

# **Instalación solar fotovoltaica para el autoabastecimiento eléctrico en la pedanía de Las Bayas, Elche**



## **Trabajo de Fin de grado**

Autora: Ana Rodríguez Quirant

Tutora: Etelvina Andreu Sánchez

**Grado en Ciencias Ambientales  
Departamento de Física y Arquitectura de los Computadores  
Área de Física Aplicada  
Facultad de Ciencias Experimentales**



*A todas y cada una de las personas que se han interesado por este proyecto, que me han apoyado y tendido la mano siempre que lo he necesitado. A mis padres, que sin ellos no habría llegado hasta aquí. Solo puedo expresar mi sincero agradecimiento por apoyarme durante la etapa académica que hoy culmina. Además, me gustaría darle las gracias a Etelvina Andreu por su valiosa ayuda, por haber aceptado ser mi tutora y hacer posible este proyecto.*

## **Instalación solar fotovoltaica para el autoabastecimiento eléctrico en la pedanía de Las Bayas, Elche**

Autora: Ana Rodríguez Quirant

Tutora: Etelvina Andreu Sánchez

Área de Conocimiento: Física Aplicada

Departamento: Física y Arquitectura de los Computadores

**Resumen:** En este trabajo se aborda el diseño y dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica para el autoconsumo eléctrico en la pedanía ilicitana de las Bayas. El estudio y diseño de esta instalación contempla no solo la producción eléctrica suficiente para cubrir las necesidades públicas de energía eléctrica en las instalaciones municipales sino la posible rentabilización del excedente eléctrico al ser una instalación conectada a la red eléctrica. Se han tenido en cuenta las condiciones climáticas medias de la pedanía así como las necesidades energéticas anuales y se ha diseñado un sistema teniendo en cuenta la viabilidad económica del proyecto.

**Palabras clave:** energía fotovoltaica, autoconsumo, módulo solar, inversor, corriente alterna.

**Abstract:** This paper addresses the design and dimensioning of a solar photovoltaic installation connected to the electrical grid in the district of Las Bayas, in Elche. The study and design of this installation envisages not only enough electrical production to cover the public needs in the municipal facilities, but also —and being an installation connected to the electrical grid— the prospective profitability of the electrical surplus. Both the average climatic conditions of the district and the annual energy requirements have been considered. Furthermore, a system has been designed considering the economic viability of the project.

**Keywords:** Photovoltaic energy, electrical self-consumption, solar cell, inverter, AC current.

# ÍNDICE

1.	Introducción .....	1
2.	Objetivos .....	3
3.	Memoria del proyecto. ....	4
3.1.	Introducción a la energía solar fotovoltaica .....	4
3.1.1.	La energía solar .....	4
3.1.2.	Los efectos fotoeléctrico y fotovoltaico. ....	7
3.1.3.	La célula, el módulo y el generador fotovoltaico .....	11
3.1.4.	Parámetros de funcionamiento de la célula y el módulo fotovoltaicos. ....	13
3.1.5.	Factores que afectan la característica IV .....	15
3.1.6.	Sistemas fotovoltaicos .....	15
3.1.7.	Las estructuras soporte .....	17
3.1.8.	El inversor .....	17
3.1.9.	El dispensador o contador eléctrico.....	18
3.2.2.	Datos generales de la pedanía .....	18
3.2.3.	Análisis de las necesidades energéticas de la pedanía.....	19
3.2.4.	Ubicación de la instalación.....	20
3.3.	Situación energética actual y política energética.....	21
3.4.	Legislación aplicable.....	23
4.	Cálculos de la instalación.....	24
4.2.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica.....	25
4.2.1.	Determinación de la inclinación óptima.....	25
4.2.2.	Sombras cercanas .....	26
4.3.	Elección del módulo fotovoltaico .....	26
4.4.	Elección del inversor .....	28
4.5.	Diseño de la instalación.....	29
4.6.	Resultados de la simulación .....	29
5.	Presupuesto estimado .....	30
6.	Viabilidad económica del proyecto.....	33
7.	Conclusiones .....	35
8.	Bibliografía .....	38
9.	ANEXOS.....	40

## 1. Introducción

La evolución de nuestra sociedad, el desarrollo tecnológico que permite la mecanización de las tareas y el consiguiente incremento de la demanda, así como el crecimiento demográfico, los cada vez mayores niveles de confort de la sociedad y la inapelable aceleración en los ritmos de vida conllevan considerables demandas energéticas. En los últimos años se ha conocido un enorme incremento de la demanda energética mundial, cuestionándose la sostenibilidad de las fuentes energéticas actuales.

El uso de las fuentes de energía convencionales (madera, carbón, petróleo y derivados, recursos hidráulicos, energía nuclear, gas natural...) acarrea efectos colaterales negativos, que han derivado en un creciente agotamiento de los recursos naturales y un mayor deterioro del medio ambiente.

De esta manera, factores que se asocian al incremento de la contaminación (desertización, calentamiento global, lluvia ácida, daños en la fauna y la flora, etc.) y demás problemas ambientales tienen su origen en factores relacionados con el incremento de la producción y consumo de energía.

Por otra parte, cabe indicar que el 80% del consumo energético es causado por las sociedades más industrializadas, es decir, una cuarta parte de la población mundial. Por tanto, si el crecimiento que se produce en las otras tres cuartas partes es similar al previsto, indudablemente aumentará la demanda energética y su satisfacción podría ser imposible o suponer una gran dificultad debido a la escasez de los recursos. (Sacristán Benito, 2014, pág. 10)

Es por ello por lo que los gobiernos y organismos internacionales con capacidad de actuación en el sector energético vienen desarrollando, sobre todo a partir de las últimas dos décadas, planes de actuación en todos los sectores poblacionales con la finalidad de concienciar acerca del consumo desmedido y sus consecuencias, la necesidad de una mayor eficiencia energética en máquinas y equipos, las instalaciones térmicas, y la investigación en fuentes energéticas más respetuosas con el medio ambiente y que no supongan un agotamiento de estos recursos naturales.

La energía procedente de la biomasa, la energía hidráulica, la energía eólica, y por supuesto la captación directa de la energía solar, objeto de este proyecto, son fuentes de energía que se presentan como inagotables, y que apenas atentan contra el medio natural.

La cantidad de energía recibida del Sol anualmente se estima del orden de  $1,49 \times 10^8$  kWh. Dicha cifra es mucho mayor al total del consumo mundial. Además, se trata de una energía limpia, proveniente de una fuente inagotable y que, económicamente hablando, únicamente supondría un coste en la instalación del sistema. El principal problema de esta energía está en cómo convertirla

de una forma eficiente en energía útil, que el ser humano pueda aprovechar. (Castro Gil, Carpio Ibáñez, Guirado Torres, Colmenar Santos, & Dávila Gómez, 2000, pág. 5)

En nuestro caso, la pedanía de Las Bayas, perteneciente al término municipal de Elche, se sitúa en uno de los puntos que recibe mayor radiación solar de toda Europa (teniendo en cuenta que la máxima irradiancia global media en Europa es de 4,92 kWh/m<sup>2</sup>·día en Atenas (Sancho Ávila, Riesco Martín, Jiménez Alonso, Sánchez de Cos Escuin, Montero Cadalso, & Lopez Bartolomé, 2012) frente a los 5,2 kWh/m<sup>2</sup>·día que se reciben en las Bayas (ADRASE)), por lo que la energía solar fotovoltaica, permitiría autoabastecer tanto el consumo público como el consumo privado de los habitantes de la pedanía. La energía solar fotovoltaica convierte directamente la energía solar en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico. La luz solar transporta energía en forma de flujo de fotones, que cuando inciden en determinado tipo de materiales bajo ciertas condiciones, provocan una corriente eléctrica (Espejo Marín, 2004).

Las posibilidades de aplicación de la energía solar fotovoltaica son inmensas y abarcan desde las aplicaciones más simples como calculadoras y relojes solares, a las más complejas como sistemas de alimentación para satélites artificiales o grandes plantas de generación eléctrica.

Actualmente, las instalaciones solares fotovoltaicas pueden ser básicamente de dos tipos: instalaciones aisladas, orientadas fundamentalmente a aplicaciones de bombeo, señalización, comunicaciones y electrificación rural, e instalaciones conectadas a red, orientadas a la venta de energía eléctrica y al autoconsumo.

Las instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo son un recurso empleado por los ayuntamientos para ahorrar en la factura eléctrica y hacerlo de una forma sostenible.

Como ejemplo de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red orientadas al autoconsumo se puede tomar el proyecto de la localidad valenciana de L'Alcúdia, que cuenta con aproximadamente 12.000 habitantes (11.926 en 2017, según el Instituto Nacional de Estadística). Dicho municipio aspira a ser responsable con el medio ambiente y cumplir con el objetivo europeo de reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un 40% para 2030. El municipio de l'Alcúdia conseguirá incrementar la producción de energía renovable en 18.000 kWh anuales y, al mismo tiempo, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 8,835 toneladas al año gracias a las inversiones realizadas en esta localidad en el marco del Pacto de Alcaldías por el Clima y la Energía. Dicha inversión alcanza los 60.000 euros, 50.000 aportados por la Diputación y 10.000 por el Ayuntamiento.

Otro ejemplo es el caso de Logroño, donde las instalaciones solares fotovoltaicas se encuentran en las cubiertas del Ayuntamiento, de los Centros de Educación Infantil de El Cubo y El Arco, del edificio Smart Logroño y de la biblioteca Rafael Azcona. Las estimaciones reflejan que estas

cinco instalaciones fotovoltaicas producirán anualmente 163.818 kWh para autoconsumo y 24.859 kWh para verter energía a la red eléctrica, además de evitar la emisión de 64 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Este proyecto profesional surge con el objetivo de, por una parte, promover un consumo de energía limpio y sostenible contribuyendo a la lucha contra el cambio climático y contra la contaminación del planeta Tierra debida al uso de combustibles fósiles. Por otra parte, este proyecto permitiría beneficiarse del abaratamiento de los costes del consumo eléctrico, tanto a los ayuntamientos, con el consumo público, como a los ciudadanos con el consumo privado.

El objeto de este trabajo se limita a la pedanía de Las Bayas, pero de forma ideal podría llegar a producirse en grandes ciudades como Elche.

## **2. Objetivos**

El objetivo del presente trabajo de fin de grado consiste en la realización de un proyecto profesional que estudie el dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica, para conexión a la red de distribución, que pueda garantizar el suministro de energía eléctrica a una pedanía de Elche, Las Bayas, con el fin de satisfacer la demanda existente de electricidad en los edificios que prestan servicios públicos.

Además, este documento aborda el objetivo académico de adaptar los conocimientos obtenidos durante esta etapa universitaria y aplicarlos para la realización de este proyecto profesional utilizando, para dicho propósito, energías renovables, concretamente a través de un sistema fotovoltaico conectado a la red. De esta manera, no solo se diseña un sistema que satisfaga y abarate las necesidades de la población de la pedanía en términos de energía eléctrica, sino que se fomenta el uso de energías renovables, fundamentales para un futuro energéticamente sostenible.

### **3. Memoria del proyecto.**

#### **3.1. Introducción a la energía solar fotovoltaica**

##### **3.1.1. La energía solar**

Dada a la influencia del Sol en todos los procesos biológicos que dan lugar a la vida, se le ha llegado a dotar de un valor del que el hombre siempre ha intentado sacar provecho. Es difícil valorar la magnitud de su aporte diario, pero es fácil que se asocie su funcionamiento a un mecanismo simple como es el de cualquier fuente de energía.

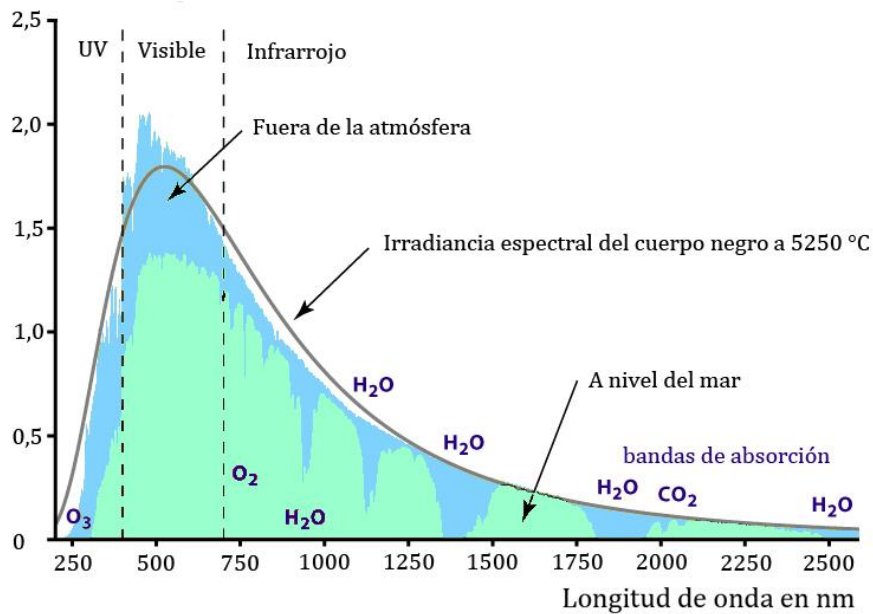
El sol sale para todos cada día y seguirá enviándonos asombrosas cantidades de calor y de energía, ajeno al aprovechamiento que podamos hacer de ella. Su mayor virtud es también su mayor defecto, al tratarse de una forma de energía difusa y poco concentrada, y de ahí las dificultades que entraña el aprovechamiento directo de la radiación solar, en una sociedad en la que el consumo de energía se concentra en unas pocas fábricas industriales y grandes metrópolis. (Santamarta, 2004)

La energía solar no es otra cosa que la energía que se recibe del Sol. Al ser el espacio una entidad vacía la energía no puede llegar más que a través del fenómeno de la radiación y por ello, de toda la inmensa cantidad de procesos que se generan en el Sol, solo los que son el resultado de sus emisiones electromagnéticas son los que atraviesan la atmósfera y llegan a la superficie en forma de energía solar.

A priori, de lo que llega del Sol se puede distinguir fenómenos distintos como la luz y el calor. Si se hiciese una especie de radiografía detallada se podría apreciar que esa energía es la suma de muchas más de dos. La medida que indica las posibles radiaciones que emite un cuerpo y qué cantidad de las mismas se concentran en los distintos rangos de longitud de onda, es una especie de foto de la radiación y se conoce como el espectro.

Una primera observación del espectro predice que el conjunto de la radiación que se recibe es un conjunto de radiaciones electromagnéticas, de diferentes longitudes de onda, que varían entre 0,2 y 4 micras. La relación entre esa longitud de onda y su poder energético es inversa. Las radiaciones de menor longitud son las de más capacidad energética y viceversa.

