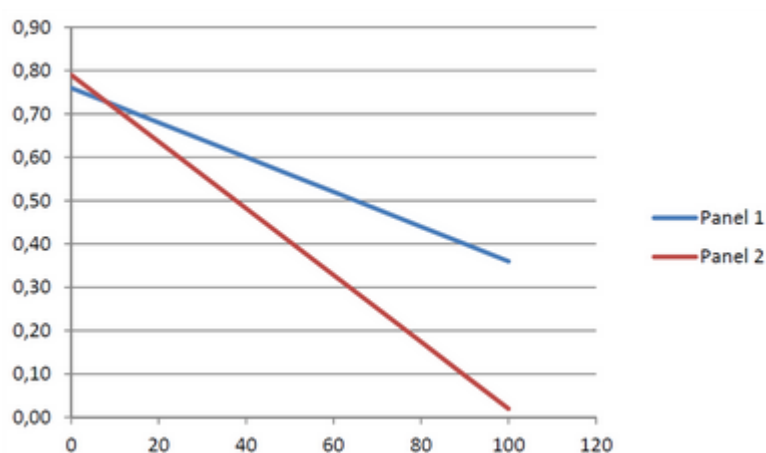


Ilustración 37.- Curvas de rendimiento del panel solar térmico

Mediante esta gráfica y teniendo en cuenta que el eje X hace referencia a la diferencia entre temperaturas y el eje Y hace referencia al factor óptico, se puede sacar una conclusión clara sobre que panel solar térmico es mejor. Además, estos valores se consideran para un mismo valor de radiación.

Se puede observar por ejemplo que la pendiente de ambos paneles es muy distinta. Teniendo en cuenta este criterio el panel 1 es más eficiente, debido a que una menor pendiente equivale a un menor coeficiente de pérdidas. Esto conlleva a un mejor rendimiento del panel 1 con respecto al panel 2 a medida que aumenta la diferencia entre la temperatura del panel y la temperatura ambiente.

Por último, hay que tener muy en cuenta que es necesario comprobar que el tipo de panel solar térmico a utilizar sea óptimo para las condiciones de trabajo y clima que se den en el emplazamiento en el que se vayan a utilizar, ya que puede que un panel sea muy eficiente a unas temperaturas altas y muy poco eficiente a temperaturas más bajas o viceversa. Es por ello por lo que, para el emplazamiento de este proyecto, Canarias, no se va a utilizar un panel solar térmico igual al que se podría utilizar en una ciudad al norte de España como puede ser Bilbao, donde las temperaturas y la radiación son totalmente distintas.

12.2.- Tipos de sistema

Como ya se ha comentado, para la realización de este proyecto se utilizará un sistema de energía solar térmica para obtener agua caliente sanitaria. Los colectores funcionan colectando el calor proveniente del sol y transmitiéndolo al fluido que se quiere calentar. En ese instante es en el que puede haber diferentes opciones en cuanto a la generación del agua caliente sanitaria.

- Instalación de circuito cerrado en la cual el agua que se utiliza posteriormente para el consumo no es el fluido que se encuentra en los colectores solares. En estos casos, se suele utilizar un líquido anticongelante que se calienta por la radiación solar. Este líquido anticongelante atraviesa completamente el circuito hidráulico hasta llegar al acumulador donde se produce un proceso de intercambio de calor entre el líquido anticongelante y el agua que se va a utilizar posteriormente, consiguiendo así tener el agua sanitaria a la temperatura demandada.
- Instalación de circuito abierto, en la que, a diferencia de lo que sucede en la instalación de circuito cerrado, es el agua de consumo la que se encuentra directamente cercana a los colectores solares. De esta manera se reducen costos provenientes del uso de un líquido anticongelante y se consigue una mayor eficiencia energética, con menores pérdidas. El problema se produce principalmente cuando el emplazamiento en el que se encuentra la instalación puede encontrarse a temperaturas bajas, para ser más exactos, por debajo del punto de congelación del agua o cuando se encuentra en zonas con gran concentración de sales que obstruyen el circuito hidráulico. Además, también tienen más problemas provenientes de la corrosión y están sometidos a mayores restricciones legales.

Para el caso de la isla de Gran Canaria, donde el problema del frío es inexistente, únicamente hay que tener en consideración los problemas provenientes de las sales. Consiguiendo evitar los problemas relacionados con las sales, será obviamente más razonable utilizar una instalación de circuito abierto, en la cual la eficiencia es mayor.

Además de clasificarse según el tipo de fluido que transportan, los sistemas térmicos también se clasifican en función de cómo circule este fluido.

- La circulación natural, en la cual el depósito con el fluido debe encontrarse por encima de los colectores con el fin de permitir la convección debida a la diferencia de temperatura. Este tipo de sistema de circulación tiene la ventaja de ser fácil de montar además de ser muy económico debido a que funcionan sin bomba, lo que ayuda a disminuir el consumo energético de la instalación. Su desventaja principal proviene del hecho de necesitar que el depósito (se encuentra entre los 300 y los 500 kilogramos de peso) se encuentre a una altura superior al colector lo que supone una mayor necesidad de resistencia por parte del tejado. Además, la circulación natural no es tan eficiente como la que se va a explicar a continuación debido principalmente a que el agua no circula tan rápido como lo hace un fluido anticongelante.
- La circulación forzada evita algunos de los defectos provenientes de la circulación natural, aunque tiene otros problemas como son la necesidad de energía eléctrica, así como la necesidad del control de la circulación. Además, también es necesaria una inversión inicial superior al caso de la circulación natural, inversión que se ve compensada con el tiempo debido a la mayor producción de agua caliente.

Por otra parte, tiene la gran ventaja de que el rendimiento es superior, además de que existe la posibilidad de poner el acumulador dentro del complejo, lo que no obliga al tejado a tener que aguantar un peso tan importante.

Una vez se han comentado las formas en las que se puede instalar, así como los tipos de circulación existentes, la instalación que se estudia en este proyecto será de circuito abierto con circulación forzada, debido principalmente a su mayor eficiencia.

12.3.- Consumo de agua caliente sanitaria

Al igual que sucede para la instalación solar fotovoltaica, para la instalación solar térmica es necesario saber la contribución solar necesaria para cumplir con las exigencias esgrimidas en el código técnico de la edificación¹³.

La demanda de agua caliente sanitaria provendrá principalmente de las duchas del complejo deportivo, mientras que también serán necesarios los paneles térmicos para la climatización de una pequeña piscina cubierta dentro del complejo.

Se supondrá que, al ser una instalación de grandes dimensiones, habrá un total de diez duchas en el vestuario para hombres y otras diez en el vestuario de mujeres con un total de 4 lavabos por cada vestuario.

Teniendo en cuenta que para cada servicio proporcionado por la ducha son necesarios unos 15 litros de agua caliente sanitaria, y suponiendo que cada una de las duchas se utiliza de media dos veces por hora, para una franja horaria de 8:00 a 22:00, se supondrá que cada ducha se utiliza un total de 28 veces.

A continuación, se muestra una tabla proveniente del código técnico de la edificación en la que se calcula de manera aproximada la demanda de referencia de agua caliente sanitaria a 60 °C para un servicio de vestuarios o duchas colectivas.

| Criterio de demanda | Litros ACS/día a 60° C | |
|---|------------------------|-------------------|
| Viviendas unifamiliares | 30 | por persona |
| Viviendas multifamiliares | 22 | por persona |
| Hospitales y clínicas | 55 | por cama |
| Hotel **** | 70 | por cama |
| Hotel *** | 55 | por cama |
| Hotel/Hostal ** | 40 | por cama |
| Camping | 40 | por emplazamiento |
| Hostal/Pensión * | 35 | por cama |
| Residencia (ancianos, estudiantes, etc) | 55 | por cama |
| Vestuarios/Duchas colectivas | 15 | por servicio |
| Escuelas | 3 | por alumno |
| Cuarteles | 20 | por persona |
| Fábricas y talleres | 15 | por persona |
| Administrativos | 3 | por persona |
| Gimnasios | 20 a 25 | por usuario |
| Lavanderías | 3 a 5 | por kilo de ropa |
| Restaurantes | 5 a 10 | por comida |
| Cafeterías | 1 | por almuerzo |

Ilustración 38.- Demanda de litros de agua caliente sanitaria para vestuarios

¹³ <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

Por tanto, y como ya se había comentado anteriormente, teniendo en cuenta que se necesitan 15 litros de agua caliente sanitaria por servicio, se podrá calcular el total de agua caliente sanitaria requerida para satisfacer la demanda diaria. Este valor de 15 litros incluye el uso de la ducha y el lavabo en conjunto.

$$D_{diaria\ total} = 15 \text{ l/servicio} * 28 \text{ servicios} * 20 \text{ duchas} = 8400 \text{ litros totales}$$

De esta manera, únicamente proveniente de las duchas y lavabos será necesario calentar diariamente un total de 8400 litros de agua.

El valor obtenido de 8400 litros totales es a una temperatura igual a 60 °C. En caso de que la temperatura a la que se encuentre sea distinta a este valor, la demanda deberá calcularse nuevamente variando así el número de litros de agua que habría que calentar.

Para este caso, teniendo en cuenta que es imposible que los usuarios de las duchas y lavabos utilicen una temperatura del agua tan alta, se harán todos los cálculos tomando la hipótesis de que la temperatura media del agua que van a utilizar los usuarios se va a encontrar entorno a los 34 °C.

Por otro lado, como ya se ha comentado con anterioridad, también es necesario tener en cuenta los paneles solares térmicos para climatizar la piscina que va a tener el complejo.

Las medidas de la piscina serán de 25 metros de largo, 8 metros de ancho y 1,5 metros de profundidad. Las medidas elegidas son éstas debido a que se trata de un complejo deportivo, por lo que la piscina debe tener la dimensión suficiente como para poder tener un uso deportivo, con un volumen total de 300 m³.

12.3.1- Caudales instantáneos

Para poder calcular el tiempo de consumo total de agua, primero es necesario tener en cuenta el caudal instantáneo. Éste hace referencia a la suma de los caudales de todos los aparatos (en este caso duchas y lavabos), haciendo uso de un coeficiente de simultaneidad debido principalmente a que tanto duchas como lavabos tienen tiempos diferentes a la hora de hacer llegar el caudal de agua.

Estos valores se pueden sacar del código técnico de la edificación en la sección HE 4 y se aplicarán para la siguiente fórmula:

$$Q_c = A * (Q_T)^B + C$$

Dónde:

- Q_c es el caudal simultáneo de cálculo
- A, B, C son coeficientes que varían según el tipo de edificio, caudales totales del edificio y caudales máximos por aparatos.
- Q_T es el caudal total.

Mediante el código técnico de la edificación se pueden obtener los valores de los caudales instantáneos de agua caliente sanitaria tanto para los lavabos como para las duchas.

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

Ilustración 39.- Caudal instantáneo de agua para lavabos y duchas

Por tanto, el caudal instantáneo para lavabos y duchas es:

- Lavabo: $0,065 \frac{dm^3}{s} = 0,065 \frac{l}{s}$
 $N^{\circ} \text{ lavabos} * 0,065 \frac{l}{s} = 8 \text{ lavabos} * 0,065 \frac{l}{s} = 1,3 \frac{l}{s}$
- Ducha: $0,1 \frac{dm^3}{s} = 0,1 \frac{l}{s}$
 $N^{\circ} \text{ duchas} * 0,1 \frac{l}{s} = 20 \text{ duchas} * 0,1 \frac{l}{s} = 2 \frac{l}{s}$

Con estos cálculos ya es posible hallar el caudal total Q_T :

$$Q_T = 1,3 + 2 = 3,3 \frac{l}{s}$$

Una vez se ha obtenido el caudal total, y siendo la instalación un complejo para actividades deportivas se pueden obtener los coeficientes A, B y C.

Sus valores serán: $A = 4$; $B = 0,27$; $C = -3,41$

Por último, y una vez se han calculado todos los valores necesarios, es posible calcular el caudal simultáneo Q_c :

$$Q_c = A * (Q_T)^B + C = 4 * (3,3)^{0,27} - 3,41 = 2,11 \frac{l}{s}$$

12.3.2- Tiempo de consumo

Una vez se ha calculado el caudal total, y sabiéndose el consumo diario de litros de agua se puede calcular el tiempo de consumo punta:

$$t = \frac{8400 \frac{l}{día}}{2,11 \frac{l}{s}} = 3981,04 \frac{s}{día}$$

$$3981,04 \frac{s}{día} = 66,353981,04 \frac{min}{día}$$

Para los cálculos realizados se ha supuesto que los usuarios emplean una temperatura del agua de 60 °C para ducharse, temperatura a la que es imposible que hagan uso del agua. Por ello, con el fin de que los cálculos sean lo más aproximados posible, se hará el cálculo a continuación a una temperatura de 34 °C, temperatura que se puede considerar media de consumo dentro del complejo deportivo.

Además, para los cálculos se utilizará la temperatura de agua de red mínima en Las Palmas, que es igual a 15 °C, como bien se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 14.- Temperatura del agua de red en Gran Canaria¹³

| TEMPERATURA DEL AGUA DE RED EN GRAN CANARIA | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ciudad | Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
| Las Palmas | 2017 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | 19 | 19 | 19 | 18 | 17 | 16 |

A continuación, se calculan tanto el consumo diario a 34 °C como el tiempo de consumo punta. Es decir, se realizarán nuevamente los cálculos, pero esta vez a la temperatura media de consumo del agua.

Consumo diario a 34 °C

$$D_{34°C} = \frac{D_{60°C} * (60 - T_{AFCH})}{T_{34°C} - T_{AFCH}}$$

Dónde:

- $D_{34°C}$ es el consumo diario a 34 °C
- $D_{60°C}$ es el consumo diario a 60 °C
- T_{AFCH} es la temperatura de agua de red
- $T_{34°C}$ es la temperatura media de consumo del agua

$$D_{34°C} = \frac{8400 * (60 - 15)}{34 - 15} = 19894,74 \frac{l}{día}$$

Tiempo de consumo punta

$$t = \frac{19894,74 \frac{l}{día}}{2,11 \frac{l}{s}} = 9428,79 \frac{s}{día}$$

$$9428,79 \frac{s}{día} = 157 \frac{min}{día}$$

12.3.3- Energía demandada por el calentamiento de agua

Por último, se debe calcular la energía que es necesaria para calentar los litros de agua caliente sanitaria que se van a requerir a diario debido a lavabos y duchas en el complejo deportivo. Para ello, se debe tener en cuenta que para calentar un litro de agua es necesaria una energía equivalente de 1,16 Wh.

$$1l \text{ agua} \longrightarrow 1,16 \text{ Wh}$$

Energía demandada a 60 °C

$$E_{60^{\circ}\text{C}} = D_{60^{\circ}\text{C}} * (60 - T_{AFCH}) * 1,16 = 8400 * (60 - 15) * 1,16 = 438480 \text{ Wh/día}$$

$$E_{60^{\circ}\text{C}} = 438,48 \text{ kWh/día}$$

Energía demandada a 34 °C

$$E_{34^{\circ}\text{C}} = D_{34^{\circ}\text{C}} * (34 - T_{AFCH}) * 1,16 = 19894,74 * (34 - 15) * 1,16 = 438480 \text{ Wh/día}$$

$$E_{34^{\circ}\text{C}} = 438,48 \text{ kWh/día}$$

Como se puede observar, la energía demandada es exactamente la misma a 60 °C y a 34 °C, debido a que el agua siempre se producirá a 60 °C, lo que sucede es que para llevarla a los 34 °C esta agua se mezclará con el agua de red.

12.3.4- Producción instantánea

A continuación, se va a realizar el cálculo de la producción instantánea, debido principalmente a que es necesario que la instalación sea capaz de dar la potencia requerida para el momento más desfavorable posible.

Para el cálculo, se utilizarán datos ya obtenidos con anterioridad:

$$P = Q_c * 3600 * (T_{ACS} - T_{AFCH}) * 1,16$$

Dónde:

- P es la potencia instantánea
- $3600 \frac{s}{l}$
- T_{ACS} es la temperatura de distribución del agua caliente sanitaria
- T_{AFCH} es la temperatura de agua de red

$$P = 2,11 * 3600 * (50 - 15) * 1,16 = 308397,6 W = 308,40 kW$$

Este valor de potencia es muy elevado y rara vez será necesario en la instalación, ya que se ha estudiado el caso más desfavorable en el mes del año más desfavorable. No obstante, es necesario tenerlo en cuenta y estar por el lado de la seguridad, de esta manera, la instalación del complejo deportivo se encontrará sobredimensionada.

Debido a que la potencia es demasiado alta, se requerirá del uso de sistemas de acumulación. Esto significa que en estos sistemas se asegurará que el agua se encuentre acumulada a una temperatura de 60 °C

12.3.5- Sistemas de acumulación del agua

Con el fin de no necesitar una potencia instantánea tan alta en los casos más desfavorables del año, y con el fin de que la potencia entregada por los paneles térmicos no sea tan alta, se hará uso de sistemas de acumulación de agua.

Obviamente, para realizar el dimensionamiento de la instalación de producción y acumulación de agua caliente sanitaria, es necesario tener en cuenta que la energía aportada por el sistema debe ser igual o mayor a la energía máxima a consumir, es decir, a la energía punta.

Por ello se va a hacer uso de un sistema de acumulación de agua, en el que, cuanto mayor sea el porcentaje de agua que se acumule en el depósito, menor será la potencia necesaria a aportar por parte del sistema.

A continuación, se muestran la opción de estudio adoptada en cuanto a la cantidad de agua del consumo en punta que se va a poder acumular.

Acumulación del 50 %:

Para la realización de esta hipótesis, será necesario realizar los cálculos que se muestran seguidamente:

Para poder comenzar con los cálculos es necesario establecer un consumo en la hora punta, que será igual al 50 % del consumo medio diario hallado con anterioridad, de valor igual a 8400 litros.

Por tanto, el volumen de acumulación será igual al 50% del consumo en hora punta, lo que lleva a que el volumen máximo en litros del sistema de acumulación sea:

$$\text{Capacidad máxima de acumulación} = 0,5 * 0,5 * 8400 = 2100 \text{ litros} = 2100 \text{ dm}^3$$

Por tanto, sabiendo que el volumen máximo del sistema de acumulación será de 2100 dm³, se puede dimensionar seguidamente el propio depósito.

Las medidas del depósito serán de 120 cm de diámetro y 200 cm de alto, lo que equivale a poder acumular la siguiente cantidad de agua:

$$\pi * r^2 * h = \pi * 6^2 * 20 = 2262 \text{ dm}^3 > 2100 \text{ dm}^3$$

Con las dimensiones del depósito halladas, se puede calcular el factor de uso del volumen acumulado, que es un factor que mide cuán por debajo se encuentra la temperatura del agua del depósito de la temperatura idónea fijada, en este caso, de 34 °C.

$$F_{Uso \text{ Acum}} = 0,63 + 0,14 * \frac{H}{D} = 0,63 + 0,14 * \frac{2000}{1200} = 86,33 \%$$

Una vez se tiene este valor, se puede calcular la potencia que realmente es necesario instalar, que vendrá definida por la siguiente fórmula:

$$P = \left(Q_{punta} * (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{acumulación} * (T_{acumulación} - T_{AFCH}) * F_{Uso \text{ Acum}} \right) * 1,16 / \eta_{produc}$$

Dónde:

- Q_{punta} es el consumo máximo de punta, valor que se ha considerado igual a 2100 litros.
- T_{ACS} es la temperatura de distribución del agua caliente sanitaria.
- T_{AFCH} es la temperatura de agua de red.
- $V_{acumulación}$ es el volumen total del depósito.
- $T_{acumulación}$ es la temperatura de acumulación, que será igual a 70 °C debido a normativas de prevención.
- $F_{Uso \text{ Acum}}$ es el factor de uso del volumen acumulado.
- η_{produc} es el rendimiento del sistema de producción de agua caliente sanitaria, en el que se tienen en cuenta pérdidas.

$$P = \left((2100 * (60 - 15) - 2262 * (70 - 15) * 0,8633) * 1,16 / 0,8 \right) = 78926,54 \text{ W}$$

Con el valor obtenido de potencia se estima a continuación, el número de horas necesarias para recuperar la temperatura del depósito en condiciones normales.

$$Tiempo = \frac{V_{acumulación} * (T_{acumulación} - T_{AFCH}) * 1,16}{P * \eta_{produc}}$$

Para esta fórmula, ya se cuenta con todos los datos necesarios, así como de donde proviene cada uno de ellos, por lo que se procede a su cálculo.

$$Tiempo = \frac{2262 * (70 - 15) * 1,16}{78926,54 * 0,8} = 2,29 \text{ horas}$$

Por los valores obtenidos se considera razonable una acumulación del 50% dentro del depósito, lo que hace que la potencia necesaria para calentar el agua de la caldera no sea muy alta, ayudando además al sistema entero en momentos de pico de demanda.

12.4.- Contribución solar

Una vez se ha hallado el valor de la demanda de agua caliente sanitaria a una temperatura de 60 °C, se puede calcular la contribución solar mínima anual exigida por el código técnico de la edificación (CTE). La contribución solar mínima anual es la fracción de la demanda energética anual que es cubierta por energía solar, por lo que este valor dependerá del emplazamiento de la instalación y, por tanto, de su zona climática.

A continuación, se adjunta una imagen con las zonas climáticas existentes en toda España.

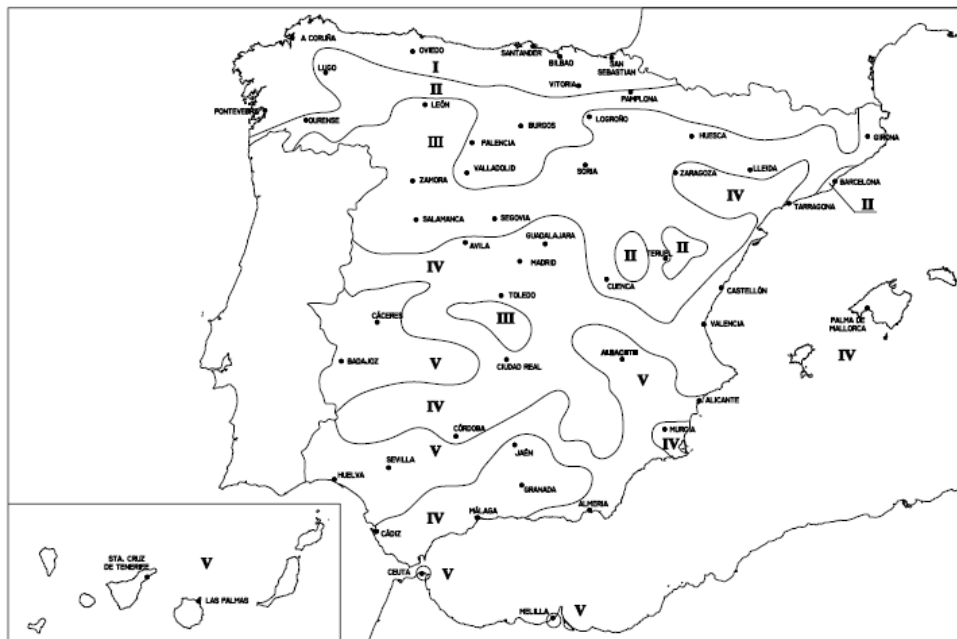


Ilustración 40.- Zonas climáticas existentes en España

Como se puede observar en la imagen, la zona climática correspondiente a las Islas Canarias es la V.

La zona climática va del rango de I a V, en las que, para una misma demanda total de agua caliente sanitaria la contribución solar mínima es diferente. Para la zona climática I la contribución solar en % es la menor, y va subiendo cuanto mayor es el número de la zona climática, siendo por tanto la correspondiente a las Islas Canarias la mayor posible, como se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

| Demanda total de ACS del edificio (l/d) | Zona climática | | | | |
|---|----------------|----|-----|----|----|
| | I | II | III | IV | V |
| 50-5.000 | 30 | 30 | 50 | 60 | 70 |
| 5.000-6.000 | 30 | 30 | 55 | 65 | 70 |
| 6.000-7.000 | 30 | 35 | 61 | 70 | 70 |
| 7.000-8.000 | 30 | 45 | 63 | 70 | 70 |
| 8.000-9.000 | 30 | 52 | 65 | 70 | 70 |
| 9.000-10.000 | 30 | 55 | 70 | 70 | 70 |
| 10.000-12.500 | 30 | 65 | 70 | 70 | 70 |
| 12.500-15.000 | 30 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 15.000-17.500 | 35 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 17.500-20.000 | 45 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| > 20.000 | 52 | 70 | 70 | 70 | 70 |

Ilustración 41.- Contribución mínima según la zona climática

Para la zona climática V siempre será necesaria una contribución solar del 70 %, independientemente de la demanda total de agua caliente sanitaria que necesite la instalación.

Para la piscina cubierta, sucederá exactamente lo mismo, donde el valor correspondiente a la zona climática V vuelve a ser el mismo.

Tabla 2.3. Contribución solar mínima en %. Caso Climatización de piscinas

| | Zona climática | | | | |
|--------------------|----------------|----|-----|----|----|
| | I | II | III | IV | V |
| Piscinas cubiertas | 30 | 30 | 50 | 60 | 70 |

Ilustración 42.- Contribución solar mínima para piscinas cubiertas

Como se puede observar, para la zona climática V siempre será necesaria una contribución solar mínima del 70 %.

12.4.1- Área total captadores solares

Para que los captadores solares sean capaces de generar el mínimo exigido del 70 % de la contribución de agua caliente sanitaria en las Islas Canarias, es necesario que tengan un área determinada. Para ello, el área total deberá tener un valor de manera que cumpla con la siguiente condición.

$$50 < V/A < 180$$

Dónde:

- A es la suma de todas las áreas de los captadores solares en m².
- V es el volumen de la acumulación solar en litros.

12.4.2- Pérdidas

Como ya se comentó con anterioridad, al igual que en el caso de los paneles solares fotovoltaicos, los paneles solares térmicos tienen pérdidas debidas a la orientación, inclinación y sombras.

Todas estas pérdidas nombradas deben ser inferiores a las que se mostrarán a continuación, valores provenientes del código técnico de la edificación.

Tabla 15.- Pérdidas máximas de los captadores solares

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

Por tanto, el porcentaje de pérdidas real proveniente de la orientación e inclinación, las sombras y el total, debe ser menor a cada uno de los porcentajes que se muestran en la tabla.

12.4.3- Ángulo dispuesto para los captadores térmicos

Para poder hallar el ángulo óptimo que deben tener los captadores térmicos, el código técnico de la edificación fija unos valores máximos y mínimos de inclinación, que junto con los valores del ángulo de azimut y de la latitud del emplazamiento permiten fijar el ángulo idóneo para cada localización dentro de España.

El ángulo de azimut, que es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal que forma el punto cardinal Norte y el meridiano, será de 10° debido al hecho de que la explanada en la que se encontrarán los captadores será plana y orientada hacia el norte.

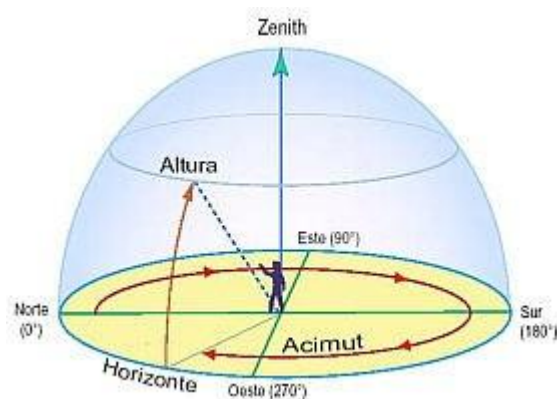


Ilustración 43.- Ángulo de azimut y latitud

Además, los límites de inclinación máximos y mínimos con el ángulo de azimut de 10° y con una latitud de 80° será de 60° para la inclinación máxima y de 7° para la inclinación mínima. Mediante estos valores y con el valor de la latitud en el emplazamiento, que será igual a $27,55^\circ$,

se podrán hallar tanto el valor máximo como el valor mínimo de inclinación para la latitud del emplazamiento.

$$\text{Inclinación máx} = 60^\circ - (41^\circ - 27,55^\circ) = 46,55^\circ$$

$$\text{Inclinación mín} = 7^\circ - (41^\circ - 27,55^\circ) = -6,45^\circ$$

Con los valores de inclinación máxima e inclinación mínima ya calculados, se puede proceder a la elección del ángulo de inclinación de los captadores solares. Se ha elegido una inclinación final de 45° ya que, aunque se encuentra muy cercano al valor de la inclinación máxima, 45° es una inclinación estándar a la hora de hacer uso de paneles solares.

12.4.4- Parámetros meteorológicos y de radiación

Los parámetros meteorológicos de la isla de Gran Canaria y que por tanto se utilizarán para realizar los próximos cálculos se muestran en la siguiente tabla, junto con los valores de radiación solar en la localización del complejo deportivo:

Tabla 16.- Temperaturas y radiación solar

| MES | TEMP. AMBIENTE (°C) | TEMP. AGUA DE RED (°C) | RADIACIÓN SOLAR (kWh/m ²) |
|--------------|---------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Enero | 17,8 | 15 | 5,07 |
| Febrero | 18,0 | 15 | 5,60 |
| Marzo | 18,8 | 16 | 6,10 |
| Abril | 19,2 | 16 | 6,03 |
| Mayo | 20,2 | 17 | 6,01 |
| Junio | 21,9 | 18 | 5,87 |
| Julio | 23,3 | 19 | 6,07 |
| Agosto | 24,3 | 19 | 6,23 |
| Septiembre | 24,2 | 19 | 6,35 |
| Octubre | 23,1 | 18 | 5,78 |
| Noviembre | 21,2 | 17 | 5,21 |
| Diciembre | 19,2 | 16 | 4,87 |
| MEDIA | 20,93 | 17,08 | 5,77 |

12.5.- Cálculo del número de captadores solares para el agua caliente sanitaria

Según lo que se ha podido demostrar mediante el código técnico en apartados anteriores, debido a las condiciones y ubicación del complejo deportivo motivo de estudio, el aporte solar mínimo debe ser del 70 % de la demanda energética total.

Para que esa misión sea alcanzable, la energía obtenida por los captadores se almacenará en el acumulador de agua caliente, que se encontrará a un 50 % de su capacidad máxima.

Por otro lado, se podría hacer un cálculo de la ocupación según el mes del año, pero con el fin de estar por el lado de la seguridad y que en ningún caso la demanda sea mayor que la producción, se va a asumir un 100 % de la ocupación durante todo el año, siendo la ocupación máxima de 60 personas.

Tabla 17.- Ocupación del complejo deportivo

| MES | OCUPACIÓN (%) |
|--------------|---------------|
| Enero | 100 |
| Febrero | 100 |
| Marzo | 100 |
| Abril | 100 |
| Mayo | 100 |
| Junio | 100 |
| Julio | 100 |
| Agosto | 100 |
| Septiembre | 100 |
| Octubre | 100 |
| Noviembre | 100 |
| Diciembre | 100 |
| MEDIA | 100 |

Por tanto, haciendo referencia a cálculos realizados con anterioridad, se muestra la cifra de la energía demandada en un año para una temperatura del agua de 60°C:

$$E_{60^{\circ}\text{C}} = D_{60^{\circ}\text{C}} * (60 - T_{AFCH}) * 1,16 = 8400 * (60 - 17,08) * 1,16 = 418212,48 \text{ Wh/día}$$

$$E_{60^{\circ}\text{C}} = 438,48 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 152647,56 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Por tanto, teniendo en cuenta que se aspira a cubrir el 100 % de la demanda mediante los captadores solares, éstos deberán aportar un mínimo de potencia de 152647,56 kWh/año.

12.5.1- Características del captador solar

Los captadores solares térmicos que se van a utilizar para la realización de este proyecto son de Termicol, un fabricante nacional, referente y especializado en energía solar térmica

Dentro de todos los posibles captadores solares a elegir dentro del grupo Termicol, se ha elegido el captador solar T20PS¹⁴.

El número de captadores solares que estarán dispuestos para esta instalación se calculará teniendo en todo momento en cuenta la potencia que deben ser capaces de aportar.

En cuanto a la disposición, y, por tanto, distancia a la que se encontrarán cada uno de los captadores solares, se calculará de manera que el rendimiento de los módulos sea el mayor

¹⁴ <https://www.termicol.es/uploads/files/entrada-547309b058d12-1.pdf>

posible. Esto quiere decir que se intentará que los captadores solares no creen sombras a otros que se encuentren a una distancia cercana.

A continuación, se adjuntan las características de los captadores solares, así como los parámetros que más influyen en el comportamiento de este.

Tabla 18.- Propiedades del captador solar

| MODELO | Termicol T20PS | Unidades |
|----------------------------|----------------|--------------------|
| Superficie del captador | 2,02 | m ² |
| Largo | 2,31 | m |
| Ancho | 0,97 | m |
| Fondo | 0,083 | m |
| Área de absorción bruta | 2 | m ² |
| Área de absorción neta | 1,9 | m ² |
| Capacidad | 1,02 | l |
| Caudal de diseño | 50,01 | l/h |
| Factor óptico | 0,774 | - |
| Factor lineal pérdidas | 6,8 | W/m ² K |
| Factor cuadrático pérdidas | 0,007 | W/m ² K |

12.5.2- Cálculo de las cargas caloríficas para la producción de agua caliente sanitaria

Mediante las cargas caloríficas, se puede hallar la cantidad de calor que es necesario para calentar el agua que está destinada al consumo, en este caso relacionado con las duchas y los lavabos.

Para ello, se hace uso de la siguiente expresión, en la que se tiene en cuenta el calor para un horizonte de un mes.

$$Q_a = C_e * C * N * (t_{ac} - t_r)$$

Dónde:

- Q_a es la carga calorífica necesaria para la producción de agua caliente sanitaria
- C_e es el calor específico del líquido, en este caso, del agua
- C es el consumo diario de agua caliente sanitaria
- N es el número de días del mes

- t_{ac} es la temperatura del agua situada en el depósito de acumulación
- t_r es la temperatura del agua de red

Debido a que este cálculo se debe realizar para todos los meses del año, se mostrará una tabla con los valores de cada uno de los elementos que componen la fórmula, de manera que además se vea el cambio existente entre los distintos meses del año.

Tabla 19.- Cargas caloríficas mensuales

| MES | C_e (J/kg°C) | C (l/día) | N (días) | t_{ac} (°C) | t_r (°C) | Q_a (kJ/mes) |
|--------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-------------------|
| Enero | 4,187 | 8400 | 31 | 60 | 15 | 49.063.266 |
| Febrero | 4,187 | 8400 | 28 | 60 | 15 | 44.315.208 |
| Marzo | 4,187 | 8400 | 31 | 60 | 16 | 47.972.971 |
| Abril | 4,187 | 8400 | 30 | 60 | 16 | 46.425.456 |
| Mayo | 4,187 | 8400 | 31 | 60 | 17 | 46.882.676 |
| Junio | 4,187 | 8400 | 30 | 60 | 18 | 44.315.208 |
| Julio | 4,187 | 8400 | 31 | 60 | 19 | 44.702.087 |
| Agosto | 4,187 | 8400 | 31 | 60 | 19 | 44.702.087 |
| Septiembre | 4,187 | 8400 | 30 | 60 | 19 | 43.260.084 |
| Octubre | 4,187 | 8400 | 31 | 60 | 18 | 45.792.382 |
| Noviembre | 4,187 | 8400 | 30 | 60 | 17 | 45.370.332 |
| Diciembre | 4,187 | 8400 | 31 | 60 | 16 | 47.972.971 |
| MEDIA | 4,187 | 8400 | 30,42 | 60 | 17,08 | 45.897.894 |

12.5.3- Cálculo de la radiación solar incidente en la superficie del captador

Para realizar los cálculos referentes a la radiación solar es necesario hacer uso de los archivos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), donde en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura¹⁵, se puede obtener el valor del factor de corrección para la latitud a la que se encuentra el complejo deportivo.

15

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_a3c5aa42.pdf

LATITUD = 28°

| Incli. | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,01 | 1 | 1 | 1 | 1,02 | 1,03 | 1,05 | 1,06 | 1,06 |
| 10 | 1,1 | 1,08 | 1,05 | 1,02 | 1 | 0,99 | 1 | 1,02 | 1,06 | 1,1 | 1,12 | 1,12 |
| 15 | 1,14 | 1,11 | 1,07 | 1,02 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 1,03 | 1,08 | 1,13 | 1,17 | 1,17 |
| 20 | 1,17 | 1,13 | 1,08 | 1,02 | 0,97 | 0,95 | 0,97 | 1,02 | 1,09 | 1,16 | 1,21 | 1,21 |
| 25 | 1,2 | 1,15 | 1,08 | 1 | 0,95 | 0,93 | 0,95 | 1,01 | 1,09 | 1,19 | 1,25 | 1,24 |
| 30 | 1,22 | 1,15 | 1,07 | 0,98 | 0,92 | 0,89 | 0,92 | 0,99 | 1,09 | 1,2 | 1,27 | 1,27 |
| 35 | 1,23 | 1,16 | 1,06 | 0,96 | 0,88 | 0,85 | 0,88 | 0,96 | 1,08 | 1,21 | 1,29 | 1,29 |
| 40 | 1,24 | 1,15 | 1,04 | 0,92 | 0,84 | 0,8 | 0,84 | 0,93 | 1,06 | 1,21 | 1,3 | 1,3 |
| 45 | 1,23 | 1,14 | 1,01 | 0,89 | 0,79 | 0,75 | 0,79 | 0,89 | 1,04 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| 50 | 1,22 | 1,12 | 0,98 | 0,84 | 0,73 | 0,69 | 0,73 | 0,84 | 1 | 1,18 | 1,3 | 1,3 |
| 55 | 1,2 | 1,09 | 0,94 | 0,79 | 0,68 | 0,63 | 0,67 | 0,79 | 0,96 | 1,15 | 1,28 | 1,28 |
| 60 | 1,18 | 1,05 | 0,9 | 0,73 | 0,61 | 0,57 | 0,61 | 0,73 | 0,92 | 1,12 | 1,26 | 1,26 |
| 65 | 1,14 | 1,01 | 0,85 | 0,67 | 0,55 | 0,5 | 0,54 | 0,67 | 0,86 | 1,08 | 1,22 | 1,23 |
| 70 | 1,1 | 0,97 | 0,79 | 0,61 | 0,48 | 0,42 | 0,47 | 0,6 | 0,81 | 1,03 | 1,18 | 1,19 |
| 75 | 1,06 | 0,91 | 0,73 | 0,54 | 0,4 | 0,35 | 0,39 | 0,53 | 0,74 | 0,97 | 1,14 | 1,15 |
| 80 | 1 | 0,86 | 0,66 | 0,47 | 0,33 | 0,27 | 0,32 | 0,46 | 0,67 | 0,91 | 1,08 | 1,1 |
| 85 | 0,94 | 0,79 | 0,59 | 0,39 | 0,25 | 0,19 | 0,24 | 0,38 | 0,6 | 0,84 | 1,02 | 1,04 |
| 90 | 0,88 | 0,72 | 0,52 | 0,32 | 0,17 | 0,11 | 0,16 | 0,31 | 0,53 | 0,77 | 0,95 | 0,98 |

Ilustración 44.- Radiación solar para la latitud correspondiente al emplazamiento

Además, también se ha hecho uso del Atlas de Radiación solar para obtener la irradiancia en el emplazamiento elegido.

A continuación, se mostrará nuevamente una tabla con todos los valores que hacen falta para obtener el número de captadores solares necesarios para la instalación.

Tabla 20.- Radiación mensual horizontal e inclinada

| MES | N (días) | Radiación horizontal (kWh/m ²) | Factor de corrección | Radiación inclinada (kWh/m ²) | Radiación horizontal (kWh/m ² mes) | Radiación inclinada (kWh/m ² mes) |
|--------------|--------------|--|----------------------|---|---|--|
| Enero | 31 | 5,07 | 1,23 | 6,24 | 157,17 | 193,32 |
| Febrero | 28 | 5,60 | 1,14 | 6,38 | 156,80 | 178,75 |
| Marzo | 31 | 6,10 | 1,01 | 6,16 | 189,10 | 190,99 |
| Abril | 30 | 6,03 | 0,89 | 5,37 | 180,90 | 161,00 |
| Mayo | 31 | 6,01 | 0,79 | 4,75 | 186,31 | 147,18 |
| Junio | 30 | 5,87 | 0,75 | 4,40 | 176,10 | 132,08 |
| Julio | 31 | 6,07 | 0,79 | 4,80 | 188,17 | 148,65 |
| Agosto | 31 | 6,23 | 0,89 | 5,54 | 193,13 | 171,89 |
| Septiembre | 30 | 6,35 | 1,04 | 6,60 | 190,50 | 198,12 |
| Octubre | 31 | 5,78 | 1,2 | 6,94 | 179,18 | 215,02 |
| Noviembre | 30 | 5,21 | 1,3 | 6,77 | 156,30 | 203,19 |
| Diciembre | 31 | 4,87 | 1,3 | 6,33 | 150,97 | 196,26 |
| MEDIA | 30,42 | 5,77 | 1,03 | 5,92 | 175,38 | 180,20 |
| TOTAL | - | 69,19 | - | 70,28 | 2104,63 | 2136,45 |

12.5.4- Método de cálculo recomendado: F-Chart

Para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas, se considera el método F-Chart como el óptimo. Entre otras cosas permite realizar el cálculo de la contribución a la aportación total de calor necesario para cubrir las cargas térmicas, que para el caso de esta instalación teniendo en cuenta la zona climática, deberá ser del 70 %.

Además, también permite calcular el rendimiento que van a tener el conjunto de colectores solares en un periodo largo de tiempo como el que se espera para esta instalación.

Para el método F-Chart se tiene que seguir las siguientes pautas:

- Cálculo del parámetro D_1
- Cálculo del parámetro D_2
- Determinar valor mediante la gráfica f

A continuación, se irán explicando los pasos a seguir para cumplir con lo requerido por el método F-Chart.