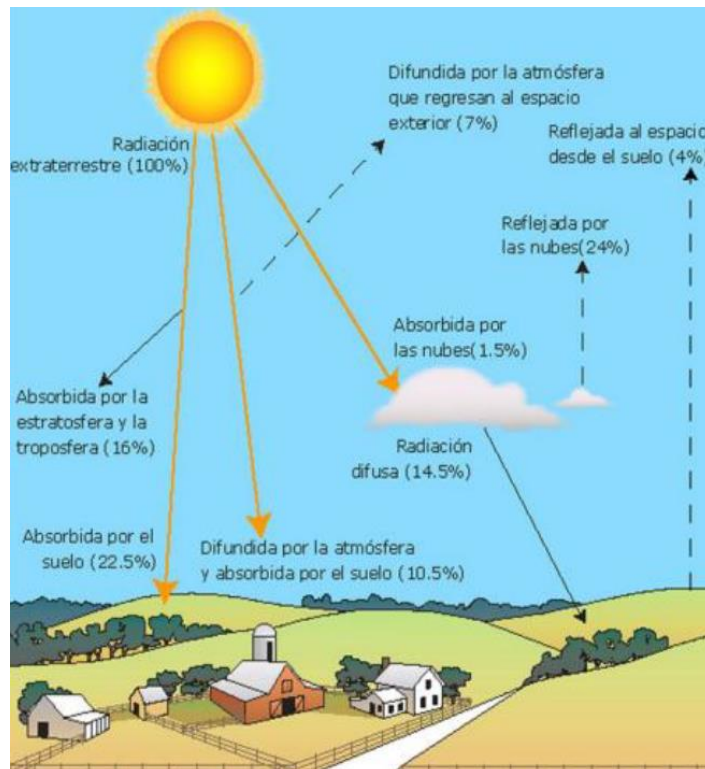




**Figura 1. Irradiancia espectral del sol en  $W/m^2 \cdot nm$  (cortesía de ECYT-Ar)**

El siguiente punto a abordar es el de la cuantificación de la energía contenida en la radiación incidente. Se ha demostrado experimentalmente que el Sol envía energía en una cantidad constante que es de aproximadamente  $1.353 W/m^2$ .

Igualmente importantes son las variaciones diarias y estacionales de la radiación solar, y sus dos componentes, la radiación directa y la difusa. La radiación directa es la recibida del Sol cuando el cielo está despejado, y la difusa la que resulta de reflejarse en la atmósfera y las nubes. (Santamarta, 2004). Conforme la radiación atraviesa la atmósfera, pierde intensidad, a la vez que se modifica su distribución espectral (figura 1). Todo ello es debido a complejos fenómenos de difusión, reflexión y de absorción, que hacen que aproximadamente la mitad de la radiación incidente sea devuelta hacia el espacio antes de alcanzar la superficie terrestre (figura 2). Las nubes, el contenido atmosférico de polvo, gases y, sobre todo, vapor de agua, contribuyen a diluir la radiación que ha de llegar a la superficie. Cuanta más cantidad de los factores citados encuentre la radiación a su paso, mayor será la parte reflejada y absorbida y menor la radiación que quedará disponible.

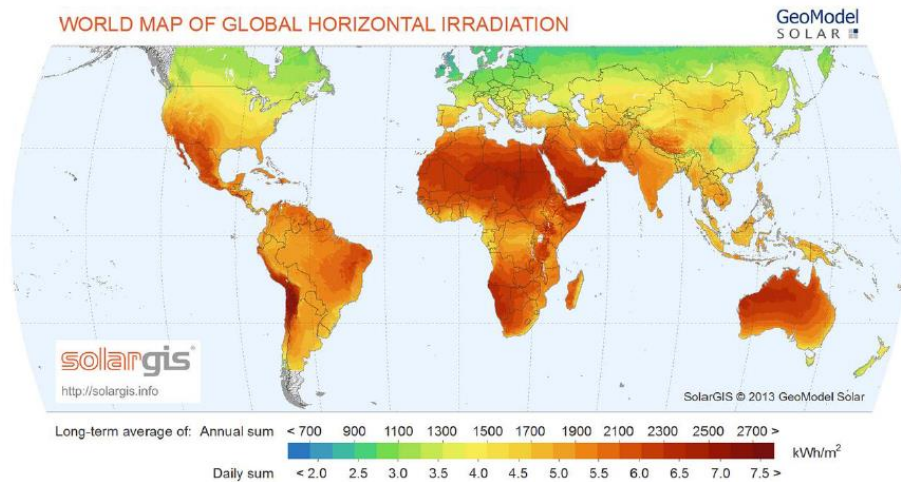


**Figura 2. Pérdidas en la radiación solar a su paso por la atmósfera (fuente: <http://losenergeticos4.blogspot.es>)**

Además de estos factores, la disminución de la intensidad de la radiación depende del espesor de la capa de aire, de la situación geográfica del lugar, de la época del año, etc. Ello da una idea de la gran complejidad de los elementos que influyen en la intensidad de la radiación solar en un lugar determinado. Con todo esto, la radiación que llega al suelo es de unos  $1.000 \text{ W/m}^2$ . (Green, Emery, Hishikawa, & Warta, 2010)

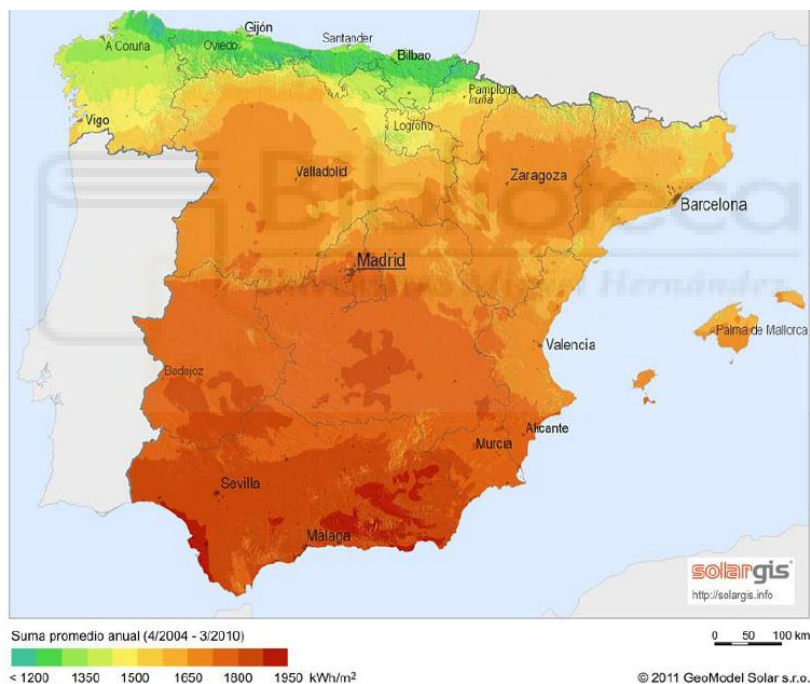
A todo ello hay que sumar el hecho de que la distribución de la energía solar que llega a la Tierra no es uniforme para todo el planeta. Depende de la hora del día, de la latitud del lugar y de la orientación de la superficie receptora así como de las condiciones climáticas del lugar. Los primeros factores son perfectamente calculables, pero las condiciones climáticas solo son predecibles en términos estadísticos.

Así pues, el problema de conocer la potencia de la radiación incidente es el primer dato que no es de definición simple, y exige el uso de tablas que indican los valores que estadísticamente se puede esperar a las diferentes horas del día a lo largo de los meses del año. En el siguiente mapa (Figura 3) podemos ver la irradiación media diaria y anual en el plano horizontal a nivel mundial.



**Figura 3. Irradiación solar media y anual a nivel mundial**

También se dispone de los datos a un nivel más detallado para España (Figura 4).



**Figura 4. Irradiación media en España (fuente: <http://solargis.info>)**

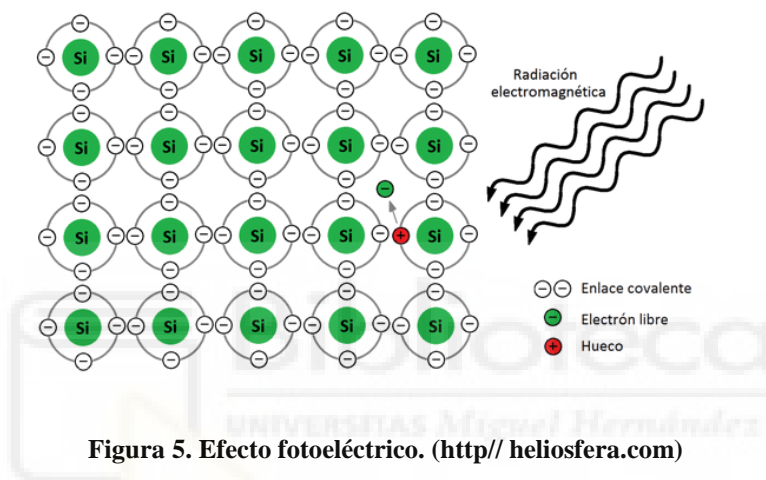
### 3.1.2. Los efectos fotoeléctrico y fotovoltaico.

El efecto fotoeléctrico se puede entender de manera sencilla como sigue. Si iluminamos una superficie metálica con un haz luminoso de frecuencia apropiada, se emiten electrones de la superficie. Esta emisión de electrones desde la superficie por la acción de la luz se denomina efecto fotoeléctrico (Einstein, 1905). Es decir, el efecto fotoeléctrico es el proceso por el cual se liberan electrones de un material debido a la incidencia de la radiación electromagnética.

Cuando los fotones llegan al material, su energía puede ser absorbida por los electrones de dicho material. De este modo los electrones adquieren un nivel energético superior. Además si ese nivel es superior al que necesitan para abandonarlo, entonces generan un par electrón-hueco. El hueco se comporta como una carga positiva.

Parte de la energía del fotón se utilizará para liberarlo de la estructura cristalina a la que pertenece, mientras que el resto servirá para aumentar su velocidad (energía cinética).

Si la energía de los fotones es baja, los electrones no serán capaces de abandonar el material. En dicho caso no se producirá el fenómeno de fotoemisividad.



La energía de los fotones no depende de la intensidad de la radiación, sino de su longitud de onda. A menor longitud de onda, mayor energía ( $E=h \cdot c/\lambda$ ). Es por ello que si a una determinada longitud de onda no se consigue el efecto fotoeléctrico, incrementando su intensidad tampoco se logrará. En cambio, si se disminuye su longitud de onda, y por lo tanto se aumenta su energía, sí se podría conseguir.

El material al que se viene haciendo referencia ha de ser un material semiconductor y, de entre todos, el más utilizado es el Silicio.

Cada semiconductor tiene una energía mínima necesaria para romper un enlace y que aparezca un par electrón-hueco, por lo tanto, una longitud de onda máxima. Por ejemplo, para el Silicio se necesita una energía superior a 1,12 eV, que corresponde con una longitud de onda inferior a 1.100 nm.

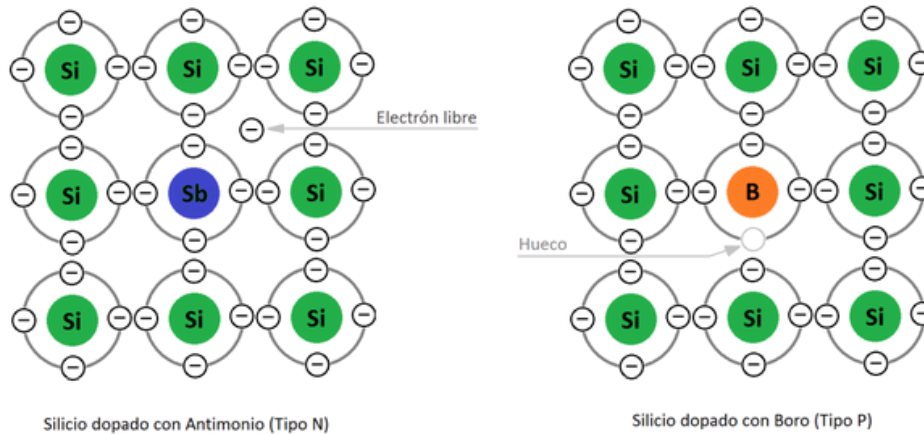
Los electrones y los huecos se generan cuando la radiación incide sobre el material semiconductor. Estos se mueven aleatoriamente pudiendo ocupar cada electrón un hueco libre en lo que se conoce como recombinación del par electrón-hueco. Este movimiento de cargas da lugar

a una "corriente eléctrica" en el interior del material denominada conductividad intrínseca, y que carece de efectos externos, es decir, no genera electricidad.

El efecto fotovoltaico, descubierto por Becquerel en 1839, consiste en la generación de una fuerza electromotriz en un dispositivo semiconductor, debido a la absorción de la radiación luminosa. Las células fotovoltaicas convierten la energía luminosa del Sol en energía eléctrica. (Santamarta, 2004). La forma de convertir este movimiento en una corriente eléctrica, es conseguir que el movimiento de los electrones no sea errático sino direccionado, lo cual implica el crear un campo eléctrico en el seno del material. La forma más usual de crear ese campo eléctrico interno es impurificar el material con pequeñísimas cantidades de otros átomos.

Para entender cómo se produce este fenómeno a nivel atómico es necesario introducir los siguientes conceptos.

- Semiconductor extrínseco tipo N: En estos semiconductores; de tipo n, los portadores de carga son mayoritariamente electrones. Análogamente, las impurezas aceptoras, deficitarias en electrones con respecto al material de base, generan niveles localizados vacíos de energía, próxima a la energía de valencia. Estos átomos pueden reducirse tomando electrones de la banda de valencia y aumentando la densidad de huecos (disminuye la concentración de electrones). (Candal, Bilmes, & Blesa, 2001). Se produce al dopar (introducir) en la estructura cristalina de Silicio impurezas. Dichas impurezas serán de un elemento con cinco electrones de valencia en su orbital externo. Pueden ser Fósforo (P), Antimonio (Sb) o Arsénico (As). Como se aprecia en la imagen (figura 6), el átomo de Sb crea los cuatro enlaces covalentes. Además le sobra un electrón que se sale de su órbita para que quede estable. Con cada átomo de antimonio aparece un electrón libre en la estructura que aumenta su conductividad eléctrica. Son conocidos con el nombre de semiconductores tipo N por ser negativa la carga de los portadores añadidos.
- Semiconductor extrínseco tipo P: Se produce al dopar (introducir) en la estructura cristalina del Silicio impurezas. En este caso, dichas impurezas deberán ser de un elemento con tres electrones de valencia en su orbital exterior. Pueden ser Boro (B), Galio (Ga) o Indio (In). Como se aprecia en la imagen (figura 6), el átomo de Boro solo crea tres enlaces covalentes. De esta forma queda un átomo de Silicio con un electrón sin enlazar. Aparece entonces un hueco que se comporta como una carga positiva moviéndose por el interior de la red cristalina. Se conocen con el nombre de semiconductores tipo P por ser positiva la carga de los portadores añadidos.