Cálculo del parámetro D_1

Como se mostrará a continuación en la fórmula, el parámetro D_1 relaciona la energía absorbida por la placa del captador plano con la energía calorífica mensual.

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

Para el cálculo del parámetro D_1 primero es necesario hallar la incógnita de la energía absorbida por el captador, incógnita que se obtiene de la siguiente fórmula:

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

Dónde:

- E_a es la energía absorbida por el captador plano
- S_c es la superficie del captador
- $F_t'(\tau\alpha)$ es un factor adimensional
- R_1 es la radiación diaria media mensual que incide sobre la superficie
- N es, nuevamente, el número de días del mes

Una vez sabido lo que significa cada término de la fórmula, es necesario hacer uso de una fórmula más para calcular el factor adimensional:

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

Dónde:

- $F_t'(\tau\alpha)_n$ es un factor de eficiencia óptica del captador, valor que se obtiene del catálogo del captador solar
- $\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$ es el modificador del ángulo de incidencia. Se toma un valor de 0,96

- F_t'/F_t es el factor de corrección del captador junto con el intercambiador. Se toma un valor de 0,95

Por tanto, se saben todos los valores para calcular el factor adimensional:

$$F_t'(\tau\alpha) = 0,774 * [0,96] * (0,95) = 0,71$$

Con todas estas fórmulas y valores se puede hallar el parámetro D_1 . Se mostrará mediante la siguiente tabla:

Tabla 21.- Cálculo del parámetro D_1

| MES | $S_c (m^2)$ | $F_t'(\tau\alpha)$ | $R_1 (kJ/m^2)$ | $N (días)$ | $E_a (kJ/mes)$ | $Q_a (kJ/mes)$ | D_1 |
|--------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|---------------|
| Enero | 2,02 | 0,71 | 18251,85 | 31 | 811480,9 | 49.063.266 | 0,0165 |
| Febrero | 2,02 | 0,71 | 20159,84 | 28 | 809570,8 | 44.315.208 | 0,0183 |
| Marzo | 2,02 | 0,71 | 21959,82 | 31 | 976338,0 | 47.972.971 | 0,0204 |
| Abril | 2,02 | 0,71 | 21707,83 | 30 | 934001,1 | 46.425.456 | 0,0201 |
| Mayo | 2,02 | 0,71 | 21635,83 | 31 | 961933,3 | 46.882.676 | 0,0205 |
| Junio | 2,02 | 0,71 | 21131,83 | 30 | 909218,1 | 44.315.208 | 0,0205 |
| Julio | 2,02 | 0,71 | 21851,83 | 31 | 971536,7 | 44.702.087 | 0,0217 |
| Agosto | 2,02 | 0,71 | 22427,82 | 31 | 997145,4 | 44.702.087 | 0,0223 |
| Septiembre | 2,02 | 0,71 | 22859,82 | 30 | 983566,6 | 43.260.084 | 0,0227 |
| Octubre | 2,02 | 0,71 | 20807,83 | 31 | 925129,3 | 45.792.382 | 0,0202 |
| Noviembre | 2,02 | 0,71 | 18755,85 | 30 | 806989,2 | 45.370.332 | 0,0178 |
| Diciembre | 2,02 | 0,71 | 17531,86 | 31 | 779469,6 | 47.972.971 | 0,0162 |
| MEDIA | 2,02 | 0,71 | 20756,83 | 30,42 | 905530,8 | 45.897.894 | 0,0198 |

De esta manera, se ha obtenido el valor del parámetro D_1 para cada uno de los doce meses del año.

Cálculo del parámetro D_2 :

El parámetro D_2 relaciona las pérdidas de energía en el captador a una temperatura determinada con la energía calorífica mensual.

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

Para el cálculo del parámetro D_2 primero se debe calcular la incógnita de la energía perdida por el captador, ya que el valor mensual de la carga calorífica ya se ha obtenido con anterioridad.

El valor de la energía perdida por el captador se obtiene de la siguiente fórmula:

$$E_p = S_c * F_r' * U_L * (100 - t_a) * \Delta t * K_1 * K_2$$

Dónde:

- E_p es la energía perdida por el captador
- $F_r' * U_L = F_r * U_L * \left(\frac{F_r'}{F_r}\right)$ donde $F_r * U_L$ es la pendiente de la curva característica del captador, que se encuentra en el catálogo del captador solar

$$F_r * U_L = a_1 + 30 * a_2$$

siendo a_1 y a_2 coeficientes de la ecuación de eficiencia del captador

$$F_r * U_L = 3,9 + 30 * 0,007 = 4,11$$

$$F_r' * U_L = 4,11 * 0,95 = 3,9045$$

- t_a es la temperatura media mensual
- Δt es el período, que se toma en segundos
- K_1 es el factor de corrección proveniente del almacenamiento
- K_2 es el factor de corrección que se utiliza para agua caliente sanitaria, y que relaciona la temperatura mínima de ésta, la temperatura del agua de red y la temperatura media ambiente mensual. El factor de corrección se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$K_2 = 11,6 + 1,18 * t_{ac} + 3,86 * t_r - 2,32 * t_a / (100 - t_a)$$

Dónde:

- t_{ac} es la temperatura mínima del agua caliente sanitaria
- t_r es la temperatura del agua de red
- t_a es la temperatura media mensual

Por último, el coeficiente de corrección proveniente del almacenamiento K_1 se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$K_1 = \left[\frac{\text{kg acumulación}}{(75 * S_c)} \right]^{-0,25}$$

Donde se debe cumplir que:

$$37,5 < \frac{\text{kg acumulación}}{\text{m}^2 \text{captador}} < 300$$

Antes de cumplir con lo especificado en la condición anterior, también es necesario que se cumpla con la restricción impuesta por el código técnico, dónde:

$$50 < V/A < 180$$

Dónde:

- V es el volumen del depósito de acumulación solar
- A es el área del captador solar

Como ya se ha especificado con anterioridad, el área del captador solar es de $2,02 \text{ m}^2$, por lo que con ese valor ya se puede obtener un valor de volumen del depósito solar que se encuentre dentro del rango exigido:

$$50 < V/2,02 < 180$$

Para una relación elegida con valor de 100, el valor del volumen del depósito de acumulación solar será de 202 l.

Con este valor de volumen se cumple la primera restricción impuesta y por tanto se puede proceder a hallar el coeficiente de corrección debido al almacenamiento:

$$37,5 < 202/2,02 < 300$$

$$K_1 = \left[\frac{\text{kg acumulación}}{(75 * S_c)} \right]^{-0,25} = \left[\frac{202}{(75 * 2,02)} \right]^{-0,25} = 0,93$$

Con todas estas fórmulas y valores se puede hallar el parámetro D_2 . Se mostrará mediante la siguiente tabla:

Tabla 22.- Cálculo del parámetro D_2

| MES | $F_r * U_L$ | K_1 | K_2 | E_p (MJ) | Q_a (kJ/mes) | D_2 |
|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|-------------------|---------------|
| Enero | 3,9045 | 0,93 | 0,966 | 495,39 | 49.063.266 | 0,0101 |
| Febrero | 3,9045 | 0,93 | 0,973 | 497,77 | 44.315.208 | 0,0112 |
| Marzo | 3,9045 | 0,93 | 1,010 | 511,66 | 47.972.971 | 0,0107 |
| Abril | 3,9045 | 0,93 | 1,234 | 622,05 | 46.425.456 | 0,0134 |
| Mayo | 3,9045 | 0,93 | 1,352 | 673,10 | 46.882.676 | 0,0144 |
| Junio | 3,9045 | 0,93 | 1,589 | 774,24 | 44.315.208 | 0,0175 |
| Julio | 3,9045 | 0,93 | 1,673 | 800,56 | 44.702.087 | 0,0179 |
| Agosto | 3,9045 | 0,93 | 1,437 | 678,66 | 44.702.087 | 0,0152 |
| Septiembre | 3,9045 | 0,93 | 1,221 | 577,41 | 43.260.084 | 0,0133 |
| Octubre | 3,9045 | 0,93 | 1,076 | 516,23 | 45.792.382 | 0,0113 |
| Noviembre | 3,9045 | 0,93 | 0,997 | 490,14 | 45.370.332 | 0,0108 |
| Diciembre | 3,9045 | 0,93 | 0,953 | 480,40 | 47.972.971 | 0,0100 |
| MEDIA | 3,9045 | 0,93 | 1,207 | 593,13 | 45.897.894 | 0,0130 |

Gráfica f:

El cálculo de los parámetros D_1 y D_2 es un punto intermedio dentro del cálculo de f. Mediante este cálculo se obtiene la fracción de la carga calorífica mensual que es aportada por el sistema de captadores.

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

Tabla 23.- Cálculo del parámetro f

| MES | D_1 | D_2 | f |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Enero | 0,0139 | 0,0152 | 0,0163 |
| Febrero | 0,0153 | 0,0169 | 0,0180 |
| Marzo | 0,0170 | 0,0160 | 0,0201 |
| Abril | 0,0169 | 0,0201 | 0,0197 |
| Mayo | 0,0171 | 0,0214 | 0,0201 |
| Junio | 0,0170 | 0,0259 | 0,0199 |
| Julio | 0,0179 | 0,0265 | 0,0211 |
| Agosto | 0,0183 | 0,0224 | 0,0218 |
| Septiembre | 0,0187 | 0,0197 | 0,0224 |
| Octubre | 0,0167 | 0,0167 | 0,0200 |
| Noviembre | 0,0148 | 0,0161 | 0,0175 |
| Diciembre | 0,0136 | 0,0150 | 0,0160 |
| MEDIA | 0,0164 | 0,0193 | 0,0194 |

Este valor de f sería para un único captador solar. Obviamente, por las dimensiones de la instalación es imposible que cumpla con los requerimientos, por lo que la comprobación se hará con 46 captadores solares. En el caso de que con 46 captadores solares esté muy sobredimensionado se disminuirá el número de éstos, al igual que para el caso de que no se cumpla, se aumentará el número de ellos.

46 captadores:

Al aumentar el número de captadores solares, también aumentará el área de captación, por lo que habrá que rehacer algunos de los cálculos. A continuación, se muestran los más característicos:

$$50 < V/2,02 * 46 < 180$$

Para una relación elegida con valor de 100, el valor del volumen del depósito de acumulación solar será de 9292 l.

$$K_1 = \left[\frac{\text{kg acumulación}}{(75 * S_c)} \right]^{-0,25} = \left[\frac{9292}{(75 * 46 * 2,02)} \right]^{-0,25} = 0,931$$

Tabla 24.- Parámetro f para 46 captadores solares

| MES | D_1 | D_2 | f |
|---------|--------|--------|--------|
| Enero | 0,7608 | 0,4645 | 0,6207 |
| Febrero | 0,8403 | 0,5167 | 0,6714 |
| Marzo | 0,9362 | 0,4906 | 0,7348 |
| Abril | 0,9254 | 0,6164 | 0,7201 |
| Mayo | 0,9438 | 0,6604 | 0,7289 |
| Junio | 0,9438 | 0,8037 | 0,7199 |
| Julio | 0,9997 | 0,8238 | 0,7530 |
| Agosto | 1,0261 | 0,6984 | 0,7766 |

| | | | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Septiembre | 1,0459 | 0,6140 | 0,7936 |
| Octubre | 0,9293 | 0,5186 | 0,7287 |
| Noviembre | 0,8182 | 0,4969 | 0,6578 |
| Diciembre | 0,7474 | 0,4606 | 0,6116 |
| MEDIA | 0,9098 | 0,5970 | 0,7098 |

Haciendo el cálculo del valor de f , se consigue la fracción solar de cada uno de los meses del año. Como se puede observar, cumple con la normativa vigente, en la que se obliga a que la contribución solar media mediante los captadores solares supere el 70 % durante todos los meses del año. Con 46 captadores solares, se consigue cumplir la restricción.

Por tanto, la contribución solar equivale al valor de f , por lo que la energía útil captada por el captador solar se mostrará en la tabla a continuación:

Tabla 25.- Energía útil mensual aportada por los captadores solares

| MES | Q_a (kJ) | Contribución solar | Energía útil (kJ) |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Enero | 49.063.266 | 62,07 | 30.455.055 |
| Febrero | 44.315.208 | 67,14 | 29.751.378 |
| Marzo | 47.972.971 | 73,48 | 35.250.060 |
| Abril | 46.425.456 | 72,01 | 33.431.557 |
| Mayo | 46.882.676 | 72,89 | 34.171.881 |
| Junio | 44.315.208 | 71,99 | 31.903.571 |
| Julio | 44.702.087 | 75,30 | 33.661.593 |
| Agosto | 44.702.087 | 77,66 | 34.716.139 |
| Septiembre | 43.260.084 | 79,36 | 34.329.888 |
| Octubre | 45.792.382 | 72,87 | 33.369.330 |
| Noviembre | 45.370.332 | 65,78 | 29.845.713 |
| Diciembre | 47.972.971 | 61,16 | 29.422.237 |
| MEDIA | 45.897.894 | 70,98 | 32.519.033 |

12.6- Cálculo de la demanda energética para el mantenimiento de la temperatura de la piscina

Con el fin de que se pueda mantener la temperatura de los vasos siempre entre las consignas establecidas por el código técnico y así ser capaz de aumentar el ahorro energético lo máximo posible, es necesario conocer aquellas pérdidas de calor que incurren en un mayor gasto energético.

Las pérdidas de calor provienen principalmente de:

- Transmisión de calor del agua del vaso (Q_t)
- Radiación de calor por diferencias de temperatura (Q_r)
- Evaporación del agua del vaso (Q_e)
- Convección de calor entre agua y aire (Q_c)
- Renovación del agua del vaso (Q_{re})

12.6.1- Pérdidas por transmisión de calor

Para hallar estas pérdidas es necesario que se tenga en cuenta las características constructivas del vaso, así como del material empleado para hacer la piscina, que hará variar el calor del coeficiente de transmisión.

Normalmente, y no será menos en este caso, se emplean vasos de hormigón, utilizando la siguiente fórmula para hallar las pérdidas por transmisión:

$$Q_{trans} = C_T * S * (T_{ag} - T_{ext})$$

Dónde:

- C_T es el coeficiente de transmisión de los muros y la solería, con valor $1,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$
- S es la superficie del cerramiento del vaso
- T_{ag} es la temperatura del agua de la piscina
- T_{ext} es la temperatura exterior al cerramiento (complejo deportivo)

Sabiendo de donde provienen los elementos que componen la fórmula, se podrá calcular el valor final de las pérdidas por transmisión de calor.

Para ello, se tendrá en cuenta que al ser una piscina de entrenamiento pero que pueda cumplir la función de uso colectivo, se elegirá una temperatura para el agua de la piscina de 27 °C , temperatura que se encuentra en un rango en el cual se cubren las necesidades tanto de los nadadores más experimentados como de los no nadadores, consiguiendo así el máximo confort para todos los usuarios de la piscina.

En cuanto a la temperatura exterior al cerramiento, este dato se obtendrá de la temperatura media en la zona del emplazamiento, con valor de 22 °C .

$$Q_{trans} = 1,5 * 200 * (27 - 22) = 1500 \text{ W}$$

12.6.2- Pérdidas por radiación de calor

Para hallar las pérdidas que el vaso de la piscina sufre debido a la radiación de calor, se utilizará una fórmula que depende de la variación media de temperatura de los cerramientos y el agua, de la emisividad del agua y de la superficie de los vasos de la piscina.

Para el caso de piscinas cubiertas como el que se aborda en este proyecto, la temperatura de los cerramientos debe encontrarse ligeramente por debajo de la temperatura ambiente, existiendo por tanto también una diferencia relativamente baja con respecto a la temperatura del agua.

$$Q_r = S * \sigma * \varepsilon * (T_{ag}^4 - T_{ext}^4)$$

Dónde:

- S es la superficie
- σ es la constante de Stefan-Boltzman con valor de $5,67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

- ε es la emisividad de la superficie, en este caso del agua
- T_{ag} es la temperatura del agua de la piscina en °K
- T_{ext} es la temperatura de los cerramientos (complejo deportivo)

$$Q_r = 200 * 5,67 * 10^{-8} * 0,95 * (300^4 - 298^4) = 2303,80 W$$

12.6.3- Pérdidas por evaporación del agua de los vasos

Debido al proceso de evaporación del agua de las piscinas, se absorbe calor, lo que hace que se produzca un enfriamiento en aquellas partes de la piscina en las que el agua no se evapora. Todo esto lleva a una disminución de la temperatura media del vaso, lo que conlleva que, a mayor evaporación, mayores sean las pérdidas y, por tanto, mayores sean las necesidades de aportar energía para mantener la temperatura del vaso.

Para realizar todos los cálculos de las pérdidas provenientes de la evaporación se empleará la siguiente fórmula:

$$Q_e = S * ((16 + 133 * n) * (W_e - G_a * W_{as})) * C_v$$

Dónde:

- S es la superficie
- n es el número de nadadores por m² de piscina. Se suponen cuatro nadadores por calle, para una piscina de cuatro calles.
- W_e es la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua de valor 0,0227 en tablas (kg_{ag}/kg_a)
- G_a es la humedad relativa, en este caso, 65 %
- W_{as} es la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior de valor 0,02563 en tablas (kg_{ag}/kg_a)
- C_v es el calor latente de evaporación, valor que se obtiene a su vez mediante otra fórmula

$$C_v = (347 * (374,15 - T_{ag})^{1/3} - 2) * 1000 / 3600$$

$$= (347 * (374,15 - 27)^{1/3} - 2) * 1000 / 3600 = 676,9 Wh/kg$$

Una vez ya están definidos todos los valores, se puede proceder al cálculo de las pérdidas por evaporación.

$$Q_e = 200 * ((16 + 133 * 0,08) * (0,0227 - 0,65 * 0,02563)) * 676,9 = 21785,20 W$$

12.6.4- Pérdidas por convección de calor entre agua y aire

Las pérdidas por convección son aquellas que provienen de la diferencia de temperatura entre el agua de la piscina y el aire que la rodea. Este tipo de transferencia de calor es debida principalmente a dos razones, bien sea por la transferencia de energía por el movimiento macroscópico del fluido o por el movimiento aleatorio molecular. De cualquiera de las maneras,

lo que produce dicha transferencia de calor es el movimiento del agua en presencia de un gradiente de temperatura.

Una vez se ha comentado esto, hay que tener en cuenta que las pérdidas asociadas a la convección de calor entre agua y aire son prácticamente despreciables debido principalmente al hecho de que la diferencia de temperaturas en piscinas climatizadas es casi nula.

Aunque el valor que se obtendrá va a ser relativamente bajo, a continuación, se realizará el cálculo de las pérdidas por convección.

$$Q_c = h * (T_a - T_{ag}) * S$$

Dónde:

- h es el coeficiente de transferencia de calor por convección para condiciones de aire en poco movimiento, que se halla mediante la siguiente fórmula:

$$h = 0,6246 * (T_a - T_{ag})^{1/3}$$
$$h = 0,6246 * (29 - 27)^{\frac{1}{3}} = 0,42$$

- T_a es la temperatura del ambiente
- T_{ag} es la temperatura del agua de la piscina
- S es la superficie de la piscina

Una vez ya están definidos todos los valores de la fórmula de las pérdidas por convección, se puede calcular su valor.

$$Q_c = h * (T_a - T_{ag}) * S = 0,42 * (29 - 27) * 200 = 168 W$$

12.6.5- Renovación del agua de la piscina

Debido a razones sanitarias y de higiene, existe una normativa dentro del boletín oficial del estado¹⁶ que obliga a que diariamente se reponga un mínimo del 5% del volumen total del agua del vaso de la piscina. Este volumen de agua a renovar, teniendo en cuenta las dimensiones de la piscina, no es ni mucho menos despreciable.

$$V_{pisc} = 25 * 8 * 1,5 = 300 m^3$$

De los 300 m³ de agua total de la piscina, un 5 % de ella equivale a:

$$V_{renov} = 5\% * 300 = 15 m^3 = 15000 l$$

Se puede observar por tanto que el volumen de renovación de agua no es nada desdeñable, lo que produce unas pérdidas de calor importantes. Estas pérdidas provendrán principalmente de

¹⁶ <https://boe.es/boe/dias/2013/10/11/pdfs/BOE-A-2013-10580.pdf>

la diferencia entre la temperatura del agua que se debe introducir en la piscina y la temperatura objetivo que se pretende que alcance el agua de la piscina.

A continuación se muestra el cálculo de las pérdidas diarias provenientes de la renovación del agua de la piscina.

$$Q_{RE} = \frac{V_{RE} * \rho * C_p * (T_{ag} - T_{red})}{24}$$

Dónde:

- V_{RE} es el volumen de agua de renovación diaria
- ρ es la densidad del agua.
- C_p es el calor específico del agua
- T_{ag} es la temperatura del agua de la piscina
- T_{red} es la temperatura mínima del agua de red. Se utilizará la temperatura de red más baja que se vaya a haber en todo el año para tener en cuenta siempre el caso más desfavorable

Una vez ya están definidos todos los valores, se puede proceder al cálculo de las pérdidas por renovación.

$$Q_{RE} = \frac{V_{RE} * \rho * C_p * (T_{ag} - T_{red})}{24} = \frac{15 * 1000 * 1,16 * (27 - 8)}{24} = 13775 \text{ W}$$

Como ya se comentó con anterioridad, el cálculo realizado es con la temperatura mínima del agua de red en el mes más restrictivo con el fin de que todos los aparatos que deban aportar el calor para que la piscina vuelva a alcanzar su temperatura idónea sean capaces de asumir esa potencia.