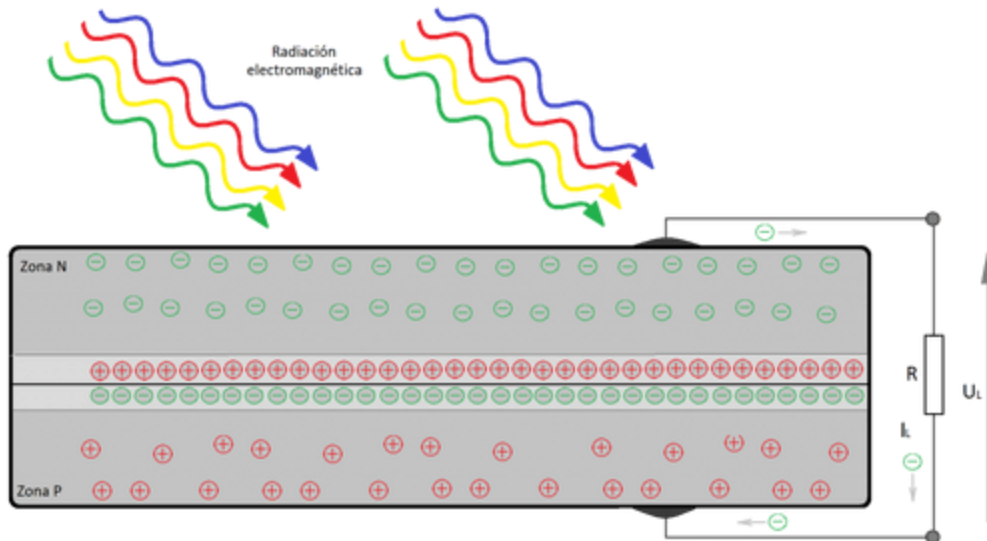


**Figura 6. Estructura cristalina de Silicio con dopaje tipo N (izquierda) y tipo P (derecha)**

- Unión del semiconductor P con el N: Al unir ambos semiconductores se produce un efecto de difusión de electrones de la zona N (alta concentración de electrones) a la zona P (baja concentración de electrones). Con lo huecos ocurre lo mismo, desplazándose desde donde hay mayor concentración (zona P) a donde hay menor concentración (zona N). En este movimiento de cargas, se produce en la zona de unión una neutralización debido a la combinación de electrones y huecos. La tensión que aparece entre las zonas, llamada barrera de potencial impide que continúe el movimiento de cargas, ya que las cargas positivas de la zona N repelen a los huecos que se acercan de P, y las cargas negativas de la zona P repelen a los electrones que se acercan de N.

Al exponer la unión P-N por la zona N a la radiación electromagnética, la energía de los fotones se transmite a los electrones rompiéndose los enlaces y quedando estos electrones libres. Se incrementa por tanto la carga negativa de la zona N y por lo tanto la diferencia de potencial. A medida que aumenta la radiación, también lo hará esta diferencia de potencial. Uniendo directamente sin resistencia (cortocircuito) la zona N y la zona P los electrones circulan desde la zona N a la zona P en lo que se denomina *corriente de cortocircuito*. Si se conecta a una carga, aparece entre los extremos una diferencia de potencial debido a la corriente que circula (figura 7). De esta forma se estaría consumiendo parte de la energía de la radiación electromagnética que incide sobre el material.





**Figura 7. Representación esquemática de la corriente que y el potencial entre las placas de una unión PN conectadas a una carga externa.**

Se puede concluir que, teniendo el mismo fundamento físico que el efecto fotoeléctrico, para que aparezca el efecto fotovoltaico es necesario que el material tenga una estructura molecular determinada (unión PN). Además debe incidir sobre dicho material una radiación electromagnética con energía suficiente para romper los enlaces covalentes de la red cristalina.

### 3.1.3. La célula, el módulo y el generador fotovoltaico

El efecto fotovoltaico, convierte cada célula solar fotovoltaica en una especie de pila que solo funciona cuando recibe luz solar, ofreciendo una diferencia de tensión de unos 0,5 V, por lo que, mediante el acoplamiento en serie o paralelo de varias células solares, se obtiene el módulo solar fotovoltaico adaptable a los niveles de tensión y corriente deseados.

La producción de las células solares, es la parte más cara de todo el desarrollo del sistema fotovoltaico. Se fabrican mediante la cristalización del Silicio, y existen tres tipos principales:

- **Monocristalino:** Presenta una estructura cristalina completamente ordenada. Se obtiene de silicio puro fundido dopado con boro. Se reconoce por su monocromía azulada y oscura metálica. (Pareja Aparicio, 2010) Se trata de las células fotovoltaicas más usadas en la actualidad, con rendimientos altos en comparación con el resto de tecnologías.
- **Policristalino:** Presenta una estructura ordenada por regiones separadas. Las zonas irregulares se traducen en una disminución del rendimiento. Se obtiene de la misma forma que el monocristalino pero con menos fases de cristalización (combinación de átomos).

Se reconoce porque en su superficie se distinguen distintos tonos de azules y grises metálicos (Pareja Aparicio, 2010)

- Amorfo: Presenta un alto grado de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química. Tiene un color homogéneo.(Pareja Aparicio, 2010). La gran ventaja de la utilización del Silicio amorfo para la fabricación de células fotovoltaicas radica en el espesor del material a utilizar, ya que puede llegar a ser 50 veces más fino que el equivalente fabricado en Silicio monocristalino. El coste de fabricación es inferior al resto de tecnologías, como consecuencia del poco material que se emplea y la facilidad de su fabricación en masa. Sin embargo, sus rendimientos son muy inferiores en comparación con las células de Silicio monocristalino.

Asimismo, existen células fotovoltaicas fabricadas con elementos alternativos al Silicio, como el arseniuro de galio, con un rendimiento teórico cercano al 27%-28%. El inconveniente de este material es que es raro y poco abundante, estando su tecnología poco avanzada y con costes elevados. (Martí Sempere, 2006)

Las células fotoeléctricas se unen entre sí en conexiones serie, paralelo o mixta, ofreciendo cada célula una diferencia de potencial de aproximadamente 0,4 V para obtener una tensión de 12 o 24 V. (Roldán Vilorio, 2013). De la misma manera que para alimentar un aparato de radio se ha de colocar varias pilas, para conseguir valores utilizables de voltaje, es preciso interconectar varias células solares. Los **módulos o paneles fotovoltaicos** están formados por la interconexión de células solares dispuestas en serie y/o en paralelo de manera que la tensión y corriente que finalmente proporcione el panel se ajusta al valor requerido.

Cada célula de las que compone un panel fotovoltaico es capaz de ofrecer una tensión del orden de 0,5 V y una potencia eléctrica alrededor de los 3 W, aunque este valor dependerá de la superficie que mida la célula. De esta manera la potencia que pueda ofrecer un módulo dependerá del número de células que posea, estando diseñado para el suministro eléctrico en corriente continua (DC), a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V). Para formar un panel o módulo fotovoltaico, las células conectadas unas con otras se dispondrán encapsuladas y montadas sobre una estructura soporte o marco, conformando el llamado módulo fotovoltaico.

No menos importante que incrementar el voltaje es la función de encapsulado que cumple el módulo; da rigidez mecánica a las frágiles y delgadas células y protege de las inclemencias atmosféricas a sus delicados contactos metálicos. La forma, hoy en día, más utilizada para cumplir estas funciones es colocar las células entre una lámina de vidrio y otra de un material plástico



(EVA), rodeado todo de un marco de aluminio. Se estima que la vida de tales módulos es superior a 20 años. De hecho, hay operando instalaciones con módulos que tienen más de 30 años sin que se les haya detectado una pérdida de rendimiento significativa. No todo el área ocupada por el módulo está cubierta con células solares y además existen ligeras pérdidas eléctricas debidas a la asociación en serie; como resultado la eficiencia típica de los módulos es de un 14-16%. (Pareja Aparicio, 2010); pudiendo llegar a ser de hasta 26,28% en un sistema fotovoltaico fijo y de un 33% en un sistema con seguimiento solar. (Pelayo López, Luna Soto, Bernabe Ramos, & Guzmán Flores, 2018)

Al sistema completo formado por el conjunto de módulos o paneles fotovoltaicos dispuestos o conexiónados en serie y/o en paralelo se le suele denominar **generador fotovoltaico**. Con el fin de poder ofrecer la potencia eléctrica deseada, así como de la tensión e intensidad de corriente a la salida del generador, los distintos módulos o paneles serán distribuidos en serie y/o en paralelo, según convenga.

### 3.1.4. Parámetros de funcionamiento de la célula y el módulo fotovoltaicos.

Cuando conectamos una célula solar a una carga y la célula está iluminada, se produce una diferencia de potencial en extremos de la carga y circula una corriente por ella. La corriente entregada a una carga ( $I$ ) por una célula solar es el resultado neto de dos componentes internas de corriente que se oponen:

- Corriente de iluminación ( $I_L$ ): debida a la generación de portadores que produce la luz.
- Corriente de oscuridad ( $I_D$ ): debida a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga.

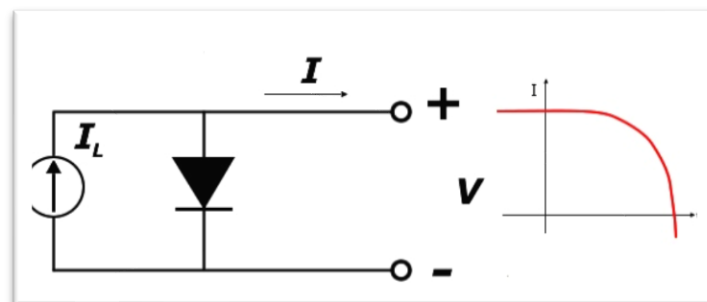
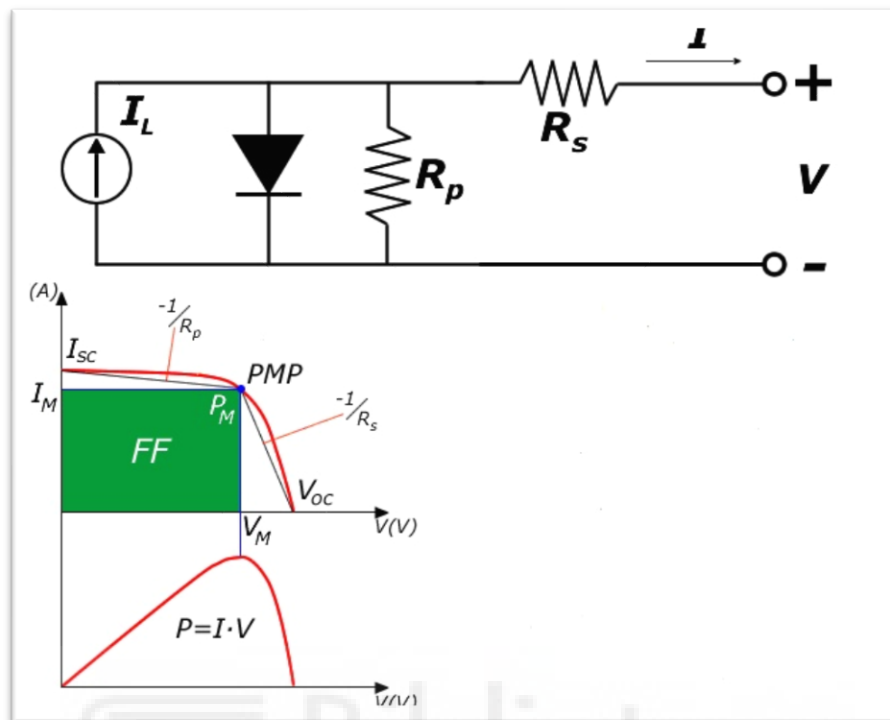


Figura 8. Circuito eléctrico equivalente de la célula solar ideal.

Eléctricamente esto equivale a:

$$I = I_L - I_0 \left[ \exp \frac{eV}{KT_C} - 1 \right] \quad (1)$$

Una célula solar fotovoltaica se puede caracterizar eléctricamente por su curva I-V, que representa pares de valores de tensión e intensidad en los que puede encontrarse funcionando la célula.



**Figura 9. (Superior) circuito equivalente de la célula solar real (Inferior) Curva característica I-V para una célula solar real**

Para cada punto de la curva I-V, el producto de la corriente y el voltaje representa la potencia de salida de las condiciones de operación. La potencia máxima en condiciones estándar de medida (1.000 W/m<sup>2</sup> y 25 °C) se conoce como la potencia pico de la célula.

Las células solares presentan una resistencia serie y una resistencia paralelo asociadas que reducen el factor de forma. La resistencia serie,  $R_s$ , es la debida principalmente a la resistencia del volumen del material, a las interconexiones y a la resistencia entre los contactos metálicos y el semiconductor. La resistencia paralelo,  $R_p$ , es debida a la no idealidad de la unión p-n y a las impurezas cerca de la unión. Con la presencia de ambas resistencias, serie y paralelo, la curva I-V de una célula solar está dada por la siguiente ecuación:

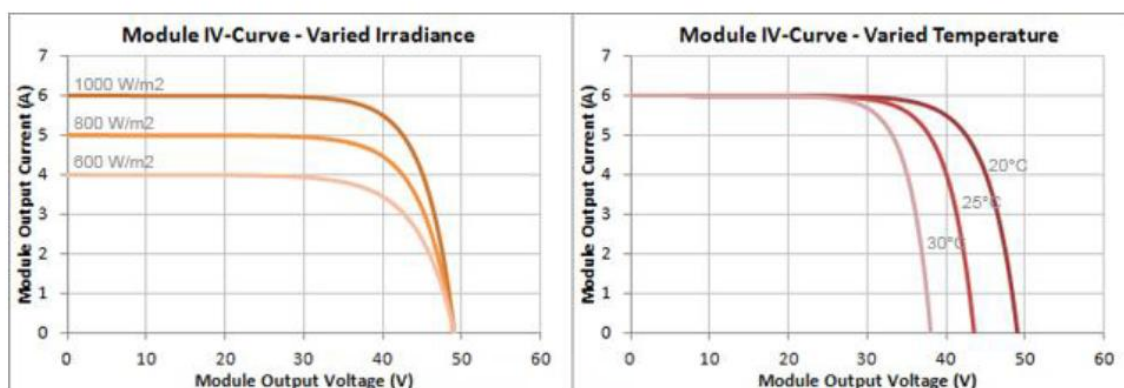
$$I = I_{SC} \cdot \left( 1 - e^{\frac{-e(V_{OC}-V)}{m \cdot K \cdot T}} \right) \quad (2)$$

Siendo:  $I_{sc}$ : corriente de cortocircuito,  $V_{oc}$ : tensión de circuito abierto,  $I_m$ : Corriente de máxima potencia,  $V_m$ : tensión de máxima potencia,  $P_m$ : potencia máxima=  $I_m \cdot V_m$ ,  $e$ : carga de electrones e igual a  $1,602 \times 10^{-19}$  C,  $m$ : parámetro constrictivo de la célula, normalmente iguala a 1,  $K$ : es la constante de Boltzman,  $T$ : es la temperatura en grados Kelvin de la célula

### 3.1.5. Factores que afectan la característica IV

Las prestaciones de los módulos que aparecen en la información técnica de los fabricantes, están obtenidas sometiendo a los módulos a unas Condiciones Estándar de Medida (CEM) de irradiancia y temperatura. Estas condiciones son las siguientes: Irradiancia solar:  $1.000 \text{ W/m}^2$ , distribución espectral: AM 1,5 G y temperatura de célula:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

No obstante, las condiciones reales de operación de los módulos serán distintas a los estándares anteriores, por lo que para los cálculos habrá que aplicar coeficientes correctores.



**Figura 10. Curvas I-V de un módulo solar en función de la Temperatura y la Irradiancia incidente.**

En las curvas características intensidad - tensión (I - V) que definen el comportamiento de un módulo, se puede observar, que el valor de corriente crece con la intensidad de radiación solar, mientras que la tensión cae con el aumento de la temperatura en las células del módulo. Cuando se habla de temperatura en las células del módulo, se trata de la temperatura que tiene la superficie del panel fotovoltaico, que no es igual a la de la temperatura ambiente. Un módulo fotovoltaico suele trabajar dentro de un rango determinado de valores de intensidad y voltaje, dependiendo de la radiación solar recibida, la temperatura o el valor de la carga.