Aun así, a continuación, se adjunta una tabla con los valores de las pérdidas por renovación según el mes del año, donde sólo variará la temperatura mínima del agua de red.

Tabla 26.- Pérdidas anuales procedentes de la renovación del agua

| Pérdida anual por renovación de agua | | |
|--------------------------------------|----------------|--------------|
| MES | T_{red} (°C) | Q_{RE} (W) |
| ENERO | 8 | 13775 |
| FEBRERO | 9 | 13050 |
| MARZO | 11 | 11600 |
| ABRIL | 12 | 10875 |
| MAYO | 14 | 9425 |
| JUNIO | 15 | 8700 |
| JULIO | 16 | 7975 |
| AGOSTO | 15 | 8700 |
| SEPTIEMBRE | 14 | 9425 |
| OCTUBRE | 12 | 10875 |

| | | |
|-----------|----|-------|
| NOVIEMBRE | 10 | 12325 |
| DICIEMBRE | 8 | 13775 |

12.6.6- Pérdidas energéticas totales

Por último, se muestra a modo resumen el valor total de todas las pérdidas calculadas anteriormente, lo que equivaldrá al resultado final de la potencia que va a ser necesario aportar por medio de los captadores solares térmicos.

Tabla 27.- Pérdidas energéticas totales

| Pérdidas energéticas totales | Piscina (200 m ³) |
|------------------------------|-------------------------------|
| Transmisión (W) | 1500 |
| Radiación (W) | 2303,80 |
| Evaporación (W) | 21785,20 |
| Convección (W) | 168 |
| Renovación (W) | 13775 |
| TOTAL (W) | 39532 |

Por tanto, como se puede observar en la tabla, se necesitará que los paneles solares térmicos sean capaces de aportar la energía necesaria para contrarrestar las pérdidas energéticas. Es por ello, que se necesitará un mínimo de 40 kW de potencia.

No obstante, hay que tener en cuenta que este valor será únicamente procedente de las pérdidas comentadas con anterioridad. También es necesario incluir dentro de la potencia a aportar por parte de los paneles solares térmicos la producción de agua caliente sanitaria.

Por último, se muestra un gráfico en el que se va a poder observar de una manera más clara la distribución que siguen los diferentes tipos de pérdidas existentes.

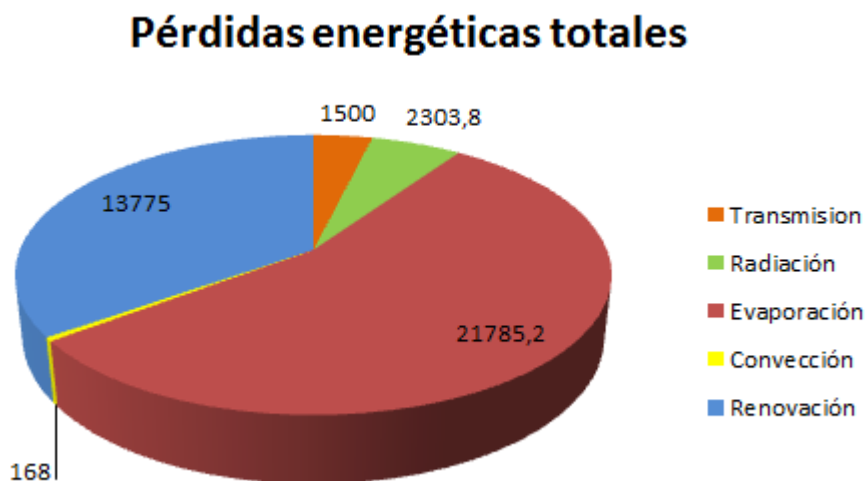


Ilustración 45.- Desglose de las pérdidas energéticas

12.7.- Cálculo del número de captadores solares para la climatización de la piscina

Al igual que para el agua caliente sanitaria, debido a las condiciones y ubicación del complejo deportivo motivo de estudio, el aporte solar mínimo para la climatización de la piscina debe ser del 70 % de la demanda energética total.

Para este apartado, los cálculos se realizarán en MJ, por lo que en la siguiente tabla se mostrará la conversión con el valor mensual de pérdidas, valor que se deberá aportar en un 70% mediante los captadores solares.

Tabla 28.- Pérdidas mensuales en MJ

| PÉRDIDAS | | | | | | |
|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|
| MES | Transmisión (W) | Radiación (W) | Evaporación (W) | Convección (W) | Renovación (W) | Total Mes (MJ) |
| Enero | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 13775 | 54083,10 |
| Febrero | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 13050 | 48872,64 |
| Marzo | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 11600 | 52154,40 |
| Abril | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 10875 | 49569,72 |
| Mayo | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 9425 | 49220,78 |
| Junio | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 8700 | 46686,19 |
| Julio | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 7975 | 47263,74 |
| Agosto | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 8700 | 48289,80 |
| Septiembre | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 9425 | 49315,86 |
| Octubre | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 10875 | 51222,04 |
| Noviembre | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 12325 | 51460,42 |
| Diciembre | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 13775 | 55085,99 |
| MEDIA | 1500 | 2303,8 | 21785,2 | -168 | 10875 | 50268,72 |
| TOTAL | 18000 | 27645,6 | 261422,4 | -2016 | 130500 | 603224,68 |

12.5.1- Cálculo de la radiación global y en el plano inclinado

Para realizar los cálculos referentes a la radiación solar es necesario hacer uso del atlas de radiación, donde se muestran los valores de irradiancia global, directa y difusa en todas las provincias de España.

A continuación, se mostrará nuevamente una tabla con todos los valores requeridos para poder llegar al número de captadores solares necesarios para satisfacer la demanda de la instalación.

Tabla 29.- Radiación global y con inclinación

| MES | N (días) | Radiación global (MJ/m ² día) | Factor de corrección | Radiación inclinado (MJ/ m ² día) |
|---------|----------|--|----------------------|--|
| Enero | 31 | 12,60 | 1,23 | 15,50 |
| Febrero | 28 | 14,90 | 1,14 | 16,99 |
| Marzo | 31 | 18,11 | 1,01 | 18,29 |
| Abril | 30 | 21,42 | 0,89 | 19,06 |

| | | | | |
|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|
| Mayo | 31 | 23,41 | 0,79 | 18,49 |
| Junio | 30 | 22,39 | 0,75 | 16,79 |
| Julio | 31 | 21,82 | 0,79 | 17,24 |
| Agosto | 31 | 21,78 | 0,89 | 19,38 |
| Septiembre | 30 | 20,30 | 1,04 | 21,11 |
| Octubre | 31 | 16,92 | 1,2 | 20,30 |
| Noviembre | 30 | 13,36 | 1,3 | 17,37 |
| Diciembre | 31 | 11,66 | 1,3 | 15,16 |
| MEDIA | 30,42 | 18,22 | 1,03 | 17,97 |
| TOTAL | - | 218,67 | - | 215,69 |

Con estos valores calculados, se puede aplicar nuevamente el método F-Chart. Como ya se explicó paso por paso como realizar el cálculo para el agua caliente sanitaria, a continuación se mostrará únicamente la tabla final con los valores de los parámetros D_1 , D_2 y f .

Gráfica f:

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

Tabla 30.- Obtención de los parámetros D_1 , D_2 y f

| MES | D_1 | D_2 | f |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Enero | 0,0127 | 0,0092 | 0,0125 |
| Febrero | 0,0139 | 0,0102 | 0,0137 |
| Marzo | 0,0156 | 0,0098 | 0,0153 |
| Abril | 0,0165 | 0,0125 | 0,0161 |
| Mayo | 0,0167 | 0,0137 | 0,0162 |
| Junio | 0,0155 | 0,0166 | 0,0148 |
| Julio | 0,0162 | 0,0169 | 0,0155 |
| Agosto | 0,0178 | 0,0141 | 0,0174 |
| Septiembre | 0,0184 | 0,0117 | 0,0181 |
| Octubre | 0,0176 | 0,0101 | 0,0174 |
| Noviembre | 0,0145 | 0,0095 | 0,0143 |
| Diciembre | 0,0122 | 0,0087 | 0,0120 |
| MEDIA | 0,0157 | 0,0119 | 0,0153 |

Este valor de f sería para un único captador solar.

Obviamente, por las dimensiones de la instalación es imposible que cumpla, por lo que la comprobación se hará con 58 captadores solares.

58 captadores:

Al aumentar el número de captadores solares, también aumentará el área de captación, por lo que habrá que rehacer algunos de los cálculos. A continuación, al igual que se hizo para el agua caliente sanitaria, se muestran los más característicos:

$$50 < V / 2,02 * 58 < 180$$

Para una relación elegida con valor de 100, el valor del volumen del depósito de acumulación solar será de 11716 l.

$$K_1 = \left[\frac{\text{kg acumulación}}{(75 * S_c)} \right]^{-0,25} = \left[\frac{11716}{(75 * 58 * 2,02)} \right]^{-0,25} = 0,931$$

Tabla 31.- Valor del parámetro f para 58 captadores solares

| MES | D ₁ | D ₂ | f |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| Enero | 0,7390 | 0,5113 | 0,6013 |
| Febrero | 0,8097 | 0,5907 | 0,6462 |
| Marzo | 0,9043 | 0,5690 | 0,7097 |
| Abril | 0,9595 | 0,7278 | 0,7344 |
| Mayo | 0,9687 | 0,7932 | 0,7360 |
| Junio | 0,8975 | 0,9619 | 0,6808 |
| Julio | 0,9406 | 0,9824 | 0,7069 |
| Agosto | 1,0349 | 0,8151 | 0,7746 |
| Septiembre | 1,0682 | 0,6791 | 0,8025 |
| Octubre | 1,0220 | 0,5845 | 0,7813 |
| Noviembre | 0,8423 | 0,5524 | 0,6704 |
| Diciembre | 0,7097 | 0,5058 | 0,5821 |
| MEDIA | 0,9080 | 0,6911 | 0,7022 |

Una vez se ha obtenido la contribución solar mensual, se observa cómo la media supera el 70 % impuesto por la restricción del código técnico. Por tanto, la instalación de la piscina es óptima con el número de captadores solares escogidos.

Como se puede observar, la contribución solar equivale al valor de f, por lo que la energía útil captada por el captador solar se mostrará en la tabla a continuación:

Tabla 32.- Energía útil proporcionada por los captadores solares

| MES | Q _a (kJ) | Contribución solar (%) | Energía útil (kJ) |
|--------------|---------------------|------------------------|-------------------|
| Enero | 54.083.100 | 60,13 | 32.520.914 |
| Febrero | 48.872.640 | 64,62 | 31.581.437 |
| Marzo | 52.154.400 | 70,97 | 37.013.112 |
| Abril | 49.569.720 | 73,44 | 36.405.602 |
| Mayo | 49.220.780 | 73,60 | 36.226.888 |
| Junio | 46.686.190 | 68,08 | 31.786.204 |
| Julio | 47.263.740 | 70,69 | 33.410.561 |
| Agosto | 48.289.800 | 77,46 | 37.403.104 |
| Septiembre | 49.315.860 | 80,25 | 39.557.291 |
| Octubre | 51.222.040 | 78,13 | 40.019.412 |
| Noviembre | 51.460.420 | 67,04 | 34.500.103 |
| Diciembre | 55.085.990 | 58,21 | 32.067.139 |
| MEDIA | 50.268.723 | 70,22 | 35.209.314 |

13- Producción final de térmica

Para la producción térmica, proveniente de los captadores solares, hay que tener en cuenta el número de captadores solares con los que cuenta la instalación, así como de la energía útil que éstos proporcionan.

La instalación térmica de agua caliente sanitaria consta de 46 captadores solares, por los 58 captadores que son necesarios para cumplir con las exigencias provenientes del calentamiento de la piscina.

Teniendo en cuenta la superficie de los captadores solares, el total de 104 captadores solares T20PS constituye una superficie ocupada de 210,08 m², con una contribución anual del 70,60%.

Por último, y con el valor de la energía media útil, se puede obtener cuánta energía se ahorra mensualmente gracias al uso de los captadores solares.

En la siguiente tabla, se mostrará el ahorro que supone el uso de captadores solares para producir la potencia demandada por el complejo deportivo.

Tabla 33.- Potencia que aporta la instalación solar térmica

| Mes | Nº días | Potencia aportada por 1 único captador (kWh) | Potencia aportada por los 104 captadores (kWh) |
|--------------|------------|--|--|
| Enero | 31 | 168,21 | 17493,32 |
| Febrero | 28 | 163,82 | 17036,89 |
| Marzo | 31 | 193,01 | 20073,10 |
| Abril | 30 | 186,53 | 19399,21 |
| Mayo | 31 | 188,03 | 19555,21 |
| Junio | 30 | 170,11 | 17691,60 |
| Julio | 31 | 179,15 | 18631,15 |
| Agosto | 31 | 192,63 | 20033,12 |
| Septiembre | 30 | 197,40 | 20529,77 |
| Octubre | 31 | 196,02 | 20385,76 |
| Noviembre | 30 | 171,86 | 17873,84 |
| Diciembre | 31 | 164,02 | 17058,16 |
| Total | 365 | 180,90 | 18813,43 |

Mediante el valor mensual de la potencia aportada por cada uno de los captadores, y conociendo el costo proveniente del kWh, se puede obtener el precio, es decir, el ahorro que conlleva la producción de los captadores solares:

Para hallar este valor, únicamente son necesarios el valor de producción mensual, que se ha obtenido tanto para un captador como para todos los de la instalación, y el precio del kWh. Se escogerá un valor de 0,06 €/kWh, teniendo en cuenta además que el precio está subiendo continuamente.

Sabiendo ya el valor de ambas variables, se puede hallar el valor en euros de la producción de los paneles solares. En la siguiente tabla se mostrará el ahorro mensual proveniente del uso de un único captador solar, así como con el uso de los 104 captadores solares.

Tabla 34.- Ahorro mensual por el uso de los captadores solares

| Mes | Precio kWh (€/kWh) | Ahorro 1 único captador (€) | Ahorro 104 captadores (€) |
|--------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Enero | 0,06 | 10,09 | 1049,60 |
| Febrero | 0,06 | 9,83 | 1022,21 |
| Marzo | 0,06 | 11,58 | 1204,39 |
| Abril | 0,06 | 11,19 | 1163,95 |
| Mayo | 0,06 | 11,28 | 1173,31 |
| Junio | 0,06 | 10,21 | 1061,50 |
| Julio | 0,06 | 10,75 | 1117,87 |
| Agosto | 0,06 | 11,56 | 1201,99 |
| Septiembre | 0,06 | 11,84 | 1231,79 |
| Octubre | 0,06 | 11,76 | 1223,15 |
| Noviembre | 0,06 | 10,31 | 1072,43 |
| Diciembre | 0,06 | 9,94 | 1023,49 |
| Media | 0,06 | 10,854 | 1128,81 |
| Total | - | 130,25 | 13545,67 |

El valor correspondiente a la media, es decir, 1128,81 €, es la media anual del ahorro proveniente de la producción de la instalación por cada mes, un valor bastante alto, si bien es cierto que el costo de la instalación también será considerable, como se calculará en el siguiente apartado.

Una vez se sabe ya de donde provienen todos los valores de la tabla, a continuación, se muestra un gráfico en el que se puede comparar en qué meses la producción es mayor, lo que equivale a saber en qué mes se ahorra más.

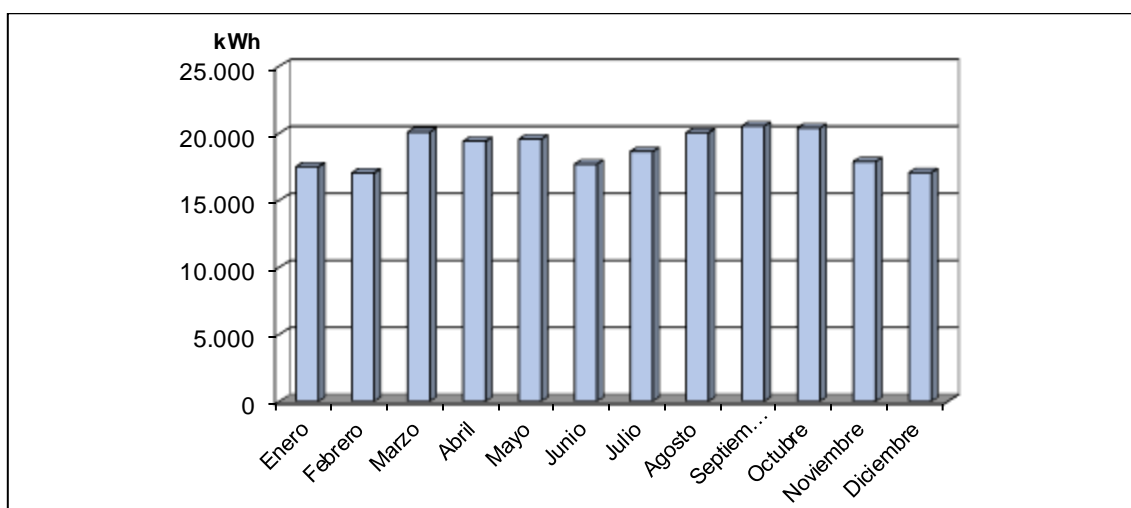


Ilustración 46.- Producción mensual de los captadores solares

14- Presupuesto y estudio de viabilidad

Todo lo que se ha obtenido y calculado durante este trabajo, únicamente será viable para proceder a su instalación, si es viable económicamente, ya que, aunque se ayuda en la sostenibilidad del planeta, muy pocas personas están dispuestas a perder dinero con el fin de ser sostenibles.

Por tanto, para que instalaciones de esta índole tengan cabida en los años presentes y futuros, es necesario demostrar su viabilidad económica, y en caso de que exista, cuántos años son necesarios para recuperar la inversión.

Para ello, es necesario saber los costos provenientes de las placas solares fotovoltaicas, de los captadores solares, de su instalación y, por último, de su mantenimiento.

Mediante la siguiente tabla se mostrará el desglose de los costes más relevantes provenientes de la instalación:

Tabla 35.- Costes fijos y variables de la instalación

| Elemento | Coste |
|---|-------------------|
| Instalación paneles solares fotovoltaicos | 105.600 € |
| Instalación captadores solares térmicos | 105.400 € |
| Panel solar fotovoltaico Atersa A-300P | 369 €/unidad |
| Captador solar térmico Termicol T20PS | 287 €/unidad |
| Inversor III de 100 kW Enertron | 23.000 €/unidad |
| Seccionador DC | 1.877,33 €/unidad |
| Estructura de paneles | 105 €/unidad |
| Descargador DC | 1.015,27 €/unidad |
| Instalación eléctrica | 13.508,66 € |
| Obra civil | 6.763,41 € |
| Documentación y tramitaciones | 3.000 € |
| Sistema de control | 2.428,29 € |
| Seguridad y salud | 1.450,66 € |
| Mano de obra | 22.800 € |
| Puesta en marcha de la instalación | 4.000 € |
| Mantenimiento fotovoltaico | 1.056 €/año |
| Mantenimiento térmico | 1.054 €/año |

Los valores de coste de la instalación se han calculado de manera distinta para la instalación solar fotovoltaica y para la instalación solar térmica.

Para la primera de las instalaciones, se ha tomado la hipótesis de que el vatio de producción de la instalación cuesta aproximadamente un euro, por lo que teniendo en cuenta que la instalación cuenta con una potencia instalada de 105.600 W, su instalación costará 105.600 euros.

Por otro lado, para la instalación de los captadores solares térmicos, el coste de la instalación equivale a 500 euros por cada m² de superficie ocupada por los paneles solares. De esta manera, y para una superficie total de 210,08 m², el coste de la instalación equivaldrá a 105.040 euros.

Obra civil:

La obra civil incluye arquetas de registro, excavación de zanjas en terreno compacto, la adaptación del armario de obra para los contadores, la adaptación del armario para los inversores y por último la solera de hormigón de cemento.

Instalación eléctrica:

En cuanto a la instalación eléctrica, ésta incluye tubos, cables, canaletas, tomas de tierra, cuadro de protección y armario modular de contadores.

Documentación y tramitaciones:

La documentación y las tramitaciones constan principalmente de los gastos de intervención de la compañía eléctrica, en la que se encuentra la documentación y la tramitación de la instalación delante de la compañía tramitadora y de la tramitación del expediente.

Sistema de control:

Los costes derivados del sistema de control provendrán de la instalación de un software para el funcionamiento de la instalación, así como el suministro de tarjeta de comunicaciones Ethernet para el inversor.