### 3.1.6. Sistemas fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos tienen una potencia que oscila entre los 10W y 500W. Sin embargo, un gran número de aplicaciones requieren mayores potencias por lo que se hace imprescindible tener que conectar varios de estos paneles para poder satisfacer las necesidades de la instalación. El caso más habitual consiste en una instalación cuyas necesidades energéticas pueden extenderse a lo largo de las 24h del día, por lo que se hace indispensable desarrollar algún sistema para poder proporcionar suministro eléctrico sin interrupciones. En función de la solución tomada para satisfacer este requerimiento, se pueden clasificar las instalaciones fotovoltaicas genéricamente en dos categorías:

- Instalaciones o sistemas autónomos o aislados de la red eléctrica
- Instalaciones o sistemas conectados a red eléctrica

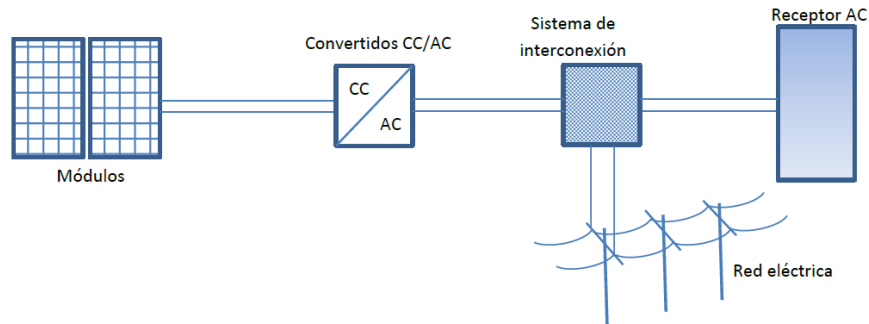
#### Instalaciones o sistemas autónomos de la red eléctrica

La energía eléctrica producida se utiliza para pequeños consumos, situados en el mismo lugar de la instalación o en las cercanías. De entre sus aplicaciones principales podemos encontrar: suplir con energía eléctrica a viviendas alejadas de la red eléctrica, aplicaciones agrícolas y ganaderas, señalización y comunicación, iluminación pública de calles o sistemas de depuración de aguas entre otras.

#### Instalaciones o sistemas conectados a red eléctrica

Una instalación conectada a red es aquella que vierte toda la energía que genera a la red eléctrica de distribución, de manera que esté disponible para cualquier usuario de la misma. La ventaja de este tipo de instalaciones es la simplicidad del sistema, al eliminar las baterías para acumulación de energía, que suelen ser la parte más cara y compleja del sistema. Un sistema fotovoltaico conectado a red estará compuesto por el generador fotovoltaico, el inversor, las protecciones y los contadores. Para que sea posible esta conexión con la red, la energía que se produce debe ser de las mismas características que la existente en la red, además de cumplir unos requisitos de seguridad para evitar daños a la red y viceversa. Como los módulos fotovoltaicos producen corriente y tensión continua, deberemos convertirla en corriente y tensión alterna idéntica a la de la red en el punto de conexión. De esto se encarga el inversor, un aparato que realiza esa conversión y normalmente vigila que la tensión y la frecuencia estén dentro de los márgenes legales. Además suele incorporar otros equipos que desconectan la instalación en caso de no detectar tensión en la red, en caso de pérdida de aislamiento, o al detectar cualquier otro mal funcionamiento. Otras protecciones, además de los vigilantes de tensión y frecuencia, son los diferenciales y magnetotérmicos. Los diferenciales protegen contra contactos directos, y los magnetotérmicos protegen el sistema contra sobrecargas, evitando que se dañe algún equipo o el cableado. Por último los contadores, uno de entrada y otro de salida, se encargan de cuantificar la energía que se ha inyectado en la red y la que se ha consumido en la instalación, para poder facturar a la compañía eléctrica la energía realmente vertida en la red.

Además de la maximización anual de la energía generada, también se han de tener en cuenta otros aspectos, la integración arquitectónica y con el entorno, las posibles pérdidas por sombreado, difícilmente evitables en muchos casos de sistemas integrados en edificios, aspectos de seguridad y calidad de la energía generada así como la ausencia de efectos perturbadores de la red eléctrica.



**Figura 11. Esquema de conexión a red.**

### 3.1.7. Las estructuras soporte

Los paneles se tienen que exponer al Sol y procurar que recojan la mayor cantidad posible de energía. Tras analizar la necesidad de conocer la energía solar, hay que conseguir que la exposición de los paneles implique la mayor captación posible de radiación solar. Para ello, los paneles se orientan al Sur y se inclinan un cierto ángulo con respecto al suelo. En general se procura dar a la estructura la inclinación adecuada para captar más energía a lo largo del año. Eso se da cuando la inclinación del panel es la misma que la de la latitud del lugar. Si se colocan los paneles más verticales se conseguirá producir más energía en la época de invierno y menos en la de verano. Cuando la instalación es aislada, puede ocurrir que no se necesite producir la mayor cantidad de electricidad a lo largo del año, sino la que más convenga en una determinada época. Para ello, los paneles se deberán inclinar adecuadamente y la estructura terminará siendo algo más que un mero soporte de los paneles. En cualquier caso, la estructura tiene que estar muchos años a la intemperie y es imprescindible que esté construida para tal fin.

### 3.1.8. El inversor

Las instalaciones aisladas pueden funcionar con aparatos de corriente continua. Pero por distintos motivos puede ser necesario el disponer de un suministro en corriente alterna a 220 V y 50 Hz, tal y como se recibe de la red. En ese caso, las instalaciones fotovoltaicas tienen que incorporar un inversor. Este dispositivo es también imprescindible en el caso de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, como es el caso de este proyecto, ya que la corriente inyectada en la red eléctrica debe ser alterna.

El inversor es un equipo capaz de convertir la corriente continua en otra alterna al tiempo que le adecuan el voltaje y la frecuencia. La complejidad de los inversores está en su capacidad de igualar la forma sinusoidal de la onda de corriente alterna, y en la garantía de mantener la frecuencia y el voltaje dentro de unos límites. Para las instalaciones aisladas, los requisitos de estos equipos son menores que en las conectadas a la red. En este último caso, los inversores son

unos elementos más sofisticados que deben garantizar que la electricidad solar se vierte a la red en las mismas condiciones que lo hacen las centrales convencionales.

### 3.1.9. El dispensador o contador eléctrico

La producción de electricidad fotovoltaica debe canalizarse a través de un medidor eléctrico para permitir una facturación de la energía eléctrica inyectada en la red, al igual que el consumo de electricidad por un individuo. Estos elementos, junto con los dispositivos de protección como el disyuntor diferencial, de medición generalmente se instalan dentro de la propiedad pero pertenecen a la empresa de distribución de energía eléctrica.

## 3.2. Antecedentes y estudio del terreno

### 3.2.1. Localización y entorno de la pedanía

La pedanía escogida para este estudio es Las Bayas, situada al sur del término municipal de Elche. Las Bayas está situada a 8,5 km del núcleo urbano de Elche y a 9 km de la vecina localidad de Santa Pola. Perteneciente a la comarca del Bajo Vinalopó y a la provincia de Alicante (España). Esta pedanía está conformada por dos partidas rurales: La Baya Alta y La Baya Baja, de ahí su nombre en plural. Y el núcleo de esta está situado justo en el centro de ambas. Más concretamente, dicha pedanía está situada en las siguientes coordenadas geográficas: 38° 13' 10.94" N, 0° 38' 35.26" W (ADRASE)

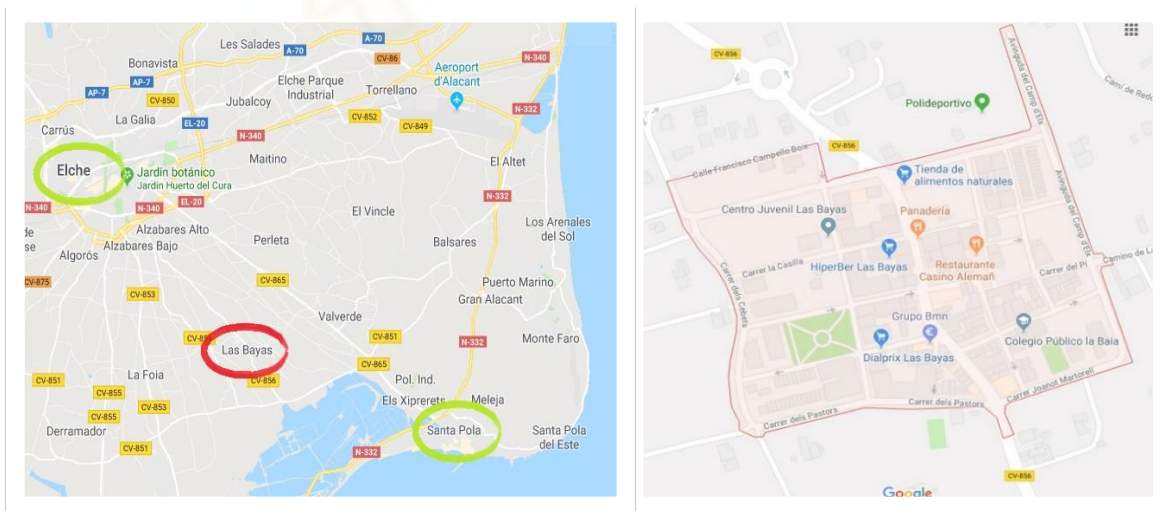


Figura 12. (Izquierda) Localización de la pedanía de las Bayas (derecha) Mapa de la pedanía

### 3.2.2. Datos generales de la pedanía

La pedanía de Las Bayas obtiene su nombre de la Sierra del Tabayá, al norte de la ciudad de Elche y que sigue hacia el sur de la misma. Es supuesto, que debió existir una parte más elevada de esta sierra ubicada en el término de esta pedanía.

En la actualidad la población total de Las Bayas es de 2.880 personas: 1.463 hombres y 1.417 mujeres, según el último censo del instituto nacional de estadística ((INE), 2017), frente a las 2.728 personas en 2012, las 2.517 en 2010 o las 1.455 de 1996 (si se calcula el porcentaje del incremento se observa que ha aumentado más o menos 14% del 2010 al 2017 y un 97% del 1996 hasta el 2017).

La economía tradicional de Las Bayas es la agricultura, siendo sus tierras muy fértiles debido a que en el pasado formaron parte de “L’albufereta d’Elx”, actualmente desecada casi en su totalidad. En cuanto a los servicios sociales, han ido aumentando, al igual que su población, con el tiempo. Existen en la actualidad dos bancos, varias cafeterías, peluquerías, dos supermercados, panadería, papelería, etc. Referente a los servicios públicos, la pedanía cuenta en la actualidad con un colegio de educación infantil y primaria que alberga 348 alumnos y 27 docentes; Un polideportivo; un centro social, en cuyo interior alberga el centro de salud, oficina del consumidor (OMAC), salón de actos, despachos para las asociaciones y salas donde se realizan multitud de cursos.

### 3.2.3. Análisis de las necesidades energéticas de la pedanía

La estimación del consumo energético en la pedanía es uno de los pasos fundamentales dentro del método simplificado, empleando este proyecto para realizar los cálculos manuales. Una buena estimación del consumo permitirá que no se produzcan fallos en el suministro y evitará el sobredimensionado de la instalación.

<b>CONSUMO ACTUAL DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL CASCO URBANO DE LA LAS BAYAS</b>		
<b>CENTRO SOCIAL</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	72.615 kWh
<b>CEIP LAS BAYAS</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	56.074 kWh
<b>POLIDEPORTIVO</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	4.219 kWh
<b>Consumo estimado total edificios</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	132.908 kWh
<b>ALUMBRADO CALLE (lámparas 70 W)</b>	1 año	166.452 kWh
<b>ALUMBRADO CALLE (lámparas 100 W)</b>	1 año	13.852 kWh
<b>Consumo estimado total</b>	1 año	313.212 kWh

**Tabla 2. Consumo eléctrico de la pedanía de Las Bayas en el último año**



El objetivo principal del proyecto era abastecer en energía eléctrica a la pedanía de las Bayas en el ámbito público, es decir, incluyendo tanto el alumbrado público de las calles como el de los edificios tales como el polideportivo, centro social y colegio. Tras realizar un estudio de la situación energética en Las Bayas se ha reparado en la ineficiente y obsoleta infraestructura del servicio de alumbrado público con que cuenta actualmente la pedanía de Las Bayas. Cabe destacar que se trata de una infraestructura sin apenas mantenimiento e incompatible en tecnología.

Tras una auditoría energética realizada en 2017 encargada por el propio Ayuntamiento de Elche sobre el alumbrado público exterior, se ha confirmado que el 70,25% de los puntos de suministro tienen exceso de potencia contratada. Es decir, el recibo en cuanto a iluminación exterior para el Ayuntamiento de Elche asciende a cerca de 2.794.036 euros. Sin ir más lejos, en la pedanía de Las Bayas existe un sistema de contrataciones tan singular como ineficaz. Las lámparas son antiguas y hacen un consumo desmesurado. Además, para una pedanía de estas dimensiones existen un total de aproximadamente 33 contadores. Además, por cada contador se contrata más potencia de la requerida, por lo que la suma total de potencia “sobrante” al final sobrepasa la mitad de la consumida. Es decir, la potencia que se consume es de 22 kW y la contratada de 50 kW, más del doble.

Por todo esto resultaría inviable incluir en el proyecto la demanda de alumbrado público exterior sin realizar unas modificaciones previas.

Por tanto, se aboga por una serie de propuestas para que el rendimiento de la infraestructura eléctrica en el municipio y más concretamente en la pedanía sea el adecuado. Entre las correcciones que se plantean se encuentran la de contratar suministro de energía a tarifas óptimas (esto no implicaría ningún coste y supondría un gran ahorro económico); instalar contadores con discriminación horaria; y colocar sistemas de reducción de potencia. También se propone sustituir, a ser posible, la totalidad de las luminarias por tecnología LED, establecer un plan de mantenimiento preventivo, etc.

Así pues, el objetivo de la instalación es cubrir las siguientes necesidades:

- Proveer de energía eléctrica edificios públicos como la escuela, centro social y polideportivo.
- Rentabilizar el excedente eléctrico producido reinyectándolo en la red.

#### **3.2.4. Ubicación de la instalación**

Tras analizar los mapas de la pedanía se ha decidido ubicar la instalación en el solar contiguo al polideportivo que se localiza frente a la calle La Festa. Quedando la posibilidad de, si en un futuro



fuera necesario, ampliar la instalación en el terreno posterior o realizar otras instalaciones en edificios públicos de la pedanía como podrían ser el mismo polideportivo, el centro social o la escuela. El emplazamiento tiene coordenadas de latitud:  $38^{\circ}13'12''N$  y longitud:  $00^{\circ}38'24''W$ . en la figura 13 se puede observar la localización de la instalación.



**Figura 13. Vista satélite de Google Maps de la zona donde se realizará la instalación en rojo y en rojo más claro el terreno disponible para la posibilidad de ampliarlo**

El terreno sobre el cual se desea realizar la instalación, posee una superficie útil total para el aprovechamiento solar de aproximadamente  $4.800 \text{ m}^2$ . Dicho terreno se considera adecuado para realizar la instalación de los generadores fotovoltaicos ya que, pueden orientarse al sur y salvo el propio pabellón del polideportivo que no mide más de tres metros, no existen obstáculos cercanos por lo que no sufrirá pérdidas por sombreado.