Seguridad y salud:

Los gastos provenientes de seguridad y salud se explicarán detalladamente más adelante. Consta básicamente de equipamiento de seguridad para los trabajadores, así como de espacios de trabajo evasor de riesgos.

Mano de obra:

Se ha pedido un presupuesto específico para esta instalación, y el precio más razonable sin perder la calidad es el que se observa en la tabla superior, en la que se incluye el montaje de estructuras, de los módulos, del cableado de la instalación y el transporte.

Por tanto, observando los valores mostrados en la tabla, el coste inicial será:

$$\begin{aligned} \text{Coste inicial} = & 105.600\text{€} + 105.400\text{€} + 369 \text{ €/unidad} * 352 \text{ unidades} + 287 \text{ €/unidad} \\ & * 104 \text{ unidades} + 23000 \text{ €} + 1.877,33 \text{ €} + 105 \text{ €/unidad} * 456 \text{ unidades} \\ & + 1.015,27 \text{ €} + 13.508,66 \text{ €} + 6.763,41 \text{ €} + 3.000 \text{ €} + 1.450,66 \text{ €} \\ & + 22.800 \text{ €} + 4.000\text{€} \end{aligned}$$

$$\text{Coste inicial} = 496.031,33 \text{ €}$$

Además, a este coste inicial será necesario añadirle un coste anual por mantenimiento:

$$\text{Coste anual por mantenimiento} = 1056 \text{ €} + 1054 \text{ €} = 2110 \text{ €}$$

Una vez se han calculado los costes de la instalación y los costes anuales por mantenimiento, se deben comparar los costes obtenidos con el ahorro anual proveniente tanto de los paneles solares térmicos como de los captadores solares fotovoltaicos.

En la siguiente tabla se mostrará el ahorro mensual de ambos paneles, así como el ahorro en conjunto, obteniendo finalmente el ahorro obtenido anualmente.

Tabla 36.- Ahorro total térmica y solar

| Mes | Ahorro paneles solares fotovoltaicos (€) | Ahorro paneles solares térmicos (€) | Ahorro total (€) |
|--------------|--|-------------------------------------|------------------|
| Enero | 2407,20 | 1049,60 | 5556,09 |
| Febrero | 2382,23 | 1022,21 | 5448,94 |
| Marzo | 2717,15 | 1204,39 | 6330,30 |
| Abril | 2601,47 | 1163,95 | 6093,31 |
| Mayo | 2661,35 | 1173,31 | 6181,27 |
| Junio | 2403,78 | 1061,50 | 5588,24 |
| Julio | 2516,31 | 1117,87 | 5870,00 |
| Agosto | 2594,99 | 1201,99 | 6201,02 |
| Septiembre | 2601,67 | 1231,79 | 6297,00 |
| Octubre | 2596,38 | 1223,15 | 6265,87 |
| Noviembre | 2351,86 | 1072,43 | 5569,08 |
| Diciembre | 2311,24 | 1023,49 | 5381,69 |
| Media | 2512,14 | 1128,81 | 3640,94 |
| Total | 30145,64 | 13545,67 | 43691,31 |

Teniendo en cuenta los valores de costes y ahorro, la instalación comenzará a generar beneficios a partir del año 12. Siendo más exactos, el umbral de rentabilidad se alcanza a los 11,96 años.

Conociendo la vida útil de este tipo de instalaciones con el mantenimiento adecuado, que suele ser aproximadamente de 30 años, se llega a la conclusión de que realizar una instalación de paneles solares fotovoltaicos y térmicos, además de ser respetuoso con el medio ambiente, es completamente rentable, con más de 10 años obteniendo beneficios puros de la instalación.

15.- Certificación de eficiencia energética

Según la legislación europea, la certificación de eficiencia energética de un edificio es un documento oficial que indica y califica la eficiencia energética de un edificio en condiciones normales de ocupación y mantenimiento. Esto incluye la producción de agua caliente sanitaria, iluminación, ventilación, etc.

El proceso que se sigue de certificación energética concluye cuando se emite el certificado de eficiencia energética, acompañado con la asignación de una etiqueta de calificación energética. Esta calificación consta de siete letras y va desde la letra A, que equivale al edificio más eficiente energéticamente, hasta la letra G, que equivale al edificio menos eficiente energéticamente.

Para la obtención de esta certificación, que resulta obligatoria, se hará uso del programa de calificación energética de edificios CE3X.



Ilustración 47.- Escala de calificación energética

Una vez en el programa, primero es necesario rellenar datos sobre la localización del edificio, sobre el cliente y sobre el técnico certificador. Se pide dejar constancia de dónde se encuentra situado el edificio exactamente, con la dirección, el código postal e incluso la referencia catastral. Además, también se pide nombre, dirección y contacto tanto del cliente como del certificador.

Al terminar de completar este apartado, se continúa rellenando los datos generales. En ellos se pide especificar la normativa vigente, que será la del código técnico de 2013¹⁷, el año de construcción, que se considera en 2018, el tipo de edificio y el perfil de uso. Además, también se debe definir el edificio, especificando datos tan importantes como la superficie útil habitable, la altura libre de planta o el número de plantas habitables.

Una vez se ha realizado este apartado, se llega a la envolvente térmica del edificio, donde se debe especificar como serán los muros en orientaciones norte, sur, este y oeste, así como

¹⁷ <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-3904>

especificar la cubierta, el suelo, los puentes térmicos existentes en el edificio y los huecos, ya sea ventana o puerta, existentes en los muros.

La envolvente térmica de un edificio contiene cada uno de los espacios interiores habitables y es lo que separa estos espacios del ambiente exterior (aire exterior, terreno o un edificio adosado), por lo que está compuesto por los cerramientos horizontales y verticales, los huecos y los puentes térmicos del edificio.

Para todos los casos mencionados se deberán especificar las dimensiones de la superficie, así como sus propiedades térmicas.

En cuanto a los puentes térmicos, éstos representan una zona puntual o lineal de la envolvente del edificio, en la que se transmite de una manera más sencilla el calor, debido a que la resistencia térmica no es constante a lo largo de los muros. Por ello, un puente térmico se considera una zona en la que se rompe la superficie aislante, permitiendo un mayor traspaso del calor dentro del edificio.

En el caso que compete en este proyecto, el complejo deportivo está compuesto por los siguientes puentes térmicos:

- Puente integrado en fachada
- Contorno de hueco
- Caja de persiana
- Encuentro de fachada con forjado
- Encuentro de fachada con cubierta
- Encuentro de fachada con solera

Al terminar de especificar todo lo correspondiente a la envolvente térmica, incluyendo incluso las ventanas y puertas que componen el complejo, es momento de introducir todo lo hallado durante la realización de este proyecto.

El edificio, como se ha comentado desde un principio, se encuentra compuesto por dos instalaciones, una de agua caliente sanitaria y otra de iluminación, por lo que a continuación se pide en el programa especificar los tipos de instalaciones en uso en el edificio.

Para la instalación de agua caliente sanitaria, que es una instalación destinada al consumo humano de agua que ha sido calentada y que se utiliza principalmente para usos sanitarios, se pide el tipo de generador que se va a utilizar, en este caso una caldera, así como su combustible, que será gas natural. Además, también se pide la potencia nominal requerida, el rendimiento de la instalación y el volumen del depósito, datos que han sido hallados a lo largo de este proyecto.

Equipo de ACS

| | | | |
|---|---|-------------------------------------|---|
| Nombre | <input type="text" value="Equipo ACS"/> | Zona | <input type="text" value="Edificio Objeto"/> |
| Características | | Demanda cubierta | |
| Tipo de generador | <input type="text" value="Caldera Estándar"/> | ACS | |
| Tipo de combustible | <input type="text" value="Gas Natural"/> | Superficie (m2) | <input type="text" value="850.0"/> |
| | | Porcentaje (%) | <input type="text" value="100"/> |
| Rendimiento medio estacional | | | |
| Rendimiento estacional | <input type="text" value="Estimado según Instalación"/> | Rendimiento medio estacional | <input type="text" value="81.2"/> % |
| Potencia nominal | <input type="text" value="24.0"/> kW | | |
| Carga media real β _{comb} | <input type="text" value="0.2"/> ? | Aislamiento de la caldera | <input type="text" value="Bien aislada y mantenida"/> |
| Rendimiento de combustión | <input type="text" value="94.0"/> % | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Con Acumulación | | | |
| Valor UA | <input type="text" value="Por defecto"/> | UA | <input type="text" value="65.4"/> W/K |
| Volumen de un depósito | <input type="text" value="2100"/> l | Multiplicador | <input type="text" value="3"/> |
| | | Tª alta | <input type="text" value="80"/> °C |
| | | Tª baja | <input type="text" value="60"/> °C |

Ilustración 48.- Equipo de agua caliente sanitaria

Por otro lado, para la instalación del equipo de iluminación, instalación compuesta principalmente por lámparas, equipos auxiliares para el encendido y luminarias, es necesario especificar la superficie útil del complejo, la actividad que se va a realizar en esa zona, la potencia instalada para cumplir con la demanda, y, por último, la iluminancia media horizontal, variable que depende del uso que vaya a tener la instalación.

Equipos de iluminación

| | | | |
|---|---|---|--|
| Nombre | <input type="text" value="Iluminación"/> | Zona | <input type="text" value="Edificio Objeto"/> |
| Características | | <input checked="" type="radio"/> Sin control de la iluminación <input type="radio"/> Con control de la iluminación | |
| Superficie zona | <input type="text" value="850.0"/> m2 | | |
| Eficiencia energética | | | |
| <input type="checkbox"/> Zona de representación | Actividad | <input type="text" value="Administrativo en general"/> | |
| Definir características | <input type="text" value="Conocido(ensayado/justificado)"/> | | |
| Potencia instalada | <input type="text" value="8500"/> W | | |
| Iluminancia media horizontal | <input type="text" value="400"/> lux | | |

Ilustración 49.- Equipos que componen la instalación de iluminación

Para la elección de la potencia instalada, se ha hecho uso del código técnico de la edificación, más específicamente del documento básico de ahorro energético HE 3¹⁸, sección en la que se recogen los valores de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

A continuación, se muestra una tabla con la potencia máxima de iluminación según el uso del edificio, que, para el caso de este proyecto, se supondrá de uso “otros”. Esto es debido a que ninguna de las opciones de uso que se muestran en la tabla del código técnico coinciden con la

¹⁸ <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>

descripción de un complejo deportivo como el que se expone para este proyecto, además de que la potencia máxima instalada no se presupone demasiado alta para la actividad que se pretende realizar en la instalación.

Tabla 37.- Potencia máxima de iluminación

| Uso del edificio | Potencia máxima instalada [W/m2] |
|--|----------------------------------|
| Administrativo | 12 |
| Aparcamiento | 5 |
| Comercial | 15 |
| Docente | 15 |
| Hospitalario | 15 |
| Restauración | 18 |
| Auditorios, teatros, cines | 15 |
| Residencial Público | 12 |
| Otros | 10 |
| Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux | 25 |

Con el valor de la superficie útil del complejo deportivo, se puede calcular la potencia máxima que se puede instalar en el complejo deportivo, por lo que el valor que se introduzca en el programa de certificación energética deberá ser menor.

$$Potencia\ máxima\ instalada = 10\ W/m^2 * 850\ m^2 = 8500\ W$$

En cuanto a la iluminancia media horizontal, este valor también dependerá del uso del edificio, que, en este caso, para un complejo deportivo, rondará un valor de 400 luxes.

Además, se ha incluido, una pequeña instalación de calefacción y refrigeración, debido a que, aun siendo mínimas en una zona como Gran Canaria, se siguen demandando. Para paliar esta demanda se hará uso de una máquina climatizadora pequeña que se encargará de mantener el caudal de aire a unas condiciones de temperatura y humedad predeterminadas

Una vez se han completado todos los apartados requeridos, adjuntándose además una imagen del edificio, así como su plano de situación, se procede al cálculo de la certificación energética.

El cálculo lo realizará automáticamente el programa, consiguiendo para la instalación del complejo deportivo una certificación energética de D.

Una vez obtenida esta certificación, con la inclusión de la energía solar térmica y de la energía solar fotovoltaica en el cálculo, se pide nuevamente al programa la certificación energética, consiguiendo una calificación energética de B, lo que conlleva que la instalación sea casi óptima en cuanto a la eficiencia energética.

Este cambio en el programa refleja la capacidad de la energía renovable para reducir el impacto medioambiental y mejorar la eficiencia energética de cualquier instalación.

Para ser más específico, se mostrarán unos números con las diferencias existentes en cuanto a consumo de energía primaria no renovable y emisiones de dióxido de carbono anuales para el caso en el que la instalación no hace uso de energía renovable y para el caso en el que sí lo hace.

Instalación sin energía renovable

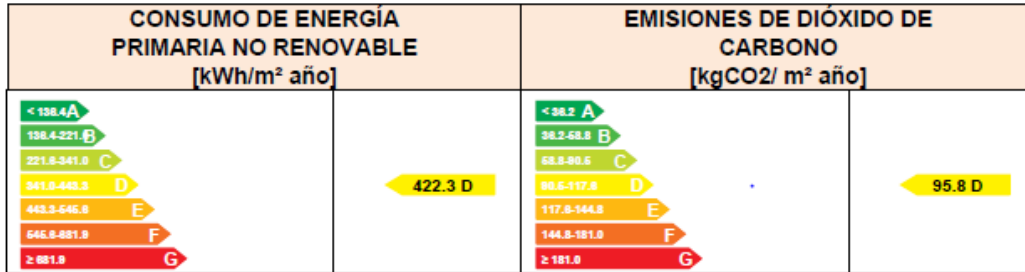


Ilustración 50.- Consumo y emisiones sin energía solar

Como se puede observar en la imagen, tanto el consumo de energía primaria no renovable como las emisiones de dióxido de carbono son muy considerables sin el apoyo de la energía solar. Además, es necesario tener en cuenta que estos valores son por m², por lo que teniendo en cuenta que la superficie del complejo es de 850 m², se puede obtener tanto el consumo como las emisiones totales provenientes de la instalación.

Consumo de energía primaria no renovable:

$$\text{Consumo} = 422,3 \text{ kWh/m}^2 * 850 \text{ m}^2 = 358.955 \text{ kWh anuales}$$

Emisiones de dióxido de carbono:

$$\text{Emisiones} = 95,8 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 850 \text{ m}^2 = 81.430 \text{ kg CO}_2 \text{ anuales}$$

Como se puede ver en las fórmulas calculadas, el hecho de consumir una cantidad tan grande de energía primaria no renovable supone unas emisiones de dióxido de carbono anuales gigantescas.

Con el fin de que la comparación se vea clara, a continuación, se realizará el mismo cálculo una vez se han instalado los paneles solares.

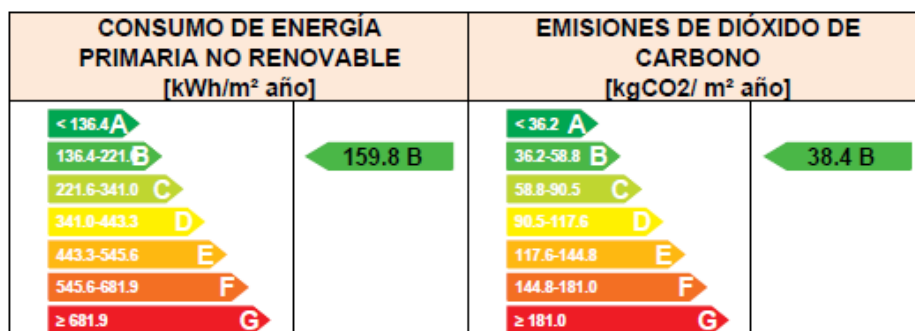


Ilustración 51.- Consumo y emisiones con energía solar

Consumo de energía primaria no renovable:

$$\text{Consumo} = 159,8 \text{ kWh/m}^2 * 850 \text{ m}^2 = 135.830 \text{ kWh anuales}$$

Emisiones de dióxido de carbono:

$$\text{Emisiones} = 38,4 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 * 850 \text{ m}^2 = 32.640 \text{ kg CO}_2 \text{ anuales}$$

De los valores calculados, se puede observar claramente la disminución del consumo de energía primaria, así como unas emisiones de dióxido de carbono mucho menores. A continuación, se mostrará una comparación exacta para poder observar cómo ayuda la energía solar a mejorar la eficiencia energética.

Consumo de energía primaria no renovable:

$$\frac{358.955 \text{ kWh anuales}}{135.830 \text{ kWh anuales}} = 2,64 \text{ veces}$$

Emisiones de dióxido de carbono:

$$\frac{81.430 \text{ kg CO}_2 \text{ anuales}}{32.640 \text{ kg CO}_2 \text{ anuales}} = 2,49 \text{ veces}$$

Por tanto, mediante estos cálculos se demuestra claramente cómo el uso de la energía solar supone un apoyo energético increíble, que no sólo ayuda a obtener un beneficio económico, sino que también ayuda a conseguir un ahorro energético.

16.- Estudio de seguridad y salud

16.1.- Definición de los posibles riesgos

A continuación, se analizarán brevemente los riesgos que se deben considerar debidas a las actividades de ejecución previstas para la instalación y mantenimiento de los paneles solares.

Para realizar este estudio, se comenzará haciendo énfasis en aquellos riesgos que se encuentran inherentes en la gran mayoría de las actividades que se realizarán en esta instalación, para después centrar el estudio en aquellos riesgos más específicos a una sola actividad.

16.1.1- Riesgos generales

El riesgo se trata como una medida de la magnitud de los daños frente a una situación peligrosa. Por tanto, el riesgo aparece cuando existe una vulnerabilidad frente a algún tipo de peligro. A continuación, se nombrarán aquellos que se consideran generales, es decir, que le pueden suceder a cualquier persona independientemente de la actividad que estén realizando.

- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de objetos procedentes de la instalación, que pueden impactar sobre personas
- Sobreesfuerzo en el trabajo
- Heridas por el manejo de materiales en la instalación y el mantenimiento
- Golpes con y contra objetos
- Polvo proveniente principalmente de la obra inicial y del mantenimiento de los paneles
- Ruido proveniente de la instalación de los paneles
- Atropellos

16.1.2- Riesgos específicos

A continuación, se nombrarán algunos de los posibles riesgos provenientes de la instalación y mantenimiento de los paneles solares. Debido a que en este caso se hará hincapié en riesgos más específicos, se nombrarán los riesgos provenientes de las actividades más significativas dentro de la instalación

Es necesario tener en cuenta que las personas que realicen estas actividades se verán expuestas tanto al riesgo específico de su actividad como a los riesgos generales comentados con anterioridad.

16.1.2.1- Transporte de materiales

Dentro de esta actividad se dan riesgos relacionados con la carretera:

- Atropellos
- Choques contra otros vehículos
- Choques contra máquinas de la instalación
- Caída de materiales durante el transporte

16.1.2.2- Medios de elevación para el transporte de carga y personas

Dentro de esta actividad se dan riesgos relacionados con caídas y aplastamiento:

- Caída de carga

- Rotura del medio de elevación
- Exceso de carga durante el transporte
- Caída de personas a distinto nivel
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos del medio de elevación
- Golpes o aplastamientos a personas por movimientos bruscos de la carga
- Atrapamiento

16.1.2.3- Andamios y escaleras

Dentro de esta actividad se dan riesgos de caídas y fallos de montaje:

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de carga
- Fallo de los andamios por exceso de carga
- Fallo de los andamios por mala instalación

16.1.2.4- Máquinas y herramientas

Dentro de esta actividad se dan riesgos procedentes de una mala preparación y poca prevención en el uso de las máquinas:

- Mal uso de las máquinas y herramientas disponibles
- Cortes por manipulación de materiales procedentes de las máquinas
- Accidentes por contacto con partes peligrosas de las máquinas y las herramientas

16.1.2.5- Trabajos con líquidos y pintura

Por último, dentro de esta actividad se dan riesgos relacionados con el mal uso de líquidos:

- Salpicaduras
- Intoxicación por inhalación
- Caída de personas a distinto nivel

16.2.- Medidas de prevención y protección de los riesgos expuestos

En este apartado se expondrán aquellas medidas de prevención y protección de riesgos que se consideran imprescindibles para cumplir unos requisitos estándar de seguridad con suficiencia.

16.2.1- Medidas preventivas y de protección generales

Con el fin de conseguir la mayor seguridad posible para los trabajadores de la instalación, así como para las personas que se encuentren a los alrededores del complejo deportivo, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

- Andamios metálicos con barandillas para evitar el riesgo de caídas
- Colocación de redes en aquellas fachadas o lugares con riesgo de desprendimiento o caídas de carga
- Uso de arnés, anclajes o líneas de vida en aquellas zonas de trabajo que puedan estar sujetas a una mayor vulnerabilidad
- Restricciones claras en el uso de las plataformas de elevación, especificando carga máxima y con botón de emergencia
- Descripción clara y detallada del uso de la maquinaria y las herramientas que se encuentran en la instalación

- Señalización clara de las zonas en las que se debe tener una precaución especial, así como la forma de actuar para eliminar el posible riesgo

Todas estas medidas están relacionadas con los riesgos más genéricos, aunque como se puede observar, también valen para los riesgos más específicos.

Por último, con el fin de que las medidas preventivas y de protección sean totalmente fiables y eviten todo tipo de riesgos, es necesario tener en cuenta la vestimenta que se debe utilizar para realizar los diferentes trabajos dentro de la instalación.

16.2.2- Medidas preventivas y de protección personales

La indumentaria que deben llevar los trabajadores se comentará a continuación, siendo indispensable con el fin de evitar muchos de los riesgos comentados con anterioridad:

- Casco de obra de protección laboral
- Calzado de seguridad laboral
- Guantes de protección de material sintético
- Vestuario laboral acorde al riesgo de la actividad
- Gafas polarizadas de seguridad laboral
- Auriculares, tapones y diademas de seguridad laboral.
- Máscaras faciales y equipos de respiración
- Equipamiento necesario para proteger a los trabajadores como botiquines de primeros auxilios, linternas, alfombras industriales, etc.

17.- Impuesto al sol

Para finalizar con el proyecto, y aunque para el emplazamiento en cuestión en este proyecto no aplica, como se mostrará más adelante, se ha decidido comentar brevemente un tema tan polémico como lo es el denominado impuesto al sol.

En la fecha del 9 de octubre de 2015 se aprobó en España el Real Decreto 900/2015¹⁹, documento que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de suministro de energía y producción.

En esta normativa también se encuentra regulada la normativa que ha llevado a lo que hoy día se conoce popularmente como el impuesto al sol.

El impuesto al sol trata sobre una normativa que afecta a aquellas instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo que superan los 10 kW de potencia y en la que se obliga a los propietarios de estas instalaciones a pagar mensualmente por el servicio de respaldo que el conjunto que compone la red eléctrica ofrece al propietario de la instalación para cubrir sus necesidades energéticas básicas.

Para el tipo de instalación que se va a plantear en este proyecto, en el que se tiene la intención de apoyarse en la red eléctrica siempre que la demanda sea demasiado alta, la normativa y nombrada entra en juego. Por otro lado, para las instalaciones aisladas, en las que únicamente se utiliza la energía de sus propios paneles solares fotovoltaicos, esta normativa no compete, ya que no tendría sentido que la normativa obligase también a este tipo de instalaciones a pagar.

Una vez se sabe que este decreto únicamente afecta a las instalaciones conectadas a la red, el hecho de que se obligue a que los consumidores paguen un peaje de respaldo por el transporte y la distribución en la medida en la que usan la red, contribuyendo así como cualquier otro consumidor al pago de la red parece totalmente incontestable y comprensible.

El problema viene por el hecho de que los propietarios de las instalaciones no pagan únicamente en aquellos casos en los que necesitan recurrir a la red, ya que según establece el Real Decreto, los propietarios de las instalaciones deben pagar no solo cuando recurren a la red, sino que deben hacerlo siempre, incluso en los momentos en los que no estén consumiendo de la red.

Realmente este Real Decreto ha supuesto un freno del autoconsumo en nuestro país, en contra de lo que se pide en la Unión Europea, de que para dentro de dos años, es decir, en el año 2020, el 20 % de la energía sea de origen renovable.

Si bien es cierto que para las Islas Canarias este Real Decreto no aplica, durante los últimos años no se ha realizado la obra de ninguna instalación de pequeño o mediano tamaño de energía renovable, lo que muestra la inseguridad jurídica existente, en la que no se sabe muy bien qué sucederá en un futuro y si en unos años este decreto puede afectar también a Canarias.

Por tanto, se considera que este proyecto es aún más importante porque muestra cómo realmente la energía solar tiene muchísimas posibilidades de ser rentable y eficiente, ayudando incluso al propietario de los paneles a conseguir un ahorro considerable a largo plazo.

¹⁹ <https://boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10927>

18.- Bibliografía y referencias

| | |
|------------|--|
| [IDAE09] | Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía |
| [CTE18] | Código Técnico de la Edificación |
| [INE] | Instituto Nacional de Estadística |
| [BOE15] | Boletín Oficial del Estado |
| [AEMET18] | Agencia Estatal de Meteorología |
| [AENOR14] | Asociación Española de Normalización y Certificación |
| [REE] | Red Eléctrica de España |
| [ADRASE18] | Acceso a datos de radiación solar de España |
| [UNE15] | Asociación Española de Normalización |

ANEXO I
CATÁLOGO DE PANELES Y DEPÓSITO.
INFORME DE CERTIFICACIÓN
ENERGÉTICA

+ Ultra *nueva gama*

➔ Módulo fotovoltaico
A-290P / A-295P / A-300P (TYCO 3.2)



+ UltraTolerancia positiva
Positiva 0/+5 Wp

+ UltraCalidad
Anti Hot-Spot

+ UltraGarantía
10 años de garantía de producto

+ UltraFiabilidad
En el mercado desde 1979

+ UltraResistencia
Cristal templado de 3.2 mm

+ UltraTES
Verificación eléctrica célula a célula



Sistema único
en el mercado,
patentado por
Atersa.

Características eléctricas (STC: 1kW/m², 25°C±2°C y AM 1,5)*

| | A-290P | A-295P | A-300P |
|--|---------|---------|---------|
| Potencia Nominal (0/+5 W) | 290 W | 295 W | 300 W |
| Eficiencia del módulo | 14,91% | 15,16% | 15,42% |
| Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp) | 8,07 A | 8,14 A | 8,21 A |
| Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp) | 35,93 V | 36,23 V | 36,52 V |
| Corriente en Cortocircuito (Isc) | 8,67 A | 8,78 A | 8,89 A |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc) | 44,67 V | 44,82 V | 44,97 V |

Parámetros térmicos

| | |
|--|------------|
| Coefficiente de Temperatura de Isc (α) | 0,04% /°C |
| Coefficiente de Temperatura de Voc (β) | -0,32% /°C |
| Coefficiente de Temperatura de P (γ) | -0,43% /°C |

Características físicas

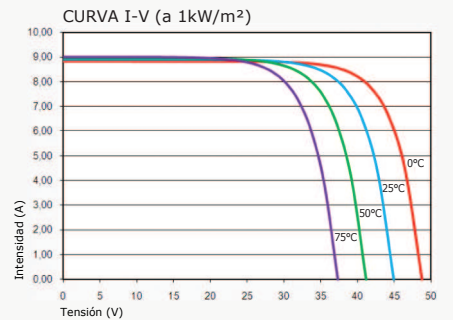
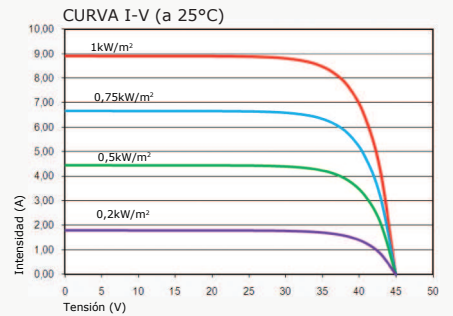
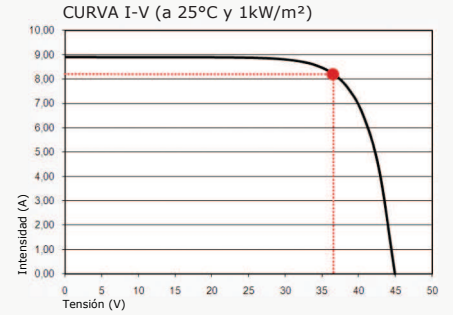
| | |
|-------------------------|---|
| Dimensiones (mm ± 2 mm) | 1965x990x40 |
| Peso (kg) | 22,5 |
| Área (m ²) | 1,95 |
| Tipo de célula (± 1 mm) | Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas) |
| Células en serie | 72 (6x12) |
| Cristal delantero | Cristal templado ultra claro de 3.2 mm |
| Marco | Aleación de aluminio anodizado o pintado en poliéster |
| Caja de conexiones | TYCO IP67 |
| Cables | Cable Solar 4 mm ² 1200 mm |
| Conectores | TYCO PV4 |

Rango de funcionamiento

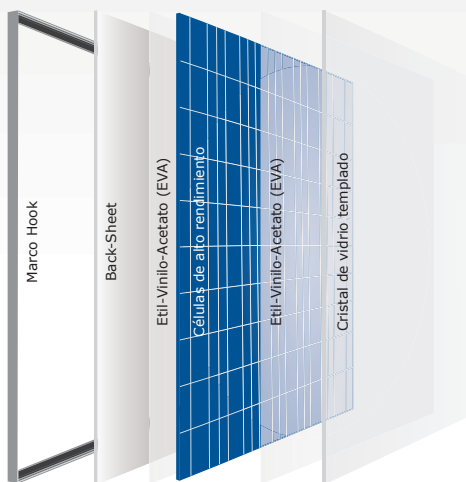
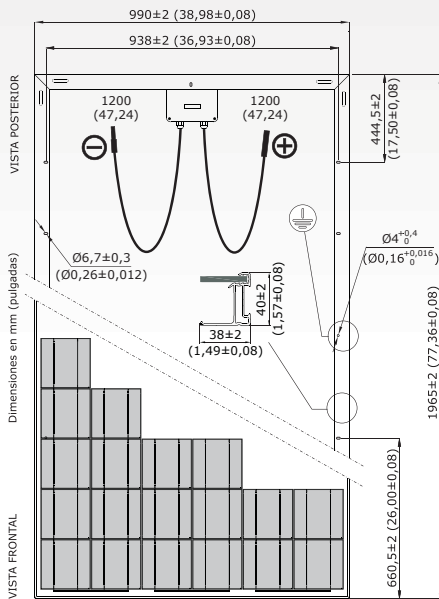
| | |
|---|--------------------|
| Temperatura | -40°C a +85°C |
| Máxima Tensión del Sistema / Protección | 1000 V / CLASS II |
| Carga Máxima Viento / Nieve | 2400 Pa (130 km/h) |
| Máxima Corriente Inversa (IR) | 15,1 A |

*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

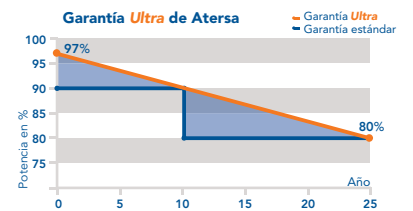
Curvas modelo A-300P



Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico



- Módulos por caja: **25 uds**
- Peso por palé: **595 kg**
- En un contenedor de 40 pies entran 21 cajas: **525 paneles**
- En un contenedor de 40 pies HC entran 22 cajas: **550 paneles**
- En un contenedor de 20 pies entran 9 cajas: **225 paneles**
- En un camión TAUTLINER entran 26 cajas: **650 paneles**



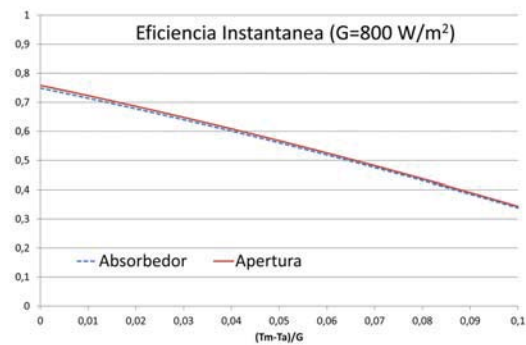
NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

➔ www.atersa.com • atersa@elecnor.com
Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111

Revisado: 27/04/17
Ref.: MU-6P (1) 6x12-J (TY 3.2)
© Atersa SL, 2016



Cap. Solar Plano T20PS



Datos energéticos

Norma de ensayo EN -12975

| Referida al área de apertura y T_m | |
|--|-------|
| Factor óptico (η_0) | 0,774 |
| Factor lineal pérdidas (a_{01}) $\text{W/m}^2\text{K}$ | 6,80 |
| Factor cuadrático pérdidas (a_{02}) $\text{W/m}^2\text{K}^2$ | 0,007 |
| Referida al área del absorbedor y T_m | |
| Factor óptico (η_0) | 0,758 |
| Factor lineal pérdidas (a_{01}) $\text{W/m}^2\text{K}$ | 6,66 |
| Factor cuadrático pérdidas (a_{02}) $\text{W/m}^2\text{K}^2$ | 0,007 |

Dimensiones

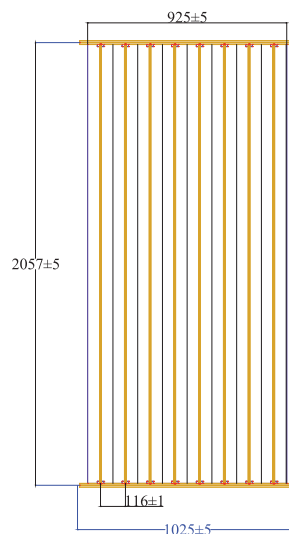
| Dimensiones externas | |
|--------------------------------------|------|
| Largo (mm) | 2130 |
| Ancho (mm) | 970 |
| Fondo (mm) | 83 |
| Área del bruta (m^2) | 2,0 |
| Área neta (m^2) | 1,9 |
| Dimensiones absorbedor | |
| Largo (mm) | 2057 |
| Ancho (mm) | 925 |
| Área del absorbedor (m^2) | 1,9 |



| Absorbedor | |
|-------------------|-------------|
| Tipo | Multibanda |
| Material | Aluminio |
| Tipo de soldadura | Ultrasónica |
| Número de tubos | 8 |

| Diámetros externos (mm) | |
|-------------------------|----|
| Tubos Colectores | 18 |
| Tubos Verticales | 8 |

| Recubrimiento | |
|---------------|---------------|
| Tipo | Pintura Negra |
| Material | EPOCROM |
| Aplicación | Manual |



| Aislamiento | |
|-------------|----------------|
| Tipo | Manta |
| Material | Lana de vidrio |

| Dimensiones (mm) | |
|------------------|------|
| Largo | 2100 |
| Ancho | 960 |
| Área | 2,0 |
| Espesor | 40 |

| Conductividad (W/m2 K) | |
|------------------------|-------|
| | 0,034 |

| Cofre de aluminio | |
|-------------------|--------------------------|
| Tipo | Extrusionado y Anodizado |
| Material | AL-6063 T5 |

| Dimensiones (mm) | |
|------------------|------|
| Largo | 2130 |
| Ancho | 970 |
| Alto | 83 |

| Presiones mecánicas máximas (Pa) | |
|----------------------------------|------|
| Positiva | 1008 |
| Negativa | 1012 |

| Parámetros varios | |
|---------------------------|------|
| Peso en vacío (kg) | 37 |
| Volumen interior (litros) | 1,02 |

| Caída de presión | |
|---|-----------------------|
| Caída de presión (mm.c.a.) vs. caudal (l/min) | |
| Término lineal | 6,099 |
| Término cuadrático | 1,407 |
| Caudal Óptimo | 40 l/h m ² |

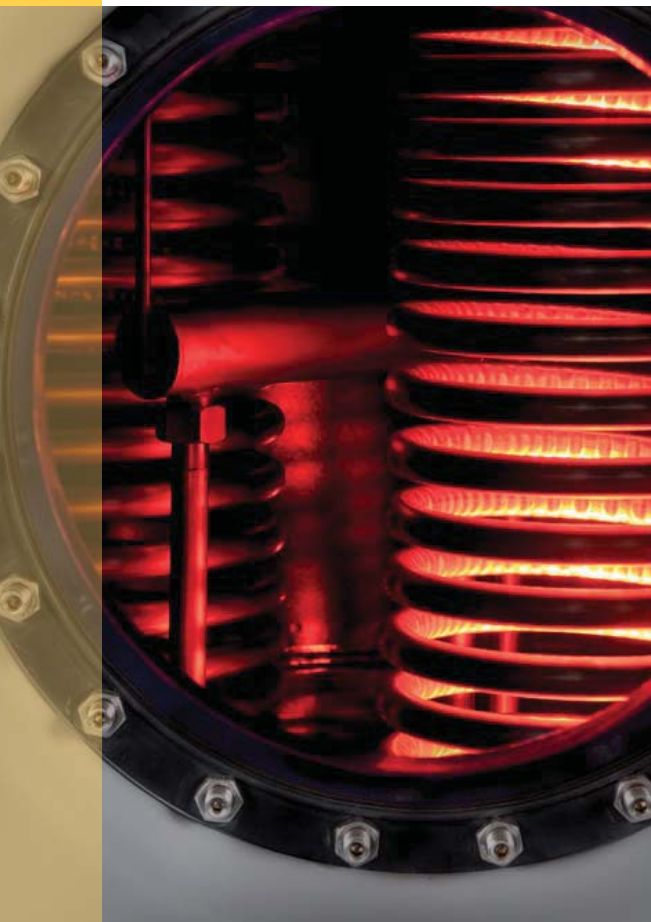
| Parámetros de ensayo EN-12975 | |
|--------------------------------------|-------|
| Potencia Pico (W/m2) | 1455 |
| Capacidad térmica efectiva (J/K) | 12450 |
| Modificador del ángulo de incidencia | 0,90 |
| Constante de tiempo (s) | 43 |
| Ta estancamiento exp. (°C) | 99 |
| Ta estancamiento teórica. (°C) | 128 |



MASTER INOX - ACERO INOXIDABLE

Modelos con SERPENTINES ¡producción y eficiencia!

Diseñados para una gran capacidad de acumulación energética con un sistema exclusivo de producción de ACS de alta eficiencia. Conjunto modular de intercambio térmico, compuesto por un juego de colectores y serpentines desmontables para producción de ACS a través de una fuente energética externa.



DEPÓSITOS DE GRAN CAPACIDAD, PARA PRODUCCIÓN Y ACUMULACIÓN DE ACS: Diseñados para una capacidad de acumulación energética extraordinaria, que se traduce directamente en un ahorro real, con un sistema exclusivo de producción de ACS. de alta eficiencia.

- CAPACIDADES de 1.500 a 6.000 litros -

Su aislamiento térmico sobredimensionado en PU rígido inyectado en molde, mantiene la temperatura de acumulación del ACS durante largos periodos de tiempo sin necesidad de aporte energético suplementario, lo que supone menos arrancadas y puestas a régimen de las fuentes energéticas externas, con menos gasto de energía. Depósitos acumuladores que incorporan sistema de intercambio térmico, compuesto por un conjunto de colectores y serpentines desmontables desde el interior del depósito acumulador, para la producción de ACS a través de una fuente energética externa (ver capítulo PRODUCCIÓN DE ACS, pág.: 50).

PRODUCTO LONGEVO: Depósito acumulador de ACS **ACERO INOXIDABLE al cromo-níquel-molibdeno**, especialmente resistente a la corrosión por picaduras producida por elementos halógenos como el cloro, presente en el agua potable, es el material con el que se fabrican todos los modelos de nuestra serie **"MASTER INOX"**.

DISEÑO ANTILEGIONELLA: El diseño de toda la gama de nuestra serie "MASTER INOX", tiene en cuenta todos los criterios para el "Tratamiento y Prevención de la Legionelosis", recogidos en las normas UNE y Directivas CEE vigentes, y especialmente en el R.D.865/2003 y el RITE.

Su diseño antilegionella, abarca al conjunto depósito acumulador y su sistema interno de producción de ACS.

GRAN CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE ACS: Un conjunto de colectores y serpentines independientes, fabricados en ACERO INOXIDABLE, se montan desde el interior del depósito acumulador, permitiendo dimensionar la superficie de intercambio térmico a la potencia deseada (hasta los 10 m² en el modelo de 6.000 litros), adecuada a fuentes energéticas tradicionales o a la utilización de las energías renovables.

Este sistema exclusivo de producción de ACS de **lapesa** para depósitos de gran capacidad, ahorra espacio en la instalación y permite el mantenimiento total o parcial del conjunto, asegurando el servicio continuado de la instalación.

FÁCIL MANTENIMIENTO: Con accesos al interior del depósito a través de la boca lateral de entrada de hombre BH DN400, para inspección y limpieza del depósito acumulador y/o del sistema de serpentines.

MÁXIMA CAPACIDAD DE ACUMULACIÓN: Aislamiento térmico rígido en PU inyectado en molde de gran espesor, que minimiza las pérdidas caloríficas del ACS acumulada (ver capítulo AISLAMIENTO TÉRMICO, pág.: 56).

CALENTAMIENTO ELÉCTRICO: Preparados para su instalación con resistencias eléctricas de inmersión en Incoloy 800 de baja densidad de carga o con resistencias cerámicas enfundadas, como calentamiento eléctrico de apoyo (ver capítulo CALENTAMIENTO ELÉCTRICO, pág.: 54).

FACILIDAD DE MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE: Nuestros depósitos acumuladores "MASTER" están diseñados para facilitar su manejo y transporte hasta el punto de la instalación.

Incorporan un sistema integrado para manejo y transporte con carretilla, que facilita enormemente su manejo sin necesidad de paletización del producto, que por su peso y tamaño implicaría verdaderas dificultades en la manipulación.

Además disponen de cáncamos de elevación en la parte superior, para el caso de necesidad de ubicación del depósito en zonas elevadas y tener que ser izado con pluma de carga.



SISTEMA DE TRANSPORTE: Aberturas/conductos bajo el depósito para facilitar la manipulación con transpaletas (a partir de 1.500 litros).