Una vez determinados los parámetros geométricos de los obstáculos, incluyendo los de los propios módulos, se debe determinar la orientación e inclinación de los módulos. Se orientarán al sur para su mayor aprovechamiento solar debido a que la instalación estará situada en el hemisferio norte. Con respecto a la inclinación, deberá ser igual a la latitud del lugar, es decir  $38^{\circ}$  respecto a la horizontal, ángulo óptimo que maximiza la producción eléctrica anual.

### **3.3. Situación energética actual y política energética.**

Según los últimos datos disponibles España (Ministerio de Economía, 2017) registra un significativo déficit energético ( $16.005 \text{ M€}$ ) por las importaciones de productos energéticos. Esto

ocurre principalmente porque la inmensa mayoría de la energía que necesita España para mantener la economía en funcionamiento es importada (el 99% de petróleo, el 99% del gas, parte del carbón y el 100% del uranio).

Únicamente se puede decir que España mantiene una gran independencia energética en recursos renovables, aun así su explotación todavía es mínima. Por lo que teniendo en cuenta esta situación, podemos advertir que estas cifras evidencian una grave amenaza para nuestra situación económica y energética.

La gravedad de la situación ha activado dos respuestas positivas que han transformado el contexto internacional. La primera, el Acuerdo de París cuya arquitectura institucional ofrece unas bases sólidas desde las que avanzar en la descarbonización del sistema en los próximos años. La segunda, el hecho de que la transición energética sea ya una realidad fáctica, aunque su alcance se centra de momento en la generación eléctrica.

La Unión Europea ha elaborado una trayectoria de descarbonización para el año 2050 y en esa dirección ha aprobado ambiciosos objetivos de obligado cumplimiento para el año 2030. Y países de referencia como Alemania, Francia y Reino Unido ya han puesto en marcha sus procesos de transición energética mediante una serie de leyes, estrategias, planes y programas.

En coherencia con las propuestas de la Unión Europea, y en base a lo que se comprometió España al firmar el Acuerdo de París, se ha formulado un objetivo central de mitigación de emisiones para el año 2050 del 90% respecto a las del año de referencia 1990. En el año 2030, debería reducir un 40% sus emisiones respecto a los niveles de 1990 también. Es decir, en 2030 el total de emisiones debería ser de 172 millones de toneladas, casi la mitad de lo previsto por el ministerio en su última proyección para esa fecha. La retirada de las centrales de carbón antes de 2025 se considera ineludible, así como el cierre del parque nuclear una vez que las centrales vayan cumpliendo los 40 años de vida. Aunque esta última medida aún se está discutiendo. Ambas tecnologías serán reemplazadas, según esta propuesta, por una inversión masiva en renovables, activando el actual parque de centrales de ciclo combinado (25.000 MW) como energía de respaldo. Asimismo, se propone renovar en profundidad el actual marco regulatorio eléctrico.

Con esa hoja de ruta sobre la mesa, el 62% de la generación eléctrica en España sería renovable en 2030. Esto supondría una tasa del 29,7% de renovables en el consumo final bruto de energía de España, por encima del 27% que propone la Comisión Europea para 2030, pero por debajo del 35% que defiende la Eurocámara.

Por otra parte, a nivel regional, la Generalitat Valenciana ha puesto en marcha el Plan de Energía Sostenible (PESCV2020), aplicable a nuestro territorio y entre cuyos ejes centrales destaca el conseguir que un 16% del consumo de energía final provenga de fuentes renovables. También se

da particular importancia al objetivo de incrementar en 260 MW la potencia eléctrica instalada proveniente de sistemas de autoconsumo. Para conseguirlo, el PESC2020 incluye cuatro Planes específicos asociados a cada uno de los estos objetivos donde se fijan las directrices y principales medidas a adoptar. Entre ellos destaca el **Plan de Impulso al Autoconsumo** que contempla medidas de apoyo para particulares, empresas y entidades, teniendo previsto llegar a una potencia de 260 megavatios en este tipo de instalaciones, y dotar a la mayor parte de los edificios de la Generalitat con instalaciones de autoconsumo con energía solar fotovoltaica para alcanzar una potencia total en servicio de 20 megavatios ubicada sobre cubiertas de edificios de titularidad autonómica, repartidos en alrededor de 1.000 instalaciones.

### **3.4. Legislación aplicable**

La legislación utilizada en este proyecto es la normativa actualmente vigente, concediendo que esta pueda sufrir cambios en los próximos meses.

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, regula el régimen jurídico y económico para las instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Esta ley ha sido objeto de desarrollo reglamentario por el Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

Real Decreto 359/2017, de 31 de marzo, por el que se establece una convocatoria para el otorgamiento del régimen retributivo específico a nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables en el sistema eléctrico peninsular.

Directiva 2009/28/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables de materia de renovables para el 2020, tanto desde el punto de vista medioambiental como desde el punto de vista económico. (BOE), 2009

RESOLUCIÓN de 3 de mayo de 2018, de la Presidencia del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE), por la que se convocan ayudas destinadas al fomento de instalaciones de autoconsumo de energía eléctrica, con cargo al Fondo de Promoción previsto en el marco del Plan Eólico de la Comunitat Valenciana, para el primer semestre del 2018. (IVACE, 2018)

Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo

y de producción con autoconsumo. Las instalaciones de potencia superior a 100kW estarán sujetas a los requisitos técnicos del RD 1955/2000.

#### 4. Cálculos de la instalación

Se pretende dimensionar una instalación fotovoltaica conectada a red para el autoconsumo eléctrico de los servicios municipales de la pedanía de las Bayas, para ello y dado que contamos con los datos de consumo eléctrico de dichas instalaciones facilitados por el Ayuntamiento de Elche se ha decidido utilizar el software PVSyst en su versión 6.7.4. Este es un software desarrollado por la universidad de Ginebra que cuenta con un reconocido prestigio y gran fiabilidad para el análisis de instalaciones fotovoltaicas.

Dicho programa incluye una extensa base de datos climatológicos en el que se ha escogido la localidad en la que se situará el proyecto, en este caso Las Bayas (Elche)

##### 4.1. Demanda energética

Tal y como se avanzó en el apartado 3.2.3 el consumo estimado total de los edificios municipales de la pedanía alcanza los 132.908 kWh.

<b>CONSUMO ACTUAL DE LOS EDIFICIOS PUBLICOS (LAS BAYAS, ELCHE)</b>		
<b>CENTRO SOCIAL</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	72.615 kWh
<b>CEIP LAS BAYAS</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	56.074 kWh
<b>POLIDEPORTIVO</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	4.219 kWh
<b>Consumo estimado total edificios</b>	Enero 2017- febrero 2018 (ambos incluidos)	132.908 kWh

Tabla 3. Consumo actual de los edificios públicos de Las Bayas, Elche

Así mismo la potencia contratada actualmente para dichos edificios municipales, se refleja en la tabla 4.

<b>POTENCIA CONTRATADA</b>	
<b>CENTRO SOCIAL</b>	60 kW
<b>CEIP LAS BAYAS</b>	30 kW
<b>POLIDEPORTIVO</b>	6,9 kW
<b>Potencia total edificios</b>	96,9 kW

**Tabla 4. Potencia contratada en los edificios**

La potencia instalada por tanto debe superar este valor de 96,9 kW, optaremos por una potencia nominal de 100 kW para el dimensionado de la instalación. Esta potencia nos permite además permanecer dentro del rango de autoconsumo tipo 1 según establece el RD 900/2015 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

## **4.2. Dimensionado de la instalación fotovoltaica**

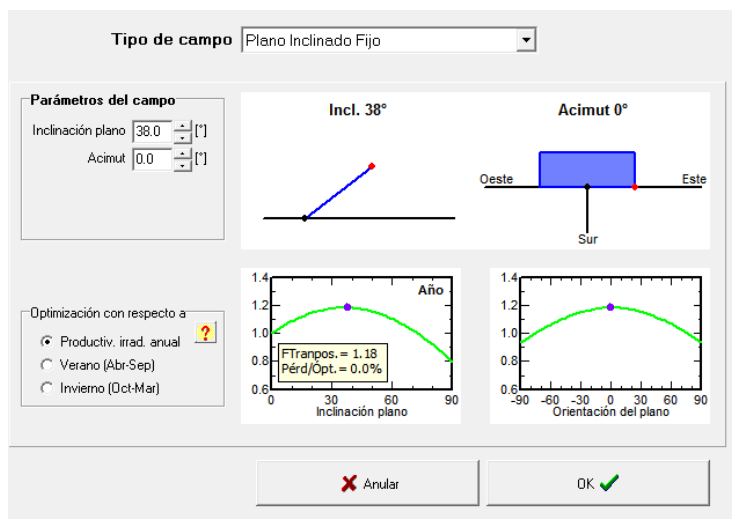
### **4.2.1. Determinación de la inclinación óptima**

La orientación e inclinación de los paneles tiene como objetivo maximizar la producción anual de nuestra instalación obteniendo el máximo beneficio posible de su operación.

En primer lugar, se ha de orientar los paneles al Sur para un máximo aprovechamiento, ya que nos encontramos en el hemisferio norte del planeta. En segundo lugar, respecto a la inclinación, el valor óptimo para una instalación que opera durante todo el año debe coincidir con la latitud de la pedanía de las Bayas, 38°.

Hemos verificado que en efecto estos valores suponen una optimización en la producción de energía eléctrica. Ha y que tener en cuenta que este software contiene todos los datos climatológicos a partir de los cuales realizaría correcciones respecto al valor teórico.

En este caso se ha confirmado que el ángulo de inclinación de las placas para el cual se obtiene una mayor producción anual es de 38° tal y como se muestra en la figura 14.



**Figura 14. Optimización de la inclinación y acimut de las placas en el dimensionado.**

#### 4.2.2. Sombras cercanas

Una vez estudiada y seleccionada la inclinación óptima, debemos realizar un croquis de la instalación en la que se vean los edificios cercanos con el fin de determinar las sombras que puedan aparecer en los paneles y con ellos las pérdidas en la producción de energía.

En nuestro caso, el solar no se encuentra en la cercanía de ninguna edificación que pueda influir en los resultados. Tan sólo el polideportivo está relativamente cercano. No obstante, su limitada altura (3 m) así como la distancia al solar donde instalaremos nuestras placas nos permite asegurar que nuestra zona solar no se verá afectada por dicha pérdida de radiación.

#### 4.3. Elección del módulo fotovoltaico

La elección del módulo fotovoltaico puede estar regida por varios criterios, de entre los cuales se ha seguido el siguiente razonamiento para su elección:

En primer lugar, el factor limitante que determina la selección del panel es el número de paneles máximo que es posible instalar en el solar en función de la superficie útil disponible. En nuestro caso se dispone de una superficie disponible para la instalación de módulos de 4800 m<sup>2</sup> en el solar contiguo al polideportivo así como unos 8100 m<sup>2</sup> adicionales en un solar adjunto.

Esta superficie es más que suficiente para albergar un número elevado de paneles. Así y todo, nuestro objetivo es que la instalación no sea invasiva en cuanto a su extensión y por lo tanto intentamos limitar su extensión para facilitar una futura ampliación. Es decir, pretendemos trabajar sólo en base al primer solar de 4800 m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta su geometría y el espacio mínimo que hay que disponer entre una fila y otra de módulos para evitar sombreados estaría cercano a los 450 módulos. No tenemos por tanto muchas restricciones de espacio pero estimamos

que para una potencia nominal cercana a 100 kWp, podemos utilizar módulos de 320 Wp para utilizar un resultado óptimo que no agote el espacio disponible, ya que con esa potencia nominal, el número de módulos a utilizar sería aproximadamente de 312, lo cual nos dejaría margen suficiente para subsiguientes ampliaciones. De este modo podemos obtener una primera aproximación de las dimensiones de la instalación.

El siguiente criterio a tener en cuenta es la tecnología a emplear en función de la aplicación. En la actualidad existen principalmente dos tipos diferentes de células fotovoltaicas. En primer lugar nos encontramos células de silicio monocristalino, la cual se caracteriza por una alta eficiencia de conversión eléctrica, llegando a rendimientos que rondan del 16% al 21% algunos fabricantes, y con una vida útil que supera los 25 años. Sin embargo, esta tecnología tiene un alto coste. Por otro lado, nos encontramos las células de silicio policristalino, cuyo rendimiento es menor, encontrándose entre un 13% a un 17% en función del fabricante con la ventaja de un coste menor. Puesto que la superficie disponible no es un factor limitante en nuestra instalación, nos inclinamos a seleccionar un módulo policristalino de última generación, que alcanza el máximo de rendimiento para su rango a la vez que mantiene un precio medio que nos permitirá recuperar la inversión en un tiempo razonable.

Una vez conocido este valor aproximado, existe una gran oferta de módulos de parámetros técnicos similares.

Así pues, el siguiente criterio a escoger ya no es tan determinante, puesto que la elección del módulo puede estar influenciada por la confianza de cierto fabricante, fiabilidad, o ya cuestiones que nada tienen que ver con características técnicas. Por consiguiente, obviando cualquier otro factor no económico, se ha elegido un módulo de última generación y de precio asequible. Así pues se ha seleccionado el modelo JKM320PP-72 del fabricante JINKO, este módulo policristalino de 72 células con potencia de 320 Wp ofrece una alta resistencia mecánica a cargas de viento y es el primer modulo con doble certificación que asegura la máxima fiabilidad bajo condiciones extremas, además es resistente al amonio y a la niebla salina lo cual garantiza un rendimiento óptimo en áreas agrícolas y cercanas a la costa como es nuestro caso. Además, ofrece un excelente rendimiento con escasa luz gracias a la optimización del diseño de la célula solar.

(ANEXO)

Las características de nuestro módulo son:



<b>JKM320PP-72v</b>	
<b>Potencia nominal</b>	320 W
<b>Tensión punto máxima potencia</b>	37,4 V
<b>Tensión en circuito abierto</b>	46,4 V
<b>Corriente en el punto máxima potencia</b>	8,56 A
<b>Corriente de cortocircuito</b>	9,05 A
<b>Coefficiente de rendimiento del módulo</b>	16,49%
<b>Tensión del sistema máxima admisible</b>	1500 V
<b>Corriente inversa máxima</b>	15 A
<b>Rango de temperaturas</b>	-40°C -- +85°C
<b>Tipo de celda</b>	Policristalino 156x156 mm
<b>Número de celdas</b>	72
<b>Alto</b>	1956 mm
<b>Ancho</b>	992 mm
<b>Profundidad</b>	40 mm
<b>Peso</b>	26,5 kg

**Tabla 5. Características del módulo fotovoltaico**

Dicho módulo está compuesto por 72 células de silicio policristalino de dimensiones (156x156mm) con un rendimiento global del 16,49 %. Además, el fabricante garantiza una potencia del 90% a los 12 años y del 80% con 25 años con una degradación lineal.

#### **4.4. Elección del inversor**

El inversor es el elemento encargado de convertir la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna de la misma frecuencia de red (50Hz), además de inyectarla de forma sincronizada.

Por otra parte, se encarga de modificar los parámetros eléctricos de intensidad y tensión de los módulos para poder extraer de ellos la máxima potencia posible en cada instante (MPP). Así pues, en este caso se ha seleccionado el inversor Ingecon® Sun Power 90 del fabricante Ingeteam, cuya potencia nominal es 99 kW (ANEXO), pero la máxima potencia pico que puede asumir en DC es



de 117 kWp, siendo capaz de soportar la potencia instalada en nuestro proyecto. Las características técnicas principales aparecen reflejadas en la tabla 6:

<b>Ingecon Sun 90</b>	
<b>Potencia nominal</b>	99 kW
<b>Rango de potencia del campo FV recomendado</b>	117 kWp
<b>Corriente máxima</b>	161 A
<b>Tension nominal</b>	400 V
<b>Frecuencia nominal</b>	50/60 Hz
<b>Eficiencia máxima</b>	96,9 %
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-20°C a +65°C

**Tabla 6. Características técnicas del inversor**

#### **4.5. Diseño de la instalación**

Con estos elementos (paneles, inversor) ya elegidos se define la disposición de los módulos al igual que su inclinación y orientación, ya que es un factor de gran influencia en la producción energética. Se descarta la introducción de obstáculos ya que como describimos en el apartado 4.2.2. estos no ejercen influencia en nuestro caso.

En función de la potencia deseada 100 kW, se necesitan 312 módulos que se disponen en 24 filas conectadas en paralelo entre sí. Cada una de dichas filas constará de 13 módulos conectados en serie. Dicha disposición es perfectamente ubicable en el solar propuesto, incluso considerando una separación entre las filas de 2,8 m para cumplir con la normativa del IDAE y evitar las sombras de unos paneles sobre otros.

#### **4.6. Resultados de la simulación**

La simulación de nuestro modelo ofrece los siguientes resultados principales:

	<b>GloHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>Temp</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> MWh	<b>E_Grid</b> MWh	<b>PR</b>
<b>Enero</b>	85.5	24.50	11.18	155.1	151.8	14.08	13.58	0.877
<b>Febrero</b>	96.0	36.30	11.86	144.4	141.1	13.08	12.60	0.874
<b>Marzo</b>	146.4	48.50	14.38	187.7	183.1	16.58	15.96	0.851
<b>Abril</b>	182.2	62.90	15.93	196.3	190.4	17.15	16.51	0.842
<b>Mayo</b>	218.0	69.10	19.39	205.4	198.8	17.65	16.97	0.828
<b>Junio</b>	228.9	75.10	23.55	204.7	197.7	17.35	16.69	0.816
<b>Julio</b>	242.8	60.60	26.08	221.7	214.5	18.45	17.74	0.801
<b>Agosto</b>	207.5	64.50	26.44	213.8	207.1	17.79	17.13	0.803
<b>Septiembre</b>	159.0	52.80	23.33	186.2	181.1	15.75	15.16	0.815
<b>Octubre</b>	122.7	42.80	20.00	173.4	169.5	15.06	14.51	0.838
<b>Noviembre</b>	87.0	27.70	14.68	148.8	145.7	13.28	12.79	0.861
<b>Diciembre</b>	75.1	22.70	12.21	142.1	139.1	12.85	12.39	0.873
<b>TOTAL</b> <b>Año</b>	<b>1851.1</b>	<b>18.29</b>	<b>18.29</b>	<b>2179.3</b>	<b>2120.0</b>	<b>189.05</b>	<b>182.02</b>	<b>0.837</b>

**Tabla 6. Balances y resultados principales.**

Como se puede observar, la producción anual de 182.020 kWh es más que suficiente para cubrir las necesidades totales de los edificios públicos contemplados en este proyecto y tendríamos además un superávit de unos 50.000 kWh para poder inyectar a la red (obteniendo su correspondiente retribución) o para dedicar a otros usos (alumbrado, ayuda energética a familias en situación de pobreza energética, etc.)

## **5. Presupuesto estimado**

El estudio económico ha estado presente desde el primero de los cálculos. Se ha seguido la relación entre el coste de la producción y la energía producida en todo momento. Además, se han pedido ofertas a varios proveedores para los equipos a suministrar y los trabajos civiles, mecánicos y eléctricos. Al menos tres proveedores por oferta. A continuación, tras un largo análisis del alcance de las peticiones y el ajuste de precio de todos, o casi todos los proveedores se evalúa el coste total que supondrá la instalación del sistema fotovoltaico. Se ha subdividido

según el tipo de elementos por categorías. También por descripción, coste unitario, coste del conjunto y coste total.

En primer lugar, cuando se habla de generador fotovoltaico, nos referimos al módulo solar y al inversor.

El módulo solar lo encontramos en Greenfy, la tienda online de energía solar en pallets de 26 a 4.070€. Como se ha comentado en el apartado anterior, se requieren 312 módulos, por lo que precisamos de 12 pallets. Con estos datos se advierte que el precio por unidad es de 156,54€, por lo que, como se puede apreciar en la siguiente tabla, el precio total para los 312 módulos es de 48.840€. Esta cifra, no aplica el IVA, si aplicamos el 21% del IVA, el precio final sería de 59.096,4€

El inversor, lo encontramos en la tienda online de energía solar Autosolar a un precio de 19.001,16€ (22.991,4€ con IVA).

Si aplicamos el 21% del IVA en ambos casos el importe final asciende a 82.087,8€

Artículo	Unidad	Precio unitario (€)	Precio final (€)
<b>Módulo fotovoltaico JINKO JKM320PP-72</b>	312	156,54	48.840
<b>Inversor Trifásico Ingecom Sun Power 90 kW</b>	1	19.001,16	19.001,16
		SUBTOTAL	67.841,16
		IVA 21%	14.246,65
		<b>TOTAL</b>	<b>82.087,8</b>

**Tabla 7. Coste generador fotovoltaico**

En el caso de los soportes, el producto que más se ajusta a nuestras necesidades (calidad, dimensiones, etc.) y que es más asequible económicamente lo hemos encontrado en la tienda online de energía solar Genera tu propia energía. En este caso se debe tener en cuenta que los modelos ofertados son estándar con la posibilidad de ser modificados, mediante indicación previa, según las medidas y la inclinación que se requiera; en este caso las medidas de los módulos nombradas en el apartado anterior y una inclinación de 38°. Esta modificación conllevará un aumento del precio del 15-20%. Se ha optado por soportes con capacidad para 4 módulos fotovoltaicos dispuestos en 1 fila vertical, tratándose de módulos de máximo 72 células. Se trata de una estructura de aluminio y tornillería de acero inoxidable fabricados con las máximas

garantías de seguridad, están certificadas por SGS y cumplen los requisitos que exige la norma ISO 9001:2008.

Por lo tanto, se necesitan 78 soportes, a 122,31€, obteniendo un precio final de 9.540,18 al que le debemos aplicar el 21% de IVA más el 20% de la modificación de dimensiones e inclinación, por lo que el presupuesto total de soportes quedaría en 13.852,8€.

Artículo	Unidad	Precio unitario (€)	Precio final (€)
<b>Soporte sobre suelo</b>	78	122,31	9.540,18
		IVA 21%	2.003,44
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>11.543,62</b>
		+20% Modificación	13.852,8
		<b>TOTAL</b>	<b>13.852,8</b>

**Tabla 8. Coste estructuras de soporte**

Por último nos hemos puesto en contacto con una empresa de Elche, “Serna Energía” que se ha ajustado perfectamente a nuestras necesidades ofreciéndonos un servicio de montaje e instalación por 11.272,3€. Este presupuesto se ha obtenido en base a las horas estimadas de trabajo, siendo 290 horas (aplicando un factor de seguridad del 30%) a 19,90€/hora (IVA incluido)

Artículo	Unidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
<b>Montaje e instalación (Incluyendo cabeado, elementos de protección, y trámites)</b>	1	8.905,12	8.905,12
		IVA 21%	2367,183
		<b>TOTAL</b>	<b>11.272,3</b>

**Tabla 9. Coste transporte, montaje y otros**

Finalmente se ha calculado, como se puede observar en la tabla 10, el presupuesto final teniendo en cuenta los precios tanto del generador fotovoltaico, las estructuras de soporte, otros materiales y la mano de obra para el montaje. Siendo el Importe total de 107.212,9€

	<b>Importe (€) sin IVA</b>	<b>Importe (€) con IVA</b>
<b>Generador fotovoltaico</b>	67.841,16	82.087,8
<b>Estructuras soporte</b>	9.540,18	13.852,8 * (+20%)
<b>Transporte, montaje y otros</b>	8.905,12	11.272,3
<b>Total</b>	<b>86.286,46</b>	<b>107.212,9</b>

**Tabla 10. Coste total**

## 6. Viabilidad económica del proyecto.

En base al presupuesto planteado en el apartado anterior, así como a los impuestos y tasas impuestos por el RD 900/2015 sobre autoconsumo eléctrico podemos analizar la viabilidad económica de este proyecto. En primer lugar hay que tener en cuenta las características técnicas del proyecto que se han ejecutado teniendo en cuenta los datos facilitados por el Ayuntamiento de Elche para los edificios públicos de la pedanía de las Bayas que se muestran en la tabla 11.

<b>Características de la instalación de autoconsumo propuesta y de las necesidades a cubrir.</b>	
Tecnología	Solar fotovoltaica
Modalidad de la instalación (según RD 900/2015)	Tipo 1b
Potencia pico (de módulos)	100,0 kWp
Criterio de dimensionado	Minimizar periodo de retorno de la inversión
Energía producida	182.020 kWh/año
Energía autoconsumida	132.908 kWh/año
Energía vertida a red	49.112 kWh/año
Cobertura anual de la demanda	100%
Vida útil	30 Años
Consumo energía edificios públicos Las Bayas	22.989 €/año
<i>Término energía</i>	<i>15.361,1€/año</i>
<i>Término potencia</i>	<i>7.627,9 €/año</i>

**Tabla 11. Características consumo instalación propuesta**

Teniendo en cuenta que el sistema que hemos diseñado puede cubrir el 100% de la energía consumida en los edificios públicos y que además tenemos un superávit que podemos verter a la

red y obtener un retorno económico, se puede establecer la siguiente tabla de resultados económicos en la que hemos incluido todas las cargas impositivas y también hemos calculado el ingreso económico derivado de la venta del excedente eléctrico producido todos los años. En la realización se han estimado los impuestos y tasas en su rango máximo y sin embargo hemos estimado los ingresos derivados de la venta en su rango mínimo.

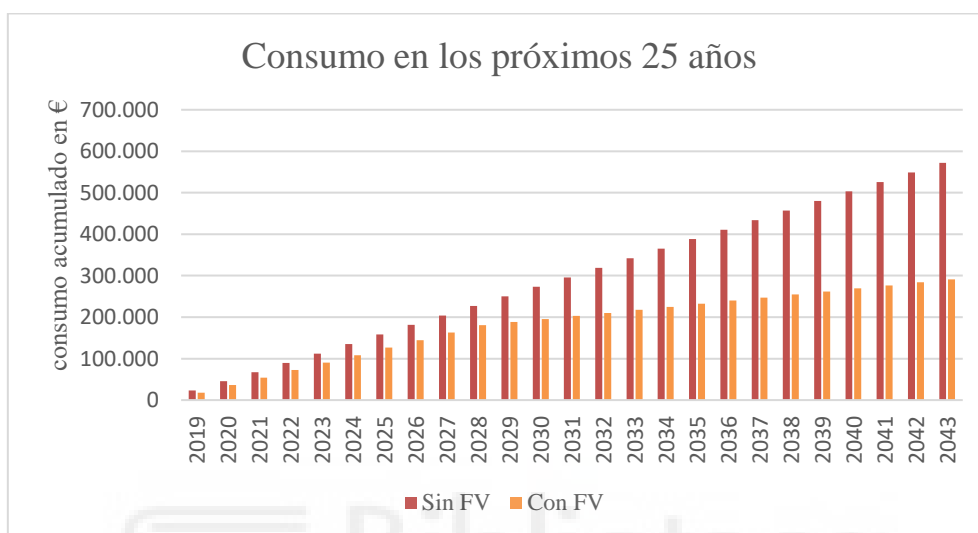
<b>Resultados económicos con la instalación de autoconsumo (incluidos impuestos elec e IVA)</b>	
<b>Importe de la factura eléctrica inicial (sin inst. autoconsumo)</b>	<b>22.989 €/año</b>
<b>Ahorro económico (bruto) instalación de autoconsumo</b>	<b>15.361,1 €/año</b>
<i>(P= 132.908 kWh/año • 0,115577 €/kWh = 15.361,1 €/año)</i>	
<b>Ahorro económico por bonificación en término de potencia</b>	<b>762,8 €/año</b>
<b>Cargos por autoconsumo</b>	<b>1.473,7 €/año</b>
<i>Cargo fijo: 0 €/año (Sin incremento de potencia sobre la contratada)</i>	
<i>Cargo por energía autoconsumida: (132.908 kWh/año • 0,011088 €/kWh = 1473,7 €/año)</i>	
<b>Importe de la factura eléctrica final (con inst. autoconsumo)</b>	<b>8.338,4 €/año</b>
<i>Importe = 22.989 €/año – 15.361,1 €/año – 762,8 €/año + 1.473,3€/año = 8.334,4 €/año</i>	
<b>Importe de la factura de venta de energía vertida a red</b>	<b>2.148,65 €/año</b>
<i>Importe = 49.112 kWh/año • 0,04375 €/kWh = 2148,65 €/año</i>	
<b>Costes asociados a la energía vertida a red</b>	<b>174,92 €/año</b>
<i>Peaje de acceso productores: 0,0005 €/kWh • 49.112 kWh/año = 24,56 €/año</i>	
<i>Impuesto sobre valor producción energía eléctrica: 7% • 2.148 €/año = 150,36 €/año</i>	
<b>Inversión inst. autoconsumo</b>	<b>107.212,9 €</b>
<b>Costes de mantenimiento inst. autoconsumo</b>	<b>1.000 €/año</b>
<b>Resultado económico (neto) inst. autoconsumo</b>	<b>15.623,83 €/año</b>
<i>Resultado = 15.361 €/año + 762,8 €/año – 1.473,7 €/año + 2148,65 €/año – 174,92 €/año – 1.000 €/año = 15.623,83 €/año</i>	
<b>Periodo de retorno simple inst. autoconsumo (PRS)</b>	<b>7 años</b>
<i>PRS = 107.212,9 € / 15.623,83€/año = 6,86 años = 7 años</i>	
<b>Coste energético unitario (con inst. autoconsumo)</b>	<b>0,06 €/kWh</b>
<i>Coste unitario = (22.989 €/año – 15.623 €/año) / 132.908 kWh/año = 0,06 €/kWh (Incluyendo todos los conceptos, impuesto eléctrico y mantenimiento e IVA)</i>	

**Tabla 12. Resultados económicos**

En base al periodo de retorno simple obtenido (inferior a los 10 años) y teniendo en cuenta que el total de la inversión puede ser cubierto por un préstamo a interés 0% del IVACE, la viabilidad del proyecto queda más que demostrada y pone de manifiesto el interés que puede tener la puesta en

marcha de proyectos de este tipo tanto en núcleos urbanos pequeños como en ciudades más grandes.

Si calculamos en los próximos 25 años los gastos asociados a realizar o no la inversión en autoconsumo tendremos los resultados mostrados en la Figura 15.