CARACTERÍSTICAS COMUNES A TODOS LOS MODELOS "MASTER INOX SERPENTÍN":

- Depósitos acumuladores ACS en **acero inoxidable AISI 316 L**
- Capacidades: **1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 3.500, 4.000, 5.000 y 6.000 litros**
- Presión máxima de trabajo depósito acumulador ACS: **8 bar** (10 y 12 bar opcional)
- Temperatura máxima de trabajo depósito acumulador ACS: **90 °C**
- Presión máxima conjunto serpentines: **25 bar**
- Temperatura máxima conjunto serpentines: **110 °C** (hasta 200 °C con juntas especiales alta temperatura)
- Aislamiento térmico: **PU rígido inyectado en molde** (libre de CFC/HCFC, 0,025 W/m²K)
- Depósitos para instalación VERTICAL sobre suelo. (OPCIONAL, posición HORIZONTAL -consultar-)

PRINCIPALES VENTAJAS - MASTER INOX - SERPENTÍN

Adaptado para el manejo con grúa

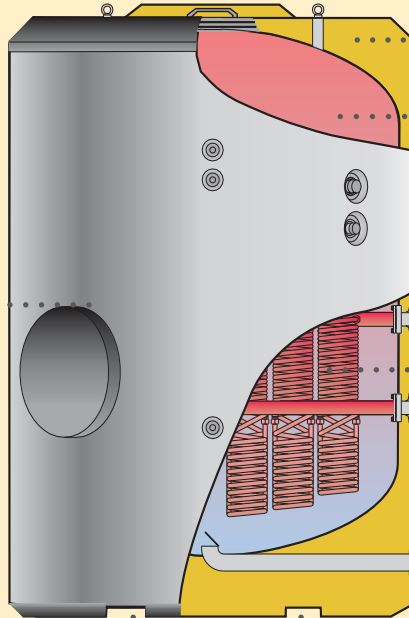
Disponen de cáncamos de elevación en la parte superior.

Fácil acceso y mantenimiento

Boca de paso de hombre lateral DN400, para acceso al interior del depósito acumulador, en labores de limpieza y mantenimiento. La boca lateral incorpora su aislamiento térmico en PU rígido.

Auto-transportable

Con un sistema integrado para manejo y transporte con carretilla, que facilita su manejo sin necesidad de paletización del producto.



Aislamiento PU rígido directamente inyectado en el molde

Garantiza las mínimas pérdidas caloríficas y la ausencia de condensación entre el aislante y la superficie del metal.

Cuerpo acumulador en ACERO INOXIDABLE AISI 316 L

higiénico, duradero y resistente, para temperaturas de acumulación de ACS, hasta 90°C

Serpentines modulares de acero inoxidable extraíbles

Diseñados para calentar desde el fondo del depósito, garantizan la mayor capacidad de producción de ACS, el aprovechamiento máximo de la capacidad del depósito y actúan como un perfecto sistema "antilegionella"

*El sistema de serpentines modulares exclusivo de **lapesa** para depósitos de GRAN CAPACIDAD, permite adaptar el conjunto a la potencia térmica deseada y su intervención independiente al depósito acumulador.*

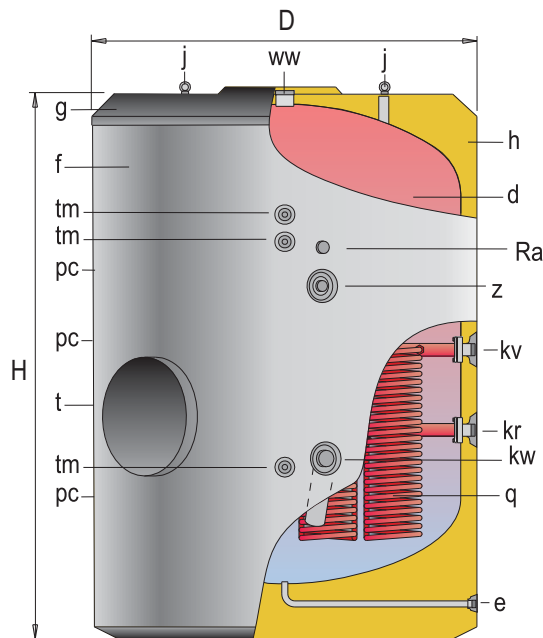
Soluciones
lapesa

DEPÓSITOS ACUMULADORES / PRODUCTORES ACS MASTER INOX - SERPENTÍN

lapesa

MASTER INOX "SB"

Depósitos para **PRODUCCIÓN/ACUMULACIÓN DE ACS**, desde **1.500 a 6.000** litros de capacidad.
 Con **sistema desmontable de serpentines** para producción de ACS, a través de fuente energética externa.
 Pueden equiparse con resistencias eléctricas de inmersión o resistencias eléctricas cerámicas en la parte superior del depósito, como calentamiento de apoyo.
 Con boca lateral de paso de hombre BH DN400 para acceso al interior del depósito en labores de inspección y tratamientos de limpieza y mantenimiento.
 Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm. de espesor, con pieza aislante del mismo material en la BH DN400 lateral.
 Suministro opcional de conjunto de forro externo acolchado en PVC y conjunto embellecedores, forro especial para exteriores o forrado con chapa de aluminio ALUNOX. (pág.: 57).



- t - Boca de hombre DN 400
- d - Depósito acumulación ACS
- f - Forro externo
- g - Cubierta superior
- h - Aislamiento térmico
- j - Cánamos para transporte
- q - Serpentines desmontables



| CARACTERÍSTICAS GENERALES | | MXV-1500-SB | MXV-2000-SB | MXV-2500-SB | MXV-3000-SB | MXV-3500-SB | MXV-4000-SB | MXV-5000-SB | MXV-6000-SB |
|---------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Capacidad ACS | l. | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 5000 | 6000 |
| D: Diámetro exterior | mm. | 1360 | 1360 | 1660 | 1660 | 1660 | 1910 | 1910 | 1910 |
| H: Altura total | mm. | 1830 | 2280 | 2015 | 2305 | 2580 | 2310 | 2710 | 3210 |
| Diagonal | mm. | 2281 | 2655 | 2611 | 2841 | 3068 | 2998 | 3316 | 3735 |
| kw: entrada agua red | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ww: salida ACS | " GAS/M | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| z: recirculación ACS | " GAS/M | 1 1/2 | 1 1/2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| e: vaciado | " GAS/M | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| R: conexión lateral | " GAS/H | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| pc: conexión "lapesa correx-up" | " GAS/H | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| tm: conexión sensores | " GAS/H | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| kv: entrada primario | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| kr: retorno primario | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Superficie conjunto serpentines | m ² | 2,8 | 3,4 | 4,8 | 5 | 6,7 | 6,7 | 8,4 | 8,4 |
| Peso en vacío (aprox.) | Kg | 305 | 345 | 485 | 535 | 575 | 650 | 720 | 805 |

Nota: El depósito de 6.000 litros incorpora patas de apoyo.

MASTER INOX "SSB"

Depósitos para **PRODUCCIÓN / ACUMULACIÓN DE ACS**, desde **1.500 a 6.000** litros de capacidad.

Conjunto de serpentines SOBREDIMENSIONADO para producción de ACS, diseñado específicamente para la aplicación de **ENERGÍAS RENOVABLES**, en especial la **ENERGÍA SOLAR**.

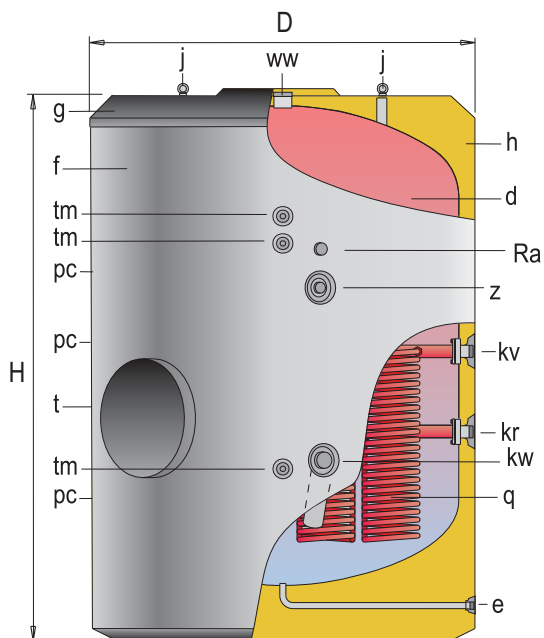
Las superficies de intercambio térmico en toda la gama, cumplen con lo exigido en el RITE para instalaciones SOLARES.

Pueden equiparse con resistencias eléctricas de inmersión o resistencias eléctricas cerámicas en la parte superior del depósito, como calentamiento de apoyo.

Con boca lateral de paso de hombre BH DN400 para acceso al interior del depósito, inspección y tratamientos de limpieza y mantenimiento.

Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm. de espesor, con pieza aislante del mismo material en la BH DN400 lateral.

Suministro opcional de conjunto de forro externo acolchado en PVC y conjunto embellecedores, forro especial para exteriores o forrado con chapa de aluminio ALUNOX (pág.: 57).



- t - Boca de hombre DN 400
- d - Depósito acumulación ACS
- f - Forro externo
- g - Cubierta superior
- h - Aislamiento térmico
- j - Cáncamos para transporte
- q - Serpentines desmontables

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | | MXV-1500-SSB | MXV-2000-SSB | MXV-2500-SSB | MXV-3000-SSB | MXV-3500-SSB | MXV-4000-SSB | MXV-5000-SSB | MXV-6000-SSB |
|---------------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Capacidad ACS | l. | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 5000 | 6000 |
| D: Diámetro exterior | mm. | 1360 | 1360 | 1660 | 1660 | 1660 | 1910 | 1910 | 1910 |
| H: Altura total | mm. | 1830 | 2280 | 2015 | 2305 | 2580 | 2310 | 2710 | 3210 |
| Diagonal | mm. | 2281 | 2655 | 2611 | 2841 | 3068 | 2998 | 3316 | 3735 |
| kw: entrada agua red | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ww: salida ACS | " GAS/M | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| z: recirculación ACS | " GAS/M | 1 1/2 | 1 1/2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| e: vaciado | " GAS/M | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| R: conexión lateral | " GAS/H | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| pc: conexión "lapesa correx-up" | " GAS/H | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| tm: conexión sensores | " GAS/H | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| kv: entrada primario | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| kr: retorno primario | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Superficie conjunto serpentines | m ² | 4,2 | 5,0 | 6,1 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 10,0 | 10,0 |
| Peso en vacío (aprox.) | Kg | 315 | 365 | 500 | 565 | 590 | 665 | 745 | 817 |

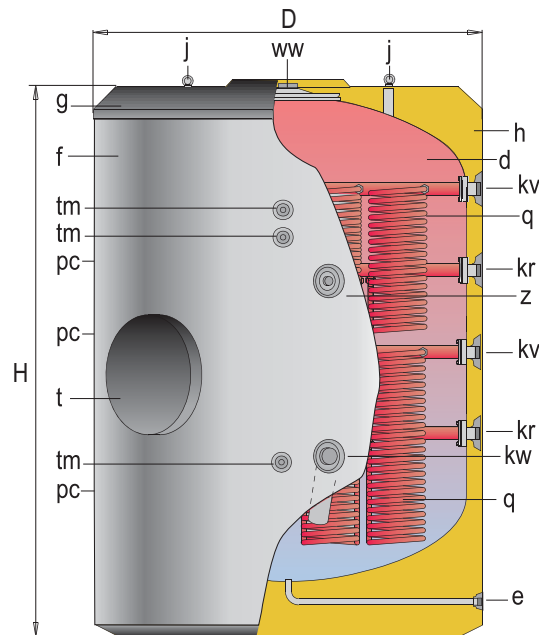
Nota: El depósito de 6.000 litros incorpora patas de apoyo.

DEPÓSITOS ACUMULADORES / PRODUCTORES ACS MASTER INOX - SERPENTÍN

lapesa

MASTER INOX "S2B / SS2B"

Depósitos para **PRODUCCIÓN/ACUMULACIÓN DE ACS**, de **2.000, 3.500, 5.000 y 6.000 litros** litros de capacidad. Modelos base "SB" y "SSB", con **DOS sistemas desmontables de serpentines** para producción de ACS, a través de dos fuentes energéticas externas combinadas. Con boca lateral de paso de hombre BH DN400 para acceso al interior del depósito, inspección y tratamientos de limpieza y mantenimiento. Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm. de espesor, con pieza aislante del mismo material en la BH DN400 lateral. Suministro opcional de conjunto de forro externo acolchado en PVC y conjunto embellecedores, o forrado con chapa de aluminio ALUNOX (pág.: 57).



- t - Boca de hombre DN 400
- d - Depósito acumulación ACS
- f - Forro externo
- g - Cubierta superior
- h - Aislamiento térmico
- j - Cáncamos para transporte
- q - Serpentines desmontables



| CARACTERÍSTICAS GENERALES | | MXV-2000 S2B / SS2B | MXV-3500 S2B / SS2B | MXV-5000 S2B / SS2B | MXV-6000 S2B / SS2B |
|---|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Capacidad ACS | l. | 2000 | 3500 | 5000 | 6000 |
| D: Diámetro exterior | mm. | 1360 | 1660 | 1910 | 1910 |
| H: Altura total | mm. | 2280 | 2580 | 2710 | 3210 |
| Diagonal | mm. | 2655 | 3068 | 3316 | 3735 |
| kw: entrada agua red | " GAS/M | 2 | 3 | 3 | 3 |
| ww: salida ACS | " GAS/M | 2 | 3 | 3 | 3 |
| z: recirculación ACS | " GAS/M | 1 1/2 | 2 | 2 | 2 |
| e: vaciado | " GAS/M | 1 | 1 | 1 | 2 |
| pc: conexión "lapesa correx-up" | " GAS/H | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| tm: conexión sensores | " GAS/H | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| kv: entrada primario | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 |
| kr: retorno primario | " GAS/M | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Superficie serpentines conjunto inferior "S2B" | m ² | 4,2 | 6,7 | 8,4 | 8,4 |
| Superficie serpentines conjunto inferior "SS2B" | m ² | 5,6 | 8,4 | 10,0 | 10,0 |
| Superficie serpentines conjunto superior "S2B" / "SS2B" | m ² | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 |
| Peso en vacío (aprox.) "S2B" / "SS2B" | Kg | 374 / 394 | 615 / 630 | 765 / 790 | 862 / 874 |

Nota: El depósito de 6.000 litros incorpora patas de apoyo.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

| | | | |
|---|--|--------------------|----------|
| Nombre del edificio | Complejo deportivo | | |
| Dirección | Calle Josefina Mayor 10, Polígono Industrial El Goro | | |
| Municipio | Telde | Código Postal | 28011 |
| Provincia | Las Palmas | Comunidad Autónoma | Canarias |
| Zona climática | alpha3 | Año construcción | 2018 |
| Normativa vigente (construcción / rehabilitación) | CTE 2013 | | |
| Referencia/s catastral/es | 1437205DS6913N0001FU | | |

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

| | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Edificio de nueva construcción | <input checked="" type="radio"/> Edificio Existente |
| <input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual | <input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local |

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

| | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------|-----------|
| Nombre y Apellidos | Antonio Ruiz | NIF(NIE) | 787 |
| Razón social | Certificado energético | NIF | 75685 |
| Domicilio | Calle Triana | | |
| Municipio | Las Palmas | Código Postal | 28011 |
| Provincia | Las Palmas | Comunidad Autónoma | Canarias |
| e-mail: | certificatosenergeticos@gmail.com | Teléfono | 668234567 |
| Titulación habilitante según normativa vigente | Arquitecto | | |
| Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión: | CEXv2.3 | | |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año] | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año] |
|--|---|
| | |

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 19/06/2018

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

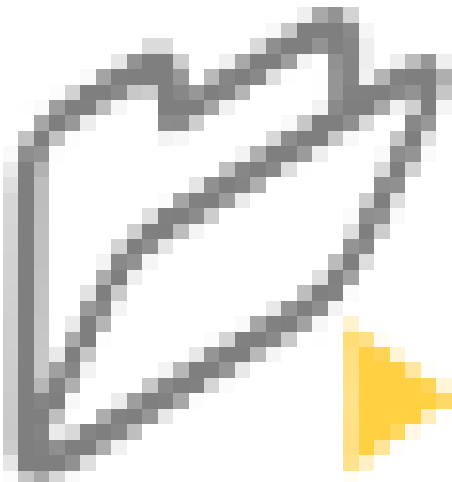
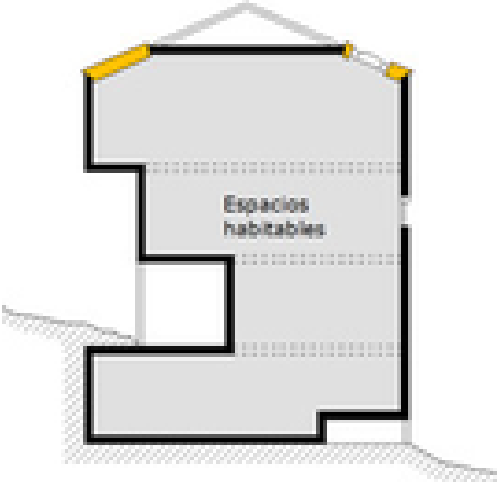
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

| | |
|---|--|
| Superficie habitable [m²] | 850.0 |
| Imagen del edificio | Plano de situación |
|  |  |

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Modo de obtención |
|-----------------------|----------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Muro de fachada Norte | Fachada | 486.5 | 0.94 | Por defecto |
| Muro de fachada Sur | Fachada | 486.5 | 0.94 | Por defecto |
| Muro de fachada Oeste | Fachada | 494.0 | 0.94 | Por defecto |
| Muro de fachada Este | Fachada | 494.0 | 0.94 | Por defecto |
| Cubierta con aire | Cubierta | 400.0 | 0.50 | Por defecto |
| Suelo con terreno | Suelo | 450.0 | 0.94 | Por defecto |

Huecos y lucernarios

| Nombre | Tipo | Superficie [m ²] | Transmitancia [W/m ² ·K] | Factor solar | Modo de obtención. Transmitancia | Modo de obtención. Factor solar |
|-----------------|-------|------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Ventana 1 Sur | Hueco | 8.0 | 3.37 | 0.69 | Estimado | Estimado |
| Ventana 1 Norte | Hueco | 6.0 | 3.37 | 0.69 | Estimado | Estimado |
| Puerta 1 Norte | Hueco | 1.5 | 4.00 | 0.12 | Estimado | Estimado |
| Puerta 1 Sur | Hueco | 1.5 | 4.00 | 0.12 | Estimado | Estimado |
| Ventana 2 Norte | Hueco | 6.0 | 3.37 | 0.69 | Estimado | Estimado |
| Ventana 2 Sur | Hueco | 4.0 | 3.37 | 0.69 | Estimado | Estimado |
| Ventana 1 Oeste | Hueco | 6.0 | 3.37 | 0.69 | Estimado | Estimado |
| Hueco | Hueco | 6.0 | 3.37 | 0.69 | Estimado | Estimado |

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Calefacción refrigeración y | Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable | | 350.0 | Electricidad | Conocido |
| TOTALES | Calefacción | | | | |

Generadores de refrigeración

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Calefacción refrigeración y | Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable | | 350.0 | Electricidad | Conocido |
| TOTALES | Refrigeración | | | | |

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

| | |
|---|--------|
| Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día) | 8400.0 |
|---|--------|

| Nombre | Tipo | Potencia nominal [kW] | Rendimiento Estacional [%] | Tipo de Energía | Modo de obtención |
|----------------|------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| Equipo ACS | Caldera Estándar | 24.0 | 81.2 | Gas Natural | Estimado |
| TOTALES | ACS | | | | |

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Potencia instalada [W/m ²] | VEEI [W/m ² ·100lux] | Iluminación media [lux] | Modo de obtención |
|-----------------|--|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Edificio Objeto | 10.00 | 2.50 | 400.00 | Conocido |
| TOTALES | 10.00 | | | |

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Superficie [m ²] | Perfil de uso |
|----------|------------------------------|------------------------|
| Edificio | 850.0 | Intensidad Media - 12h |

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

| | | | |
|----------------|--------|-----|------------------------|
| Zona climática | alpha3 | Uso | Intensidad Media - 12h |
|----------------|--------|-----|------------------------|

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

| INDICADOR GLOBAL | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|-----------------------|--|----------|---|----------|
| | 95.8 D | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | <i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i> 0.74 | C | <i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i> 64.16 | E |
| <i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i> | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | <i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i> 3.40 | A | <i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i> 27.53 | C |

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

| | kgCO ₂ /m ² año | kgCO ₂ /año |
|--|---------------------------------------|------------------------|
| <i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i> | 31.67 | 26919.80 |
| <i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i> | 64.16 | 54537.22 |

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

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

| INDICADOR GLOBAL | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|-----------------------|---|----------|--|----------|
| | 422.3 D | CALEFACCIÓN | | ACS | |
| | | <i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i> 2.79 | C | <i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i> 302.98 | F |
| <i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i> | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | |
| | | <i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i> 12.80 | A | <i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i> 103.74 | C |

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

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

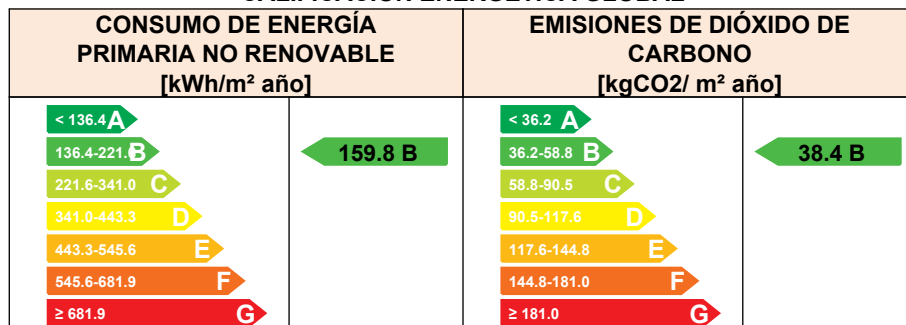
| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN |
|---|---|
| | |
| 3.3 F | 15.3 C |
| <i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i> | <i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i> |

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

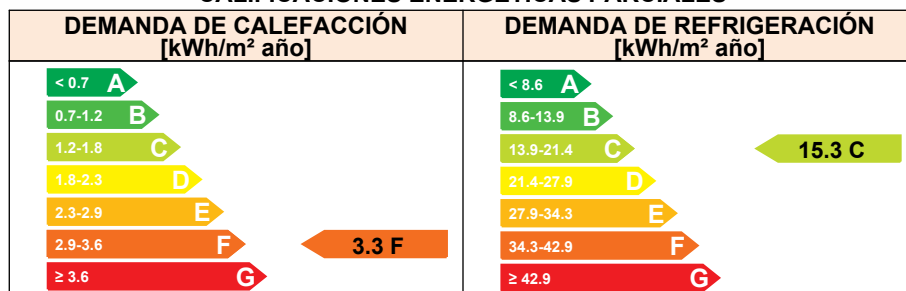
ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

mejoras paneles solares

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL



CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES



ANÁLISIS TÉCNICO

| Indicador | Calefacción | | Refrigeración | | ACS | | Iluminación | | Total | |
|--|-------------|---|---------------|---|---------|---|-------------|---|----------|---|
| | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original |
| Consumo Energía final [kWh/m ² año] | 0.67 | 30.0% | 4.38 | 0.0% | 63.65 | 75.0% | 35.48 | 0.0% | 92.41 | 68.7% |
| Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año] | 1.95 B | 30.0% | 12.80 A | 0.0% | 75.75 B | 75.0% | 103.74 C | 0.0% | 159.85 B | 62.2% |
| Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año] | 0.52 B | 30.0% | 3.40 A | 0.0% | 16.04 A | 75.0% | 27.53 C | 0.0% | 38.36 B | 60.0% |
| Demanda [kWh/m ² año] | 3.34 F | 0.0% | 15.33 C | 0.0% | | | | | | |

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Ahorro ACS 75%, cimatización 30%, Eelectricidad 30%

Coste estimado de la medida

-

Otros datos de interés


ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

| | |
|---|------------|
| Fecha de realización de la visita del técnico certificador | 18/06/2018 |
|---|------------|

| |
|--------------------------------------|
| COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR |
| Antonio Ruiz |

| |
|----------------------------------|
| DOCUMENTACION ADJUNTA |
| Instalación de energía renovable |



| | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|------------|
|  | IDENTIFICACIÓN | | Ref. Catastral | 1437205DS6913N0001FU | Versión informe asociado | 19/06/2018 |
| | Id. Mejora | | Programa y versión | CEXv2.3 | Fecha | 20/06/2018 |

Informe descriptivo de la medida de mejora



| DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA |
|-------------------------------------|
| mejoras paneles solares |


| DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA |
|---|
| Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Ahorro ACS 75%, cimatizacion 30%, Eelectricidad 30% |
| Coste estimado de la medida - |
| Otros datos de interés |

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

| CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año] | EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año] |
|---|--|
|  |  |
| 159.85 B | 38.36 B |

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m ² año] | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m ² año] |
|---|--|
|  |  |
| 3.34 F | 15.33 C |

| | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|--------------------|----------------------|--------------------------|------------|
|  | IDENTIFICACIÓN | | | Ref. Catastral | 1437205DS6913N0001FU | Versión informe asociado | 19/06/2018 |
| | Id. Mejora | | | Programa y versión | CEXv2.3 | Fecha | 20/06/2018 |

ANÁLISIS TÉCNICO

| Indicador | Calefacción | | Refrigeración | | ACS | | Iluminación | | Total | |
|--|-------------|---|---------------|---|-------|---|-------------|---|--------|---|
| | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original | Valor | ahorro respecto a la situación original |
| Consumo Energía final [kWh/m ² año] | 0.67 | 30.0% | 4.38 | 0.0% | 63.65 | 75.0% | 35.48 | 0.0% | 92.41 | 68.7% |
| Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año] | 1.95 | B 30.0% | 12.80 | A 0.0% | 75.75 | B 75.0% | 103.74 | C 0.0% | 159.85 | B 62.2% |
| Emissiones de CO2 [kgCO2/m ² año] | 0.52 | B 30.0% | 3.40 | A 0.0% | 16.04 | A 75.0% | 27.53 | C 0.0% | 38.36 | B 60.0% |
| Demanda [kWh/m ² año] | 3.34 | F 0.0% | 15.33 | C 0.0% | | | | | | |


ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

| Nombre | Tipo | Superficie actual [m ²] | Transmitancia actual [W/m ² K] | Superficie post mejora [m ²] | Transmitancia post mejora [W/m ² K] |
|-----------------------|----------|-------------------------------------|---|--|--|
| Muro de fachada Norte | Fachada | 486.50 | 0.94 | 486.50 | 0.94 |
| Muro de fachada Sur | Fachada | 486.50 | 0.94 | 486.50 | 0.94 |
| Muro de fachada Oeste | Fachada | 494.00 | 0.94 | 494.00 | 0.94 |
| Muro de fachada Este | Fachada | 494.00 | 0.94 | 494.00 | 0.94 |
| Cubierta con aire | Cubierta | 400.00 | 0.50 | 400.00 | 0.50 |
| Suelo con terreno | Suelo | 450.00 | 0.94 | 450.00 | 0.94 |

Huecos y lucernarios

| Nombre | Tipo | Superficie actual [m ²] | Transmitancia actual del hueco [W/m ² K] | Transmitancia actual del vidrio [W/m ² K] | Superficie post mejora [m ²] | Transmitancia a post mejora [W/m ² K] | Transmitancia a post mejora del vidrio [W/m ² K] |
|-----------------|-------|-------------------------------------|---|--|--|--|---|
| Ventana 1 Sur | Hueco | 8.00 | 3.37 | 3.30 | 8.00 | 3.37 | 3.30 |
| Ventana 1 Norte | Hueco | 6.00 | 3.37 | 3.30 | 6.00 | 3.37 | 3.30 |
| Puerta 1 Norte | Hueco | 1.50 | 4.00 | 0.00 | 1.50 | 4.00 | 0.00 |
| Puerta 1 Sur | Hueco | 1.50 | 4.00 | 0.00 | 1.50 | 4.00 | 0.00 |
| Ventana 2 Norte | Hueco | 6.00 | 3.37 | 3.30 | 6.00 | 3.37 | 3.30 |
| Ventana 2 Sur | Hueco | 4.00 | 3.37 | 3.30 | 4.00 | 3.37 | 3.30 |
| Ventana 1 Oeste | Hueco | 6.00 | 3.37 | 3.30 | 6.00 | 3.37 | 3.30 |
| Hueco | Hueco | 6.00 | 3.37 | 3.30 | 6.00 | 3.37 | 3.30 |

| | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|------------|
|  | IDENTIFICACIÓN | | Ref. Catastral | 1437205DS6913N0001FU | Versión informe asociado | 19/06/2018 |
| | Id. Mejora | | Programa y versión | CEXv2.3 | Fecha | 20/06/2018 |

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción


| Nombre | Tipo | Potencia nominal | Rendimiento Estacional | Estimación Energía Consumida anual | Tipo post mejora | Potencia nominal post mejora | Rendimiento o estacional post mejora | Estimación Energía Consumida anual Post mejora | Energía anual ahorrada |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| | | [kW] | [%] | [kWh/m ² año] | | [kW] | [%] | [kWh/m ² año] | [kWh/m ² año] |
| Calefacción y refrigeración | Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable | | 350.0% | - | Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable | | 350.0% | - | - |
| TOTALES | | | | | | | | | |

Generadores de refrigeración

| Nombre | Tipo | Potencia nominal | Rendimiento Estacional | Estimación Energía Consumida anual | Tipo post mejora | Potencia nominal post mejora | Rendimiento o estacional post mejora | Estimación Energía Consumida anual Post mejora | Energía anual ahorrada |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| | | [kW] | [%] | [kWh/m ² año] | | [kW] | [%] | [kWh/m ² año] | [kWh/m ² año] |
| Calefacción y refrigeración | Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable | | 350.0% | - | Bomba de Calor - Caudal Ref. Variable | | 350.0% | - | - |
| TOTALES | | - | | - | | - | | - | - |

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

| Nombre | Tipo | Potencia nominal | Rendimiento Estacional | Estimación Energía Consumida anual | Tipo post mejora | Potencia nominal post mejora | Rendimiento o estacional post mejora | Estimación Energía Consumida anual Post mejora | Energía anual ahorrada |
|----------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| | | [kW] | [%] | [kWh/m ² año] | | [kW] | [%] | [kWh/m ² año] | [kWh/m ² año] |
| Equipo ACS | Caldera Estándar | 24.0 | 81.2% | - | Caldera Estándar | 24.0 | 81.2% | - | - |
| TOTALES | | - | | - | | - | | - | - |

| | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|------------|
|  | IDENTIFICACIÓN | | Ref. Catastral | 1437205DS6913N0001FU | Versión informe asociado | 19/06/2018 |
| | Id. Mejora | | Programa y versión | CEXv2.3 | Fecha | 20/06/2018 |

Torres de refrigeración (sólo edificios terciarios)

| Nombre | Tipo | Servicio asociado | Consumo de energía [kWh/año] | Tipo post mejora | Servicio asociado post mejora | Consumo de energía post mejora |
|--------|------|-------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | |

Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)

| Nombre | Tipo | Servicio asociado | Consumo de energía [kWh/año] | Tipo post mejora | Servicio asociado post mejora | Consumo de energía post mejora |
|--------|------|-------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Potencia instalada [W/m ²] | VEEI [W/m ² 100lux] | Iluminancia media [lux] | Potencia instalada post mejora [W/m ²] | VEEI post mejora [W/m ² 100lux] | Iluminancia media post mejora [lux] |
|-----------------|--|--------------------------------|-------------------------|--|--|-------------------------------------|
| Edificio Objeto | 10.0 | 2.5 | 400 | 10.0 | 2.5 | 400 |
| TOTALES | 10.0 | - | - | 10.0 | - | - |


CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

| Espacio | Superficie [m ²] | Perfil de uso |
|-----------------|------------------------------|------------------------|
| Edificio Objeto | 850.0 | Intensidad Media - 12h |

ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

| Nombre | Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%] | | | Demanda de ACS cubierta [%] |
|----------------|---|---------------|-----|-----------------------------|
| | Calefacción | Refrigeración | ACS | |
| - | - | - | - | - |
| TOTALES | - | - | - | - |

| | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|------------|
|  | IDENTIFICACIÓN | | Ref. Catastral | 1437205DS6913N0001FU | Versión informe asociado | 19/06/2018 |
| | Id. Mejora | | Programa y versión | CEXv2.3 | Fecha | 20/06/2018 |

Post mejora

| Nombre | Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%] | | | Demanda de ACS cubierta [%] |
|----------------------------|---|---------------|------|-----------------------------|
| | Calefacción | Refrigeración | ACS | |
| Contribuciones energéticas | 30 | - | 75 | - |
| TOTALES | 30.0 | - | 75.0 | - |

Eléctrica

| Nombre | Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año] | Energía eléctrica generada y autoconsumida post mejora [kWh/año] |
|----------------------------|--|--|
| Contribuciones energéticas | - | 10000 |
| TOTALES | - | 10000.0 |

ANEXO II

PLANOS

A

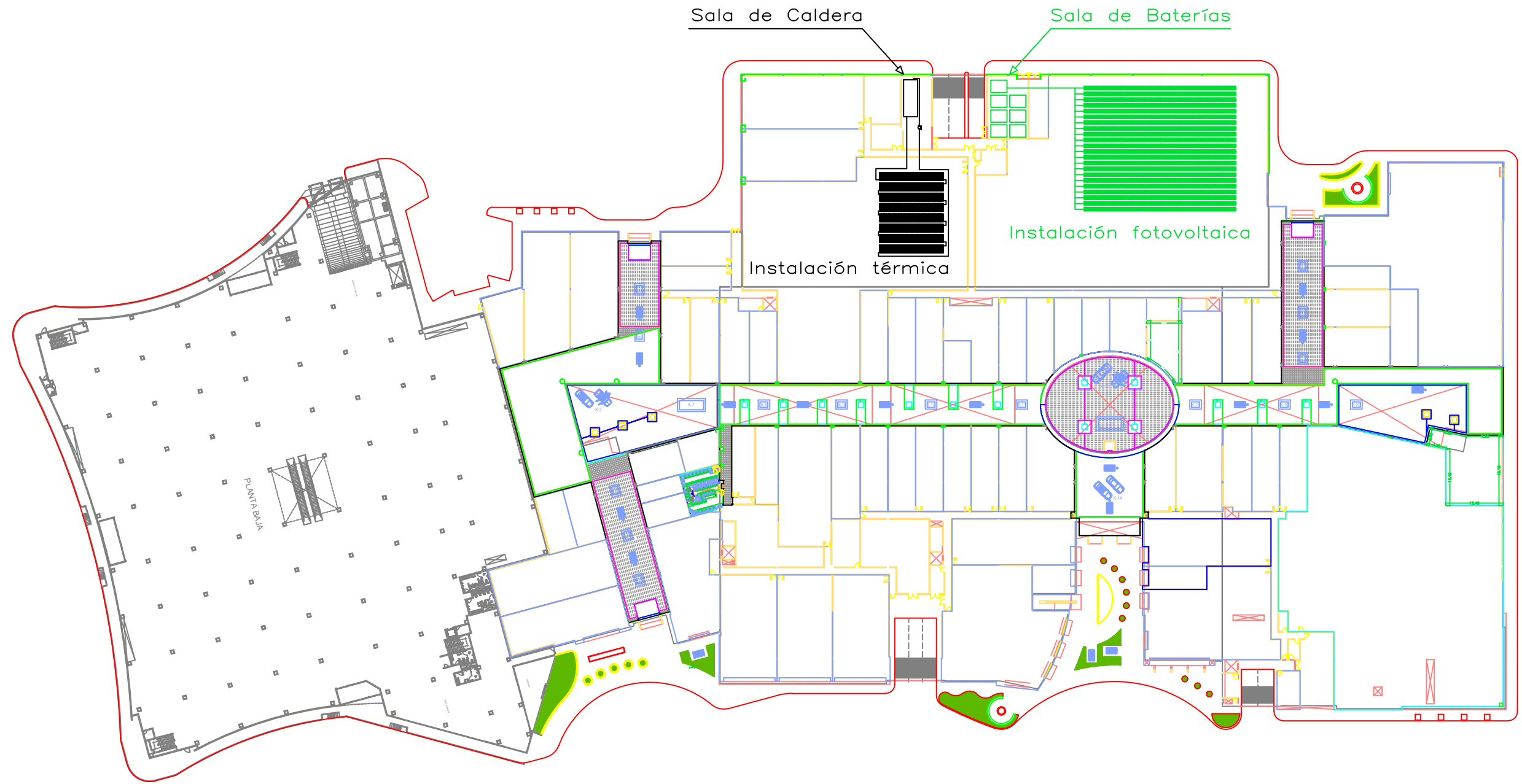
B

C

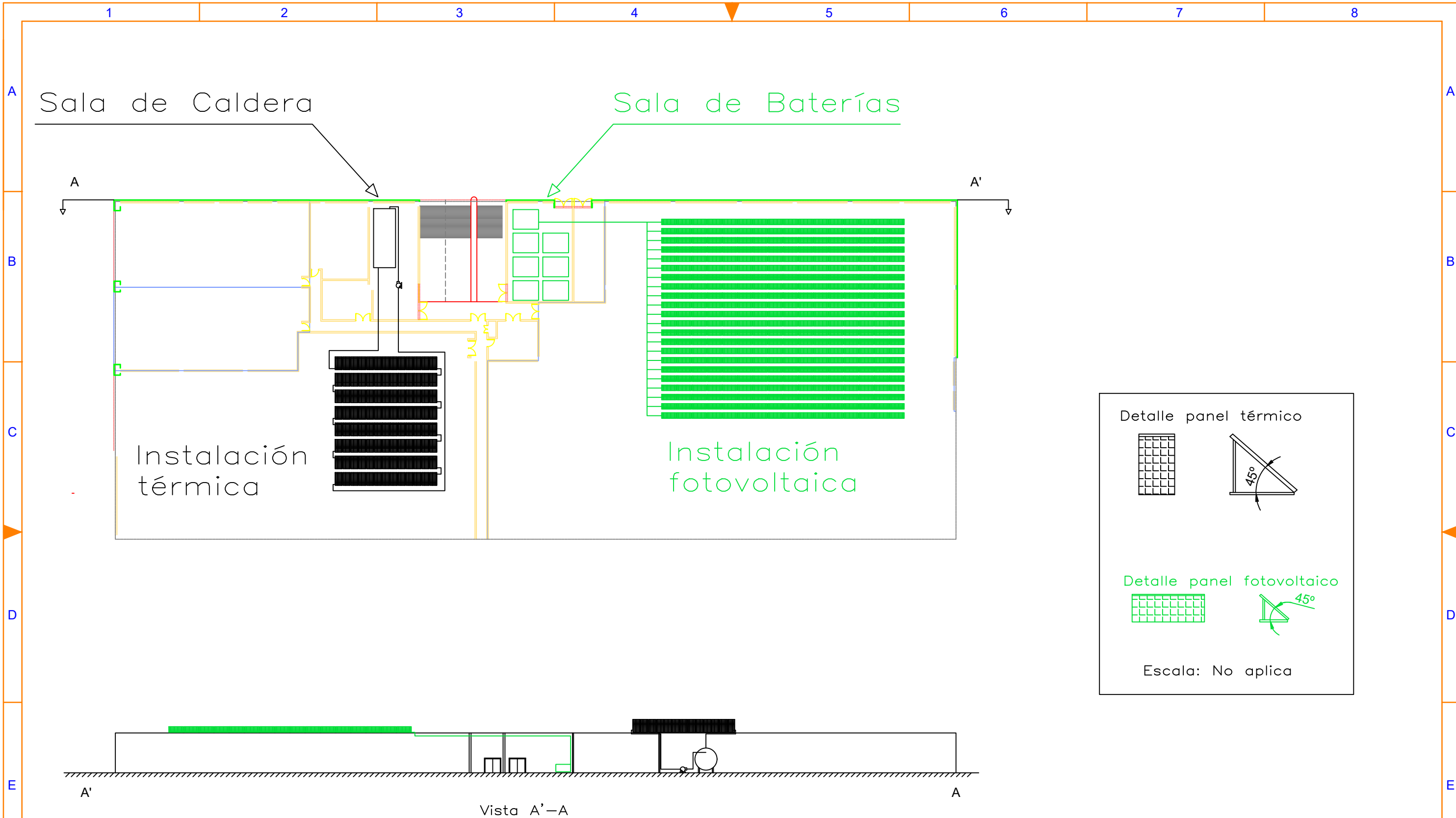
D

E

F



| | | | | | |
|--------------|--|--------------------------|--|--|--|
| ASIGNATURA | | TRABAJO DE FIN DE MASTER | | PLANTA GENERAL | |
| ALUMNO | | CARLOS VILLALOBOS DIAZ | | PROYECTO | |
| ESPECIALIDAD | | MECÁNICA | | AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UN COMPLEJO DEPORTIVO | |
| ESCALA | | 1:500 | | I.C.A.I. | |
| | | | | Nº DE PLANO: | |
| | | | | 1/2 | |



| | | | |
|--|------------------------|---|--|
| ASIGNATURA TRABAJO DE FIN DE MASTER | | DETALLE PLANTA Y ALZADO DE INSTALACIÓN | |
| NOMBRE | | FECHA | PROYECTO AHORRO ENERGÉTICO CON ENERGÍA SOLAR PARA UN COMPLEJO DEPORTIVO |
| ALUMNO | CARLOS VILLALOBOS DÍAZ | 13/06/18 | |
| ESPECIALIDAD | MECÁNICA | | I.C.A.I. |
| ESCALA | 1:500 | | |
| | | | Nº DE PLANO: 2/2 |