**Figura 15. Simulación del precio pagado por el Ayuntamiento con y sin FV**

Podemos observar que ya desde el primer año el precio pagado (incluida la devolución del préstamo) por la energía es mucho mayor. Dicho ahorro se dispara a partir del año 2028 en el que finaliza la amortización del préstamo de la cantidad invertida.

## 7. Conclusiones

Tras analizar los resultados obtenidos, podemos concluir lo siguiente: por una parte, teniendo en cuenta que el sistema genera 182.020 kWh/año y la suma de los edificios públicos consumen 132.908 kWh/año, se evidencia que el sistema diseñado podría cubrir el 100% de la demanda energética de los edificios públicos de la pedanía, generando además un excedente que se podría verter a la red y obtener su correspondiente retribución económica.

Dejando atrás los términos energéticos y centrándonos en los económicos, podemos observar que el importe de la factura eléctrica anual (sin autoconsumo) de los edificios públicos de la pedanía es de 22.989€ al año; teniendo en cuenta los cargos por autoconsumo (1.473,7€/año en este caso), y según los cálculos realizados, el ahorro económico (bruto) gracias a la generación eléctrica de

dicho sistema, sería de 15.361,1€ al año; además, se obtendría un ahorro económico por bonificación en término de potencia de 762,8€ al año. Es decir, que el importe de la factura eléctrica final sería de 8.338,4 € al año, es decir, menos de la mitad de lo que se paga actualmente.

A todo esto cabe sumarle el importe de la factura de la venta de la energía sobrante vertida a la red que asciende a la cifra de 2.148,65€ al año.

Con todo esto, y pese a los costes asociados a la energía vertida a la red (peajes e impuestos, que asciende a 174,92€/año) podemos concluir que en el aspecto tanto económico como social y ambiental el proyecto resulta viable con creces.

Además debemos añadir que en los últimos años y más recientemente en los últimos meses se han producido grandes cambios en la normativa referente a las retribuciones de las energías renovables en un periodo muy corto de tiempo, provocando cierta sensación de inestabilidad que a pesar de todo resulta esperanzadora para las energías renovables en los próximos años. Ya que es previsible que con el nuevo gobierno se modifique el RD 900/2015 (que impone cargas al autoconsumo de energía fotovoltaica) y las condiciones económicas para las instalaciones fotovoltaicas se vean favorecidas y por tanto, la viabilidad de este proyecto sea incluso mayor, tal y como está sucediendo ya en el resto de Europa.

Indudablemente, el uso e implementación de esta energía trae consigo beneficios tanto medioambientales, como educativos, económicos y sociales. Pero también es cierto que el costo y el mantenimiento permanente de los sistemas fotovoltaicos y otras modalidades de uso, requiere grandes inversiones por parte de cada uno de los interesados. Debemos tener en cuenta que, debido a la naturaleza de estas instalaciones, los costes de operación y mantenimiento son especialmente reducidos, no así la inversión inicial de la instalación, que en este caso es de 107.212,9€. Es por ello que es imprescindible una férrea legislación que asegure la estabilidad del sector a largo plazo ya que los periodos de recuperación de la inversión inicial requieren cierto margen para ser rentabilizado.

En nuestro caso, el periodo de retorno, es decir, el tiempo que se tardaría en amortizar la inversión inicial es de 7 años y teniendo en cuenta los beneficios y la vida útil del sistema (30 años con expectativas de que siga funcionando con un correcto mantenimiento unos años más) parece bastante lógico pensar en su rentabilidad.

Debido a las favorables condiciones que ofrece la pedanía, no solo geográfica o climatológicamente hablando, sino al espacio disponible que nos proporciona, pese a no abarcarlo en su totalidad, nos deja la opción de poder ampliar la instalación en cualquier momento para poder así incluir en un posible futuro proyecto el consumo privado o alumbrado público de las calles, ya que ahora sería inviable por la ineficiencia que lo caracteriza. En el segundo caso, como



se comenta en el apartado 3.2.3. *Análisis de las necesidades energéticas de la pedanía* resulta inviable, pese a que desde el punto de vista de la energía fotovoltaica podría llevarse a cabo, debido a la infructuosa situación eléctrica. Esto es principalmente debido a un exceso de potencia contratada que provoca que se pague más del doble de lo que se consume así como a la antigüedad de las lámparas que producen un consumo desmesurado que hace que nos resulte ilógico incluirlo en este proyecto sin unas reformas previas.

Por eso se aboga por una serie de propuestas para que el rendimiento de la infraestructura eléctrica en el municipio y más concretamente en la pedanía sea el adecuado. Entre las correcciones que se plantean se encuentran, como se nombran anteriormente, la de contratar suministro de energía a tarifas óptimas (esto no implicaría ningún coste y supondría un gran ahorro económico); instalar contadores con discriminación horaria; y colocar sistemas de reducción de potencia. También se propone sustituir, a ser posible, la totalidad de las luminarias por tecnología LED, establecer un plan de mantenimiento preventivo, etc.

Quedando así, abierta la posibilidad y siendo muy viable, de que en un futuro se amplíe la instalación y se pueda incluir el alumbrado de las calles y llevar a cabo otros proyectos como aumentar el excedente eléctrico producido que se reinyecta a la red pública, incrementando así las correspondientes bonificaciones; cubrir las necesidades energéticas de familias con una situación económica precaria, incluso abasteciendo a las viviendas de la pedanía de energía eléctrica para otro tipo de usos como por ejemplo calefacción durante los meses de invierno y aire acondicionado en verano, como ya se hace en algunos países de Europa.

Respecto al aspecto medioambiental, la energía solar fotovoltaica debe ser un pilar básico para el cambio del modelo energético basado en los combustibles fósiles hacia un nuevo sistema basado en las energías limpias tanto eólica, solar térmica, mareas y fotovoltaica, haciendo hincapié en esta última sobre todo en esta zona por las condiciones geográficas y climatológicas. Ya que existe la tecnología que permite su aprovechamiento de forma rentable, con su promoción será viable un mayor desarrollo de las técnicas de fabricación en las que se consiga reducir los costes asociados. Así pues, con nuestra instalación hemos conseguido reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ya que hemos sustituido el 100% de la demanda eléctrica de los edificios públicos que provenía de la red y a su vez en un alto porcentaje de centrales térmicas por energía limpia proveniente del sol, con ello se ha conseguido evitar la emisión de 1.567,2 t CO<sub>2</sub>/año.

Por último se ha conseguido demostrar que el autoconsumo es una alternativa técnica y poco a poco económicamente viable y necesaria, ya que existe la tecnología necesaria para aprovechar la energía gratuita proveniente del Sol para satisfacer si no total, parcialmente, la demanda eléctrica. Debemos tener presente, como se comentaba en la introducción, el caso de un país como España, donde la ausencia casi total de hidrocarburos nos hace dependientes de países

exportadores de los que nos vemos forzados a adquirir combustibles de forma incondicional. Sin embargo, nuestra idílica localización nos convierte en unas de las zonas con mayor irradiación anual que podría ser aprovechada por distintos sistemas solares para alcanzar un cierto grado de autoabastecimiento nada despreciable, que repercutiría positivamente en nuestra sociedad y economía.

## 8. Bibliografía

(INE), Instituto Nacional de Estadística (2017)

ADRASE. (s.f.). *adrase*. Obtenido de <http://www.adrase.com/>

Alonso Abella, M. (2001). *Sistemas Fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado*. Madrid: SAPT de publicaciones técnicas.

(BOE), (2018). *boe*. Obtenido de <https://www.boe.es/legislacion/legislacion.php>

Candal, R. J., Bilmes, S. A., & Blesa, M. A. (2001). *Semiconductores con actividad fotocatalítica. Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea*. (M. Blesa, Ed.)

Castro Gil, M., Carpio Ibáñez, J., Guirado Torres, R., Colmenar Santos, A., & Dávila Gómez, L. (2000). *Energía Solar Fotovoltaica*. Sevilla: Progensa.

Espejo Marín, C. (2004). La energía solar fotovoltaica en España. *Nimbus* .

Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., & Warta, W. (2010). Tablas de eficiencia de celdas solares (versión 36). Progreso en energía fotovoltaica: investigación y aplicaciones. *Wiley InterScience* , 346.

IVACE. (2018). *ivace*. Obtenido de <http://energia.ivace.es/>

Kittel, C. (2003). *Introducción a la física del estado sólido*. Barcelona: Reverté, S.A.

Martí Sempere, C. (2006). *Tecnología de la defensa. Análisis de la situación española*. Madrid.

Olabe, A. (18 de Abril de 2018). Energía y clima, un proyecto para España. *El País* .

Pareja Aparicio, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada*. Barcelona: Marcombo.

Pareja Aparicio, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.

Pelayo López, J. A., Luna Soto, A., Bernabe Ramos, F., & Guzmán Flores, B. (2018). *Comparativa de la eficiencia entre un sistema fotovoltaico con seguimiento solar y un sistema fotovoltaico fijo*. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* .

Rodriguez-Meza, M., & Cervantes-Cota, J. L. (2006). *El efecto fotoeléctrico*. México: Ciencia Ergo Sum.

Roldán Vilorio, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Sacristán Benito, S. (2014). Instalación solar fotovoltaica- 20 kW para conexión a red. *Trabajo fin de grado*. Soria.

Sancho Ávila, J. M., Riesco Martín, J., Jiménez Alonso, C., Sánchez de Cos Escuin, M. C., Montero Cadalso, J., & Lopez Bartolomé, M. (2012). *Agencia Estatal de Meteorología-AEMET*. Obtenido de Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT.

Santamarta, J. (2004). *Las energías renovables son el futuro*. World Watch .



## 9. ANEXOS



# JKM320PP-72

## 305-320 Vatios

### MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008,  
ISO14001:2004, OHSAS18001  
Productos con certificación IEC61215, IEC61730



## Principales características



### Célula solar 4 bus bar:

La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.



### Potencia Elevada:

Los módulos de 72 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 320Wp.



### Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):

Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causada por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 60°C/85% de humedad relativa para la producción en masa..



### Rendimiento con baja irradiación lumínica:

El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.



### Resistencia en condiciones climatológicas adversas:

Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).



### Resistencia en condiciones ambientales extremas:

Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.



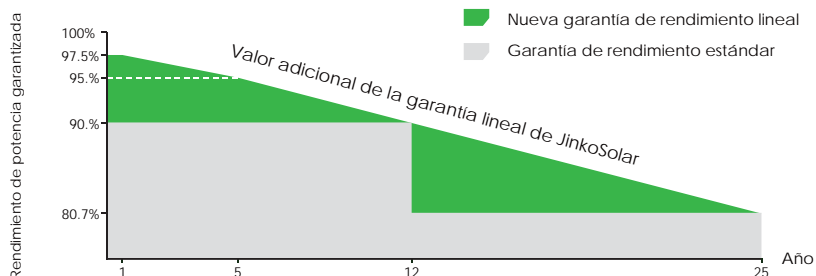
### Coefficiente de Temperatura:

El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

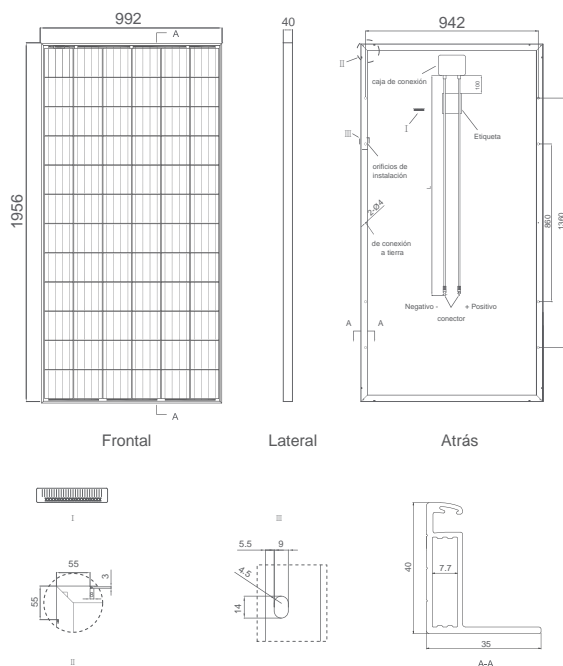


## GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto • 25 Años de garantía de potencia lineal



## Dibujos técnicos

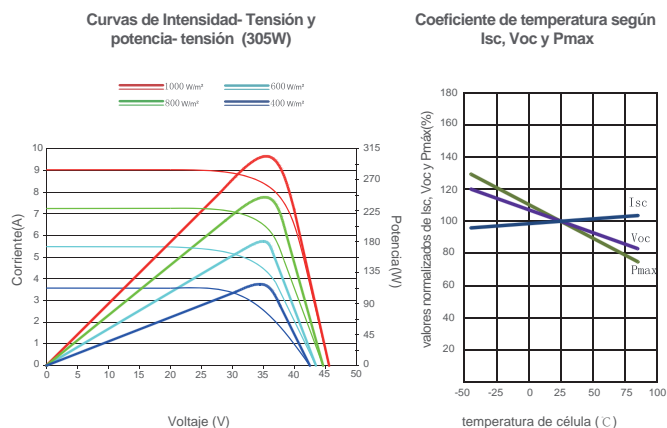


## Embalaje

(Dos cajas = un palet)

25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 600 pzs./40 'HQ contenedores

## Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



## Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156×156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6×12)
Dimensiones	1956×992×40mm (77,01×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm <sup>2</sup> , Longitud: 900mm

## ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM305PP		JKM310PP		JKM315PP		JKM320PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmáx)	305Wp	226Wp	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp
Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)	36.8V	33.6V	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V
Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)	8.30A	6.72A	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	45.6V	42.2V	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8.91A	7.22A	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A
Eficiencia del módulo (%)	15.72%		15.98%		16.23%		16.49%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C							
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)							
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A							
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%							
Coefficiente de temperatura de PMAX	-0.40%/°C							
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.30%/°C							
Coefficiente de temperatura de ISC	0.06%/°C							
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C							

STC: Radiación 1000 W/m<sup>2</sup> Célula módulo 25°C AM=1.5

NOCT: Radiación 800 W/m<sup>2</sup> Ambiente módulo 20°C AM=1.5 Velocidad del viento 1m/s

\* TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

## ÓPTIMAS PRESTACIONES EN GRANDES INSTALACIONES MULTI-MEGAVATIO

50 / 60 / 70 / 80 / 90 / 100

Inversor trifásico para instalaciones en cubierta de medianas y grandes potencias, y para instalaciones multi-megavatio en suelo.

### Máxima eficiencia a temperaturas elevadas

Avanzado sistema de seguimiento del punto de potencia máxima (MPPT). Es capaz de soportar huecos de tensión y dispone de un control de potencia activa y reactiva. Apto para instalaciones de media tensión.

### Fácil instalación

No necesita elementos adicionales. Se puede desconectar manualmente de la red. Completo equipamiento de protecciones eléctricas incluido de serie.

### Fácil mantenimiento

Datalogger interno para almacenamiento de datos de hasta 3 meses. Se puede controlar desde un PC remoto o *in situ* desde el teclado frontal del inversor. LEDs indicadores de estado y alarmas. Pantalla LCD. Vida útil de más de 20 años.

### Software incluido

Incluyen sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet.

**Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años**

#### PROTECCIONES

- Aislamiento galvánico entre la parte DC y AC.
- Polarizaciones inversas.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Fallos de aislamiento.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Seccionador DC.
- Fusibles DC.
- Seccionador magneto-térmico AC.
- Descargadores de sobretensiones DC y AC, tipo 2.

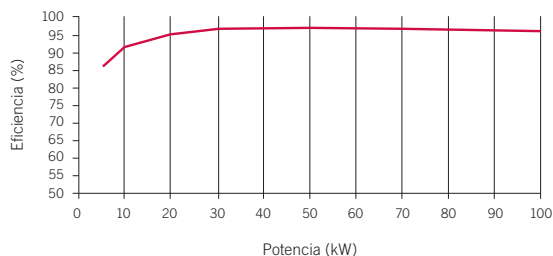
#### ACCESORIOS OPCIONALES

- Comunicación entre inversores mediante Ethernet, Bluetooth o RS-485.
- Comunicación remota GSM / GPRS.
- Monitorización de las corrientes de string del campo FV: INGECON® SUN String Control.
- Kit de puesta a tierra para los módulos FV que lo requieran.



#### RENDIMIENTO

INGECON® SUN 100  
V<sub>dc</sub> = 450 V

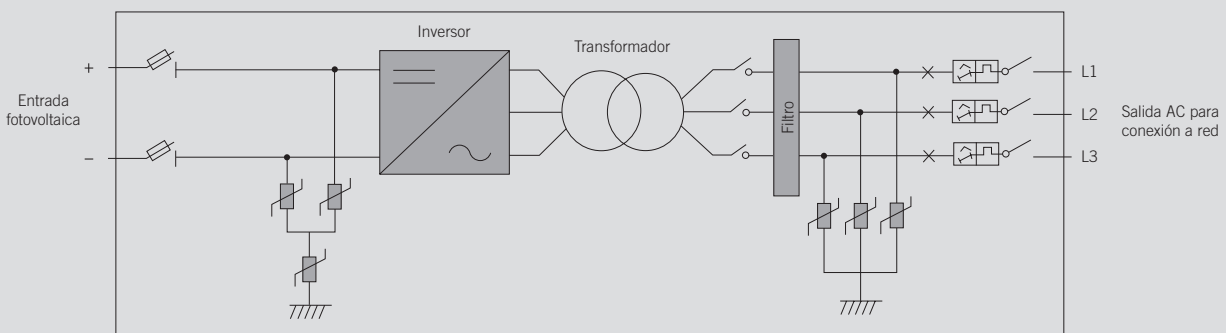


	50	60	70	80	90	100
<b>Valores de Entrada (DC)</b>						
Rango pot. campo FV recomendado <sup>(1)</sup>	52 - 65 kWp	63 - 78 kWp	73 - 91 kWp	83 - 104 kWp	93 - 117 kWp	104 - 130 kWp
Rango de tensión MPP	405 - 750 V	405 - 750 V	405 - 750 V	405 - 750 V	405 - 750 V	405 - 750 V
Tensión máxima <sup>(2)</sup>	900 V	900 V	900 V	900 V	900 V	900 V
Corriente máxima	130 A	156 A	182 A	208 A	234 A	260 A
Nº entradas	4	4	4	4	4	4
MPPT	1	1	1	1	1	1
<b>Valores de Salida (AC)</b>						
Potencia nominal <sup>(3)</sup>	55 kW	66 kW	77 kW	88 kW	99 kW	110 kW
Corriente máxima	93 A	118 A	131 A	156 A	161 A	161 A
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno Phi <sup>(4)</sup>	1	1	1	1	1	1
Coseno Phi ajustable	Sí. Smáx=55 kVA	Sí. Smáx=66 kVA	Sí. Smáx=77 kVA	Sí. Smáx=88 kVA	Sí. Smáx=99 kVA	Sí. Smáx=110 kVA
THD <sup>(5)</sup>	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
<b>Rendimiento</b>						
Eficiencia máxima	96,3%	96,4%	97,2%	97,5%	96,9%	96,8%
Euroeficiencia	94,3%	94,7%	96,1%	96,2%	95,8%	95,7%
<b>Datos Generales</b>						
Refrigeración por aire	2.600 m <sup>3</sup> /h	2.600 m <sup>3</sup> /h	2.600 m <sup>3</sup> /h	2.600 m <sup>3</sup> /h	2.600 m <sup>3</sup> /h	2.600 m <sup>3</sup> /h
Consumo en stand-by <sup>(6)</sup>	30 W	30 W	30 W	30 W	30 W	30 W
Consumo nocturno	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%
Grado de protección	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20

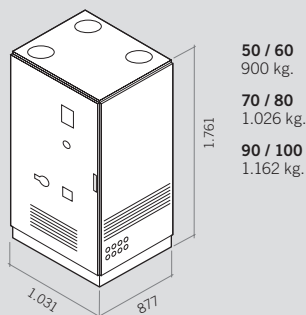
**Notas:** <sup>(1)</sup> Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica <sup>(2)</sup> No superar en ningún caso. Considerar el aumento de tensión de los paneles 'Voc' a bajas temperaturas <sup>(3)</sup> Potencia AC hasta 40°C de temperatura ambiente. Por cada °C de incremento, la potencia de salida se reducirá un 1,8% <sup>(4)</sup> Para P<sub>AC</sub>>25% de la potencia nominal <sup>(5)</sup> Para P<sub>AC</sub>>25% de la potencia nominal y tensión según IEC 61000-3-4 <sup>(6)</sup> Consumo desde el campo fotovoltaico.

**Referencias normativas:** CE, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 50178, EN 62109-1, EN 62109-2, FCC Part 15, IEC 62116, RD1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, CEI 0-16, CEI 0-21, DE-AR-N 4105:2011-08, BDEW-Mittelspannungsrichtlinie:2011, A70 Terna, P.O.12.3, South Africa Grid code, IEEE929, IEC61727.

**Power**



**Dimensiones y peso (mm)**





## Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

**Proyecto :** Proyecto Ana R Quirant

**Lugar geográfico** Las Bayas ELCHE País España

**Ubicación** Latitud 38.22° N Longitud -0.64° W  
 Hora definido como Hora Legal Huso hor. UT+1 Altitud 16 m

**Datos climatológicos:** Las Bayas ELCHE Albedo 0.20  
 Meteoronorm 7.2 (1991-2010), Sat=100% - Síntesis

**Variante de simulación :** modeo jinko3

Fecha de simulación 28/08/18 19h58

**Parámetros de la simulación** Tipo de sistema **No 3D scene defined**

**Orientación Plano Receptor** Inclinación 38° Acimut 0°

**Modelos empleados** Transposición Perez Difuso Perez, Meteoronorm

**Perfil obstáculos** Sin perfil de obstáculos

**Sombras cercanas** Sin sombreado

### Características generador FV

**Módulo FV** Si-poly Modelo **JKM 320PP-72 (Plus)-V**  
 Original PVsyst database Fabricante Jinkosolar  
 Número de módulos FV En serie 13 módulos En paralelo 24 cadenas  
 N° total de módulos FV N° módulos 312 Pnom unitaria 320 Wp  
 Potencia global generador Nominal (STC) **99.8 kWp** En cond. funciona. 90.2 kWp (50°C)  
 Caract. funcionamiento del generador (50°C) V mpp 440 V I mpp 205 A  
 Superficie total Superficie módulos **605 m<sup>2</sup>** Superf. célula 547 m<sup>2</sup>

### Inversor

Original PVsyst database Modelo **Ingecon Sun 90**  
 Características Fabricante Ingeteam Tensión Funciona. 405-750 V Pnom unitaria 90 kWac  
 Banco de inversores N° de inversores 1 unidades Potencia total 90 kWac  
 Relación Pnom 1.11

### Factores de pérdida Generador FV

Factor de pérdidas térmicas Uc (const) 20.0 W/m<sup>2</sup>K Uv (viento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K / m/s  
 Pérdida Óhmica en el Cableado Res. global generador 36 mOhm Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC  
 Pérdida Calidad Módulo Fracción de Pérdidas -0.8 %  
 Pérdidas Mismatch Módulos Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP  
 Strings Mismatch loss Fracción de Pérdidas 0.10 %  
 Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) Parám. bo 0.05

**Necesidades de los usuarios :** Carga ilimitada (red)

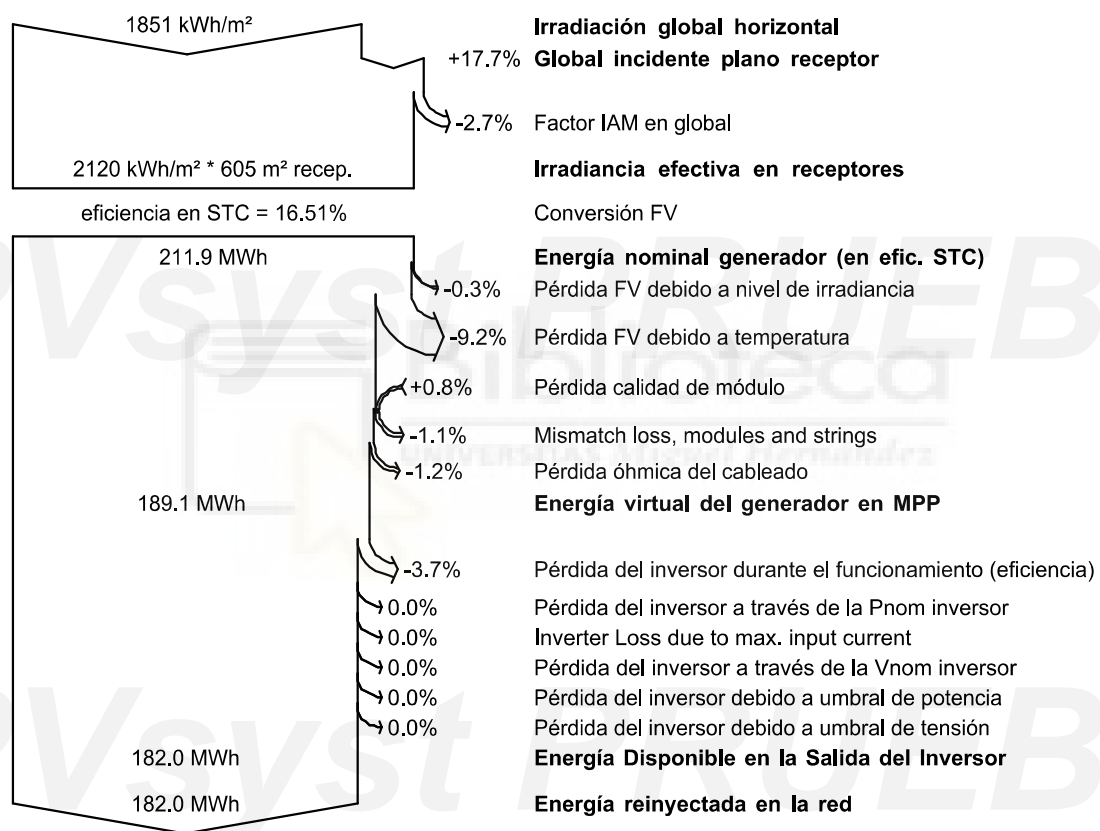
## Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** Proyecto Ana R Quirant

**Variante de simulación :** modeo jinko3

<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>No 3D scene defined</b>		
Orientación Campos FV	inclinación	38°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	JKM 320PP-72 (Plus)-V	Pnom	320 Wp
Generador FV	N° de módulos	312	Pnom total	<b>99.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Ingecon Sun 90	Pnom	90.0 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

**Diagrama de pérdida durante todo el año**



## Sistema Conectado a la Red: P50 - P90 evaluation

**Proyecto :** Proyecto Ana R Quirant

**Variante de simulación :** modeo jinko3

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	No 3D scene defined	
Orientación Campos FV	inclinación	38°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	JKM 320PP-72 (Plus)-V	Pnom	320 Wp
Generador FV	N° de módulos	312	Pnom total	<b>99.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Ingecon Sun 90	Pnom	90.0 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

### Evaluation of the Production probability forecast

The probability distribution of the system production forecast for different years is mainly dependent on the meteo data used for the simulation, and depends on the following choices:

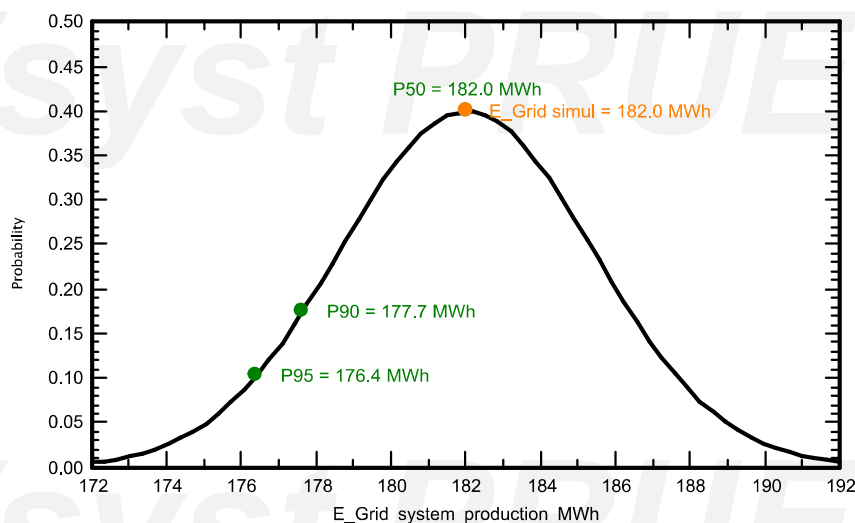
Meteo data source	Meteonorm 7.2 (1991-2010), Sat=100%
Datos climatológicos	Kind No definido Año 1995
Specified Deviation	Year deviation from aver. 3 %
Year-to-year variability	Variance 0.5 %

The probability distribution variance is also depending on some system parameters uncertainties

Specified Deviation	PV module modelling/parameters	1.0 %
	Inverter efficiency uncertainty	0.5 %
	Soiling and mismatch uncertainties	1.0 %
	Degradation uncertainty	1.0 %
Global variability (meteo + system)	Variance	1.9 % (quadratic sum)

Annual production probability	<b>Variability</b>	<b>3.4 MWh</b>
	<b>P50</b>	<b>182.0 MWh</b>
	<b>P90</b>	<b>177.7 MWh</b>
	<b>P95</b>	<b>176.4 MWh</b>

### Probability distribution



## Sistema Conectado a la Red: CO2 Balance

**Proyecto :** Proyecto Ana R Quirant

**Variante de simulación :** modeo jinko3

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	No 3D scene defined	
Orientación Campos FV	inclinación	38°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	JKM 320PP-72 (Plus)-V	Pnom	320 Wp
Generador FV	N° de módulos	312	Pnom total	<b>99.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Ingecon Sun 90	Pnom	90.0 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

<b>Produced Emissions</b>	<b>Total:</b>	<b>265.46 tCO2</b>		
	Source:	Detailed calculation from table below		
<b>Replaced Emissions</b>	<b>Total:</b>	<b>1567.2 tCO2</b>		
	System production:	182.02 MWh/a.	Lifetime:	30 years
			Annual Degradation:	1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	287 gCO2/kWh		
	Source:	IEA List	Country:	Spain
<b>CO2 Emission Balance</b>	<b>Total:</b>	<b>1094.3 tCO2</b>		

### System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWp	1.91 kgCO2/kg
Quantity	150 kWp	4680 kg
Subtotal [kgCO2]	256497	8959

